



PROVINCIA
DI TORINO

Uno sguardo all'aria

2004



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

Anno 2004



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, E. Bracco, L. Pallavidino, R. Prandi.

ARPA Dipartimento di Torino:

G. Castrogiovanni, M. Maringo, M. Sacco.

ARPA Area Previsione e Monitoraggio Ambientale

M. Nicolella, G. Paesano, M. M. Grosa, L. Badan, M. Bondì, C. Cascone, S. D'Attilio, R. De Maria, P. P. Fin, F. Motta, F. Romeo.

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

ARPA Dipartimento di Torino:

V. Cordova, D. Di Martino, L. Forlano, M. Pace, V. Sciortino.

INDICE

PRESENTAZIONE	5
PREFAZIONE	6
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2004 ...	9
GENNAIO, FEBBRAIO 2004.....	9
MARZO, APRILE, MAGGIO 2004.....	10
GIUGNO, LUGLIO, AGOSTO 2004.....	11
SETTEMBRE, OTTOBRE, NOVEMBRE 2004.....	12
DICEMBRE 2004.....	14
LA NORMATIVA IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA	21
PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI	28
LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO	31
MONOSSIDO DI CARBONIO	36
DESCRIZIONE.....	36
DANNI CAUSATI.....	36
METODO DI MISURA.....	36
ESAME DEI DATI.....	36
BIOSSIDO D'AZOTO	40
DESCRIZIONE.....	40
DANNI CAUSATI.....	40
METODO DI MISURA.....	40
ESAME DEI DATI.....	40
BIOSSIDO DI ZOLFO	45
DESCRIZIONE.....	45
DANNI CAUSATI.....	45
METODI DI MISURA.....	45
ESAME DEI DATI.....	46
OZONO	49
DESCRIZIONE.....	49
DANNI CAUSATI.....	49
METODO DI MISURA.....	49
ESAME DEI DATI.....	49
BENZENE	56
DESCRIZIONE.....	56
DANNI CAUSATI.....	56
METODO DI MISURA.....	56
ESAME DEI DATI.....	56

PARTICOLATO SOSPESO	58
DESCRIZIONE.....	58
DANNI CAUSATI.....	58
METODO DI MISURA	58
ESAME DEI DATI.....	58
<i>Frazione PM₁₀</i>	58
<i>Particelle sospese totali</i>	62
LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	69
ANALISI DEI DATI METEOROLOGICI	83
PREMESSA	83
ELABORAZIONI DEI DATI RILEVATI	83
<i>Sistemi di rilevamento</i>	83
<i>Elaborazione dei dati di velocità e direzione del vento</i>	85
<i>Elaborazione dei dati di pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni</i>	91
EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE	100
I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE	100
L'EMISSIONE DI PARTICOLATO IN ATMOSFERA	101
LE TECNOLOGIE PIÙ PULITE	102
STUDIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELL'AREA EPOREDIESE	104
INTRODUZIONE	104
QUADRO EMISSIVO	105
<i>Sorgenti da traffico sulla rete locale</i>	106
<i>Altre sorgenti</i>	109
<i>Predisposizione dell'input al modello</i>	111
RICOSTRUZIONE METEOROLOGICA	114
<i>Cenni climatologici</i>	115
<i>Dati meteorologici utilizzati</i>	117
<i>Ricostruzione dei campi meteorologici</i>	117
STIMA DEL CONTRIBUTO DELLE SORGENTI: SIMULAZIONI MODELLISTICHE DI DISPERSIONE .	122
<i>Metodologia - Codice FARM</i>	122
<i>Confronto con i dati di rete</i>	125
<i>Distribuzione delle concentrazioni sul territorio</i>	128
<i>Stima dell'NO₂</i>	129
<i>Contributi delle diverse sorgenti</i>	132
STIMA DEGLI EFFETTI DI SCENARI EMISSIVI.....	137
<i>Rinnovo del parco circolante al 2008</i>	137
<i>Combustibili da riscaldamento</i>	140
CONCLUSIONI	144
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	146

Il controllo e il miglioramento della qualità dell'aria è sicuramente uno degli obiettivi di maggiore impegno che l'amministrazione provinciale, recentemente insediata, intende perseguire con particolare attenzione.

Il 2005 è l'anno in cui entreranno in vigore i limiti stabiliti in sede europea per i principali inquinanti atmosferici. Il loro rispetto, come si evince dalla presente relazione che giunge al settimo anno consecutivo di pubblicazione, sarà presumibilmente certo per alcuni inquinanti (monossido di carbonio, biossido di zolfo, benzene) per altri, quali il biossido d'azoto e l'ozono, sarà di difficile conseguimento e addirittura per il PM₁₀ ad oggi, aprile 2005, siamo già certi che i limiti non saranno rispettati.

L'inquinamento atmosferico è quindi un problema di assoluta priorità, come risulta anche dall'attenzione dedicata a questo tema nel corso dell'inverno 2004-2005, la cui risoluzione deve prevedere l'assunzione di responsabilità da parte di tutte le amministrazioni, che dovranno sviluppare politiche di riduzione delle emissioni e investire ingenti risorse, e di tutti i cittadini che saranno chiamati a modificare in parte le loro abitudini.

Non esiste una ricetta certa e univoca che possa risolvere il problema dell'inquinamento atmosferico, in quanto si tratta di un fenomeno complesso e dalle molteplici origini. Ma, proprio in virtù della sua complessità, tutte le iniziative intraprese in merito possono concorrere alla risoluzione del problema generale. Naturalmente ogni azione avrà il suo peso e gli interventi strutturali, che portano ad una limitazione permanente del carico emissivo, sono da preferire. Riteniamo però che tutte le azioni, anche quelle di natura temporanea adottate nei periodi di maggiore criticità, possano alleggerire la pressione e ridurre i rischi sanitari.

Sarà pertanto nostra cura, nell'ambito delle competenze assegnate alla Provincia, lavorare insieme alle Amministrazioni Comunali in questa direzione sviluppando politiche d'implementazione del trasporto pubblico, di miglioramento delle performance ambientali del parco veicolare, di risparmio energetico, di promozione di sistemi di mobilità sostenibile e di riduzione delle emissioni di origine industriale che consegnino una qualità dell'aria migliorata rispetto a quella attuale.

Certi che su questi temi ci sia il più ampio consenso vi invitiamo alla lettura di "uno sguardo all'aria" e vi ringraziamo per l'interesse e l'attenzione che vorrete porre a questi temi.

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

**Il Presidente
della Provincia di Torino**
Antonio Saitta



PREFAZIONE

Con il 2005 entrano in vigore, per i principali inquinanti atmosferici, i valori limite per la protezione della salute umana e della vegetazione, definiti dal Decreto Ministeriale 2 aprile 2002 n. 60. Il rispetto di tali limiti impone alle amministrazioni una modifica sostanziale delle politiche volte al risanamento della qualità dell'aria. Dovranno infatti essere previsti interventi stabili di limitazione delle emissioni, che andranno a sommarsi alle iniziative che da anni vengono adottate per ridurre la pressione dell'inquinamento nei periodi più critici dell'anno. Iniziative che da sole non sono sufficienti a garantire il rispetto dei limiti.

In quest'ottica è stato redatto e costantemente aggiornato, di concerto con i Comuni inseriti nella zona 1 dalla D.G.R. 11 novembre 2002 n. 14-7623, il Piano di Azione per la riduzione del rischio di superamento dei valori limite e le soglie di allarme degli inquinanti in atmosfera.

Il persistere, anche nel 2004, dei superamenti dei valori limite annuali per il PM_{10} e per l' NO_2 , soprattutto all'interno dei centri urbani, ribadisce la necessità di azioni sempre più severe, avvalorando la bontà della scelta adottata nel Piano che prevede azioni di limitazione delle emissioni sempre più restrittive e richiama tutte le amministrazioni e i cittadini ad una ferma adozione e ad un rigoroso rispetto dei provvedimenti concordati.

E' importante sottolineare che le misure di concentrazione di PM_{10} , raccolte negli ultimi anni, hanno evidenziato che il superamento dei limiti del particolato fine coinvolge un'area molto vasta del territorio provinciale. Anche nelle stazioni situate in zone remote, come ad esempio in quella posizionata nel Parco della Mandria, si sono misurati nel corso del 2003 e del 2004, pur se con valori significativamente più bassi rispetto alle aree urbane, livelli di particolato PM_{10} superiori ai limiti di legge. Si dovranno pertanto sviluppare dei provvedimenti che tengano conto dell'estensione territoriale dell'inquinamento atmosferico e che prevedano la limitazione delle emissioni inquinanti, declinando le azioni da attuare in funzione delle specificità territoriali.

L'analisi dei dati di PM_{10} , misurati nelle principali città europee, evidenzia come il valore limite annuale per la protezione della salute ($40 \mu g/m^3$ calcolato come media annuale) rappresenti sostanzialmente il valore medio dei rilevamenti e come tale valore sia generalmente rispettato nelle città del nord Europa e superato nelle regioni meridionali del continente. Occorrerà pertanto analizzare tale fenomeno approfondendo se le diversità siano imputabili ai diversi sistemi emissivi presenti sul territorio europeo o, piuttosto, alle differenti condizioni climatiche che influiscono sia sulla generazione dei fenomeni di inquinamento atmosferico sia sui relativi meccanismi di dispersione.

Al fine di una corretta verifica del rispetto dei valori limite per il PM_{10} e il Biossido di Azoto si dovrà, nel corso dei prossimi anni, ridefinire la disposizione delle postazioni di misura della rete di monitoraggio secondo i criteri definiti dal DM 60/2002, dal documento: "Criteria for EUROAIR-NET" dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) e dalle "Linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria" predisposte dall'APAT. Tali norme prevedono di dare maggior peso ai campionamenti di background urbano e suburbano posti in aree residenziali o di verde pubblico, in quanto maggiormente rappresentativi dell'esposizione media della popolazione agli inquinanti. La verifica del rispetto dei valori limite, definiti per la protezione della salute umana, dovrà quindi essere effettuata attraverso misure condotte con modalità rappresentative delle condizioni per cui il valore stesso è stato definito. In altre parole non è corretto effettuare la verifica del rispetto di un valore limite, definito come medio sul territorio, con misure effettuate principalmente in aree ad elevato traffico veicolare.

Dal punto di vista della normativa si ricorda che con il D.lgs. 21 maggio 2004 n. 183 è stata recepita la direttiva 2002/03/CE "Ozono nell'aria", con il quale sono stati definiti i valori bersaglio e le soglie di allarme e informazione e che, sempre nel corso del 2004, l'Unione Europea ha emanato la



direttiva 2004/107/CE con la quale ha definito i valori obiettivo da raggiungere nel 2012 per l'arsenico, il cadmio, il mercurio e gli IPA nell'aria ambiente. L'introduzione di tali direttive rende il quadro normativo completo e impone sempre più, soprattutto in relazione all'inquinamento da ozono, azioni di contenimento delle emissioni stabili nel corso dell'anno.

Particolare attenzione è stata posta, nel corso degli ultimi anni, allo sviluppo di studi e di sistemi di modellistica ambientale. Tali strumenti consentono sia di individuare le principali fonti di inquinanti sia di determinare le aree territoriali più soggette a fenomeni di inquinamento atmosferico. I modelli sono inoltre in grado di simulare scenari di riduzione delle emissioni e, conseguentemente, di stimare l'efficacia delle politiche di riduzione degli inquinanti.

Vi invito, in proposito, alla lettura dello studio realizzato per la valutazione della qualità dell'aria nell'area eporediese che viene pubblicato sulla presente relazione. Si tratta di una ricerca particolarmente complessa che aveva come finalità la comprensione dei fenomeni di inquinamento su scala locale e, in particolare, se questi fossero causati dal trasporto di sostanze inquinanti generate in altre aree della provincia o se avessero origine proprio dalle emissioni presenti nell'area in esame.

In conclusione mi preme sottolineare come l'attività di comunicazione avviata negli anni precedenti sia proseguita con il mantenimento del servizio di diffusione on-line dell'Indice di Qualità dell'Aria (IQA). A tal proposito si sta valutando, in relazione ai buoni risultati ottenuti in termini di diffusione e di attenzione, la realizzazione di un servizio di previsione dei livelli di qualità dell'aria che si spera possa fornire informazioni sempre più fruibili e attendibili.

**Il Direttore dell'Area Ambiente,
Parchi, Risorse Idriche e Tutela della Fauna**
Dott. Francesco Pavone

CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2004



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 e meteorologici rilevati nel corso del 2004, è stata predisposta una breve caratterizzazione meteorologica dell’anno in esame, suddiviso nei periodi “Gennaio – Febbraio”, “Marzo – Aprile – Maggio”, “Giugno – Luglio – Agosto”, “Settembre – Ottobre – Novembre” e “Dicembre”. Nella caratterizzazione dei vari periodi del 2004 sono descritti sinteticamente i seguenti parametri: 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 1994–2003; per quanto riguarda i campi in quota (altezza del geopotenziale a 500 hPa e temperatura a 850 hPa) sono state considerate come riferimento le ri-analisi del Centro Meteorologico Europeo di Reading (ECMWF) dal 1979 al 1993 (noto come “archivio ERA15”). Anche se i periodi di riferimento sono diversi, l’analisi delle anomalie dei campi in quota permette di interpretare la fenomenologia dell’anno 2004.

Il testo è associato ad alcune mappe meteorologiche di sintesi e, per meglio comprendere le informazioni contenute nelle mappe, si riporta 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) e 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).

GENNAIO, FEBBRAIO 2004

Nei primi due mesi dell’anno 2004, a Torino sono state osservate temperature sostanzialmente nella media climatologica, mentre le precipitazioni risultano nella media per Gennaio ma nettamente superiori alla media a Febbraio. In questo mese evidentemente sono state più frequenti, sul Piemonte, le intrusioni di perturbazioni dall’Atlantico e, ancor di più, dal mare Mediterraneo, con conseguente maggior apporto di aria umida dal mare.

Dal confronto dell’altezza del geopotenziale medio a 500 hPa (circa 5500 metri) tra Febbraio 2004 (figura 1 - mappa a sinistra) e il Febbraio medio climatologico (figura 1 - mappa a destra), si può

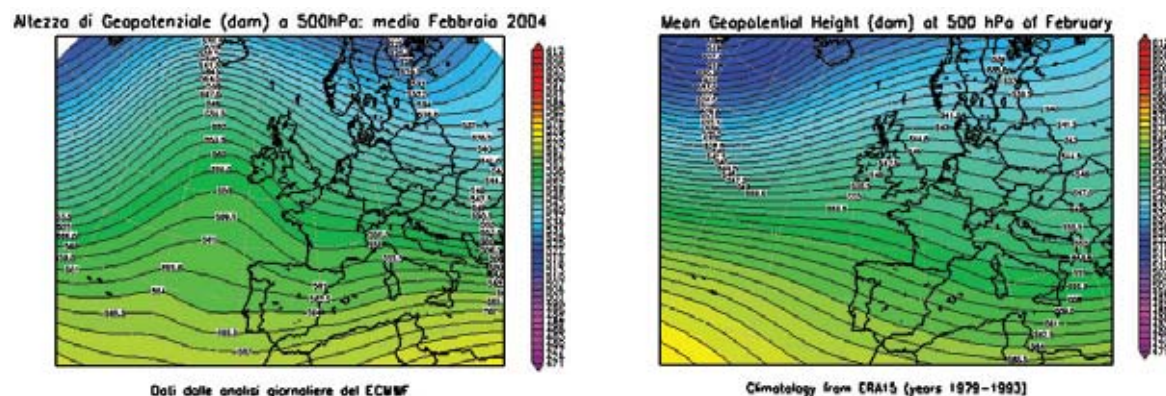


FIGURA 1: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Febbraio dell’anno 2004 (a sinistra) e del mese di Febbraio medio del periodo climatico 1979-1993 (a destra)

notare come nella mappa a sinistra, nonostante l'anomala presenza di un lieve promontorio anticiclonico a largo delle coste atlantiche europee, le isolinee, in corrispondenza del Mediterraneo occidentale e della Francia meridionale, si abbassino a formare una lieve saccatura. Ne consegue una rotazione del flusso atmosferico che in tali condizioni, seguendo le isoipse, proviene da quadranti più sudoccidentali rispetto a quelli tipicamente nordoccidentali della climatologia. Viene così a determinarsi, sul Piemonte, un maggior apporto di aria umida dal mare Mediterraneo rispetto a quanto avverrebbe se le correnti, più continentali e secche, provenissero da nordovest.

MARZO, APRILE, MAGGIO 2004

Nella stagione primaverile dell'anno 2004 (da Marzo a Maggio), a Torino sono state osservate precipitazioni in generale nella norma, con un surplus ad Aprile che compensa il parziale deficit di Marzo e Maggio. Le temperature sono invece apparse inferiori alle medie stagionali: in particolare nei mesi di Marzo (-2 °C) e Maggio (-1,5 °C), che quindi sono risultati due mesi concordemente freddi e secchi.

La figura di sintesi scelta per il periodo "Marzo-Aprile-Maggio" è il confronto tra l'altezza del geopotenziale medio a 500 hPa (circa 5500 metri) a Maggio 2004 (figura 2 - mappa a sinistra) e la climatologia (figura 2 - mappa a destra). Si nota nella mappa a sinistra un promontorio di alta pressione più marcato sull'Atlantico, che riesce a mantenere il flusso più nordoccidentale sulla nostra regione, rispetto alle correnti sudoccidentali della climatologia. Tale situazione meteorologica nel Maggio 2004 ha protetto un po' di più il nord Italia dalle perturbazioni atlantiche e dall'apporto di aria umida e mite proveniente, grazie alle correnti sudoccidentali, dal mare Mediterraneo. Inoltre ha apportato su tutta l'Italia aria settentrionale più fredda della climatologia, come è evidente dalla figura 3: ad esempio l'isoterma dei 7,5 °C nel 2004 (figura 3 - mappa a sinistra) dal sud del Mediterraneo riesce appena ad arrivare alla Sardegna e al sud Italia, mentre nella climatologia (figura 3 - mappa a destra) ricopre largamente tutta la penisola italiana venendosi a trovare tutta completamente a nord dell'arco alpino. L'analisi fatta per Maggio è rappresentativa anche per il mese di Marzo, del quale qui non vengono mostrate le mappe specifiche, perché comunque abbastanza equivalenti a quanto è avvenuto a Maggio.

Nel trimestre primaverile, solo Aprile si è differenziato leggermente. Il confronto, tra la mappa dell'altezza del geopotenziale medio a 500 hPa (circa 5500 metri) relativa all'Aprile 2004 (figura 4 - mappa a sinistra) e la corrispondente relativa al periodo climatico (figura 4 - mappa a destra), evidenzia nel mese di aprile 2004, una saccatura sull'Inghilterra e sull'Europa occidentale, più pronunciata rispetto a quella presente sulla mappa media del clima. Tale situazione determina un flusso di aria più sudoccidentale sul Piemonte, associato ad un maggior apporto di aria umida e precipitazioni sulla regione.

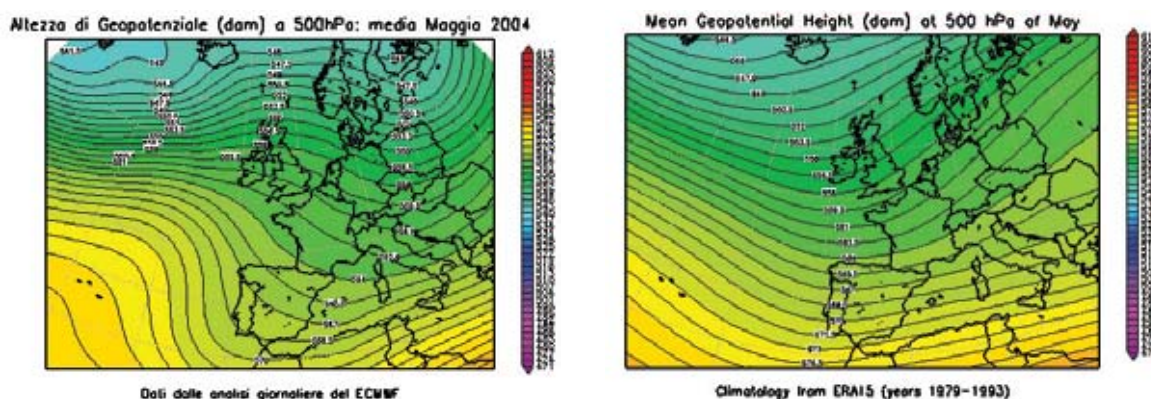


FIGURA 2: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Maggio nell'anno 2004 (a sinistra) e del mese di Maggio medio nel periodo climatico 1979-1993 (a destra)

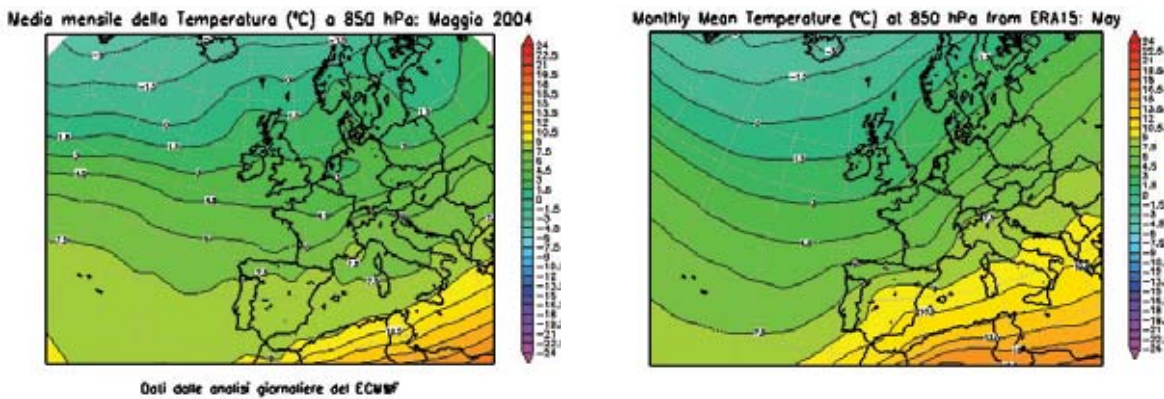


FIGURA 3: temperatura media a 850 hPa (circa 1500 metri) del mese di Maggio nell'anno 2004 (a sinistra) e del mese di Maggio medio nel periodo climatico 1979-1993 (a destra)

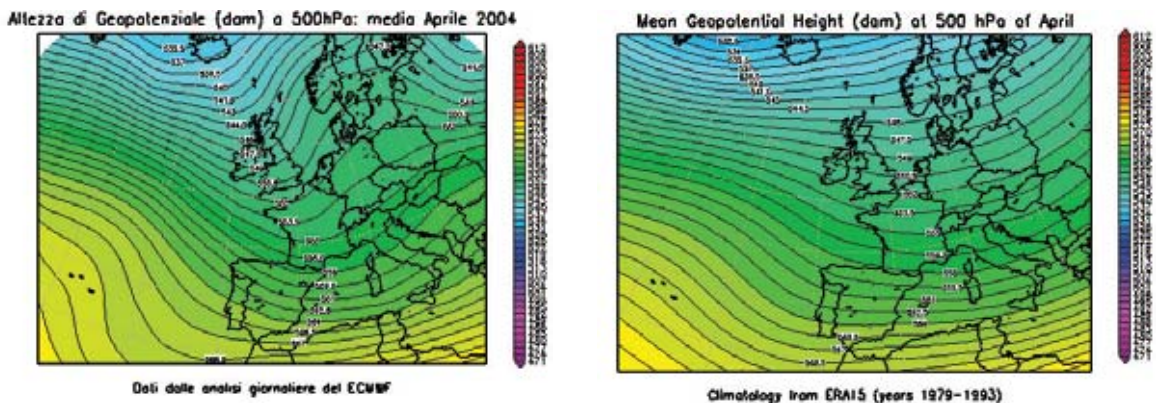


FIGURA 4: geopotenziale medio a 500 hPa del mese di Aprile dell'anno 2004 (a sinistra) e del mese di Aprile medio del periodo climatico 1979-1993 (a destra)

GIUGNO, LUGLIO, AGOSTO 2004

L'estate 2004 è stata una stagione complessivamente più calda della climatologia, anche se non ha assolutamente raggiunto i valori di temperatura estremi toccati nell'estate del 2003, quando si erano registrate temperature anomale molto elevate.

Le precipitazioni sono state inferiori ai valori climatologici, soprattutto nel mese di Giugno quando il deficit di precipitazioni registrato a Torino è stato di oltre il 90% rispetto alla media di riferimento.

Per il periodo "Giugno-Luglio-Agosto" è stata scelta quindi, come figura di sintesi, l'altezza del geopotenziale medio a 500 hPa (circa 5500 metri) di Giugno 2004 (figura 5 - mappa a sinistra) e la climatologia dello stesso mese (figura 5 - mappa a destra). Nella mappa a sinistra si può notare la presenza di un marcato promontorio di alta pressione sulla penisola iberica, sulla Francia e sul Mediterraneo occidentale, mentre nella climatologia tale configurazione non è presente. L'anticiclone, che nel giugno 2004 si è spinto dall'Africa verso l'Europa sudoccidentale e verso la nostra penisola, è responsabile sia dell'apporto di aria calda sia della scarsità di precipitazioni sul Piemonte. Tale situazione è anche legata alla rotazione del flusso sul nord Italia da quadranti nordoccidentali rispetto a quelli lievemente più sudoccidentali della climatologia.

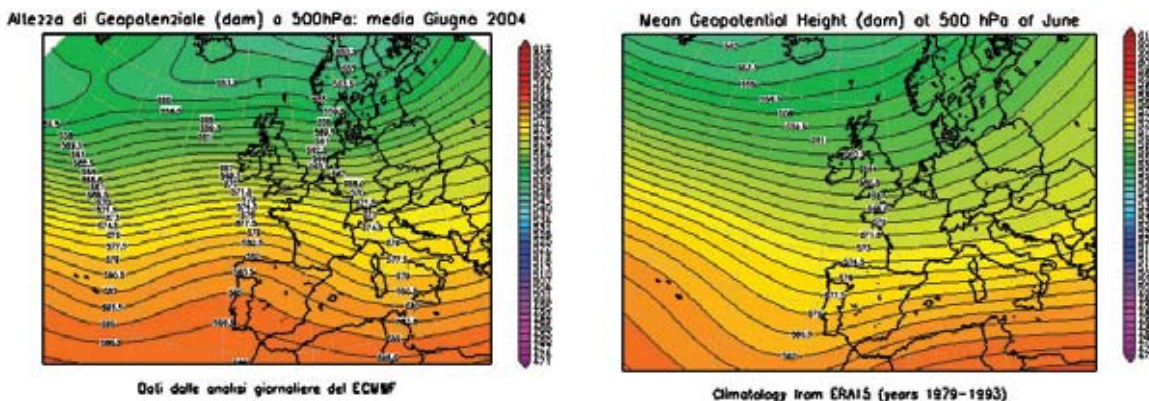


FIGURA 5: geopotenziale a 500 hPa del mese di Giugno nell'anno 2004 (a sinistra) e del mese di Giugno nel periodo climatico 1979-1993 (a destra)

SETTEMBRE, OTTOBRE, NOVEMBRE 2004

Per quanto riguarda l'autunno, a Torino le temperature, da Settembre all'inizio di Novembre, sono state superiori alla media prolungando la stagione calda dell'Estate. In dettaglio i primi due mesi dell'autunno (+1.7 °C a Settembre e +1.4 °C a Ottobre, rispetto alla climatologia di riferimento) sono stati anormalmente caldi, mentre Novembre si è avvicinato alla media.

La prima figura di sintesi, scelta per descrivere il periodo autunnale "Settembre-Ottobre-Novembre", mostra il confronto della temperatura, mediata sul periodo dei mesi di Settembre e Ottobre, a 850 hPa (circa 1500 metri), tra l'anno 2004 (figura 6 - mappa a sinistra) e la climatologia (figura 6 - mappa a destra). Si nota, nella mappa a sinistra, che le isolinee di temperatura (isoterme) descrivono, su tutta l'Europa, una situazione con temperature generalmente più elevate rispetto alla climatologia.

L'anomalia positiva della temperatura nel 2004 sull'Europa è ancora più rilevante per il fatto che in questa mappa la media temporale è relativa a due mesi; ne consegue che la situazione di caldo anomalo si è stabilmente mantenuta per tutto il lungo periodo.

Per cercare la configurazione meteorologica responsabile di questa evoluzione termica è opportuno rappresentare l'altezza del geopotenziale a 500 hPa separatamente per ciascun mese. Entrambi i mesi

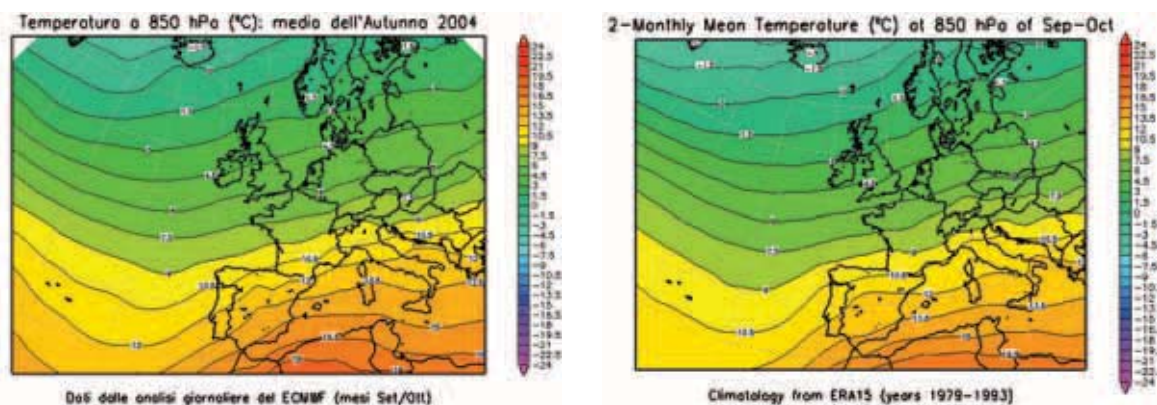


FIGURA 6: temperatura a 850 hPa dei mesi di Settembre-Ottobre nell'anno 2004 (a sinistra) e nel periodo climatico 1979-1993 (a destra)

hanno avuto una caratteristica peculiare che non sarebbe visibile analizzando una rappresentazione media dei mesi insieme.

La figura 7 rappresenta l'altezza del geopotenziale medio a 500 hPa (circa 5500 metri) di settembre 2004 (mappa a sinistra), a confronto con la climatologia dello stesso mese (mappa a destra). Si può notare la presenza di un marcato promontorio anticiclonico, un'area di alta pressione che dalla costa dell'Africa nordoccidentale si estende alla penisola iberica, alla Francia e a tutto il Mediterraneo occidentale. Nella climatologia (mappa a destra) tale configurazione non è presente. La presenza di tale anticiclone nordafricano è addirittura più forte di quanto avveniva a giugno 2004, come si può vedere dal confronto della mappa a sinistra di figura 7 (settembre 2004) e di figura 5 (Giugno 2004). Si può notare, ad esempio, l'isolinea del valore di 579 dam che a settembre copre parte del Piemonte sudoccidentale mentre a giugno rimane molto più a sud, arrivando soltanto a nord della Sardegna e a sud della costa azzurra francese.

Tale anticiclone nel mese di settembre 2004 è stato responsabile dell'apporto di aria calda e della scarsità di precipitazioni sulla nostra regione (-94% rispetto alla media di riferimento), con un flusso nordoccidentale più continentale e secco rispetto alla media climatologica.

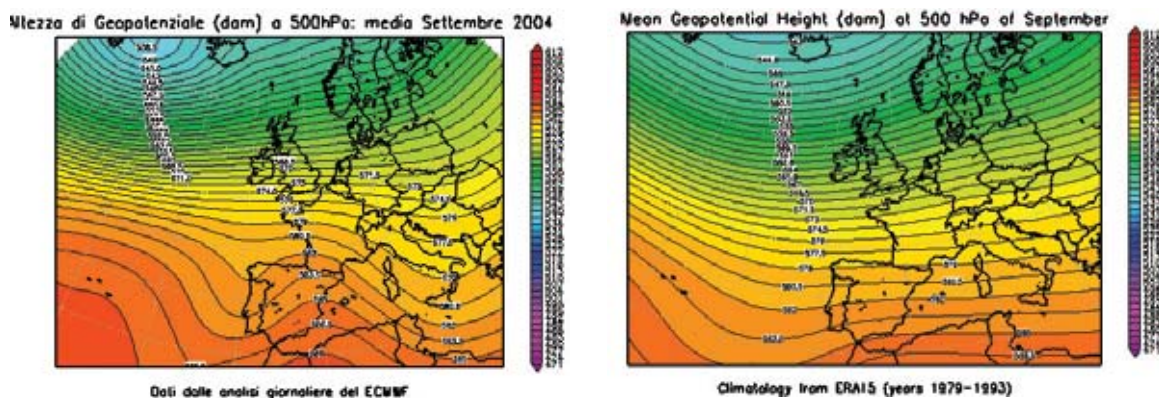


FIGURA 7: geopotenziale a 500 hPa del mese di Settembre nell'anno 2004 (a sinistra) e del mese di Settembre nel periodo climatico 1979-1993 (a destra).

La figura 8 rappresenta l'altezza del geopotenziale medio a 500 hPa (circa 5500 metri) di Ottobre 2004 (mappa a sinistra), a confronto con la climatologia dello stesso mese (mappa a destra). Innanzitutto si nota come la configurazione meteorologica è nettamente diversa dal precedente mese di Settembre; al posto del promontorio anticiclonico vi è infatti una profonda saccatura atlantica su tutta l'Europa occidentale. L'area di bassa pressione sull'ovest Europa è ben più marcata rispetto alla corrispondente media climatologica. Quindi, pur con una configurazione meteorologica praticamente opposta al mese di Settembre, l'anomalia termica positiva, come evidenziato in precedenza, si è mantenuta anche ad Ottobre perché il flusso marcatamente sudoccidentale, sul Piemonte e su gran parte dell'Europa, ha continuato ad apportare aria calda dai quadranti meridionali. In più tali correnti sudoccidentali hanno consentito un facile ingresso nel bacino del Mediterraneo delle perturbazioni atlantiche, principali sistemi che apportano precipitazioni sulla nostra regione. Così, a differenza del mese di Settembre, ad Ottobre le precipitazioni sono tornate ad essere nella media climatologica.

Il mese di Novembre 2004 è stato sostanzialmente nella media, in termini di precipitazioni e di temperature.

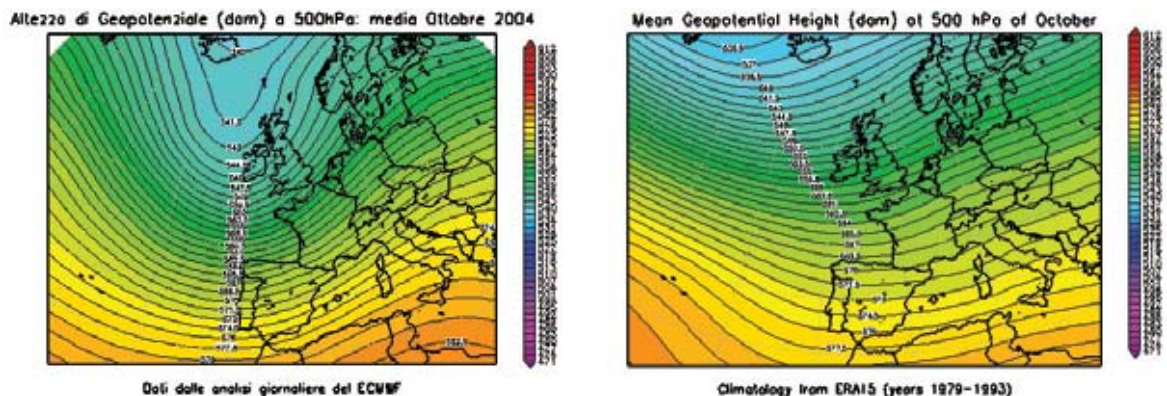


FIGURA 8: geopotenziale a 500 hPa del mese di Ottobre nell'anno 2004 (a sinistra) e del mese di Ottobre nel periodo climatico 1979-1993 (a destra).

DICEMBRE 2004

Nell'ultimo mese dell'anno 2004, a Torino sono stati osservati valori nella norma, per quanto riguarda sia le temperature sia le precipitazioni.

Tuttavia il mese di dicembre è stato molto variabile dal punto di vista delle situazioni meteorologiche occorse: caratteristica alquanto insolita per i mesi invernali, che solitamente hanno un'evoluzione piuttosto lenta delle configurazioni meteorologiche sinottiche.

L'elevata variabilità delle configurazioni meteorologiche verificatesi a Dicembre rischierebbe di rimanere nascosta da una mappa di sintesi mediata su tutto il mese; pertanto vengono mostrate alcune mappe giornaliere, rappresentative delle principali strutture meteorologiche che hanno interessato il mese.

La figura 9 può essere assunta come una sintesi significativa della variabilità di Dicembre 2004, in quanto mostra tutte le principali strutture meteorologiche che si sono succedute nel corso del mese: una bassa pressione localizzata sulle coste nordoccidentali dell'Africa, l'Anticiclone delle Azzorre che dall'Atlantico si protende verso l'Europa centrale e delle saccature polari che tendono a scendere dal nord Atlantico verso il bacino del Mediterraneo. Tale discesa verso sud a volte è facilitata

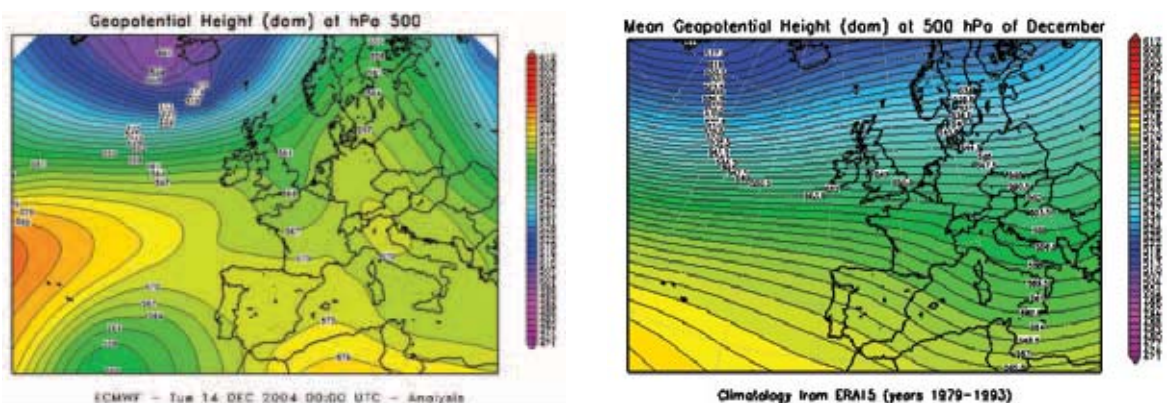


FIGURA 9: mappa rappresentativa del geopotenziale a 500 hPa del mese di Dicembre nell'anno 2004 (a sinistra) e media mensile del geopotenziale medio del mese di Dicembre nel periodo climatico 1979-1993 (a destra)

dalla preesistente presenza della bassa pressione nordafricana, che può favorire l'apertura di un lungo canale depressionario dal nord Europa al Mediterraneo.

La continua evoluzione delle strutture sinottiche principali ha portato talvolta a situazioni come quella riportata in figura 10, con un'area di alta pressione estesa dalle Azzorre all'Europa centrale, che ha garantito tempo stabile e asciutto sulla nostra regione. Talvolta, invece, si è sviluppata una vasta depressione dal nord Europa al bacino del Mediterraneo (figura 11) che ha apportato precipitazioni diffuse sul Piemonte, come nel caso delle nevicate occorse nei giorni delle feste di Natale.

Così, nel complesso, tra alcuni periodi piovosi (in particolare nelle prime e nell'ultima settimana del mese), intervallati da momenti più asciutti, il mese di Dicembre 2004 è rimasto nei valori della media climatologica sia per le temperature sia per le precipitazioni.

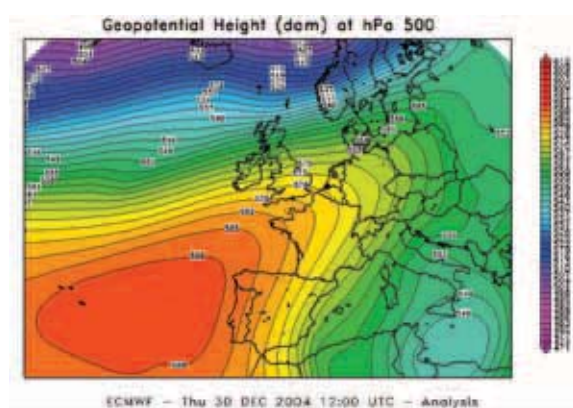


FIGURA 10: mappa del geopotenziale a 500 hPa, rappresentativa di una evoluzione meteorologica occorsa nel mese di Dicembre 2004

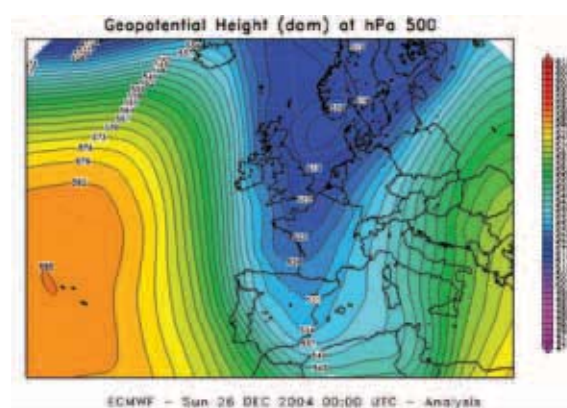


FIGURA 11: mappa del geopotenziale a 500 hPa, rappresentativa di una evoluzione meteorologica occorsa nel mese di Dicembre 2004

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2004, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 1994-2003.

La stazione più utile ai fini della valutazione statistica è risultata Torino-Buon Pastore, sita in Corso Regina Margherita a Torino ed appartenente alla Rete Meteoidrografica di A.R.P.A. Piemonte.

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 2004 per la stazione Torino-Buon Pastore risulta pari a 13,7 °C, quindi superiore alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13,5 °C), e anche superiore alla media 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 1994-2003 (figura 12). Le differenze maggiormente significative rispetto all'anno medio si riscontrano nei mesi di Settembre ed Ottobre (con variazioni termiche percentuali pari rispettivamente al 9% ed al 10%): i valori di Settembre ed Ottobre sono superiori rispettivamente di circa 1,7 °C ed 1,4 °C rispetto alle relative medie del periodo decennale. In generale comunque tutto il periodo estivo e autunnale, da Giugno ad Ottobre, mostra temperature medie mensili evidentemente superiori alla media.

Invece valori significativamente inferiori alla rispettiva media decennale si riscontrano a Marzo e a Maggio. Nello specifico, le temperature risultano inferiori alla rispettiva media decennale di circa 2 °C a Marzo ed 1,5 °C a Maggio.

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di Gennaio 2004 (in accordo con il valore minimo mensile del decennio considerato: 2,8 °C nel 2004 e 3,3 °C nel decen-

nio di riferimento), mentre il valore massimo è stato registrato nel mese di Agosto nel 2004 (25 °C) e nel mese di Luglio nel decennio considerato (23.9 °C).

Dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2004 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (figura 13), si osservano picchi di temperature massime a Giugno, Luglio, Settembre e Novembre, che superano i valori medi dei massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio di riferimento (linea rossa). Analoghi superamenti si sono registrati a Gennaio e a fine Aprile, ma più contenuti. All'opposto, superamenti dei minimi assoluti registrati mensilmente nel decennio di riferimento (linea blu) si sono verificati all'inizio di Maggio e di Marzo; molto più ridotti quelli, isolati, registrati a Luglio e Agosto. Nel complesso tutto il periodo da fine Febbraio a Maggio, con temporanee pause a metà Marzo e a fine Aprile, sembra un periodo piuttosto freddo, perché più vicino all'andamento dei minimi assoluti (linea blu) registrati mensilmente nel decennio 1994-2003. Al contrario, il periodo estivo ed autunnale, da Giugno ad Ottobre, con una parziale attenuazione ad Agosto, si presenta più spostato verso l'andamento dei massimi assoluti (linea rossa) registrati mensilmente nel decennio 1994-2003, risultando quindi un periodo complessivamente caldo.

Gli altri mesi (Gennaio-Febbraio e Novembre-Dicembre) mostrano un andamento più regolare e normalmente compreso tra i limiti inferiore (blu) e superiore (rosso).

Per quanto riguarda le **precipitazioni atmosferiche**, l'analisi dei dati statistici evidenzia per l'anno 2004 (figura 14) un totale di precipitazioni di 716 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 63. Quindi, il 2004 risulta meno piovoso della media 1994-2003, sia in termini di precipitazioni totali (716 mm contro 893 mm di media), sia in termini di giorni piovosi (63 giorni contro 69 giorni di media).

Il 2004 è stato un po' meno piovoso del 2003: 716 mm di pioggia nel 2004 rispetto ai 728 mm del 2003. Il 1996, il 1997 e il 2001 rappresentano gli anni meno 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 1994 (15.9 mm pioggia/giorno), nel 2000 (16.3 mm pioggia/giorno), nel 2002 (14.1 mm pioggia/giorno); mentre i valori più bassi nel 1997 (9.9 mm pioggia/giorno) e nel 2001 (7.8 mm pioggia/giorno). Nel 2004 l'intensità giornaliera media è stata pari a 11.4 mm pioggia/giorno, contro una media del decennio pari a 12.5 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 Piemonte¹, 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 quattro tipi di regime pluviometrico, dei quali tre 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 subcontinentale*: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in estate.

¹ "Precipitazioni e temperature" - Collana studi climatologici in Piemonte - Regione Piemonte: Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Meteorografico e Reti di Monitoraggio; Università degli Studi di Torino: Dipartimento di Scienze della Terra.

Sempre secondo tale studio, il regime pluviometrico più diffuso in Piemonte, nonché quello attribuito all'area del capoluogo torinese, è quello prealpino.

Nel grafico illustrato in figura 15 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2004 con le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 1994-2003. Entrambi i profili confermano il regime pluviometrico come "prealpino": il massimo principale è stato registrato a Maggio (128 mm nel 2004 e 154.7 mm nel decennio), mentre il massimo secondario a Novembre (105.8 mm nel 2004 e 101.3 mm nel decennio). Il minimo principale in inverno, per il decennio considerato, si osserva nel periodo da Dicembre a Febbraio, con valori minimi assoluti registrati a Gennaio (42.1 mm); mentre il 2004 si discosta da tale regime per il picco anomalo di 89.8 mm (contro 43.7 mm di media) registrato a Febbraio.

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella figura 16 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 soltanto nel primo trimestre 2004 le precipitazioni sono superiori alla media climatologica (149 mm rispetto ai 110 mm della climatologia), mentre sono inferiori alla media nel secondo trimestre (-18 %) e, in misura ben più marcata, nel terzo trimestre (-55 %). L'ultimo trimestre è perfettamente nella media.

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2004 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 1994÷2003) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

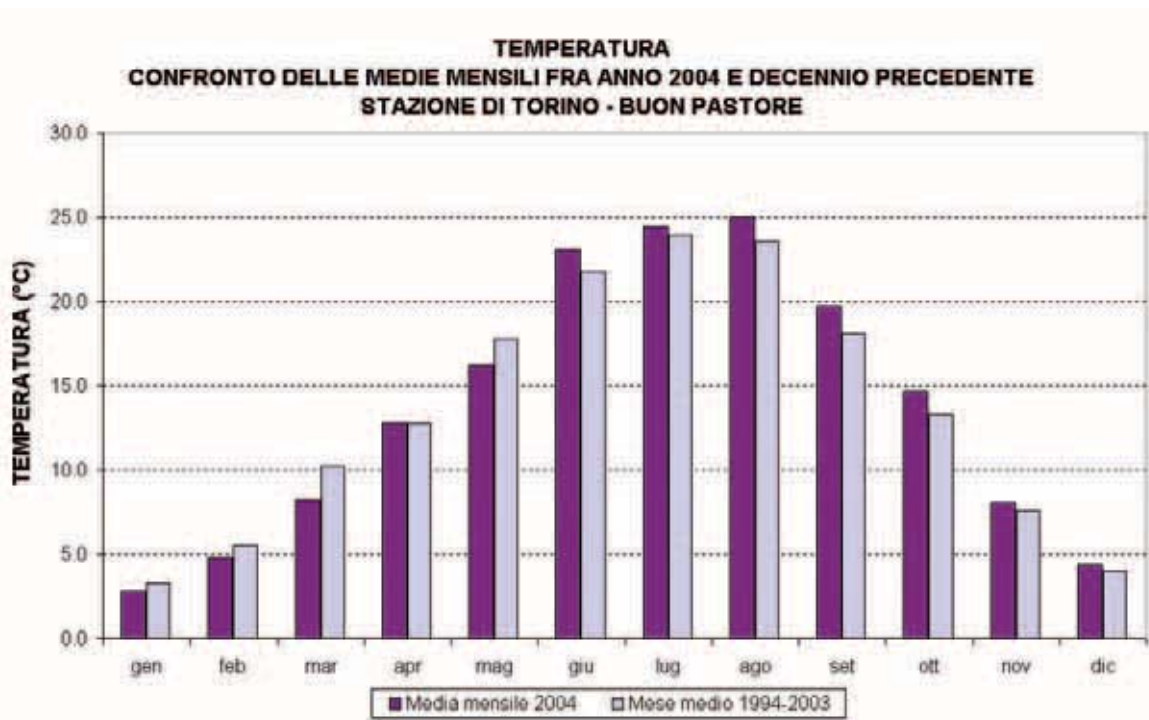


FIGURA 12: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2004 e per il decennio 1994÷2003 per la stazione di Torino-Buon Pastore.

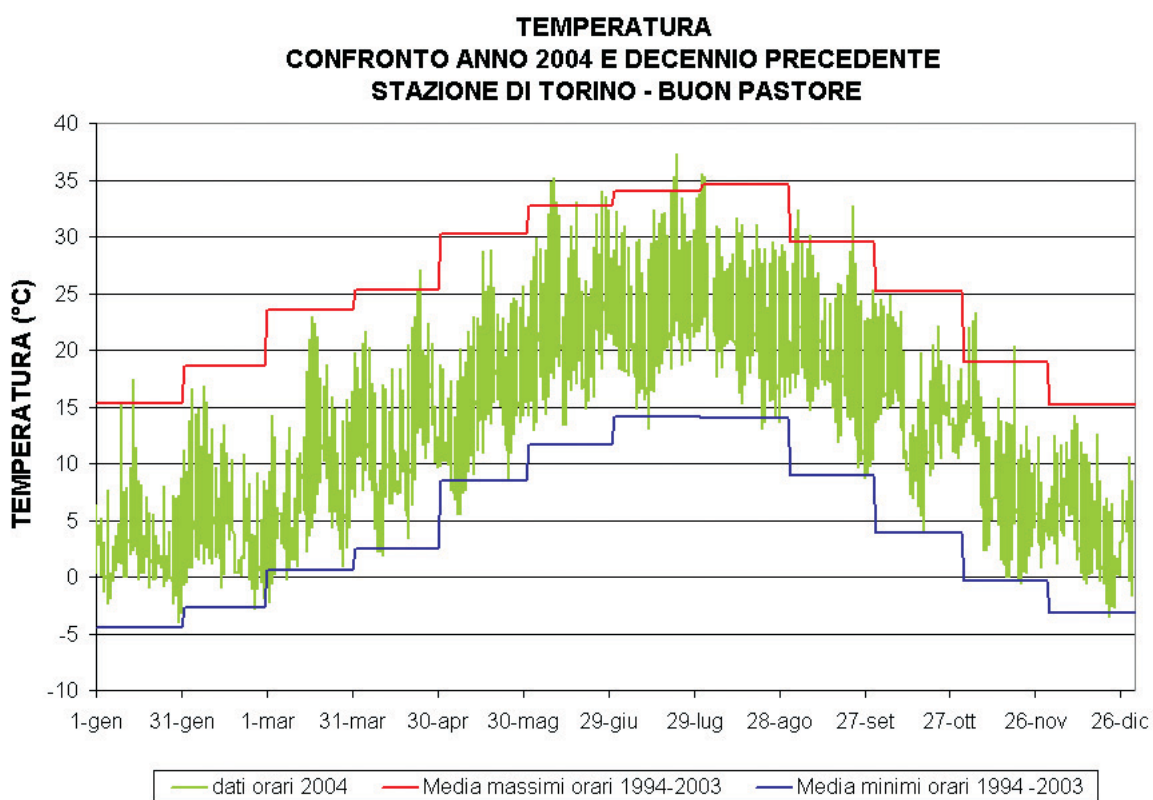


FIGURA 13: temperatura: valori orari per l'anno 2004 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 1994÷2003 presso la stazione di Torino-Buon Pastore.

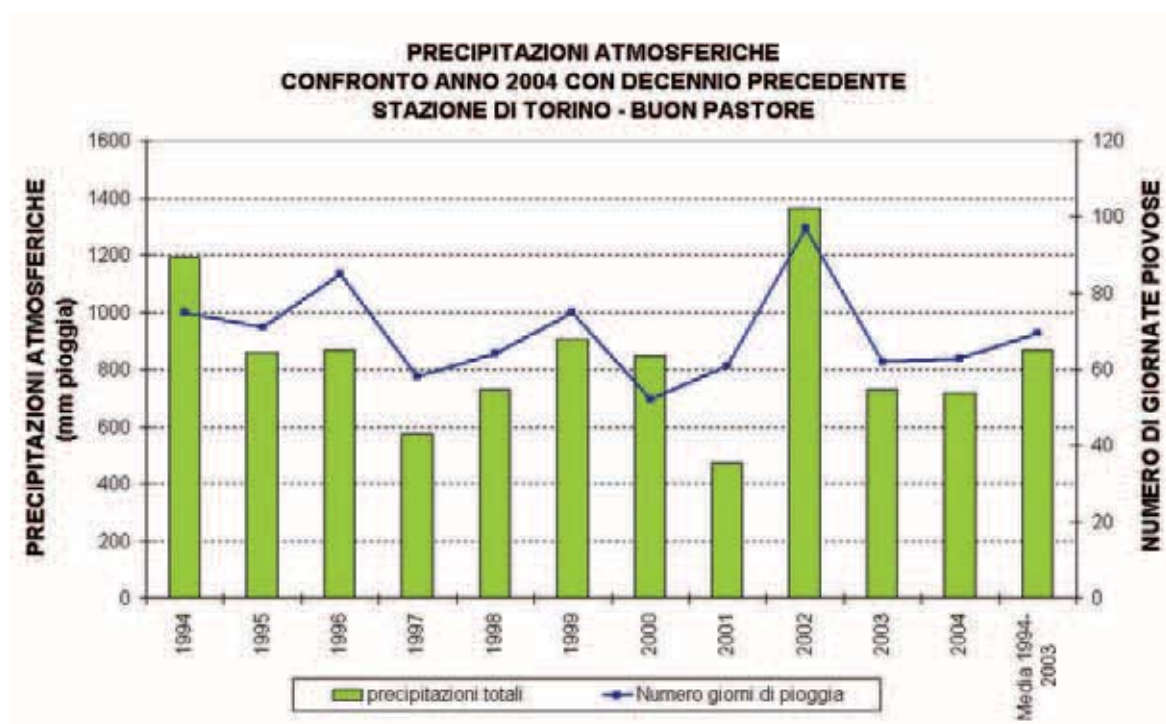


FIGURA 14: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino-Buon Pastore.

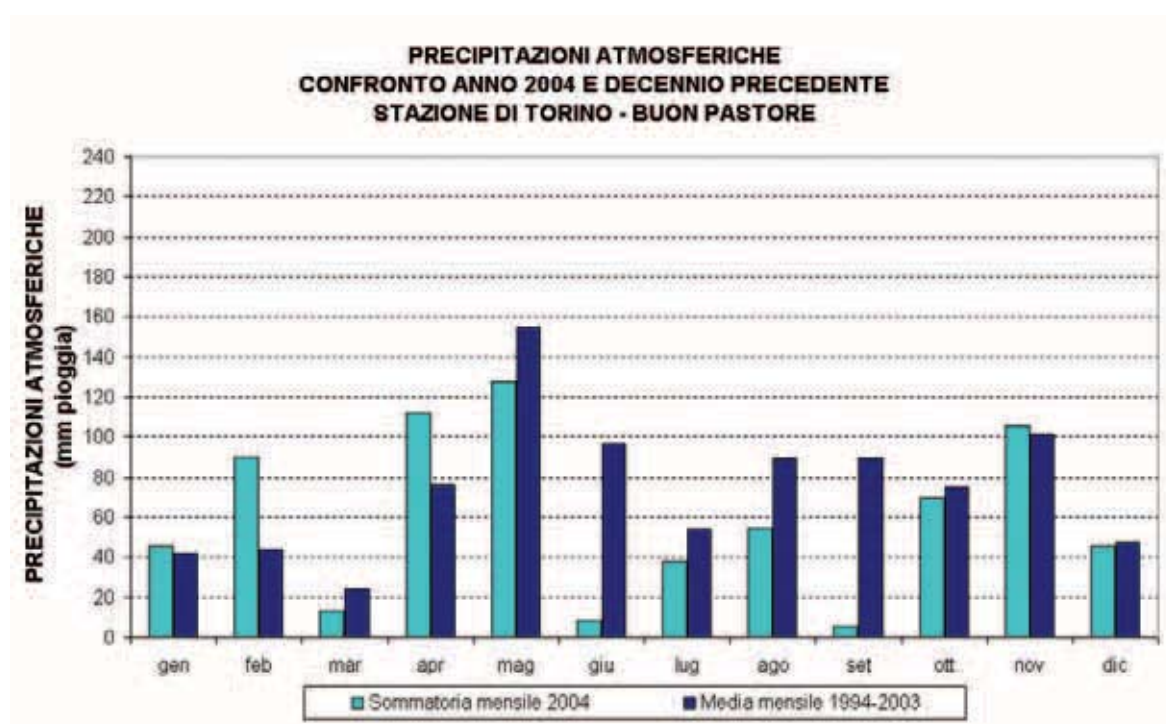


FIGURA 15: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2004 e medie mensili relative al decennio 1994÷2003 per la stazione di Torino-Buon Pastore.

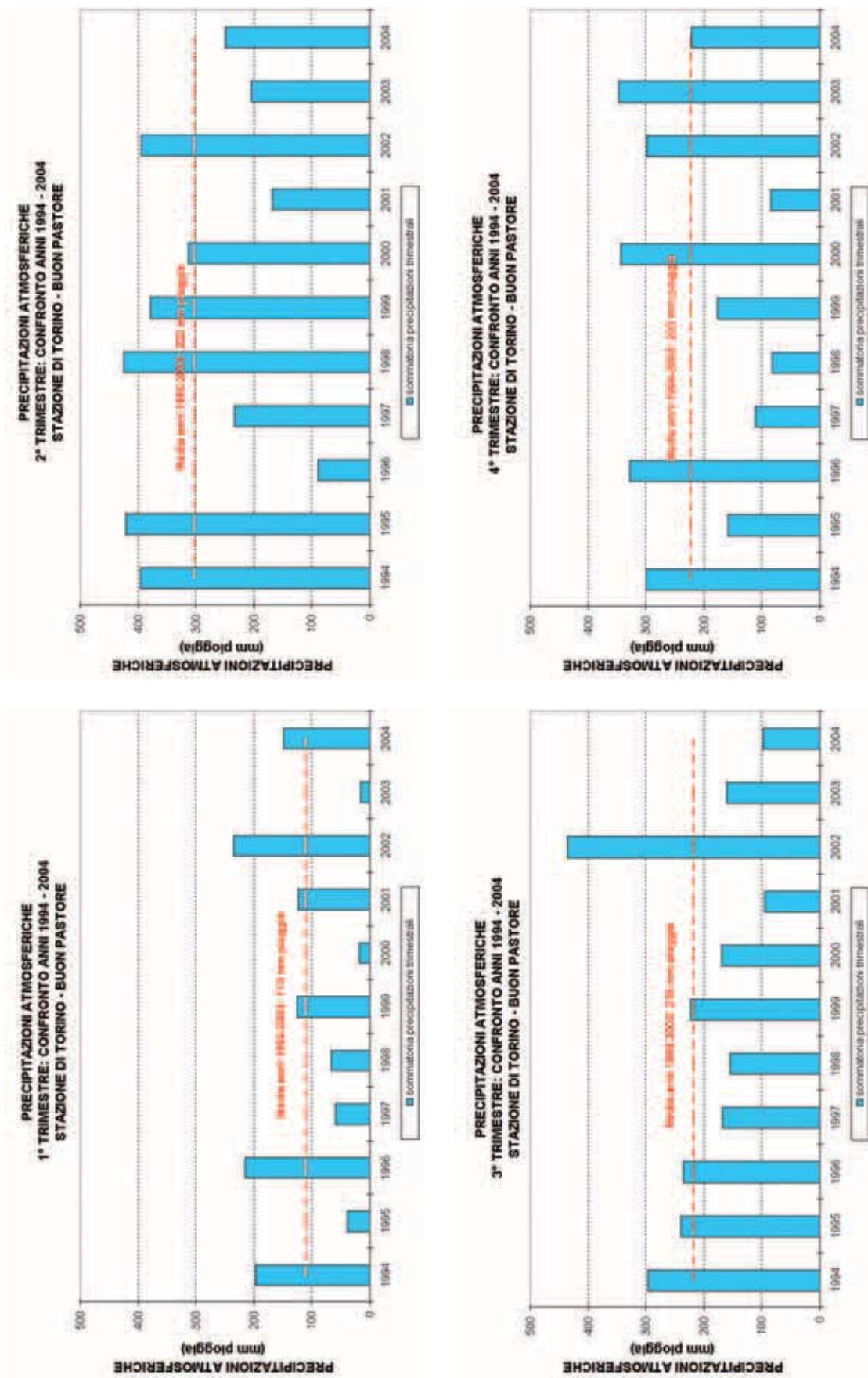


FIGURA 16: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 1994-2004 per la stazione di Torino-Buon Pastore.

La tutela e la gestione della qualità dell'aria sono oggetto di una specifica normativa nazionale, frutto del recepimento ad opera dell'Italia delle direttive della Comunità Europea, finalizzata ad impedire il costante riprodursi di situazioni di criticità ambientale.

In particolare, il D.Lgs. 04/08/1999, n. 351 (attuativo della direttiva quadro 1996/62/CE) definisce i principi fondamentali per la diminuzione dell'inquinamento atmosferico prevedendo la fissazione di valori limite e di soglie di allarme per alcune sostanze inquinanti nonché del valore obiettivo per l'ozono al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso. Il decreto prevede inoltre l'individuazione di metodi e criteri di valutazione comuni che permettano di distinguere nell'ambito del territorio nazionale le zone in cui è opportuno conservare la qualità dell'aria, perché buona, da quelle in cui è necessario migliorarla.

Il nostro legislatore, con il D.M. 2/4/2002 n. 60 (attuativo delle direttive figlie 1999/30/CE e 2000/69/CE), ha fissato per una serie di agenti inquinanti (biossido di zolfo, biossido di azoto e ossidi di azoto, materiale particolato, piombo, benzene e monossido di carbonio) i predetti valori limite e le soglie di allarme. Tale intervento è l'espressione legislativa di una politica di ampio raggio che si prefigge da un lato di porre rimedio ai fenomeni cronici di inquinamento atmosferico e dall'altro prevede, in occasione di episodi acuti, l'adozione di azioni radicali.

Il decreto stabilisce dei valori limite annuali per biossido di zolfo, ossidi di azoto, materiale particolato PM₁₀, piombo e benzene per la protezione della salute umana e degli ecosistemi. L'introduzione di questa nuova classe di limiti è finalizzata all'adozione di interventi che siano volti ad una reale diminuzione dell'emissione di questi inquinanti piuttosto che all'introduzione di misure di contenimento dei picchi. Tali interventi portavano ad una distribuzione dell'emissione nel corso del tempo che non produceva sensibili miglioramenti sulle medie calcolate sul lungo periodo. Inoltre, per il raggiungimento dei limiti, viene scandito il percorso da compiere nel corso dei prossimi anni, attraverso la definizione di margini di tolleranza, che si riducono progressivamente nel tempo, per portare al graduale raggiungimento del rispetto del limite.

Sono inoltre definiti dei valori limite giornalieri o orari per biossido di zolfo, ossidi di azoto, PM₁₀ e monossido di carbonio.

La configurazione proposta per i limiti *short-term* è volta al contenimento degli episodi acuti di inquinamento e anche in questo caso assume connotazioni che spingono le autorità competenti alla definizione di strategie efficaci e di interventi strutturali per garantire il rispetto di tali limiti. Al valore limite viene infatti associato sia un numero massimo di superamenti da registrare nel corso dell'anno sia un margine di tolleranza che anche in questo caso decresce gradualmente fino al raggiungimento del valore fissato.

Inoltre per il biossido di zolfo ed il biossido di azoto il decreto ha fissato delle soglie di allarme, a cui corrispondono dei livelli di concentrazione di inquinanti in atmosfera il cui superamento determina il sorgere di seri rischi per la salute umana anche in caso di esposizioni di breve durata. In caso si verifici siffatta situazione di pericolo le autorità competenti sono ovviamente tenute all'adozione immediata di misure capaci di portare ad una riduzione delle concentrazioni di inquinante al di sotto del valore di allarme.

Recentemente, con D. Lgs. 21/05/2004 n.183 è stata recepita dal legislatore italiano la direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.

Per il parametro ozono si individuano, come riferimento a lungo termine, i valori bersaglio e gli obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione. Il valore bersaglio rappresenta il livello fissato al fine di evitare effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo (2010). L'obiettivo a lungo termine rappresenta la concentrazione di ozono nell'aria al di sotto della quale si ritengono improbabili, in base alle conoscenze scientifiche attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso. Tale obiettivo deve essere conseguito, salvo quando ciò non sia realizzabile, tramite misure progressive nel lungo periodo, al fine di fornire un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente. Per l'ozono sono definite inoltre la soglia di allarme e la soglia di informazione alla popolazione.

Per una migliore comprensione di tali dati, riportati nelle tabelle sottostanti, è necessario premettere le definizioni normative dei seguenti concetti:

- **VALORE LIMITE**, livello fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso, che dovrà essere raggiunto entro un dato termine e che non dovrà essere superato.
- **SOGLIA DI ALLARME**, livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale gli stati membri devono immediatamente intervenire secondo quanto disposto dalla direttiva 96/62/CE.
- **VALORE BERSAGLIO**, livello fissato al fine di evitare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo.
- **OBIETTIVO A LUNGO TERMINE**, concentrazione di ozono nell'aria al di sotto della quale si ritengono improbabili, in base alle conoscenze scientifiche attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e/o sull'ambiente nel suo complesso. Tale obiettivo deve essere conseguito, salvo quando ciò non sia realizzabile tramite misure proporzionate, nel lungo periodo al fine di fornire un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.
- **MARGINE DI SUPERAMENTO**, la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato alle condizioni stabilite dalla direttiva 96/62/CE.
- **SOGLIA DI INFORMAZIONE**, livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata della popolazione in generale, e raggiunto il quale gli stati membri devono immediatamente intervenire.

BIOSSIDO DI ZOLFO			
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	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile	150 µg/m ³ (43%) all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2005	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)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
24 ore	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile	nessuno	1 gennaio 2005
VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI			
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 e inverno (1° ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³	nessuno	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO			
500 µg/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 1: D.M. 2/4/2002 n.60, valori limite per il biossido di zolfo.

MONOSSIDO DI CARBONIO			
VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA			
Periodo medio	Valore limite (293°K e 101.3 kPa)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	60% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 2000/69/CE (13/12/2000). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2003 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005

TABELLA 2: D.M. 2/4/2002 n.60, valori limite per il monossido di carbonio.

OSSIDI DI AZOTO

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 µg/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 ridurrà, 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																						
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">~ ~ ~ 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">300 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 – 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">290 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 – 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">280 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 – 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">270 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 – 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">260 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2005 – 31/12/2005</td> <td style="text-align: right;">250 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2006 – 31/12/2006</td> <td style="text-align: right;">240 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2007 – 31/12/2007</td> <td style="text-align: right;">230 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2008 – 31/12/2008</td> <td style="text-align: right;">220 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2009 – 31/12/2009</td> <td style="text-align: right;">210 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2010 ≡ ≡ ≡</td> <td style="text-align: right;">200 µg/m³</td> </tr> </table>				~ ~ ~ 31/12/2000	300 µg/m ³	01/01/2001 – 31/12/2001	290 µg/m ³	01/01/2002 – 31/12/2002	280 µg/m ³	01/01/2003 – 31/12/2003	270 µg/m ³	01/01/2004 – 31/12/2004	260 µg/m ³	01/01/2005 – 31/12/2005	250 µg/m ³	01/01/2006 – 31/12/2006	240 µg/m ³	01/01/2007 – 31/12/2007	230 µg/m ³	01/01/2008 – 31/12/2008	220 µg/m ³	01/01/2009 – 31/12/2009	210 µg/m ³	01/01/2010 ≡ ≡ ≡	200 µg/m ³
~ ~ ~ 31/12/2000	300 µg/m ³																								
01/01/2001 – 31/12/2001	290 µg/m ³																								
01/01/2002 – 31/12/2002	280 µg/m ³																								
01/01/2003 – 31/12/2003	270 µg/m ³																								
01/01/2004 – 31/12/2004	260 µg/m ³																								
01/01/2005 – 31/12/2005	250 µg/m ³																								
01/01/2006 – 31/12/2006	240 µg/m ³																								
01/01/2007 – 31/12/2007	230 µg/m ³																								
01/01/2008 – 31/12/2008	220 µg/m ³																								
01/01/2009 – 31/12/2009	210 µg/m ³																								
01/01/2010 ≡ ≡ ≡	200 µg/m ³																								

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 µg/m ³ NO ₂	50% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, 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																						
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">~ ~ ~ 31/12/2000</td> <td style="text-align: right;">60 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2001 – 31/12/2001</td> <td style="text-align: right;">58 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2002 – 31/12/2002</td> <td style="text-align: right;">56 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2003 – 31/12/2003</td> <td style="text-align: right;">54 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2004 – 31/12/2004</td> <td style="text-align: right;">52 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2005 – 31/12/2005</td> <td style="text-align: right;">50 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2006 – 31/12/2006</td> <td style="text-align: right;">48 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2007 – 31/12/2007</td> <td style="text-align: right;">46 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2008 – 31/12/2008</td> <td style="text-align: right;">44 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2009 – 31/12/2009</td> <td style="text-align: right;">42 µg/m³</td> </tr> <tr> <td>01/01/2010 ≡ ≡ ≡</td> <td style="text-align: right;">40 µg/m³</td> </tr> </table>				~ ~ ~ 31/12/2000	60 µg/m ³	01/01/2001 – 31/12/2001	58 µg/m ³	01/01/2002 – 31/12/2002	56 µg/m ³	01/01/2003 – 31/12/2003	54 µg/m ³	01/01/2004 – 31/12/2004	52 µg/m ³	01/01/2005 – 31/12/2005	50 µg/m ³	01/01/2006 – 31/12/2006	48 µg/m ³	01/01/2007 – 31/12/2007	46 µg/m ³	01/01/2008 – 31/12/2008	44 µg/m ³	01/01/2009 – 31/12/2009	42 µg/m ³	01/01/2010 ≡ ≡ ≡	40 µg/m ³
~ ~ ~ 31/12/2000	60 µg/m ³																								
01/01/2001 – 31/12/2001	58 µg/m ³																								
01/01/2002 – 31/12/2002	56 µg/m ³																								
01/01/2003 – 31/12/2003	54 µg/m ³																								
01/01/2004 – 31/12/2004	52 µg/m ³																								
01/01/2005 – 31/12/2005	50 µg/m ³																								
01/01/2006 – 31/12/2006	48 µg/m ³																								
01/01/2007 – 31/12/2007	46 µg/m ³																								
01/01/2008 – 31/12/2008	44 µg/m ³																								
01/01/2009 – 31/12/2009	42 µg/m ³																								
01/01/2010 ≡ ≡ ≡	40 µg/m ³																								

VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE

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	30 µg/m ³ NO _x	Nessuno	19 luglio 2001

SOGLIA DI ALLARME PER IL BIOSSIDO DI AZOTO

400 µg/m³ (293°K e 101.3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi.

TABELLA 3: D.M. 2/4/2002 n.60, valori limite per gli ossidi di azoto.

PARTICELLE PM-10 (FASE 1)

VALORE LIMITE DI 24 ORE 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
24 ore	50 µg/m ³ PM ₁₀ non superare più di 35 volte per anno civile	50% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005

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 µg/m ³ PM ₁₀	20% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005

TABELLA 4: D.M. 2/4/2002 n.60, valori limite per il PM-10.

PIOMBO

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	0,5 µg/m ³	100% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2001 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1° gennaio 2005	1 gennaio 2005

TABELLA 5: D.M. 2/4/2002 n.60, valori limite per il piombo.

BENZENE			
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 deve essere rispettato
Anno civile	5 µg/m ³	100% del valore limite all'entrata in vigore della Direttiva 2000/69/CE (13/12/2000). Tale margine si ridurrà, a partire dal 1° gennaio 2006 di una percentuale costante ogni 12 mesi fino a raggiungere il valore di 0 il 1°gennaio 2010	1 gennaio 2010
Dettaglio dei limiti in vigore nei prossimi anni con i progressivi adeguamenti:			
	~ ~ ~ 31/12/2005		10 µg/m ³
	01/01/2006 – 31/12/2006		9 µg/m ³
	01/01/2007 – 31/12/2007		8 µg/m ³
	01/01/2008 – 31/12/2008		7 µg/m ³
	01/01/2009 – 31/12/2009		6 µg/m ³
	01/01/2010 ≡ ≡ ≡		5 µg/m ³

TABELLA 6: D.M. 2/4/2002 n.60, valori limite per il benzene.

OZONO		
VALORI BERSAGLIO		
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	Parametro Media massima giornaliera su 8 ore (b)	Valore bersaglio per il 2010 (a) 120 µg/m ³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (c)
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT 40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ *h come media su 5 anni (c)
<p>(a) Data a partire dalla quale si verifica la rispondenza ai valori bersaglio. Ciò significa che i valori del 2010 saranno utilizzati per verificare la concordanza con gli obiettivi nei successivi 3 o 5 anni.</p> <p>(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.</p> <p>(c) Se non è possibile calcolare la media di 3 o 5 anni poiché non si ha un insieme completo di dati relativi a più anni consecutivi, i dati annuali minimi per la verifica della rispondenza con i valori bersaglio sono i seguenti: per il valore bersaglio per la protezione della salute umana: dati validi relativi ad un anno per il valore bersaglio per la protezione della vegetazione: dati relativi a tre anni</p> <p>Per AOT40 (espresso in µg/m³*h) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (= 40 ppb) e 80 µg/m³ 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.</p>		
OBIETTIVI A LUNGO TERMINE		
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Parametro Massima media giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile	Obiettivo a lungo termine (a) 120 µg/m ³
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³
<p>(a) I progressi realizzati dalla Comunità nel conseguimento dell'obiettivo a lungo termine, prendendo come riferimento l'anno 2020, sono riesaminati nell'ambito del processo di cui all'art. 11 della presente direttiva.</p> <p>Per AOT40 (espresso in µg/m³*h) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (= 40 ppb) e 80 µg/m³ 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.</p>		
SOGLIE DI INFORMAZIONE E DI ALLARME		
Soglia di informazione	Parametro Media di 1 ora	Soglia 180 µg/m ³
Soglia di allarme	Media di 1 ora	240 µg/m ³
<p>(a) Per l'attuazione dei piani di azione a breve termine, previsti all'art. 7 della presente direttiva, il superamento della soglia va superato per tre ore consecutive.</p>		

TABELLA 7: D. Lgs. 21/05/2004 n.183, valori bersaglio, obiettivo e soglie di informazione e allarme per l'ozono.

BENZO(A)PIRENE			
Riferimento normativo	Parametro di controllo	Periodo di osservazione	Valore di riferimento
OBIETTIVO DI QUALITÀ (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri (a)	Anno (1 gennaio - 31 dicembre)	1 ng/m ³
<p>(a): La frequenza di campionamento è pari a 1 prelievo ogni z giorni, ove $z = 3 \div 6$; z può essere maggiore di 7 in ambienti rurali; in nessun caso z deve essere pari a 7.</p>			

TABELLA 8: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

- **D.P.R. 24/5/1988 n° 203¹**

Attuazione delle direttive C.E.E. n° 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernente norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16/4/1987, n° 183.

- **D.P.C.M. 21/7/1989**

Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni, ai sensi dell'art.9 della L. 8 Luglio 1986, n.349, per l'attuazione e l'interpretazione del D.P.R. 24 maggio 1988 n.203, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali.

- **D.M. 12/7/1990**

Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione.

- **D.M. 20/5/1991**

Criteri per l'elaborazione dei piani regionali di risanamento della qualità dell'aria.

- **D.P.R. 25/7/91**

Modifiche dell'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con D.P.C.M. del 21 luglio 1989.

- **D.P.R. 10/01/1992**

Atto di indirizzo e coordinamento in materia di sistemi di rilevazione dell'inquinamento urbano.

- **D.M. 06/05/1992**

Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio.

- **D.P.R. 26/8/1993, n° 412**

Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.

- **LEGGE 28/12/1993, n° 549**

Misure a tutela dell'ozono stratosferico e dell'ambiente.

- **D.M. del 12/07/1994**

Modificazione al decreto ministeriale 12 luglio 1990 concernente linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione.

- **Legge 12/4/1995 n° 146**

Ratifica ed esecuzione del protocollo alla convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza concernente la lotta contro le emissioni di composti organici volatili o i loro flussi transfrontalieri.

¹ Ai sensi dell'art.40 del D.M. 02/04/2002 n.60, sono state abrogate le disposizioni relative al biossido di zolfo, al biossido di azoto, alle particelle sospese e al PM₁₀, al piombo, al monossido di carbonio e al benzene contenute nel suddetto decreto limitatamente agli artt. 20, 21, 22, 23 e gli allegati I, II, III, IV.

- **D.P.C.M. 14/11/1995**

Recepimento della direttiva 93/12/CEE relativa al tenore di zolfo di taluni combustibili liquidi.

- **D.L. 30/11/1995, n.508**

Disposizioni urgenti in materia di prevenzione dell'inquinamento atmosferico da benzene, nonché di esercizio, manutenzione e controllo degli impianti termici.

- **Legge del 16/06/ 1997 n° 179**

Modifiche alla legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante misure a tutela dell'ozono stratosferico.

- **Legge 4/11/1997 n° 413**

Misure urgenti per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico da benzene.

- **D.M. 19/11/1997 n° 503**

Regolamento recante norme per l'attuazione delle direttive 89/369/CEE e 89/429/CEE concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento di rifiuti urbani, rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari.

- **D.M. 27/3/1998**

Mobilità sostenibile nelle aree urbane.

- **Direttiva 7.7.98 del Ministero dei lavori pubblici.**

Direttiva sul controllo dei gas di scarico dei veicoli (bollino blu) ai sensi dell'art. 7 del nuovo codice della strada.

- **Direttiva 13/CE del 11/3/1999**

Sulla limitazione delle emissioni di composti organici volatili dovuti all'uso di solventi organici in talune attività e in taluni impianti.

- **D.M. 21/4/1999 n° 163**

Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione.

- **D. Lgs. 4/8/1999 n° 351**

Qualità dell'aria verso standard europei: nuovi valori per misurare l'inquinamento.

- **D.Lgs. 4/8/1999 n°372**

Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento. Nasce l'autorizzazione integrata ambientale per le imprese a rischio inquinamento.

- **D.M. 25/2/2000 n° 124**

Regolamento recante i valori limite di emissione e le norme tecniche riguardanti le caratteristiche e le condizioni di esercizio degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti pericolosi, in attuazione della direttiva 94/67/CE del Consiglio del 16 dicembre 1994, e ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 18, comma 2, lettera a) del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22.

- **Regione Piemonte - L.R. 7/4/2000 n°43**

Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria.

- **DPCM 08/03/2002**

Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione.

- **D.M. 2/04/2002 n° 60**

Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio. I dati del 2001, pubblicati in questa relazione, non sono ancora sottoposti a questa normativa.

- **DPCM 20/06/2002**

Modifica dell'allegato I del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 marzo 2002, concernente la disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione.

- **D.M. 20/9/2002**

Attuazione dell'art. 5 della legge 28 dicembre 1993, n. 549, recante misure a tutela dell'ozono stratosferico.

- **D.M. 20/9/2002**

Modalità per la garanzia della qualità del sistema delle misure di inquinamento atmosferico, ai sensi del decreto legislativo n. 351/1999.

- **D.M. 01/10/2002**

Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351.

- **D. Lgs. 21/05/2004 n.183**

Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.

- **DPCM 08/10/2004**

Modifica del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 marzo 2002, recante: «Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione».

L'elenco di normativa riportata rappresenta un riepilogo delle principali norme che in qualche modo concorrono alla tutela e al miglioramento della qualità dell'aria.

LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO



La rete di monitoraggio della qualità dell'aria, operante sul territorio della Provincia di Torino, è composta da 29 postazioni fisse e da un mezzo mobile per il monitoraggio in continuo di parametri chimici e meteorologici. Tutte le postazioni 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 3 stazioni per il campionamento di particolato atmosferico non sono collegate attraverso linee telefoniche, in quanto le strumentazioni che misurano con sistema gravimetrico i parametri PM-10 e polveri totali non necessitano di tale collegamento. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione, i parametri misurati e la zonizzazione del territorio provinciale, effettuata ai sensi della L.R. 7 aprile 2000 n. 43 dalla D.G.R. 11 novembre 2002 n. 14-7632, sono riportati in tabella 9 e in figura 17.

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 di tutti i siti di tipologia analoga a quella individuata per il posizionamento. 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 ripetibili 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 11 si riporta una breve descrizione dei siti di misura, realizzata secondo le indicazioni contenute nel DM 2 aprile 2002 n. 60 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 di situazioni di impatto ambientale, quali la costruzione di nuovi insediamenti produttivi o la modifica 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	TIPO	PARAMETRI
Alpignano	Via F. Baracca, 12 – Alpignano	D	O ₃ , NO _x
Beinasco	Via S. Pellico, 5 – Beinasco	B	SO ₂ , NO _x
Borgaro	Via Italia – Borgaro	B-D	O ₃ , NO _x , PM ₁₀
Chieri	C.so Buoizzi, 1 – Chieri	B-C	NO _x , CO, O ₃
Chivasso	Via Torino, 1 – Chivasso	C	CO
Cirie	Via Teneschie, 2 – Cirie	B	SO ₂ , NO _x
Druento	Cascina Peppinella	A	O ₃ , CO, NO _x , VV-DV, RDN, RDG, UMID, TEMP, PV, P, PM ₁₀
Grugliasco	Via Roma, 15 – Grugliasco	B	SO ₂ , NO _x
Ivrea	P.zza Freguglia – Ivrea	B-C	SO ₂ , NO _x , CO, PM ₁₀
M. Mobile			O ₃ , SO ₂ , CO, NO _x PTS, PM ₁₀ , BTX VV-DV, RDG, UMID, TEMP, PV, P
Nichelino	Via XXV Aprile, 111 – Nichelino	B-C	CO, NO _x
Orbassano	Via Gozzano – Orbassano	B-D	O ₃ , NO _x , VV-DV, RDN, RDG
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo	C	CO, NO _x , O ₃ , PM ₁₀
Rivoli	P.zza Togliatti, 1 – Rivoli	C	CO, NO _x
Settimo	Via Milano, 31 – Settimo	B-C	CO, NO _x
Susa	P.zza della Repubblica – Susa	C	CO, NO _x , O ₃ , PM ₁₀
Venaria	C.so Garibaldi – Venaria	C	CO
Vinovo	Via Garibaldi, 3 – Vinovo	D	O ₃ , NO _x ,
Bottigliera	Buttigliera		PM ₁₀
Carmagnola	Carmagnola		PM ₁₀
TO-Consolata	Via Consolata, 10 – Torino	B-C	SO ₂ , CO, CO ₂ , NO _x , PM ₁₀ , PM ₁₀ alto volume, PTS, BTX
TO-Cristina	Via M. Cristina, 129 – Torino	B-C	CO, NO _x
TO-Gaidano	V. Gaidano – Torino	B	CO, NO _x , PM ₁₀
TO-Lingotto	V. A. Monti, 21 – Torino	A	O ₃ , CO, NO _x
TO-Rebaudengo	P.zza Rebaudengo, 23 - Torino	B-C	CO, SO ₂ , NO _x
TO-Rivoli	P.zza Rivoli, 4 – Torino	B-C	CO, NO _x , PTS, PM ₁₀
Pino Torinese	Oss. Astronomioco – Pino T.se	D	O ₃
I.T.I.S. Grassi	V. P. Veronese		PM ₁₀
Alenia	C.so Marche, 41 – Torino		VV-DV, TEMP (RDG dimessa il 1/05/04)
Cnr	Str. delle Cacce, 73 – Torino		Dismessa il 1/06/04
Cselt	V. Reiss Romoli, 274 – Torino		Dismessa il 31/12/03

TABELLA 9: 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
O₃	Ozono
P	Pressione atmosferica
PV	Quantità di pioggia
RDN	Radiazione solare netta
RDG	Radiazione solare globale
SO₂	Biossido di zolfo
TEMP	Temperatura
PM₁₀	Particolato sospeso < 10 µm
PTS	Polveri totali sospese
UMID	Umidità
VV-DV	Velocità e direzione del vento

TABELLA 10: descrizione dei codici dei parametri.

STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	PRINCIPALI FONTI EMISSIVE	TIPOLOGIA STAZIONE	DESCRIZIONE
Alpignano	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Beinasco	suburbana	industriale residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale-industriale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Borgaro	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Buttigliera	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale in una zona non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Carmagnola	urbana esterna	residenziale industriale commerciale	traffico traffico	Stazione collocata in area urbana esterna in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Chieri	suburbana	residenziale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Chivasso	urbana esterna	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana esterna in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Cirie	urbana esterna	residenziale	fondo	Stazione collocata in area urbana esterna di carattere residenziale in una zona non soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Druento	remota	naturale	fondo	Stazione collocata in area remota in una zona non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa della qualità dell'aria per la protezione degli ecosistemi.
Grugliasco	suburbana	residenziale industriale commerciale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale in una zona non soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
I.T.I.S. Grassi		residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare ed industriale. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Ivrea	urbana esterna	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana esterna in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Nichelino	suburbana	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Orbassano	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Pinerolo	urbana esterna	residenziale- commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana esterna in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Pino Torinese	Remota	naturale	fondo	Stazione collocata in area remota in una zona non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa della qualità dell'aria per la protezione degli ecosistemi.
Rivoli	Suburbana	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.



STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	PRINCIPALI FONTI EMISSIVE	TIPOLOGIA STAZIONE	DESCRIZIONE
Settimo	suburbana	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine veicolare e industriale. Rappresentativa dei livelli di inquinanti più elevati a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Susa	urbana esterna	commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana esterna in una zona soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
TO-Consolata	urbana	residenziale commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
TO-Cristina	urbana	residenziale- commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale
TO-Gaidano	urbana	residenziale industriale	fondo	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare ed industriale. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
TO-Lingotto	urbana	industriale residenziale	fondo	Stazione collocata in una zona di fondo urbano non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
TO-Rebaudengo	urbana	industriale residenziale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona direttamente soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
TO-Rivoli	urbana	residenziale- commerciale	traffico	Stazione collocata in area urbana a in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Venaria	suburbana	residenziale industriale commerciale	traffico	Stazione collocata in area suburbana in una zona soggetta a fonti primarie di emissione di origine principalmente veicolare. Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.
Vinovo	suburbana	residenziale	fondo	Stazione collocata in area suburbana di carattere residenziale non direttamente soggetta a fonti primarie di emissione Rappresentativa dell'esposizione della popolazione in generale.

TABELLA 11: descrizione del posizionamento delle stazioni di misura.

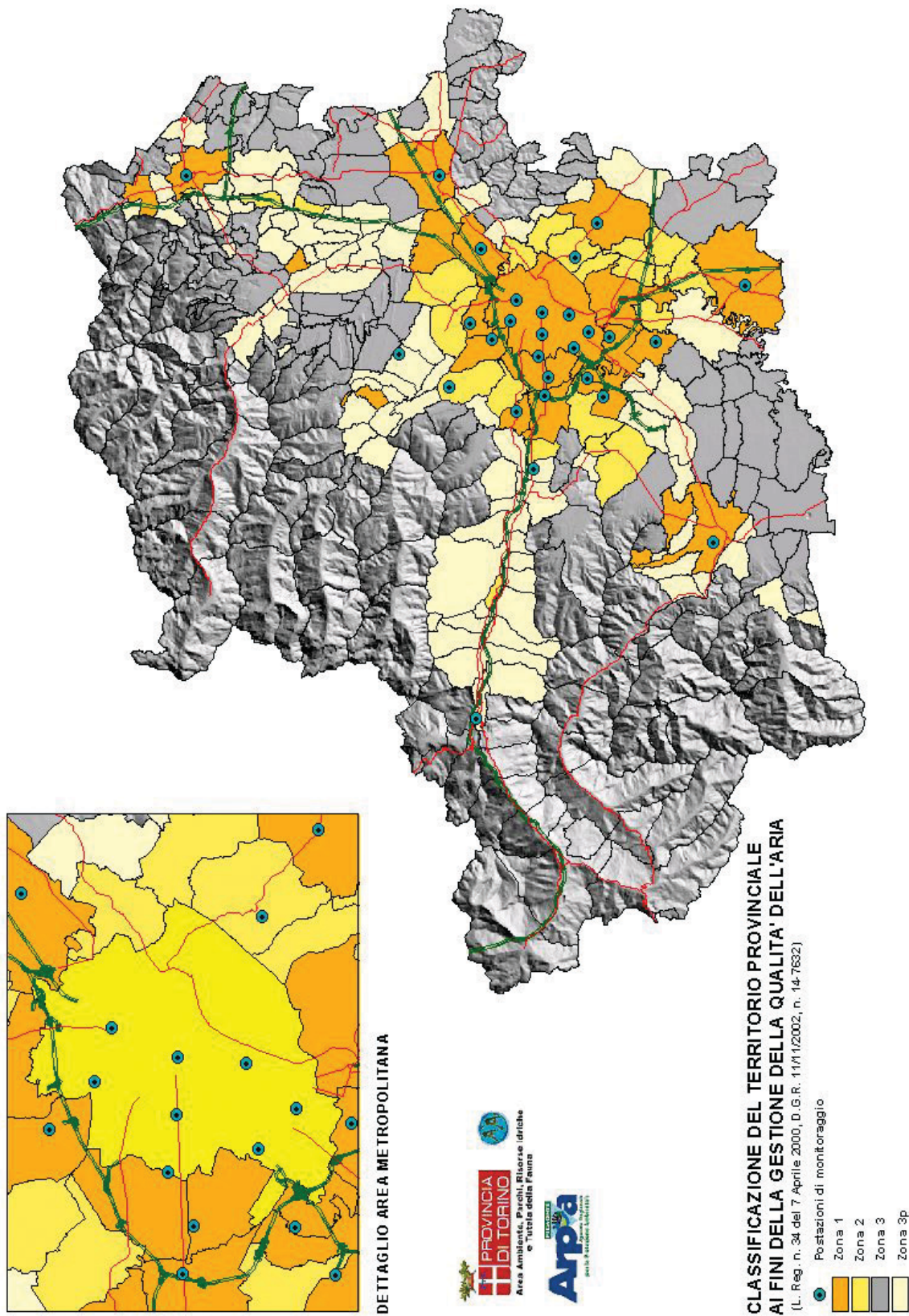


FIGURA 17: zonizzazione del territorio della provincia di Torino e disposizione dei punti di misura.

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, ecc.

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.

DANNI CAUSATI

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 (carbossi-emoglobina) 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.

METODO DI MISURA

L'ossido di carbonio è analizzato mediante assorbimento di radiazioni infrarosse (IR). La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR con conseguente variazione della loro intensità, proporzionale alla concentrazione dell'ossido di carbonio. Un sensore misura la variazione della radiazione luminosa e converte questo valore fornendo la concentrazione di CO presente nell'aria. L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni di monossido di carbonio è il milligrammo al metro cubo (mg/m³).

ESAME DEI DATI

Le rilevazioni effettuate nel corso dell'anno 2004, riportate in tabella 12 hanno evidenziato concentrazioni medie annuali comprese fra 0.4 e 1.9 mg/m³, con punte occasionali di 12 mg/m³ come valore orario nelle realtà urbane ad intenso traffico. Se si confrontano i valori medi annuali con quelli registrati negli anni precedenti si nota una leggera diminuzione, confermata dalla mancanza totale (nessun caso in alcuna delle 16 stazioni presenti) di superamenti del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m³, calcolato come media mobile trascinata (DM 60 del 2 aprile 2002).

L'evoluzione delle concentrazioni del monossido di carbonio avvenuta nel corso degli ultimi anni è evidenziata nel grafico in figura 18, il quale riporta le concentrazioni medie annue misurate dal 1980 al 2004 nella stazione urbana 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.

Ulteriori miglioramenti saranno possibili fino alla completa sostituzione delle auto a benzina non catalizzate con veicoli dotati di marmitta catalitica.

In relazione a quanto appena detto, si può ragionevolmente sostenere che il CO in atmosfera non rappresenterà nei prossimi anni una criticità ambientale per il nostro territorio.

Per una visualizzazione immediata delle elaborazioni effettuate è rappresentata in figura 19 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di CO misurate negli anni 2002, 2003 e 2004.

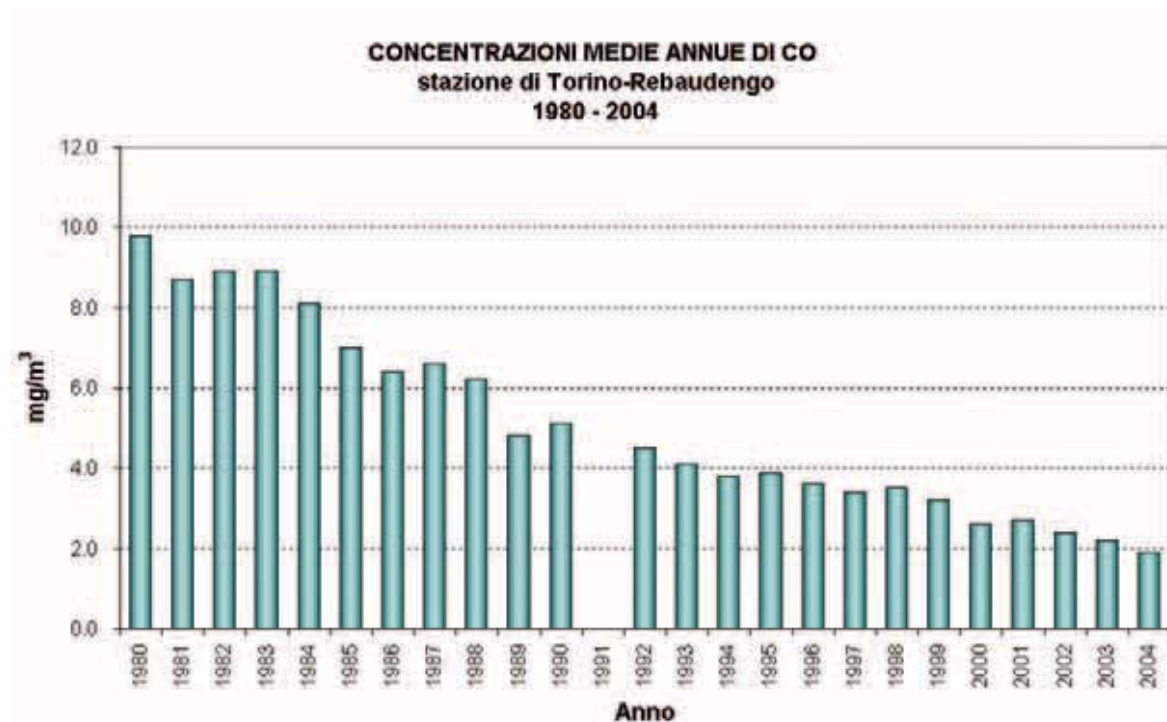


FIGURA 18: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di Torino-Rebaudengo dal 1980 al 2004.

STAZIONE	INDIRIZZO	Rendimento strumentale 2004 (% dati validi)	Media Annuale			Valore limite per la protezione della salute umana. Numero di giorni con la media massima calcolata su 8 ore superiore a 10 mg/m ³				Massimo orario		
			2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	
CHIERI	C.so Buozzi,1	94%	0,9	0,7	0,6	0	0	0	8,4	5,5	4,5	
CHIVASSO	Via Torino,1	95%	0,9	0,9	0,8	0	0	0	13,9	5,4	4,9	
DRUENTO	Cascina Peppinella	11%	0,5	0,5	*	0	0	*	2,8	2,4	*	
IVREA	P.zza Freguglia	86%	1,3	0,9	1	0	0	0	12,0	6,9	9,4	
NICHELINO	Via XXV Aprile,111	97%	2,0	1,8	1,3	7	0	0	16,4	14,1	10,9	
PINEROLO	P.zza Alpini,1	94%	0,8	0,7	0,6	0	0	0	8,6	5,3	6,4	
RIVOLI	P.zza Togliatti,1	77%	0,9	0,7	0,9	0	0	0	13,2	7,8	6,6	
SETTIMO	Via Milano,31	87%	1,5	1,2	1,1	1	0	0	12,4	7,2	8,9	
SUSA	P.zza della Repubblica	89%	0,6	0,5	0,4	0	0	0	4,0	2,6	2,9	
TO-CONSOLATA	Via Consolata,10	94%	2,1	1,6	1,5	0	0	0	13,6	11,5	9,7	
TO-GAIDANO	Via Gaidano	97%	1,8	1,5	1,3	0	0	0	13,9	13,9	12,2	
TO-LINGOTTO	Via A.Monti,21	91%	1,2	1,0	0,8	0	0	0	8,8	6,9	5,2	
TO-CRISTINA	Via M. Cristina,129	88%	1,6	1,5	1,4	0	0	0	7,8	10,1	7,3	
TO-REBAUDENGO	P.zza Rebaudengo,23	95%	2,4	2,2	1,9	0	0	0	15,4	15,8	12,3	
TO-RIVOLI	P.zza Rivoli,4	95%	2,2	2,0	1,7	4	2	0	16,5	16,2	12,1	
VENARIA	C.so Garibaldi	93%	0,7	0,5	0,5	0	0	0	4,8	4,6	4,6	

* dato non disponibile per insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 12: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il monossido di carbonio.

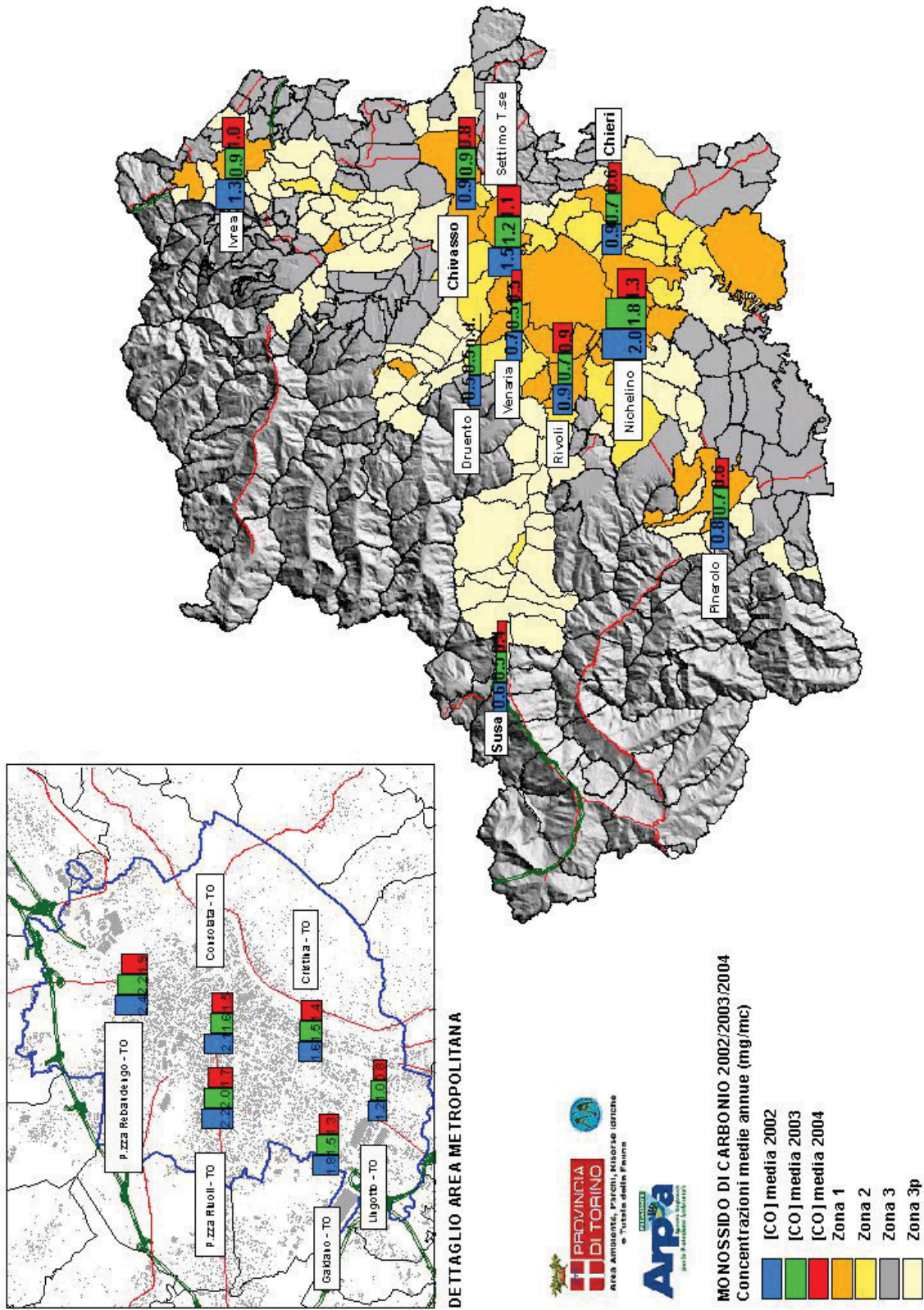


FIGURA 19: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di CO misurate negli anni 2002, 2003 e 2004.

DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto (NO, N₂O, NO₂ ed altri) sono generati in tutti i processi di combustione, qualsiasi sia il tipo di combustibile utilizzato.

Il biossido di azoto si presenta sotto forma di un gas di colore rossastro di odore forte e pungente. Il biossido di azoto in particolare è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, sia perché è per sua natura irritante, sia perché origina, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla costituzione di sostanze inquinanti, quali l'ozono, complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

Un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido di azoto e derivati fotochimici è apportato, nelle città, dai fumi di scarico degli autoveicoli. L'entità delle emissioni può, in questo caso, variare anche in funzione delle caratteristiche, dello stato del motore e delle modalità di utilizzo dello stesso, (valore della velocità, accelerazione ecc.).

In generale l'emissione di ossidi di azoto, in modo particolare per il biossido di azoto, è maggiore quando il motore funziona ad elevato numero di giri (arterie urbane a scorrimento veloce, autostrade ecc.).

DANNI CAUSATI

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 al suolo che possono alterare equilibri ecologici ambientali.

METODO DI MISURA

Per la determinazione degli ossidi di azoto si utilizza un metodo a chemiluminescenza. Il metodo si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono, capace di produrre una luminescenza caratteristica di intensità proporzionale alla concentrazione di NO.

Un apposito rivelatore permette di misurare l'intensità della radiazione luminosa prodotta. La reazione è specifica per il monossido di azoto; per misurare il biossido, invece, bisogna ridurlo a monossido, attraverso un convertitore al molibdeno. Gli analizzatori sono automaticamente predisposti per dosare sia il monossido di azoto che il biossido di azoto.

L'unità di misura delle concentrazioni di biossido di azoto in atmosfera è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

ESAME DEI DATI

Dall'analisi degli indicatori statistici, riportati in tabella 13, si osserva che nel corso dell'anno 2004, in quasi tutte le stazioni nelle quali era presente l'analizzatore del biossido di azoto, si sono verificati numerosi superamenti del valore limite orario per la protezione della salute umana ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), così come accaduto negli anni precedenti.

Analizzando la distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto si osserva che la maggior parte dei superamenti del valore limite orario per la protezione della salute si sono verificati principalmente nelle stazioni ubicate nell'area urbana torinese, che rappresenta indiscutibilmente la zona più critica.

In particolare le stazioni di TO-Rebaudengo e TO-Gaidano presentano il più alto numero di superamenti degli ultimi 5 anni. Occorre però osservare che anche le stazioni di Nichelino, Settimo e Grugliasco hanno misurato un discreto numero di superamenti di tale livello, confermando che l'inquinamento da biossido di azoto non è esclusiva prerogativa dei grandi centri urbani e che anche le conur-

bazioni di minore entità sono interessate, seppure marginalmente, dalla presenza di questo fenomeno. La situazione si presenta critica anche se si fa riferimento al limite relativo alla media annuale. Tale valore, se si escludono quelle stazioni il cui rendimento strumentale è stato inferiore al 90%, risulta non essere rispettato in quasi tutte le stazioni e solo in alcuni casi è di poco inferiore ai $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore limite annuale per la protezione della salute umana da rispettare dal 1° gennaio 2010.

L'analisi delle serie storiche (figura 21) dimostra che il valore medio annuo è leggermente in controtendenza rispetto all'anno precedente e sottolinea la criticità di questo inquinante. Appare evidente come la diminuzione delle concentrazioni di questo inquinante rappresenti uno dei principali obiettivi che le amministrazioni dovranno perseguire per la tutela della salute umana e dell'ambiente.

Per rispettare sia il valore limite orario sia il valore limite giornaliero fissati per il 2010 sarà necessario adottare provvedimenti, per le aree urbane, che portino ad una riduzione delle concentrazioni di biossido di azoto in una percentuale variabile fra il 20% e il 50%.

Per quanto riguarda il valore limite annuale per la protezione della vegetazione da applicarsi ai dati misurati nelle stazioni poste in zone rurali, la stazione più indicativa è quella di Druento in quanto collocata all'interno del Parco Regionale La Mandria. Purtroppo però, a causa di un problema dell'alimentazione elettrica, non ha un numero di ore sufficienti di funzionamento adeguato per il confronto con il limite annuale.

Per una visualizzazione immediata delle rilevazioni effettuate nella provincia di Torino è rappresentata in figura 22 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di NO_2 misurate nel triennio 2002 - 2004.

STAZIONE	INDIRIZZO	Rendimento Strumentale, 2004 (% dati validi)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana. (40 µg/m ³) Media Annuale				Valore limite orario per la protezione della salute (200 µg/m ³) Numero di superamento orari				Valore Massimo orario						
			2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004
ALPIGNANO	Via F. Baracca,12	95	44	62	37	36	39	1	0	2	0	1	235	n.d.	269	173	217
BEINASCIO	Via S. Pellico,5	91	54	45	52	51	55	4	0	1	0	5	233	192	207	178	216
BORGARO	Via Italia	96	46	48	42	44	42	8	27	1	0	4	276	318	230	171	223
CHIERI	C.so Buozzi,1	96	51	43	38	39	44	1	0	0	0	0	206	154	156	160	185
CIRIE'	Via Teneschie,2	92	36	32	29	31	31	5	0	0	0	1	252	183	145	132	206
DRUENTO	Cascina Peppinella	37	28	19	22	24	26	2	0	0	1	0	234	143	182	201	139
GRUGLIASCO	Via Roma,15	93	59	52	53	52	49	16	0	1	2	11	274	220	213	220	231
IVREA	Pzza Freguglia	92	51	54	48	50	47	8	5	1	5	2	259	225	204	251	220
NICHELINO	Via XXV Aprile,111	91	75	64	71	63	59	53	7	59	17	17	267	280	274	243	252
ORBASSANO	Via Gozzano	91	52	46	42	40	44	1	0	0	0	0	207	172	169	143	190
PINEROLO	Pzza Alpini,1	90	n.d.	n.d.	46	29	31	n.d.	n.d.	0	0	0	n.d.	n.d.	171	119	151
RIVOLI	Pzza Togliatti,1	94	n.d.	n.d.	58	57	60	n.d.	n.d.	0	3	6	n.d.	n.d.	190	214	235
SETTIMO	Via Milano,31	96	53	58	72	65	57	6	20	73	14	13	236	252	345	228	250
SUSA	Pzza Repubblica	90	n.d.	n.d.	25	22	34	n.d.	n.d.	0	0	0	n.d.	n.d.	107	156	154
TO-CONSOLATA	Via Consolata,10	85	69	59	72	73	72	27	4	20	6	8	346	253	258	236	253
TO-GAIDANO	Via Gaidano	92	67	65	68	65	71	31	9	23	8	26	333	245	316	284	304
TO-LINGOTTO	Via A.Monti,21	90	50	45	59	54	51	2	2	0	3	0	246	209	163	207	199
TO CRISTINA	Via M. Cristina,129	91	64	62	77	74	75	2	0	5	3	1	210	197	230	220	203
TO-REBAUDENGO	Pzza Rebaudengo	95	83	75	79	71	85	47	30	45	4	68	287	326	374	285	305
TO-RIVOLI	Pzza Rivoli,4	96	87	78	73	71	81	150	36	26	12	42	322	298	276	234	258
VINOVO	Via Garibaldi,3	98	42	42	43	41	38	0	0	0	0	0	183	163	157	187	133

TABELLA 13: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

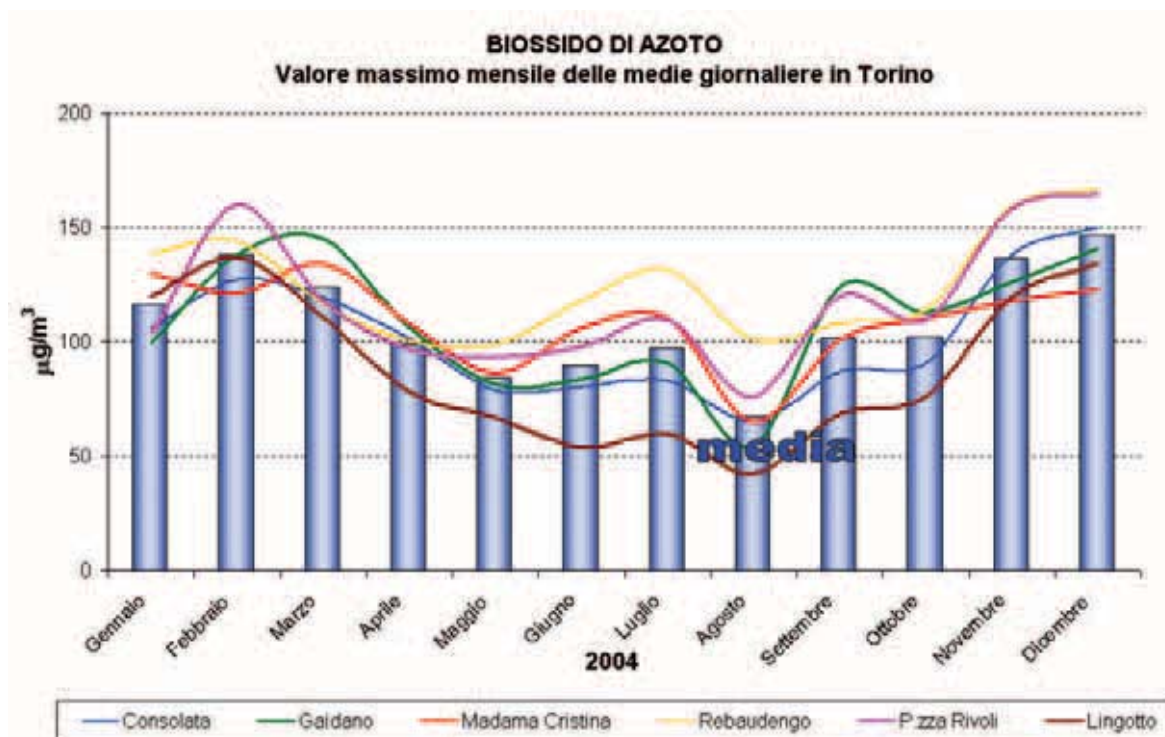


FIGURA 20: biossido di azoto, media dei valori massimi giornalieri nella città di Torino.

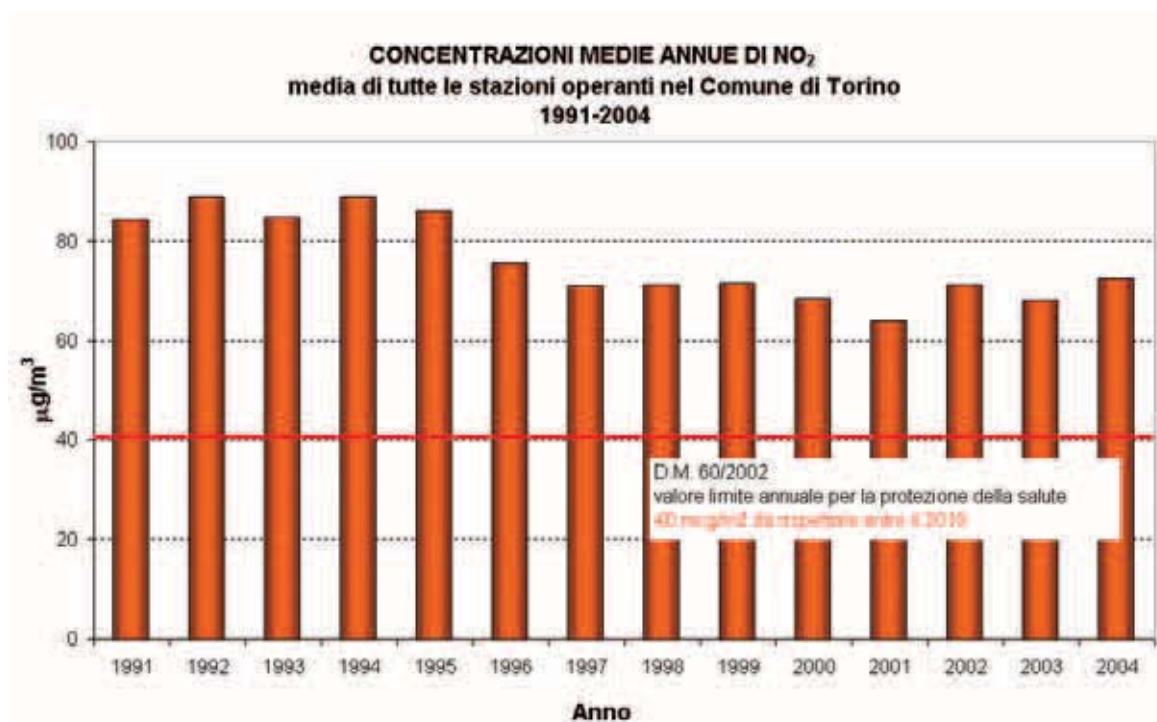


FIGURA 21: parametro NO₂, media delle medie annuali di tutte le stazioni operanti nel comune di Torino negli ultimi anni.

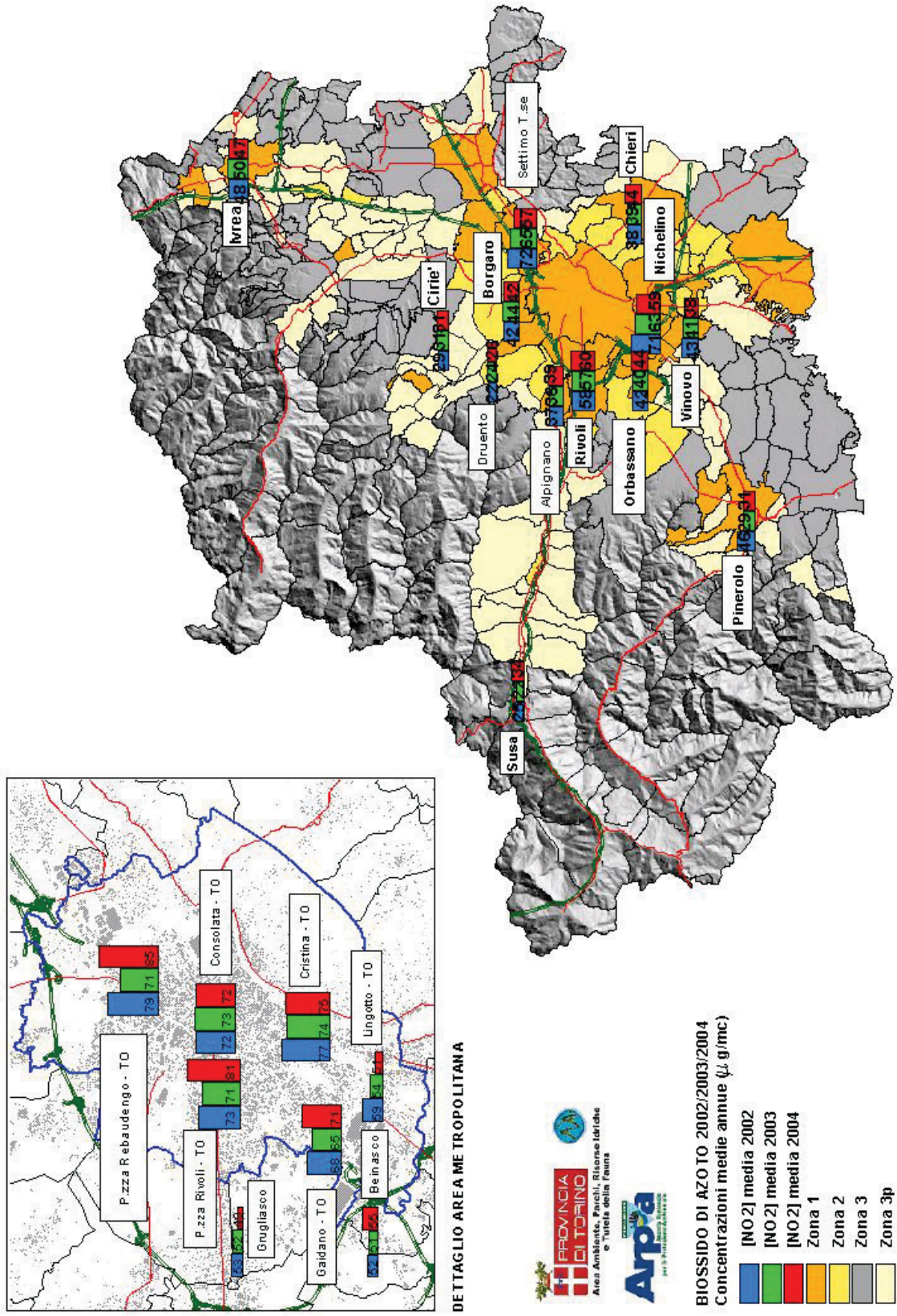
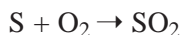


FIGURA 22: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di NO₂ misurate negli anni 2002, 2003 e 2004.

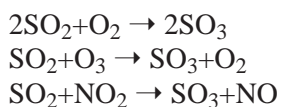
DESCRIZIONE

È il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto secondo la reazione:

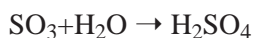


È un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità e dai processi metallurgici. Una percentuale molto bassa di biossido di zolfo nell'aria (6-7%) proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel.

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. Nell'atmosfera il biossido di zolfo (SO_2) è ossidato a triossido di zolfo (SO_3). L'ossidazione può avvenire direttamente in presenza di ossigeno atmosferico o di altri inquinanti per via chimica, secondo le reazioni:



Il triossido di zolfo successivamente, in presenza di umidità, è convertito in acido solforico secondo la reazione:



Il biossido di zolfo era ritenuto, fino a pochi anni fa, 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. Tuttavia, oggi, il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffinazione, imposto dal D.P.C.M. del 14 novembre 1995) insieme al sempre più diffuso uso del gas metano, hanno diminuito sensibilmente la presenza di SO_2 nell'aria.

DANNI CAUSATI

Il biossido di zolfo è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie. In atmosfera, attraverso reazioni con l'ossigeno e le molecole d'acqua, contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni, con effetti fitotossici sui vegetali e di acidificazione dei corpi idrici, in particolare a debole ricambio, con conseguente compromissione della vita acquatica.

Le precipitazioni acide possono avere effetti corrosivi anche sui materiali da costruzione, manufatti lapidei, vernici e metalli.

METODI DI MISURA

Il biossido di zolfo è misurato con un metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale vengono inviate radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di anidride solforosa presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rilevatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di anidride solforosa presente nell'aria.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di biossido di zolfo è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

ESAME DEI DATI

In tutti i siti oggetto di monitoraggio, come si può osservare nel riepilogo statistico riportato in tabella 14, 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 rispetto ai valori riscontrati nel 2002 e 2003 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 2004, 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 23.

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 parametro per controllare il mantenimento dei risultati raggiunti.

Per una visualizzazione immediata delle elaborazioni effettuate è rappresentata in figura 24 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di SO₂ misurate negli anni 2002, 2003 e 2004.

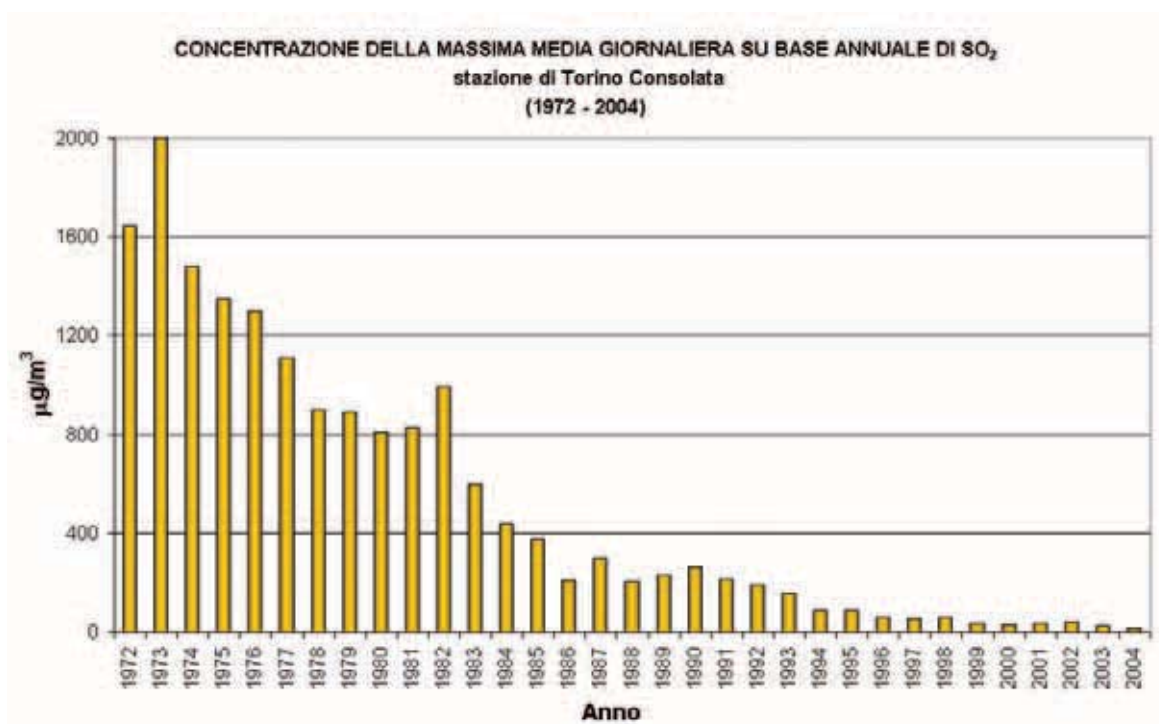


FIGURA 23: parametro SO₂, massima media giornaliera su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di Torino – Consolata.

STAZIONE	INDIRIZZO	Rendimento strumentale, 2004 (% dati validi)	Media Annuale			Valore limite orario per la protezione della salute umana 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte nell'anno civile Numero di superamenti			Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte nell'anno civile Numero di superamenti			Valore limite per la protezione degli ecosistemi 20 µg/m³ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31dic			Soglia di allarme 500 µg/m³ Numero di superamenti			Massimo orario		
			2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
BEINASCO	Via S.Pellico, 5	87%	5	4	6	0	0	0	0	0	0	6	5	7	0	0	0	103	32	50
CIRIE'	Via Teneschie, 2	97%	7	4	5	0	0	0	0	0	0	11	5	7	0	0	0	51	39	41
DRUENTO	Cascina Peppinella	2%	4	4	*	0	0	0	0	0	*	5	4	*	0	0	0	32	18	*
GRUGLIASCO	Via Roma, 15	76%	6	5	7	0	0	0	0	0	0	9	7	9	0	0	0	55	60	61
IVREA	Pizza Freguglia	86%	6	5	4	0	0	0	0	0	0	9	7	6	0	0	0	55	33	35
TO-CONSOLATA	Via Consolata, 10	96%	9	6	5	0	0	0	0	0	0	14	9	7	0	0	0	144	44	38
TO-REBAUDENGO	Pizza Rebaudengo, 23	98%	6	6	7	0	0	0	0	0	0	9	9	9	0	0	0	83	93	53

* dato non disponibile per insufficiente rendimento strumentale

TABELLA 14: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.

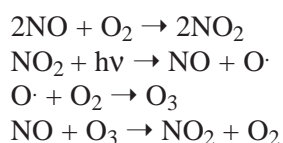
DESCRIZIONE

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

L'ozono si concentra nella stratosfera ad un'altezza compresa fra i 30 e i 50 chilometri dal suolo, la sua presenza protegge la troposfera dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole che sarebbero dannose per la vita degli esseri viventi. L'assenza di questo composto nella stratosfera è chiamata generalmente "buco dell'ozono".

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 invece 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 che sono così riassumibili in forma semplificata:



Inoltre la presenza di composti organici volatili sposta gli equilibri delle reazioni precedenti producendo elevate quantità di ozono. Nel corso di queste reazioni i composti organici si trasformano in aldeidi, perossidi, chetoni, acidi organici, perossiacilnitrati, nitrati alchilici ecc.

Tutte le sostanze coinvolte in questa complessa serie di reazioni costituiscono nel loro insieme il citato smog fotochimico.

DANNI CAUSATI

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 (alcune specie vegetali, particolarmente sensibili alle concentrazioni di ozono in atmosfera, vengono oggi utilizzate come bioindicatori della presenza di ozono).

METODO DI MISURA

L'ozono è misurato con un metodo basato sull'assorbimento di radiazioni UV ad una lunghezza d'onda di 254 nm caratteristica delle molecole di O_3 . La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di ozono ed è misurata da un apposito rilevatore.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di ozono è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

ESAME DEI DATI

A seguito del recepimento della direttiva CE 2002/3 in materia di ozono nell'aria ambiente, avvenuto nel maggio del 2004, si è provveduto a riferire i dati rilevati nel corso dell'anno 2004 ai nuovi valori introdotti con il D.lgs. 183. Tale norma stabilisce valori bersaglio, obiettivi a lungo termine e valori soglia al fine di ridurre, in base alle conoscenze scientifiche attuali, gli effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente. Al fine di effettuare un confronto con i nuovi valori definiti dalla normativa, in tabella 15 sono stati riportati i risultati dei rilevamenti degli ultimi 4 anni ricalcolati a tale

scopo. Da una prima osservazione si può notare nel corso del 2004 in nessuno dei siti monitorati si sono verificati superamenti della soglia di allarme ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre la soglia di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è stata superata in tutti i siti oggetto di rilevamento con l'eccezione di Pinerolo, seppur in modo meno marcato rispetto all'anno precedente.

STAZIONE	SOGLIA DI INFORMAZIONE $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria numero di superamenti				SOGLIA DI ALLARME $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria per 3 ore consecutive. numero di giorni con superamento			
	2001	2002	2003	2004	2001	2002	2003	2004
ALPIGNANO	*	47	144	22	*	0	0	0
BORGARO	224	40	188	35	5	0	2	0
CHIERI ⁽¹⁾	*	*	82	5	*	*	0	0
DRUENTO	*	64	176	71	*	0	2	0
ORBASSANO	*	52	107	63	*	0	0	0
PINEROLO ⁽²⁾	*	*	45	0	*	*	0	0
PINO T.se	*	74	340	57	*	0	0	0
SUSA ⁽³⁾	*	*	85	62	*	*	0	0
TO LINGOTTO	72	80	255	32	0	0	0	0
VINOVO	147	34	245	58	0	0	1	0

(*) dato non disponibile per insufficiente rendimento strumentale

⁽¹⁾ strumento operativo dal 1/8/02 ⁽²⁾ strumento operativo dal 9/10/02 ⁽³⁾ strumento operativo dal 22/07/02

TABELLA 15: ozono, confronto con il recente D.lgs. n. 183 che recepisce la direttiva 2002/3/CE.

Verosimilmente la marcata diminuzione del numero complessivo di superamenti della soglia di informazione nel corso dell'anno 2004 è da attribuirsi alle differenti condizioni meteorologiche verificatesi. Analizzando i valori della piovosità media e della media delle temperature massime relative agli anni in esame, riportate in figura 25 si osserva che il 2004 è stato caratterizzato, nei mesi centrali dell'anno, da temperature massime mediamente inferiori rispetto all'anno 2003, da temperature massime insolitamente superiori per la stagione invernale e da una quantità media di pioggia paragonabile agli anni precedenti.

In particolare il 2004 è stato l'anno con indice di criticità per l'ozono inferiore dell'ultimo periodo (2001-2004) come evidenziato in figura 26 e 27 (l'indice di criticità è definito come il valore percentuale dei superamenti della soglia di informazione calcolato sul totale dei dati validi).

L'analisi delle serie storiche delle concentrazioni di ozono rilevate nel corso degli ultimi 10 anni (figura 28) evidenzia una sostanziale stabilità nella situazione con una leggera variabilità dovuta alla situazione meteorologica del singolo anno.

L'ozono si conferma uno degli inquinanti maggiormente presenti sul nostro territorio, sia in relazione alle elevate concentrazioni che si raggiungono nei periodi critici sia in termini di diffusione sul territorio, come si può osservare nei grafici di figura 26 e 27 che riportano le distribuzioni spaziali e temporali dei superamenti della soglia di informazione.

Dall'analisi della distribuzione spaziale dei superamenti della soglia di informazione, si ha la conferma di quanto evidenziato negli anni precedenti, ossia che l'ozono è un inquinante sostanzialmente ubiquitario e, a differenza di quanto avviene per gli altri inquinanti come il biossido di zolfo, il monossido di carbonio e gli ossidi di azoto, la situazione esterna al comune di Torino è in generale più critica di quanto sia quella in Torino.

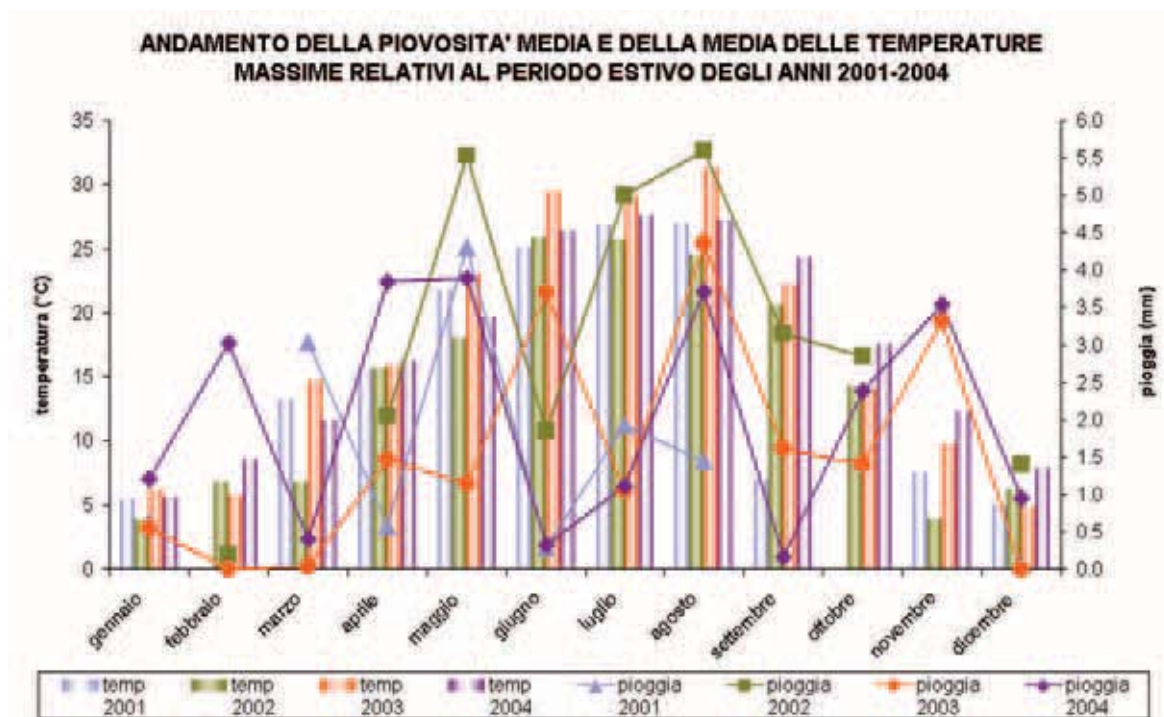


FIGURA 25: andamenti della piovosità media e della media delle temperature massime relative al agli anni 2001 - 2004.

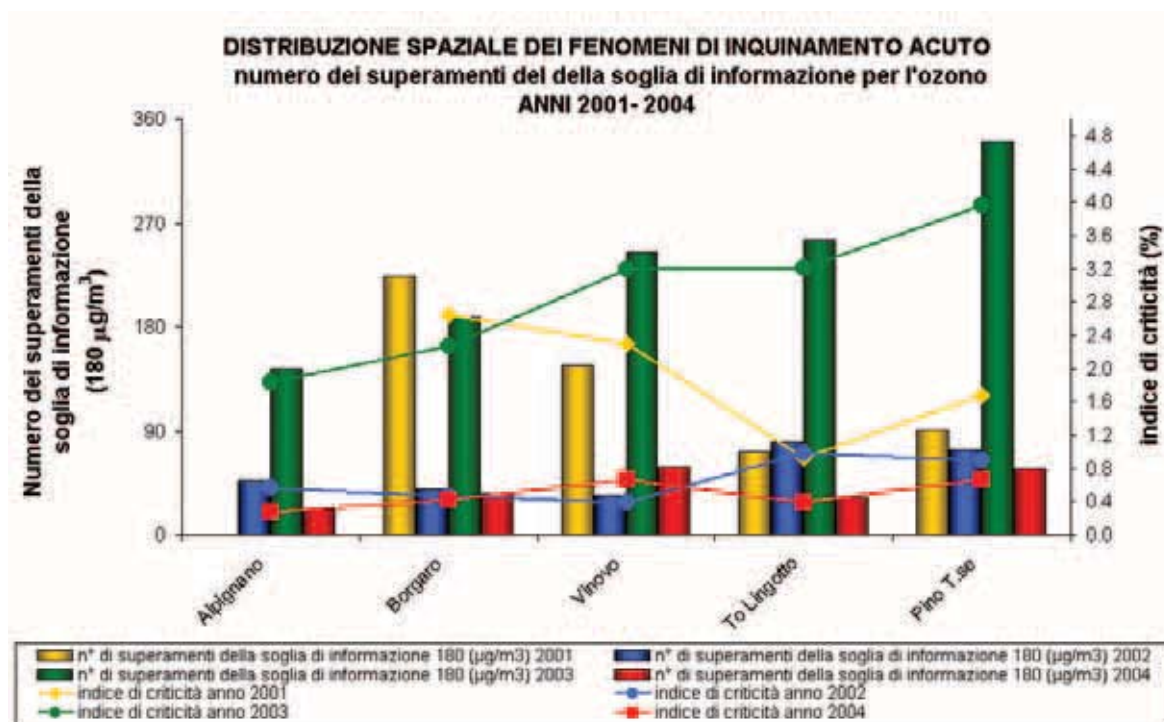


FIGURA 26: ozono, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto.

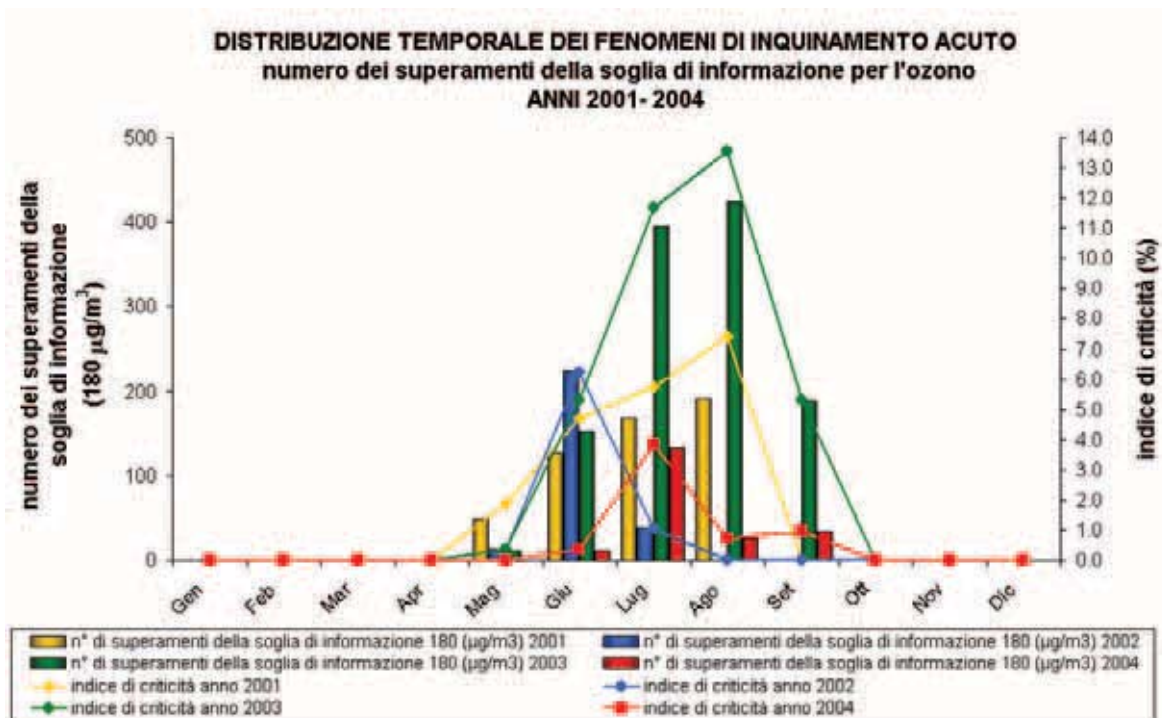


FIGURA 27: ozono, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto.

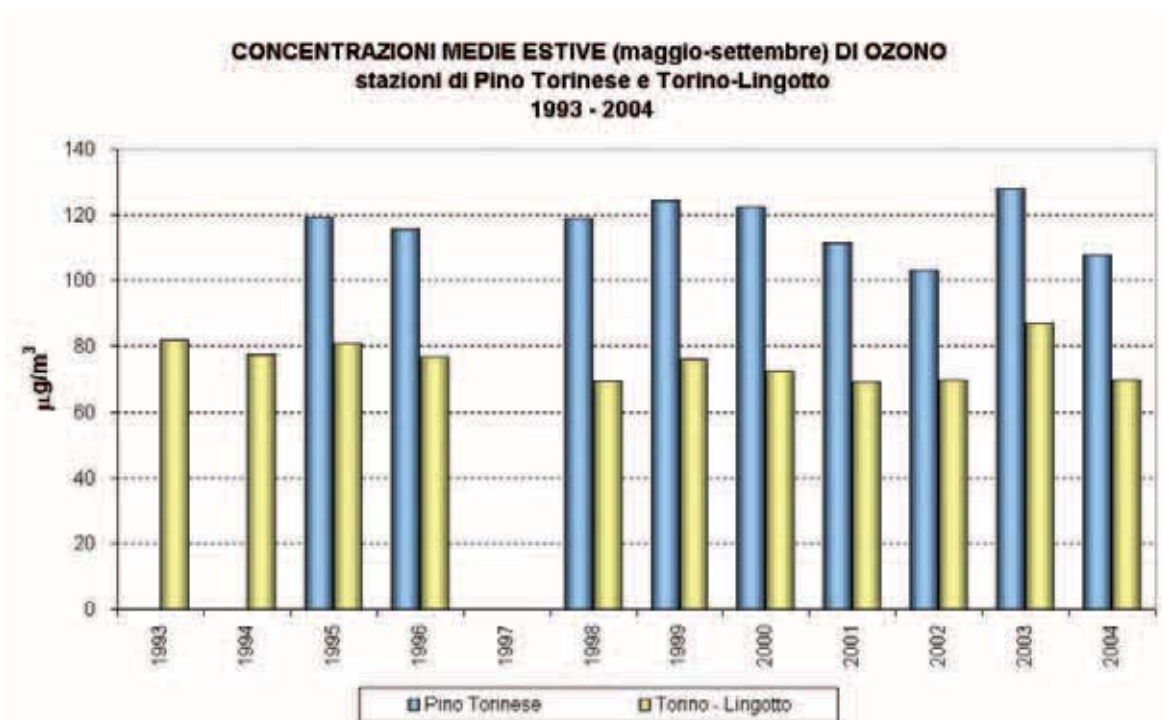


FIGURA 28: parametro ozono, medie del periodo maggio-settembre dell'ultimo decennio

STAZIONE	INDIRIZZO	% dati validi	Valori Medi Annuali ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					Valore Massimo Orario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
			2004	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003
ALPIGNANO	Via F.Baracca, 12	93	47	*	50	55	46	245	*	259	247	249
BORGARO	Via Italia	96	52	52	45	52	46	251	271	251	266	238
CHIERI ⁽¹⁾	C.so Buoizzi,1	95	*	*	39	52	45	*	*	170	225	186
DRUENTO	Cascina Peppinella	52	52	57	51	52	65	285	324	264	270	269
ORBASSANO	Via Gozzano	91	50	*	41	48	45	289	*	241	236	235
PINEROLO ⁽²⁾	P.zza Alpini,1	89	*	*	16	49	52	*	*	86	237	168
PINO T.SE	Oss. Astronomico	97	86	92	77	89	77	220	257	262	238	226
SUSA ⁽³⁾	P.zza Repubblica	92	*	*	56	63	60	*	*	215	228	228
TO LINGOTTO	Via A.Monti, 21	94	42	43	43	52	43	225	246	230	242	224
VINOVO	Via Garibaldi, 3	99	45	46	41	49	43	240	242	203	245	211

(*) dato non disponibile per insufficiente rendimento strumentale

⁽¹⁾ strumento operativo dal 1/8/02 ⁽²⁾ strumento operativo dal 9/10/02 ⁽³⁾ strumento operativo dal 22/07/02

TABELLA 16: dati statistici relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano l'ozono.

A termine di confronto nelle tabelle 17 e 18 si riportano i risultati dei rilevamenti elaborati in modo da poter verificare il conseguimento del valore bersaglio per la protezione della salute umana e il valore bersaglio per la protezione della vegetazione.

In particolare si osserva che il valore bersaglio per la protezione della salute umana, che entrerà in vigore a partire dal 2010, non è attualmente rispettato essendo la media dei giorni di superamento degli ultimi tre anni di gran lunga superiore ai 25 giorni di superamento consentiti.

Un risultato simile si deduce dall'osservazione della tabella 18 che mostra il valore dell'AOT40 che si è raggiunto negli ultimi 5 anni.

STAZIONE	DECRETO LEGISLATIVO n. 183 del 21/05/04 Valore bersaglio per la protezione della salute umana numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
	2002	2003	2004
ALPIGNANO	78	94	41
BORGARO	66	100	52
CHIERI ⁽¹⁾	*	101	37
DRUENTO	81	78	84
ORBASSANO	55	85	54
PINEROLO ⁽²⁾	*	33	33
PINO T.se	95	161	102
SUSA ⁽³⁾	*	76	77
TO LINGOTTO	70	108	74
VINOVO	79	100	85

(*) dato non disponibile per insufficiente rendimento strumentale

⁽¹⁾ strumento operativo dal 1/8/02 ⁽²⁾ strumento operativo dal 9/10/02 ⁽³⁾ strumento operativo dal 22/07/02

TABELLA 17: confronto degli ultimi anni con i valori bersaglio per la protezione della salute umana

STAZIONE	DECRETO LEGISLATIVO n. 183 del 21/05/04 Valore bersaglio per la protezione della vegetazione AOT 40 (18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) Calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio				
	2000	2001	2002	2003	2004
DRUENTO	38135	37992	37829	44512	41845
PINO T.se	44510	42212	37463	58878	40685

TABELLA 18: confronto degli ultimi cinque anni con i valori bersaglio per la protezione della vegetazione

Il contenimento delle emissioni degli ossidi di azoto rappresenta anche in questo caso un elemento chiave su cui occorre agire per ottenere un sensibile miglioramento della qualità dell'aria anche nella stagione estiva.

Si riportano a conclusione, in figura 29, i valori delle medie delle concentrazioni di ozono rilevate nei mesi estivi negli anni 2002, 2003 e 2004: tale raffigurazione è fortemente esemplificativa di come gran parte del territorio della provincia di Torino sia interessato in modo omogeneo dal fenomeno di inquinamento di ozono.

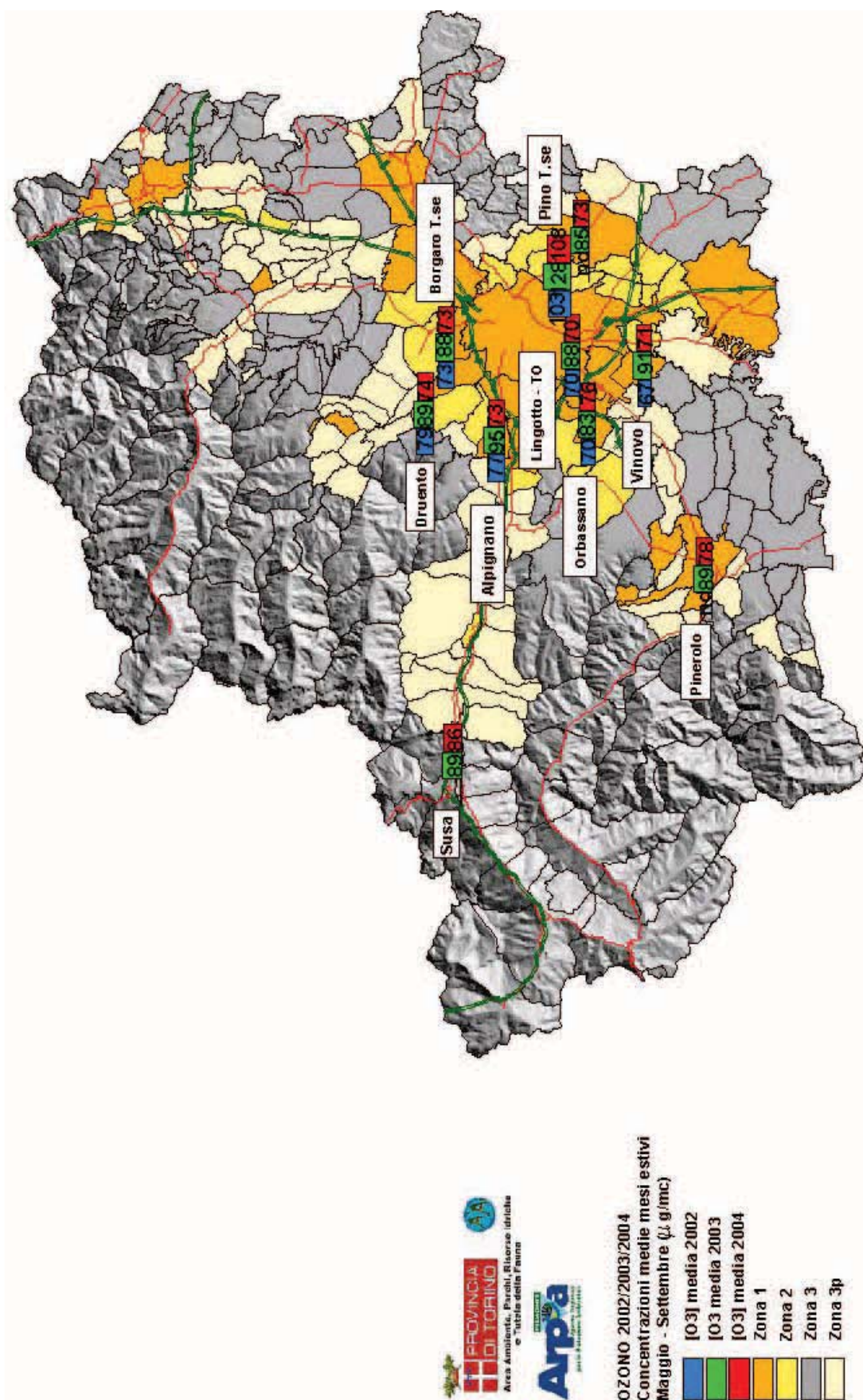


FIGURA 29: carta riportante il valore delle medie annuali delle concentrazioni di O₃ misurate nei mesi estivi (maggio-settembre) negli anni 2002, 2003 e 2004.

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 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.

DANNI CAUSATI

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.

Una 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.

METODO DI MISURA

Le misure nella stazione posta nella città di Torino sono state effettuate mediante un sistema gascromatografico in continuo dotato di rivelatore a ionizzazione di fiamma.

L'unità di misura con la quale vengono misurate le concentrazioni di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e il valore limite per la protezione della salute umana secondo il DM 2/4/2002 n. 60 è di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da rispettare entro il 31/12/2005.

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.

I valori registrati negli ultimi anni confermano le previsioni di una costante e continua diminuzione delle concentrazioni di benzene nell'aria determinata dall'introduzione, nel mese di luglio 1998, del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine e dall'aumento nel tempo della percentuale di auto catalizzate sul totale del parco circolante.

Nella stazione di via Consolata nel 2004 è stato registrato un valore medio annuo di $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre nell'anno precedente il valore era di $5,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e nel 2002 $6,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (figura 30).

Viene quindi ampiamente rispettato il limite di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da raggiungere entro il 31/12/2005, e si consegue anche il rispetto del valore di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su base annuale previsto per il 1/1/2010.

Con l'immissione sul mercato di veicoli con prestazioni ambientali sempre migliori si ipotizza, per i prossimi anni, una ulteriore diminuzione delle concentrazioni di questo inquinante e il rispetto del limite previsto per il 2010.

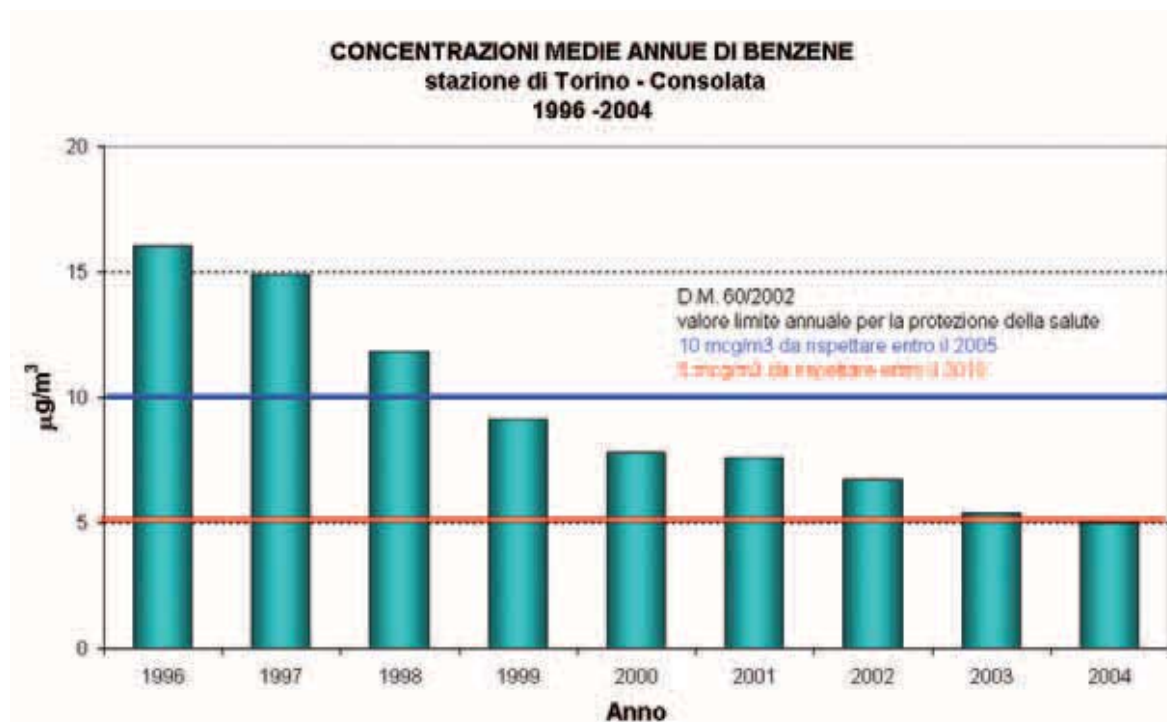


FIGURA 30: concentrazioni medie annue di benzene rilevate presso la stazione di Torino-Consolata negli anni 1996-2004.

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) ecc.. Nelle aree urbane il materiale particolato 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.

Il traffico veicolare urbano contribuisce in misura considerevole all'inquinamento da particolato sospeso; con l'emissione in atmosfera di particelle carboniose, composti inorganici e particelle incombuste di varia natura. Tale particolato, inoltre, costituisce il principale veicolo di trasporto e diffusione di altre sostanze nocive.

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.

Per queste ragioni il Decreto Ministeriale 25/11/94 ha affiancato alla tradizionale misura del particolato totale sospeso quella del particolato PM_{10} , cioè della frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm , definita anche inalabile, mentre il D.M 2 aprile 2002 n. 60, che recepisce la direttiva europea 30/1999/CE, prevede dei limiti esclusivamente per la frazione PM_{10} .

DANNI CAUSATI

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.

METODO DI MISURA

Sia il particolato totale che la frazione PM_{10} vengono misurati mediante raccolta su filtro in condizioni standardizzate e successiva determinazione gravimetrica (vale a dire per pesata) delle polveri filtrate. Nel caso della frazione PM_{10} , la testa della apparecchiatura di prelievo ha una particolare geometria definita in modo tale che sul filtro arrivano, e siano trattenute, solo le particelle con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm .

ESAME DEI DATI

Frazione PM_{10}

Anche nel 2004 come negli anni scorsi il PM_{10} si ripropone nella sua problematicità su tutto il territorio della Provincia.

La norma prevede come limite di 24 ore per la protezione della salute umana il valore di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e un numero massimo di superamenti di tale valore nel corso dell'anno, pari a 35. Nella Provincia di Torino il numero di superamenti è superiore a 35 in tutte le stazioni di monitoraggio del territorio provinciale, a partire da quelle site nell'area metropolitana, ma anche in stazioni distanti da Torino

come quella di Susa, o non direttamente esposte a fonti di emissioni primarie del particolato, quale quella nel parco della Mandria a Druento. Il PM_{10} infatti si disperde come un gas nell'atmosfera e può permanere nell'aria a lungo se non si verificano precipitazioni meteoriche e fenomeni ventosi che disperdano l'inquinante. Inoltre può essere emesso direttamente da fonti primarie, quale il traffico veicolare, ma può formarsi anche a seguito di reazioni nell'atmosfera (particolato "secondario") nelle quali intervengono gli ossidi di azoto, gli ossidi di zolfo e l'ammoniaca.

Da una valutazione dell'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, "Qualità dell'Ambiente Urbano", 2004) sulla base dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera, il particolato primario ha origine in prevalenza dal trasporto su strada (circa il 70 % per la città di Torino), in particolare dai veicoli merci (46-47 %), seguiti dalle autovetture (34-35 %), moto e ciclomotori (16-17%) e dai bus (3%). L'APAT ha stimato che il PM_{10} secondario rappresenti circa il 90 % di quello totale nella città di Torino, e, pur tenendo conto di questo, il contributo del trasporto stradale rimane superiore al 65 % (sempre per la città di Torino, esaminata nello studio con altre 7 città italiane). Per quanto riguarda l'intero territorio regionale è stato stimato sulla base delle emissioni del 1997 che il contributo dei trasporti al PM_{10} è del 32,45 % (Regione Piemonte – Aggiornamento del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria).

Nell'area metropolitana torinese il numero di superamenti è molto più preoccupante rispetto a quanto misurato nel restante territorio provinciale, infatti nel caso della stazione in via Paolo Veronese (detta TO-Grassi perché in prossimità dell'ITIS omonimo) si toccano vette di 213 superamenti, quasi 7 volte il valore ammesso dalla normativa. In figura 31 è rappresentato il numero di superamenti avvenuti nell'anno 2004 per ogni stazione di rilevamento. Per la stazione di Torino-Piazza Rivoli il dato è sottostimato in quanto quest'anno per problemi tecnici il campionatore ha fornito solo il 69% di dati validi. I valori particolarmente elevati misurati presso la stazione To-Grassi sono dovuti al fatto che la zona è interessata da un attraversamento di traffico veicolare pesante, la cui alimentazione prevalente è il

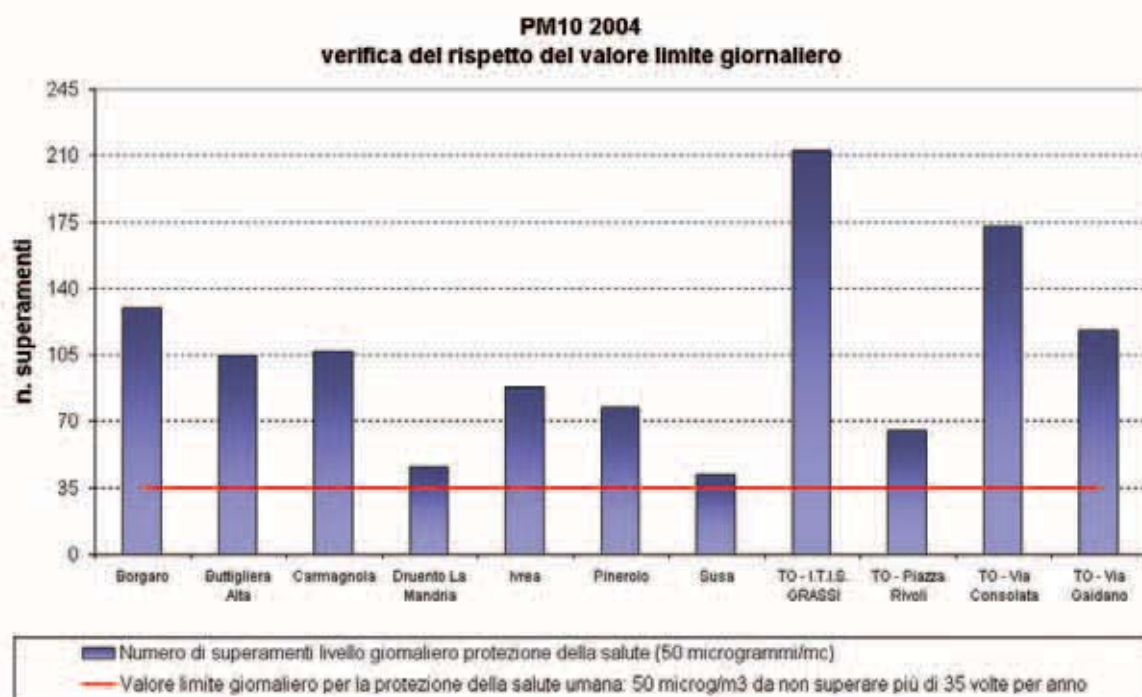


FIGURA 31: Numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} come media giornaliera).

diesel, il carburante maggiormente responsabile delle emissioni di PM₁₀. Sulla base del parco circolante nell'anno 2000 è stato infatti valutato il fattore di emissione di PM₁₀ medio in g/veic*km: i veicoli commerciali pesanti (>3.5 t) e autobus hanno un fattore di emissione 16 volte maggiore rispetto alle auto a benzina. Nel caso delle autovetture, quelle alimentate a diesel emettono un quantitativo di PM₁₀ circa 6 volte maggiore rispetto a quelle alimentate a benzina (dati relativi all'anno 2000, APAT, "Le emissioni atmosferiche da trasporto stradale in Italia dal 1990 al 2000").

Il DM 60/2002 stabilisce anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³ come media annuale): anche questo è superato nella quasi totalità delle stazioni tranne in quelle di Susa (media annuale 30 µg/m³), Druento (31 µg/m³) e Pinerolo (38 µg/m³). La situazione è visibile nella figura 32.

Le medie mensili maggiori si sono misurate nel mese di dicembre 2004, mentre nei mesi primaverili-estivi, sia a causa delle condizioni atmosferiche migliori dal punto di vista della dispersione atmosferica, per la maggiore piovosità e instabilità atmosferica, sia per l'assenza del contributo degli impianti di riscaldamento domestici, il valore medio di PM₁₀ risulta quasi dimezzato. Nonostante ciò il valore medio mensile nella stazione di Torino- Grassi è stato superiore a 40 µg/m³ anche da aprile a luglio, mese quest'ultimo in cui è stato superato tale valore anche dalla stazione di Torino sita in via della Consolata, confermando che si deve agire prioritariamente sulla riduzione degli inquinanti provenienti da traffico veicolare, in particolare diesel, con opportune soluzioni tecnologiche o mediante l'utilizzo di carburanti alternativi. Nell'anno 2006 entrerà in vigore la norma Euro IV che impone emissioni più ridotte di PM₁₀ dai diesel, e pertanto i veicoli immatricolati come nuovi dal 2006 dovranno adeguarsi (con opportune soluzioni tecniche quali ad esempio le trappole per il particolato, costituite da filtri solitamente di matrice ceramica in grado di trattenere le polveri disperse nel gas di scarico).

In figura 33 si può comparare l'andamento delle medie mensili di PM₁₀ con quello delle precipitazioni atmosferiche per le stazioni di rilevamento situate a Torino.

Se si esaminano i valori delle concentrazioni annuali del PM₁₀ (figura 34), misurate nelle stazioni per le quali si hanno le serie storiche più lunghe (To-Consolata e TO-Grassi), non è possibile individuare un andamento definito in diminuzione o in crescita.

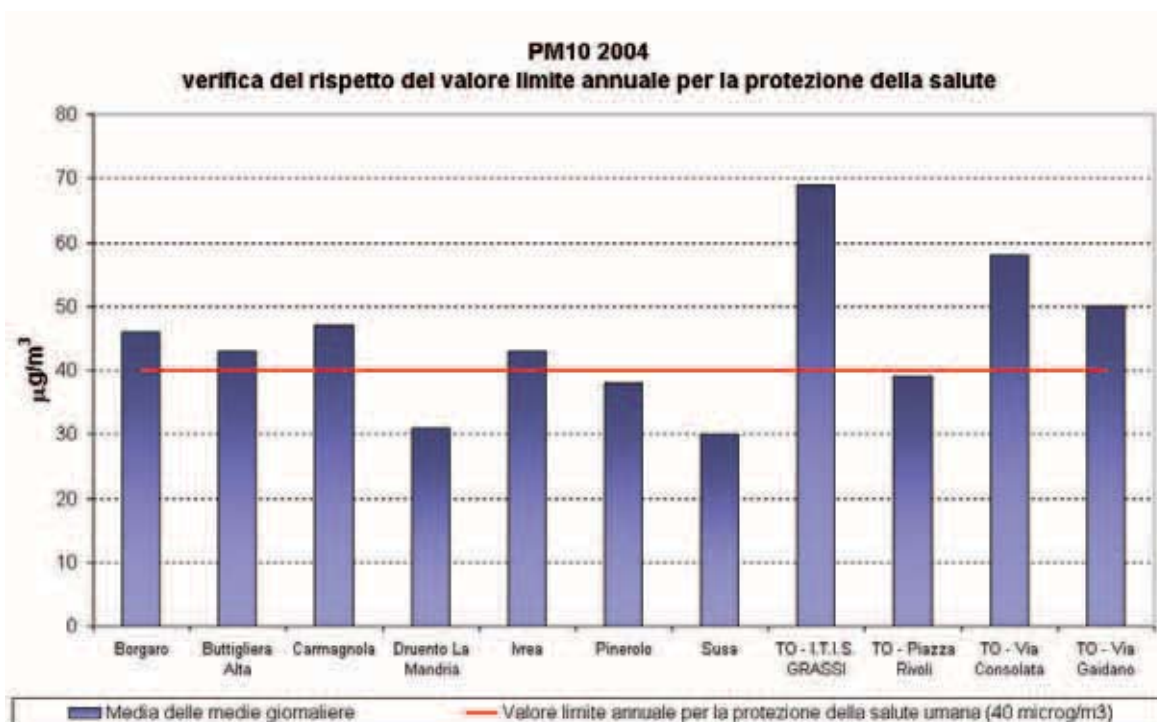


FIGURA 32: Valore medio annuale misurato presso le stazioni di monitoraggio provinciali.

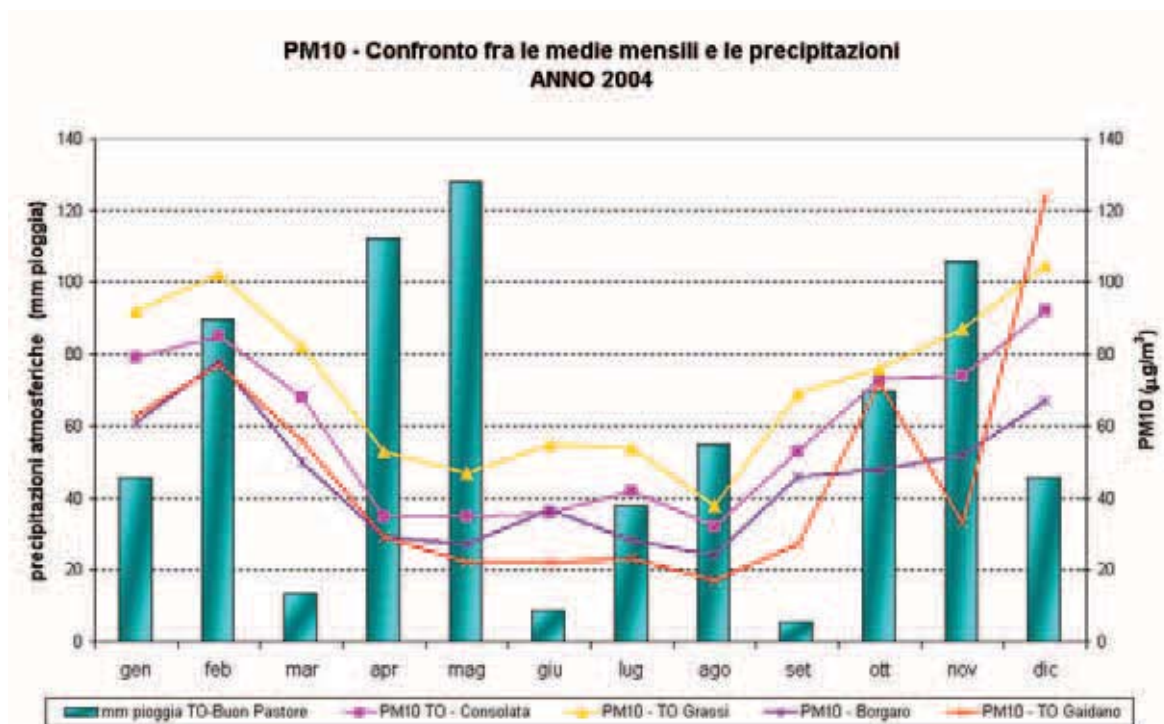


FIGURA 33: Andamento delle concentrazioni di PM₁₀ in alcune stazioni dell'area metropolitana nell'anno 2004 in funzione delle precipitazioni atmosferiche.

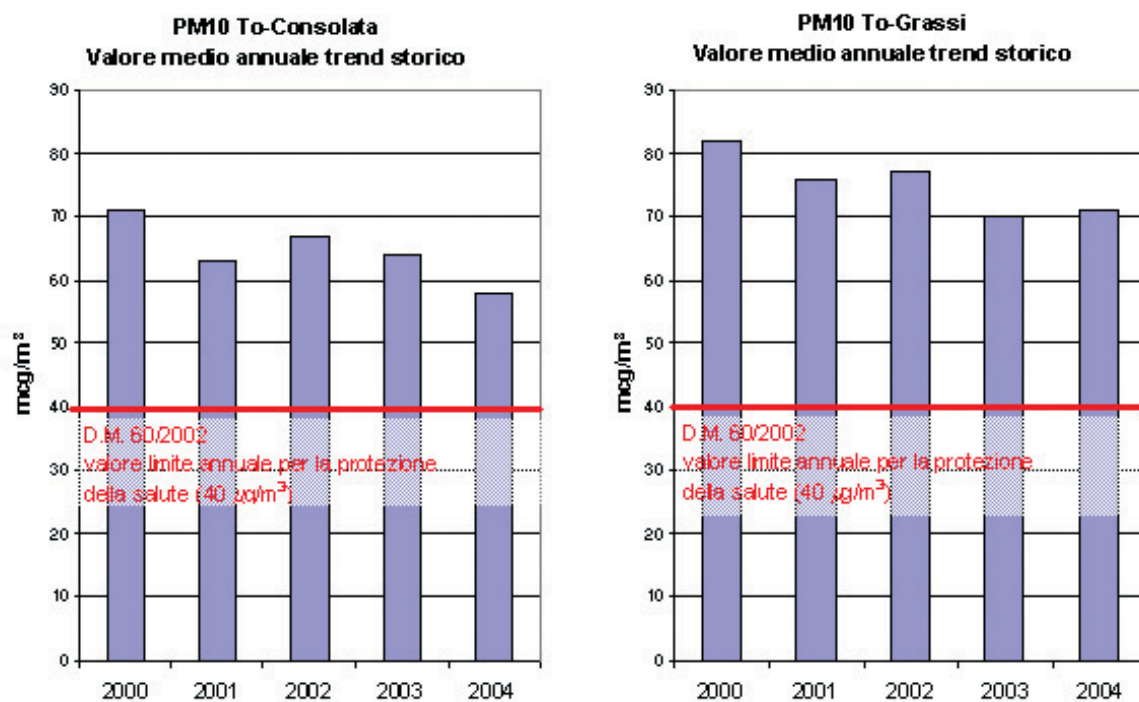


FIGURA 34: Parametro PM₁₀, concentrazioni medie annue rilevate nella città di Torino nel periodo 2000-2004.

Le medie annuali presentano infatti valori altalenanti dovuti probabilmente a differenti condizioni meteorologiche più che a variazioni del carico emissivo. L'andamento abbastanza stabile dei valori è confermato, inoltre, dalla serie storica degli ultimi sei anni delle particelle sospese totali (PTS), misurato presso via Consolata a Torino come discusso nel paragrafo seguente.

Particelle sospese totali

Nel 2004 le particelle sospese totali sono state misurate presso la stazione di Torino - via Consolata e TO-Lingotto (viale Augusto Monti) e il prossimo anno verranno misurate esclusivamente presso la stazione di via Consolata, in quanto è stato dimostrato che la frazione più grossolana del particolato è meno dannosa per la salute umana e l'attenzione normativa si è incentrata sulla frazione fine PM_{10} . In ogni caso l'esame dell'andamento della concentrazione delle polveri totali, vista la lunga serie storica di dati, può essere utile anche per avere indicazione del trend relativo al PM_{10} , che ne costituisce circa il 60-70%. Nel 2004 il livello di allarme stabilito dal DM 25-11-94, pari a $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera, non è stato mai superato, mentre il livello di attenzione, pari alla metà del livello di allarme, è stato superato in entrambe le centraline in cui attualmente viene misurato, e il 60% dei superamenti è avvenuto nel periodo ottobre-dicembre. Il valore limite riferito all'esposizione a lungo termine ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come 95° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore) non è mai stato superato in entrambe le stazioni.

In figura 35 sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate nell'ultimo ventennio. Rispetto agli anni '80 le concentrazioni sono notevolmente diminuite, ma dal 1999 i valori medi annuali rimangono stabili, in accordo con l'andamento del PM_{10} già mostrato in figura 34.

Il decremento registrato rispetto ai primi anni di rilevamento si è ottenuto grazie al trasferimento all'esterno dell'area metropolitana e alla chiusura di alcuni impianti industriali di notevole impatto ambientale, alla progressiva sostituzione di combustibili altamente inquinanti, quali l'olio combustibile e il carbone, con il metano e alla diminuzione di alcuni precursori del particolato derivanti da traffico veicolare. Tuttavia la stabilità degli ultimi sei anni suggerisce la necessità di adottare nuove strategie per un'ulteriore riduzione del particolato.

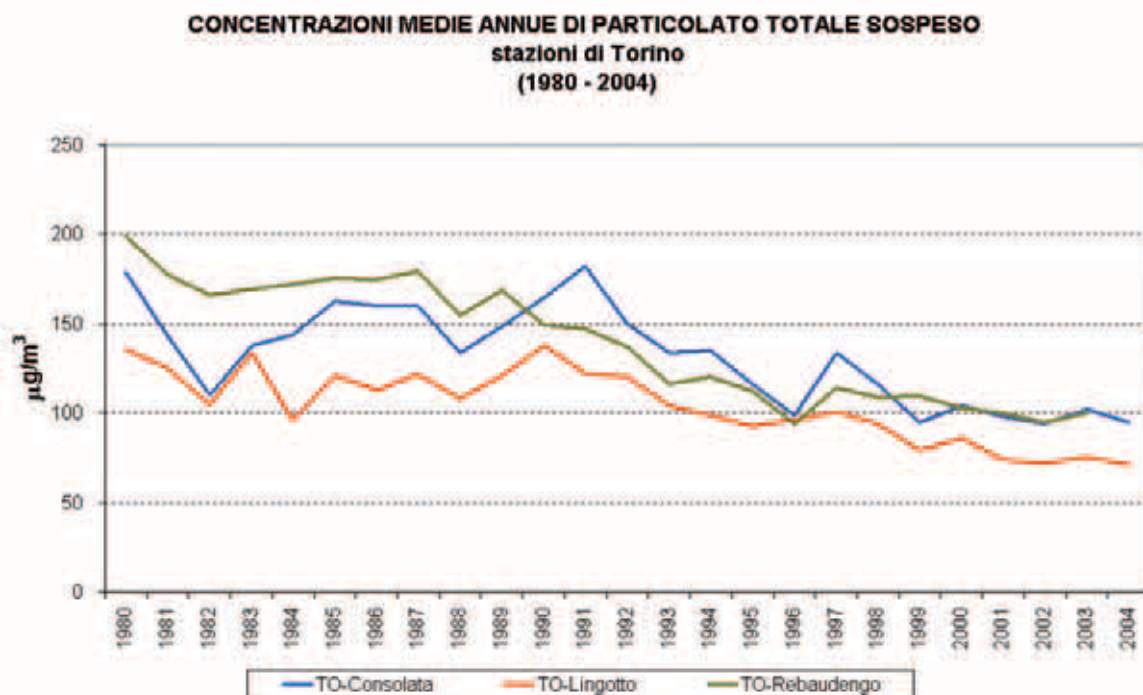


FIGURA 35: Parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino nell'ultimo ventennio.

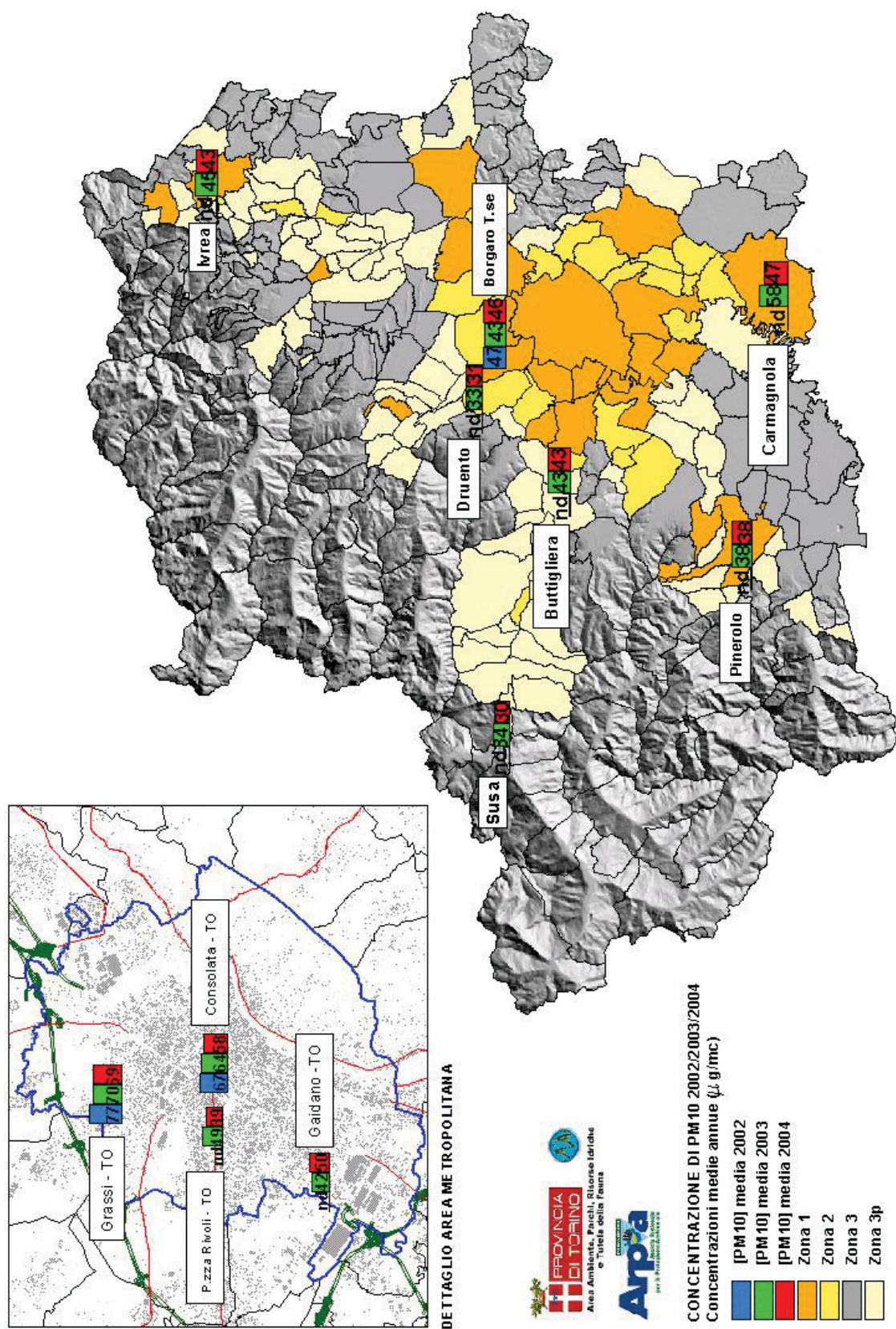


FIGURA 36: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di PM₁₀ misurate negli anni 2001-2004

PM ₁₀ Stazione di TO-Consolata	Riepilogo annuale										Anno 2004 - dettaglio mensile											
	2004	2003	2002	2001	2000	1999	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic				
n° prelievi	357	341	353	331	356	141	31	23	31	29	31	30	31	29	31	30	31					
n° sup 50 µg/m ³	173	185	198	186	214	84	26	16	21	5	2	10	2	16	23	18	29					
Valore medio	58	64	67	63	71	68	79	85	68	35	36	42	32	53	73	74	92					
Valore minimo	9	12	7	17	8	15	25	22	22	9	15	17	16	21	21	15	40					
Valore massimo	191	165	243	179	222	200	140	191	116	97	61	69	61	93	129	159	157					

TABELLA 19: stazione di TO-Consolata, parametro PM₁₀, valutazione statistica anno 2004.

PM ₁₀ Stazione di TO-Grassi	Riepilogo annuale										Anno 2004 - dettaglio mensile											
	2004	2003	2002	2001	2000	1999	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic				
n° prelievi	327	314	348	352	333	155	13	17	31	30	29	31	30	29	29	28	31					
n° sup 50 µg/m ³	213	200	251	254	264	98	10	13	25	14	19	20	7	23	22	21	29					
Valore medio	69	70	77	76	82	64	92	102	82	53	55	54	38	69	76	87	105					
Valore minimo	9	5	10	13	10	13	30	11	22	11	9	20	27	14	23	20	35					
Valore massimo	219	173	256	197	222	215	159	219	142	148	82	82	79	109	121	162	184					

TABELLA 20: stazione di TO-Grassi, parametro PM₁₀, valutazione statistica anno 2004.

PM ₁₀ Stazione di Borgaro	Riepilogo annuale										Anno 2004 - dettaglio mensile											
	2004	2003	2002	2001	2000	1999	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic				
n° prelievi	359	336	335	135	135	31	28	31	30	31	29	29	28	30	31	30	31					
n° sup 50 µg/m ³	130	103	125	67	20	20	20	17	2	2	2	0	2	10	17	15	23					
Valore medio	46	43	47	52	61	78	50	50	29	27	37	28	24	46	48	52	67					
Valore minimo	4	4	4	4	22	11	4	4	4	6	16	10	9	10	8	11	27					
Valore massimo	206	118	178	131	122	206	88	88	87	55	61	45	53	80	99	123	122					

TABELLA 21: stazione di Borgaro, parametro PM₁₀, valutazione statistica anno 2004.

PM ₁₀ Stazione di TO-Gaidano	Riepilogo annuale		Anno 2004 - dettaglio mensile												
	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	313	349	196	30	28	26	29	20	30	30	29	22	31	7	31
n° sup 50 µg/m ³	118	102	50	22	21	16	2	0	0	0	0	3	23	1	30
Valore medio	50	42	36	63	77	56	29	22	22	23	17	27	72	33	124
Valore minimo	4	1	5	18	9	10	12	5	10	4	5	11	21	14	33
Valore massimo	291	162	107	102	170	122	77	45	41	40	34	57	129	60	291

TABELLA 22: stazione di TO-Gaidano, parametro PM₁₀, valutazione statistica anno 2004.

PM ₁₀ Stazione di TO-Rivoli	Riepilogo annuale		Anno 2004 - dettaglio mensile												
	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	253	328	212	24	26	12	29	15	12	30	27	26	0	21	31
n° sup 50 µg/m ³	65	129	73	10	15	1	1	0	0	0	0	0	—	14	24
Valore medio	39	49	44	51	56	29	24	25	26	25	17	24	—	75	67
Valore minimo	4	5	7	13	11	11	4	11	17	5	5	7	—	20	28
Valore massimo	138	140	132	86	111	56	59	40	40	43	31	45	—	138	120

TABELLA 23: stazione di TO-Rivoli, parametro PM₁₀, valutazione statistica anno 2004.

PM ₁₀ Stazione di TO-Buttigliera	Riepilogo annuale		Anno 2004 - dettaglio mensile												
	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	330	337	61	31	27	30	29	27	30	31	17	29	30	18	31
n° sup 50 µg/m ³	105	108	19	13	20	13	2	2	5	4	0	6	18	10	12
Valore medio	43	43	42	51	72	49	27	26	38	36	22	34	49	57	50
Valore minimo	5	4	8	6	17	8	11	6	19	9	9	10	5	15	17
Valore massimo	179	128	105	110	179	113	81	58	69	61	44	74	93	125	110

TABELLA 24: stazione di Buttigliera, parametro PM₁₀, valutazione statistica anno 2004.

PM ₁₀ Stazione di Carmagnola	Riepilogo annuale		Anno 2004 - dettaglio mensile												
	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	332	344	56	31	20	30	29	31	30	24	24	22	31	29	31
n° sup 50 µg/m ³	107	170	25	24	19	21	4	4	2	0	0	2	11	8	12
Valore medio	47	58	50	71	102	67	38	29	37	37	30	34	40	40	45
Valore minimo	4	8	13	15	5	10	16	12	8	21	5	13	12	6	4
Valore massimo	181	147	136	118	181	115	97	55	52	50	50	56	66	86	89

TABELLA 25: stazione di Carmagnola, parametro PM₁₀, valutazione statistica anno 2004.

PM ₁₀ Stazione di Druento	Riepilogo annuale		Anno 2004 - dettaglio mensile												
	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	300	303	42	13	18	31	29	20	26	28	29	30	26	28	22
n° sup 50 µg/m ³	46	59	7	7	8	5	1	0	0	0	0	6	6	9	4
Valore medio	31	33	30	42	46	37	17	23	24	27	20	34	40	34	36
Valore minimo	4	4	7	7	13	5	4	7	10	11	5	4	5	4	9
Valore massimo	87	109	67	75	75	70	67	43	34	44	42	71	74	85	87

TABELLA 26: stazione di Druento, parametro PM₁₀, valutazione statistica anno 2004.

PM ₁₀ Stazione di Ivrea	Riepilogo annuale		Anno 2004 - dettaglio mensile												
	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	286	295	61	31	29	25	23	15	12	31	29	8	26	26	31
n° sup 50 µg/m ³	88	85	23	14	16	9	2	0	0	0	0	1	14	15	17
Valore medio	43	45	48	50	74	41	25	23	22	29	22	29	53	64	53
Valore minimo	4	4	5	8	11	5	9	8	14	11	7	4	13	11	4
Valore massimo	176	142	139	119	176	87	62	41	39	48	43	57	102	158	103

TABELLA 27: stazione di Ivrea, parametro PM₁₀, valutazione statistica anno 2004.

PM10 Stazione di Pinerolo	Riepilogo annuale			Anno 2004 - dettaglio mensile											
	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	330	347	54	25	20	30	29	31	16	29	30	28	31	30	31
n° sup 50 µg/m ³	77	84	14	10	14	11	1	4	2	2	1	7	11	8	6
Valore medio	38	38	36	57	72	47	25	30	25	30	25	36	42	34	39
Valore minimo	4	5	6	8	22	13	5	9	8	6	4	7	4	4	11
Valore massimo	171	124	91	125	171	120	83	60	54	52	53	87	92	100	113

TABELLA 28: stazione di Pinerolo, parametro PM₁₀, valutazione statistica anno 2004.

PM ₁₀ Stazione di Susa	Riepilogo annuale			Anno 2004 - dettaglio mensile											
	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	337	320	34	26	27	31	20	27	29	31	30	28	31	30	27
n° sup 50 µg/m ³	42	59	5	6	8	7	1	2	1	2	1	2	5	3	4
Valore medio	30	34	31	31	46	37	19	27	24	29	22	31	34	28	32
Valore minimo	4	4	5	7	8	8	5	7	7	4	8	7	4	7	7
Valore massimo	144	108	73	73	144	95	59	55	56	55	53	63	84	74	91

TABELLA 29: stazione di Susa, parametro PM₁₀, valutazione statistica anno 2004.

Polveri Totali Stazione di TO-Consolata	Riepilogo annuale										Anno 2004 - dettaglio mensile											
	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic			
n° prelievi	284	326	331	311	304	332	329	30	23	31	27	28	16	14	14	15	27	28	31			
n° sup liv. attenzione 150 µg/m ³	32	47	42	39	51	43	68	1	7	6	0	0	0	0	0	0	3	7	8			
n° sup liv. allarme 300 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Valore medio	95	102	94	98	104	95	115	97	118	107	70	62	73	85	51	100	99	112	126			
Valore minimo	20	28	17	34	28	15	22	26	31	40	20	24	35	51	27	47	42	23	38			
Valore massimo	218	220	296	234	268	264	334	159	218	184	141	118	105	110	95	147	162	214	217			
95° percentile	177	183	187	179	213	186	218															

TABELLA 30: stazione di TO-Consolata, parametro polveri totali, valutazione statistica anno 2004.

Polveri Totali Stazione di TO-Consolata	Riepilogo annuale										Anno 2004 - dettaglio mensile											
	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic			
n° prelievi	330	358	348	362	303	362	350	26	21	31	28	29	29	30	30	28	29	30	19			
n° sup liv. attenzione 150 µg/m ³	13	22	19	16	38	25	43	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	5			
n° sup liv. allarme 300 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Valore medio	71	75	72	74	86	79	94	83	107	84	50	45	59	56	40	79	77	90	108			
Valore minimo	15	7	10	20	14	7	19	22	50	27	15	16	34	32	19	35	23	22	40			
Valore massimo	198	191	281	225	244	207	332	135	158	153	111	89	89	84	80	125	143	198	177			
95° percentile	142	155	155	139	181	162	185															

TABELLA 31: stazione di TO-Lingotto, parametro polveri totali, valutazione statistica anno 2004.

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 individuati dagli organismi di coordinamento ARPA- Provincia di Torino.

La stazione mobile è dotata di sensori in continuo di biossido di zolfo, monossido di carbonio, ossidi di azoto, polveri PM₁₀, ozono, idrocarburi aromatici e dei principali parametri meteorologici.

Di norma, in ognuno dei siti vengono effettuate campagne di monitoraggio in due diversi periodi, uno nel semestre freddo e uno in quello caldo dell'anno, in modo da tener conto della variabilità delle concentrazioni degli inquinanti aerodispersi legate alla variazione stagionale delle condizioni meteorologiche ed in particolare di stabilità atmosferica.

Nell'anno 2004 sono state realizzate campagne di rilevamento su 9 comuni torinesi, la localizzazione dei punti di monitoraggio è indicata in figura 37.

Tutti i siti monitorati sono stati oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento ARPA di Torino; copia delle relazioni è disponibile sia presso tale Dipartimento che presso l'Area Ambiente della Provincia di Torino ed è scaricabile via internet all'indirizzo <http://www.provincia.torino.it/ambiente/inquinamento/aria/qualita/mezzo>.

Per ogni campagna di monitoraggio viene riportata nel presente capitolo una breve scheda riassuntiva, che descrive il confronto con i valori limite a oggi in vigore (D.M. 60/2002 per biossido di zolfo, biossido di azoto, monossido di carbonio, benzene e PM₁₀, e D.Lgs n. 183 del 21/05/04 per quanto riguarda l'ozono).

In ogni tabella il numero di superamenti viene espresso, oltre che in termini assoluti, anche in percentuale, in modo da fornire un'indicazione che tenga conto della durata della campagna di monitoraggio. La percentuale è riferita al numero di unità temporali a cui fa riferimento il valore limite di confronto, cioè al numero massimo teorico di superamenti; nel caso di un valore limite espresso come concentrazione media oraria, ad esempio, la percentuale è riferita al numero totale di dati orari validi.

I dati acquisiti tramite il mezzo mobile consentono di integrare le valutazioni sulla qualità dell'aria sul territorio provinciale e permettono agli amministratori comunali di valutare l'adozione di interventi al fine di migliorare la qualità dell'aria del proprio territorio, dove possono esserci situazioni specifiche, quali ad esempio la presenza di vie di comunicazione o di unità produttive.

Nel corso del 2004, quasi tutte le richieste provenienti dai Comuni sono state motivate dall'esigenza di valutare la qualità dell'aria in punti caratterizzati da elevate emissioni provenienti da traffico veicolare, al fine di verificare le strategie, laddove adottate, sulle limitazioni del traffico urbano e gli interventi sulla viabilità realizzati nel territorio provinciale. Invece nel comune di Brandizzo, San Sebastiano Po e Torino (largo Marconi) le motivazioni che hanno condotto al monitoraggio sono differenti.

Nel caso del Comune di Brandizzo, la campagna è stata richiesta per valutare l'impatto dovuto ai cantieri per l'alta velocità (TAV).

I dati ottenuti con la campagna in largo Marconi a Torino saranno utilizzati come bianco di riferimento, quando il monitoraggio verrà ripetuto durante i lavori per il proseguimento della Linea 1 della metropolitana lungo Via Nizza.

Nel Comune di San Sebastiano da Po è stato analizzato il contributo della Centrale Edipower di Chivasso sulla qualità dell'aria del territorio circostante, nell'ambito delle attività del Tavolo Tecnico di coordinamento che ha il compito di valutare il rispetto delle prescrizioni contenute nel Dec/VIA n° 4907 del 24 maggio 2000.

I dati raccolti durante le campagne condotte con il laboratorio mobile rispecchiano la situazione emersa dall'analisi dei dati della rete fissa, si osserva che inquinanti quali il monossido di carbonio e il biossido di zolfo, grazie alle politiche attuate a livello nazionale e regionale, non mostrano alcuna criticità, mentre si osservano superamenti dei valori limite per il PM₁₀ e l'ozono.

Nel periodo invernale per il PM₁₀ vi sono state percentuali di superamento del valore limite per la protezione della salute umana, tra il 52% dei dati validi nel Comune di Mazzè e l'83% di Brandiz-

zo. In tutte le campagne, anche durante il periodo estivo, si sono registrati superamenti di tale limite pur presentando una minore frequenza di accadimento.

Tra maggio e settembre, infatti, il parametro che desta maggiori preoccupazioni è l'ozono. Secondo la normativa vigente l'ozono deve essere monitorato in zone remote lontano da fonti dirette di emissione e quindi le campagne condotte con il Laboratorio Mobile, che normalmente servono per analizzare situazioni ambientali ritenute critiche, non sono specificatamente rappresentative per questo inquinante. Tuttavia, dai dati raccolti si osservano percentuali di superamento del valore limite per la protezione della salute umana che vanno dal 3 al 9% dei dati validi: in Largo Marconi, durante la campagna, vi sono stati 4 giorni con almeno un superamento di tale limite, mentre ad Oulx i giorni sono stati 15.

Il monitoraggio condotto nel Comune di Caselle indica che per questo sito la problematicità principale deriva dal PM_{10} , infatti nel periodo invernale sono stati registrati 11 superamenti del valore limite giornaliero su 29 giorni di campionamento, con un valore medio di $40 \mu g/m^3$ (considerando entrambe le campagne). Per questo inquinante il Comune di Caselle ha concentrazioni intermedie tra quelle rilevate nelle centraline fisse di Borgaro e Torino-Consolata. Le concentrazioni di NO_2 , invece risultano più contenute, collocandosi tra i siti con concentrazioni più basse per questo inquinante. Nonostante il sito non si possa ritenere significativo per il monitoraggio dell'ozono, durante la campagna estiva si sono avuti 55 superamenti del livello di protezione della salute umana, calcolato come media su otto ore, registrati nelle giornate più calde.

Nel Comune di Bruino la campagna invernale è stata condotta durante un periodo particolarmente critico per le concentrazioni di PM_{10} , quindi pur mostrando concentrazioni più basse di quelle di Torino-Consolata e molto simili a quelle di Borgaro, si sono registrati 23 superamenti del valore limite giornaliero su 33 giorni di campionamento. Per quanto riguarda, invece, il parametro NO_2 il Comune di Bruino si colloca tra i siti con concentrazioni più elevate, mentre la concentrazione di ozono risulta più contenuta.

La campagna condotta nel Comune di Brandizzo ha evidenziato la problematicità derivante dalle attività di cantiere per i lavori della TAV e dalla movimentazione di mezzi pesanti ad essa connessi. Infatti, i valori di PM_{10} in alcuni giorni feriali si posizionano al di sopra di quelli rilevati con le centraline fisse ed anche per le polveri totali si sono registrati valori piuttosto elevati. I risultati di questa campagna, confermati da monitoraggi di polveri in altri siti, evidenziano come le attività di cantiere, caratterizzate da notevoli movimentazioni di materiali polverulenti, richiedano un costante controllo da parte delle autorità preposte, affinché vengano previste e rispettate le misure atte a limitarne le emissioni. Ad esempio è importante che sia effettuato l'innaffiamento delle aree di cantiere non pavimentate e la delimitazione delle stesse con recinzioni idonee a limitare la dispersione delle polveri al di fuori del cantiere, il lavaggio dei pneumatici dei mezzi pesanti coinvolti e delle strade percorse.

I monitoraggi condotti presso Villastellone e Mazzè mostrano che anche in Comuni di dimensioni limitate, posizionando il laboratorio mobile in vie con scarsa dispersione atmosferica, interessate a flussi di traffico leggero e pesante piuttosto elevati, si vengono a creare situazioni definite di "canyon urbano" con valori di inquinanti paragonabili a quelli rilevati in una metropoli come Torino. Per il Comune di Villastellone sono disponibili dati di una campagna condotta nel 1997, dal cui confronto emerge che per parametri quali SO_2 , NO_2 , ed NO , nel corso degli anni, si è avuto un miglioramento della qualità dell'aria. I dati rilevati con il monitoraggio nel Comune di Lombriasco sono paragonabili a quelli della centralina fissa di Borgaro, con problematiche derivanti principalmente dalle polveri sottili.

Tra il 15 luglio e il 30 agosto è stato condotto un monitoraggio nel Comune di Oulx dove sono stati registrati valori più elevati rispetto a quelli della centralina fissa di Susa, probabilmente a causa della minore ventosità della zona che determina una minore dispersione degli inquinanti. Inoltre il laboratorio mobile è stato posto in una via molto stretta, durante un periodo di particolare afflusso turistico. Nel Comune di San Sebastiano da Po non è stato riscontrato un particolare contributo derivante dalla Centrale elettrica Edipower presente a Chivasso, infatti gli andamenti di PM_{10} sono equivalenti a

quelli di Ivrea, evidenziando la problematicità del parametro a livello provinciale, mentre tutti gli altri parametri, compresi gli ossidi di azoto, sono nella norma.

Negli ultimi anni, man mano che aumentano i dati rilevati con il Laboratorio Mobile in siti molto diversi nel territorio provinciale, diventa sempre più evidente che la problematicità derivante dalle concentrazioni di PM₁₀ ed ozono caratterizza zone molto ampie, coinvolgendo anche Comuni piuttosto piccoli, dove l'entità delle emissioni dirette non sono molto significative. Risultano, infatti, molto importanti i fattori diffusivi, per cui gli interventi, finalizzati al far rientrare le concentrazioni nei limiti previsti dalla normativa, devono essere adottati su ampia scala territoriale ed in modo coordinato tra i vari Comuni e Province.

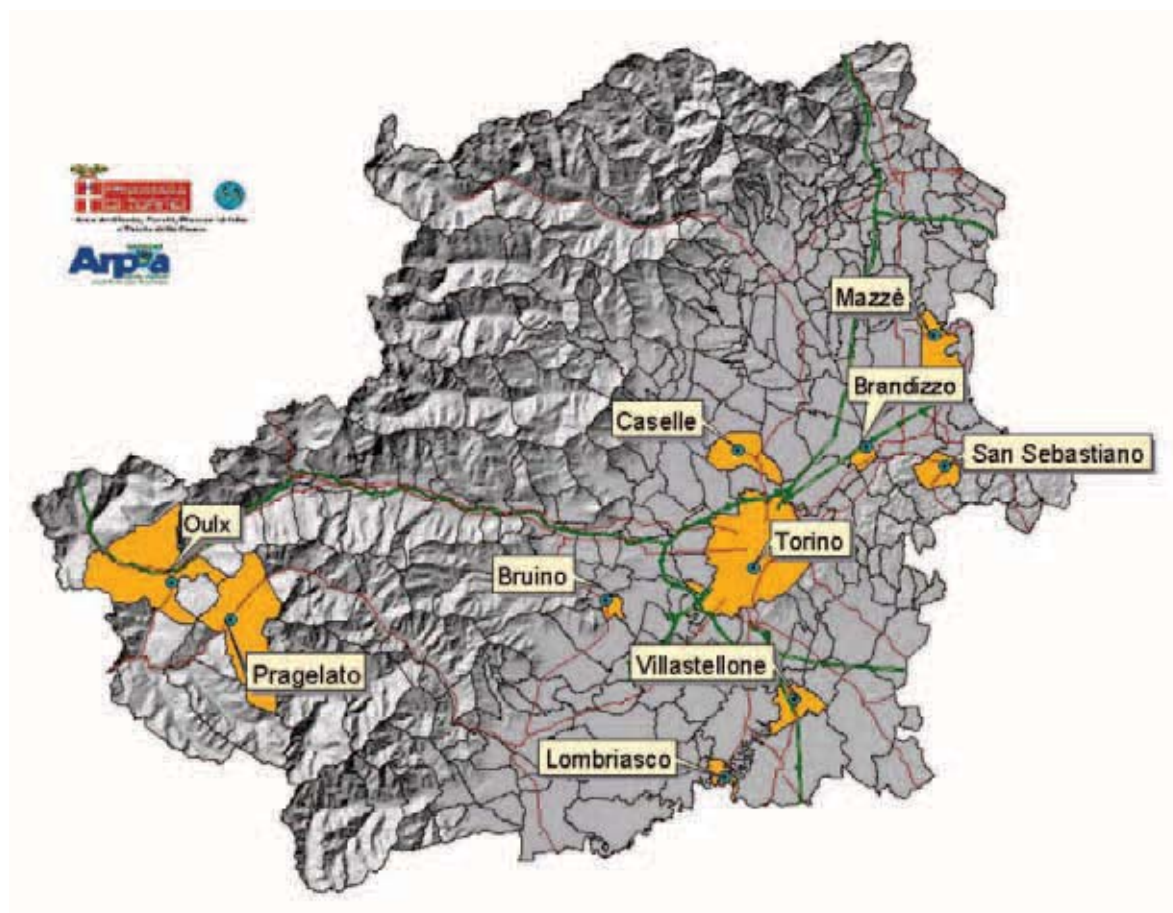


FIGURA 37: campagne di monitoraggio effettuate con il laboratorio mobile nell'anno 2004.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI BRUINO

Periodo di monitoraggio: 24 Dicembre 2003 – 26 Gennaio 2004

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme						
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%		
SO ₂	DM 60/2002	%		20 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0										
		98		12 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0										
NO ₂	DM 60/2002	98		140 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0										
CO	DM 60/2002	98		2.1 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0										
PM ₁₀	DM 60/2002	97		118 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	23	70										
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	69		61 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	0	0	84 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	84 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0		
C ₆ H ₆	DM 60/2002	75	4.4 µg/m ³ (6)		5 µg/m ³ (7)	0	0										

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore

(6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (7) Concentrazione media annuale

FIGURA 38: Comune di Bruino – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI BRANDIZZO

Periodo di monitoraggio: 28 Gennaio – 25 Febbraio 2004

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme						
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti	superamenti				
		%				n°	%				n°	%			n°	%	
SO ₂	DM 60/2002	82		39 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0							37 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0
NO ₂	DM 60/2002	84		17 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0							179 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0
CO	DM 60/2002	75		199 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0										
PM ₁₀	DM 60/2002	100		2,9 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0										
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	70		201 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	24	83										
				57 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	0	0							92 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0
C ₆ H ₆	DM 60/2002	35		6,2 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (7)	0	0										

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore

(6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (7) Concentrazione media annuale

FIGURA 39: Comune di Brandizzo – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI LOMBRIASCO																	
Periodo di monitoraggio: 7 - 2 Marzo e 17 Marzo - 4 Aprile 2004																	
Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme						
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%		
SO ₂	DM 60/2002	%		17 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0										
		75		8 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0										
NO ₂	DM 60/2002	95		105 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0										
CO	DM 60/2002	85		1.2 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0										
PM ₁₀	DM 60/2002	100		102 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	15	60										
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	73		111 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	0	0	137 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	137 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0		
C ₆ H ₆	DM 60/2002	80	2.0 µg/m ³ (6)		5 µg/m ³ (7)												

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore

(6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (7) Concentrazione media annuale

FIGURA 40: Comune di Lombriasco – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme					
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti	superamenti			
		%				n°	%				n°	%			n°	%
SO ₂	DM 60/2002	77		24 µg/m ³ (1) 9 µg/m ³ (2)	350 µg/m ³ 125 µg/m ³	0	0			22 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0		0	0
NO ₂	DM 60/2002	97		179 µg/m ³ (1) 1.8 mg/m ³ (4)	200 µg/m ³ 10 mg/m ³ (4)	0	0			141 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0		0	0
CO	DM 60/2002	82		56 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	3	11									
PM ₁₀	DM 60/2002	73		109 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	0	0			133 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0		0	0
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	88				0 ⁽⁵⁾	0									
C ₆ H ₆	DM 60/2002	42	2.7 µg/m ³ (6)		5 µg/m ³ (7)											

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore

(6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (7) Concentrazione media annuale

FIGURA 41: Comune di Villastellone – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.


LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI TORINO, L.go MARCONI
Periodo di monitoraggio: 14 Maggio – 14 Giugno 2004

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme						
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%		
SO ₂	DM 60/2002	%		14 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0										
		80		6 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0										
NO ₂	DM 60/2002	81		125 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0										
CO	DM 60/2002	80		2,0 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0										
PM ₁₀	DM 60/2002	84		63 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	5	18										
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	81		157 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	16	3	195 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	1	0.2						
C ₆ H ₆	DM 60/2002	46	4,1 µg/m ³ (6)		5 µg/m ³ (7)	4(5)	17										

 * Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore

(6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (7) Concentrazione media annuale

FIGURA 42: Comune di Torino, L-go Marconi – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI CASELLE

Periodo di monitoraggio: 16 Giugno – 14 Luglio 2004

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme						
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%		
SO ₂	DM 60/2002	94		17 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0										
NO ₂	DM 60/2002	100		6 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0										
CO	DM 60/2002	86		83 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0										
PM ₁₀	DM 60/2002	100		1.3 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0										
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	100		53 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	1	3										
C ₆ H ₆	DM 60/2002	23	1.3 µg/m ³ (6)		120 µg/m ³	55	8	195 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	4	0.6	195 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0		
					5 µg/m ³ (7)	12 ⁽⁵⁾	41										

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

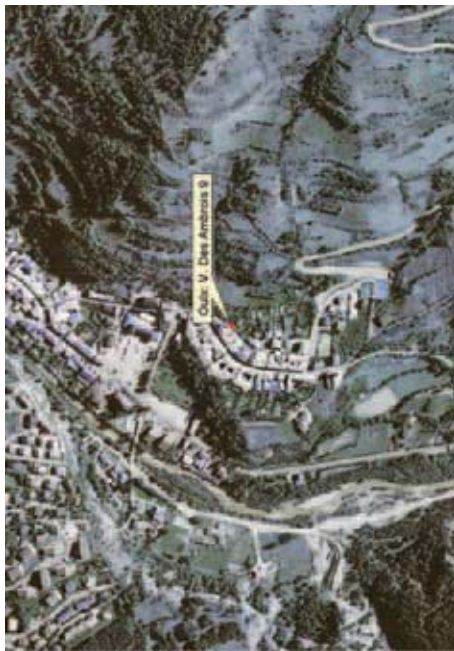
(1) Concentrazione media giornaliera (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore

(6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (7) Concentrazione media annuale

FIGURA 43: Comune di Caselle – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI OULX

Periodo di monitoraggio: 16 Luglio – 30 Agosto 2004

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme						
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%		
SO ₂	DM 60/2002	96		13 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0										
NO ₂	DM 60/2002	100		9 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0										
CO	DM 60/2002	100		89 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0										
PM ₁₀	DM 60/2002	100		1.0 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0										
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	99		56 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	1	2										
C ₆ H ₆	DM 60/2002	76	1.9 µg/m ³ (6)		120 µg/m ³	99	9	195 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	7	0.6						
					5 µg/m ³ (7)	15 ⁽⁵⁾	33										

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore

(6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (7) Concentrazione media annuale

FIGURA 44: Comune di Oulx – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI BRUINO

Periodo di monitoraggio: 01 Settembre – 29 Settembre 2004

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme						
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%		
SO ₂	DM 60/2002	%		17 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0										
		97		11 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0										
NO ₂	DM 60/2002	%		113 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0										
		98		0.7 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0										
CO	DM 60/2002	%		73 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	9	39										
		96		155 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	21	4										
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	%		2.3 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (7)	5	22										
		52															

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore

(6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (7) Concentrazione media annuale

FIGURA 45: Comune di Bruino – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.


LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI MAZZÈ

Periodo di monitoraggio: 06 Ottobre – 03 Novembre 2004

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme					
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	
SO ₂	DM 60/2002	98	12 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0										
			7 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0										
NO ₂	DM 60/2002	99	99 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0										
			1.6 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0										
CO	DM 60/2002	59	121 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	15	52										
			69 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	0	0										
PM ₁₀	D.Lgs. 183 del 21/05/04	100	3.4 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (7)	0 ⁽⁵⁾	0										
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	99	84 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0										
C ₆ H ₆	DM 60/2002	84														

 * Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

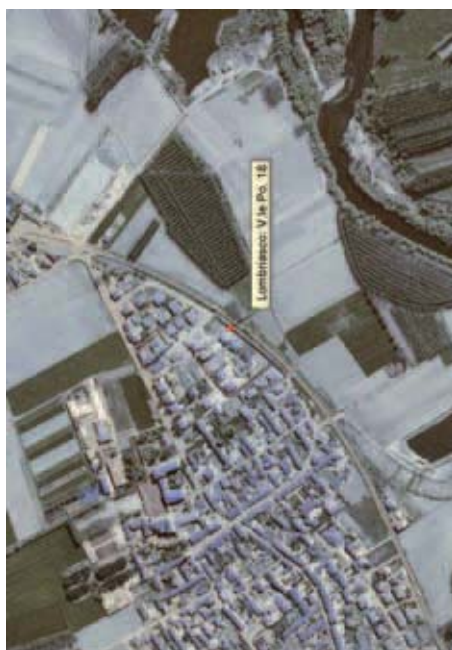
(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore

(6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (7) Concentrazione media annuale

FIGURA 46: Comune di Mazzè – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme						
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti	superamenti				
		%				n°	%				n°	%			n°	%	
SO ₂	DM 60/2002	97		25 µg/m ³ (1) 15 µg/m ³ (2)	350 µg/m ³ 125 µg/m ³	0	0							23 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0
NO ₂	DM 60/2002	98		107 µg/m ³ (1) 2.1 mg/m ³ (4)	200 µg/m ³ 10 mg/m ³ (4)	0	0							102 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0
CO	DM 60/2002	98		113 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	13	60										
PM ₁₀	DM 60/2002	100		47 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	0	0							63 µg/m ³ (1)			
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	99				0	0										
C ₆ H ₆	DM 60/2002	98	3.7 µg/m ³ (6)		5 µg/m ³ (7)	0	0										

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

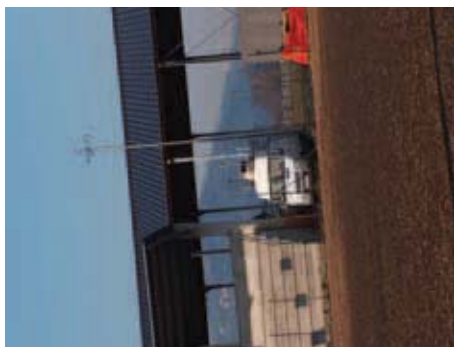
(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore

(6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (7) Concentrazione media annuale

FIGURA 47: Comune di Lombriasco – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.



LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI SAN SEBASTIANO DA PO

Periodo di monitoraggio: 08 Dicembre 2004 – 12 Gennaio 2005

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di informazione				Soglia di allarme						
			Valore medio periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	superamenti n°	%		
SO ₂	DM 60/2002	%		21 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0										
NO ₂	DM 60/2002	100		13 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0										
CO	DM 60/2002	98		2.2 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0										
PM ₁₀	DM 60/2002	81		105 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	22	76										
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	99		52 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	0	0	67 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	67 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0		
C ₆ H ₆	DM 60/2002	92		4.9 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (7)	0 ⁽⁵⁾	0										

* Per O₃ sono stati presi in considerazione i valori limite del D.Lgs n. 183 del 21/05/04

(1) Concentrazione media oraria (2) Concentrazione media giornaliera (3) Concentrazione misurata su tre ore consecutive

(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(5) Numero di giorni con almeno un superamento del livello di protezione della salute su medie di 8 ore

(6) Concentrazione media del periodo di monitoraggio (7) Concentrazione media annuale

FIGURA 48: Comune di San Sebastiano da Po – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.

PREMESSA

La misura regolare e continuativa e l'analisi dei parametri meteorologici costituiscono una parte fondamentale del monitoraggio della qualità dell'aria. Poiché la dispersione degli inquinanti dipende fortemente dalle condizioni meteo-climatiche, la conoscenza di tali condizioni è indispensabile per valutare e comprendere appieno i fenomeni di inquinamento atmosferico.

L'Area Previsione e Monitoraggio Ambientale di ARPA Piemonte cura e gestisce un sistema complesso di monitoraggio sul territorio regionale, tra cui un sistema di misure a terra che ad oggi consta di circa 500 stazioni automatiche, di cui circa 115 nella provincia di Torino, 2 sistemi di radiosondaggio, presso l'Aeroporto di Cuneo-Levaldigi e nel comune di Cesana Torinese, in località Pariol, 2 radar doppler ed un profilatore verticale di vento e temperatura collocato nell'area urbana di Torino. Sulla base di rigorose specifiche tecniche, elaborate con la collaborazione del Politecnico di Torino, la rete è stata realizzata per fasi successive: a partire da una prima maglia di stazioni di interesse meteorologico "regionale" si sono via via infittiti i punti di monitoraggio sia a copertura di tutti i principali bacini, sia in base a particolari esigenze locali, legate a situazioni di dissesto create a seguito degli eventi alluvionali che hanno ripetutamente colpito il Piemonte, o di controllo di fenomeni in fase evolutiva.

I parametri meteorologici principali misurati dalle stazioni della rete regionale sono la velocità (vv) e la direzione del vento (dv), la radiazione solare globale (rdg) e netta (rdn), la pressione atmosferica (pres), l'umidità relativa (umid), la quantità di pioggia (pv) e la temperatura (temp).

La diversa dotazione strumentale è stata adattata alle esigenze di rilevamento di ogni sito, tenendo in considerazione le caratteristiche morfologiche dell'area, la rappresentatività rispetto al territorio e la tipologia della stazione.

Le stazioni della rete sono suddivise in quattro tipologie fondamentali:

- **stazione pluviometrica:** la dotazione strumentale minima consiste in un pluviometro a cui si associano localmente altri sensori meteorologici;
- **stazione meteorologica:** le stazioni complete dispongono di pluviometro, termometro, igrometro, misuratore della velocità e direzione del vento e localmente barometro e radiometro;
- **stazione nivometrica:** in ambiente di alta montagna, le stazioni aggiungono alla normale configurazione meteorologica, i sensori di altezza della neve e temperatura del manto nevoso. I dati nivologici così rilevati integrano quelli raccolti dalla rete nivometrica manuale, fornendo indicazioni relative ad aree non presidiate e di particolare interesse;
- **stazione idrometrica:** la dotazione strumentale minima consiste in un idrometro ad ultrasuoni a cui si associano localmente un idrometro a pressione e vari sensori meteo-pluviometrici.

Nella figura 49 è rappresentata la collocazione geografica delle centraline meteorologiche nella provincia di Torino differenziate per tipologia.

ELABORAZIONI DEI DATI RILEVATI

Sistemi di rilevamento

Lo strumento utilizzato per la misura della **velocità e direzione del vento**, espresse rispettivamente in m/s e gradi sessagesimali, è l'*anemometro*.

Per quanto riguarda la provincia di Torino, gli strumenti installati sono anemometri tradizionali, chiamati anche pali anemometrici, in grado di misurare la velocità orizzontale del vento all'altezza alla quale è posto lo strumento. È importante ricordare che quando si parla di direzione del vento ci si riferisce alla direzione di provenienza del vento e che il Nord geografico viene fatto coincidere con lo zero di direzione; di conseguenza, la direzione sarà pari a 90 gradi in caso di vento proveniente da Est, a 180 gradi per vento da Sud, a 270 gradi per vento da Ovest (il senso di rotazione per la misura della direzione in gradi è orario).

RETE METEORIDROGRAFICA DELLA REGIONE PIEMONTE NELLA PROVINCIA DI TORINO

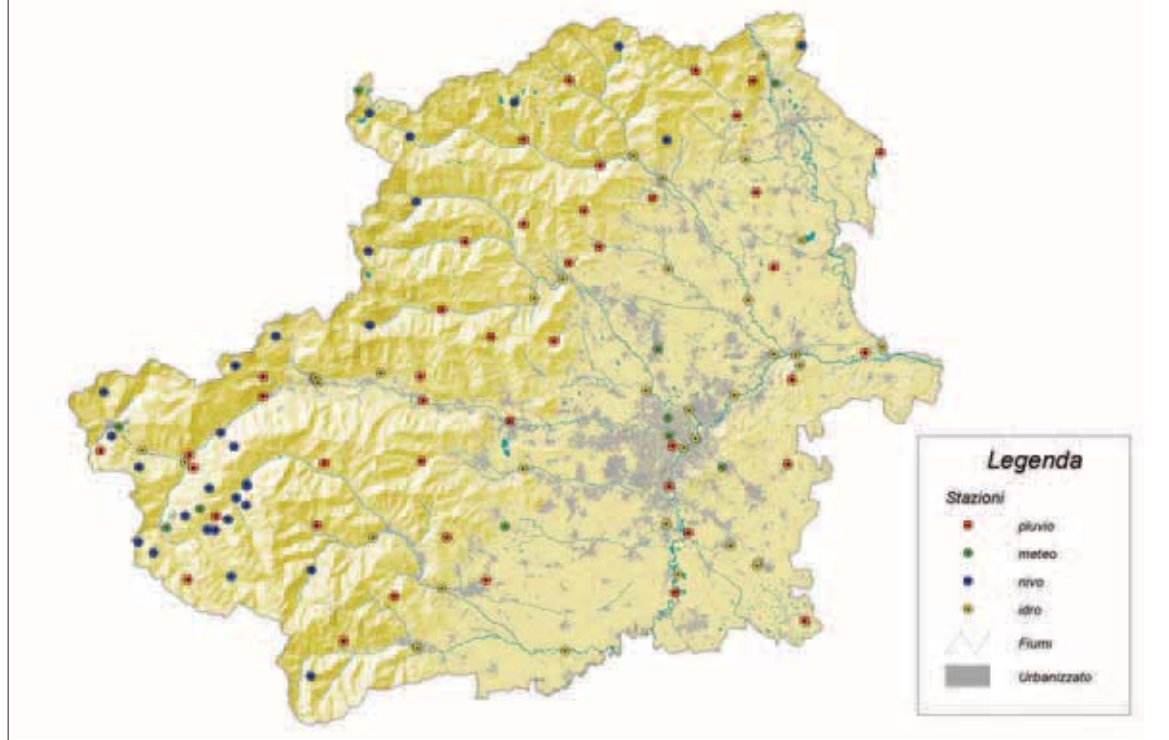


FIGURA 49: disposizione delle stazioni meteorologiche di monitoraggio.

Al fine di ottenere una misurazione rappresentativa dei flussi atmosferici a scala locale, i sensori devono essere collocati lontano da ostacoli di altezza elevata (palazzi, alberi, ecc), ad una distanza tale per cui le misure risultanti non vengano falsate dalla presenza di direzioni di provenienza del vento erroneamente privilegiate rispetto ad altre.

Lo strumento utilizzato per la misura della **pressione atmosferica**, espressa in millibar (mbar), prende il nome di *barometro*. Esso deve essere posizionato in un luogo riparato da sbalzi di temperatura, vibrazioni, radiazione solare e correnti d'aria; a tal fine può essere installato all'interno della stazione di misura; in tal caso deve essere collegato, tramite un apposito condotto, ad una presa d'aria esterna.

Lo strumento impiegato nella misura della **temperatura** dell'aria, espressa in gradi centigradi (°C), è il *termometro*. Il suo posizionamento viene effettuato generalmente ad un'altezza dal suolo compresa fra 1,5 e 2 metri; il sensore deve essere protetto dalla radiazione solare e corredato di un dispositivo per la ventilazione forzata che non alteri la misura e che sia in grado di mantenere un valore costante della velocità dell'aria attorno all'elemento sensibile.

Lo strumento utilizzato per la misura dell'**umidità relativa**, espressa in unità percentuali, è l'*igrometro*. La sua installazione deve prevedere gli accorgimenti precedentemente indicati per il termometro.

Lo strumento adottato per la misura delle **precipitazioni atmosferiche**, espresse in millimetri di pioggia (mm), è il *pluviometro*. Il suo posizionamento deve essere realizzato in modo tale che l'imboccatura calibrata dello strumento risulti perfettamente orizzontale e che si trovi ad un'altezza non inferiore ad un metro, sufficiente ad evitare che le gocce di pioggia rimbalzino dal suolo nel pluviometro.

metro. Lo strumento può inoltre essere dotato di un apposito calorifero per lo scioglimento delle precipitazioni nevose e per evitare la formazione di ghiaccio.

La validazione dei valori medi orari rilevati dalla rete di monitoraggio provinciale viene implementata valutando la regolarità dell'andamento giornaliero.

Nella fase di validazione i valori di intensità e direzione del vento devono essere considerati contemporaneamente, in quanto va ricordato che il dato di velocità orizzontale risulta composto dalle due componenti vettoriali. La validazione sistematica, che consiste nell'analisi dell'andamento dei valori orari di direzione e di velocità del vento, consente non solo di verificare il corretto funzionamento degli strumenti, ma anche di evitare che situazioni anomale o eventi eccezionali, in termini di durata e di misura, falsino la misura stessa.

Per le misure di pressione atmosferica, il controllo è volto ad evidenziare l'eventuale presenza di brusche variazioni nella registrazione della misura, giustificate solamente in occasione di perturbazioni atmosferiche di una certa intensità.

Nel caso delle misure di temperatura, il controllo viene eseguito osservando gli andamenti orari dei valori massimi, rilevabili generalmente verso le ore 13:00÷15:00, e dei valori minimi giornalieri, in genere collocati fra le 5:00 e le 7:00, in relazione alle condizioni di insolazione registrate.

Anche per quanto concerne le misure di umidità relativa, il controllo verifica l'occorrenza dei valori massimi, normalmente localizzati fra le 23:00 e le 6:00, e dei valori minimi giornalieri, normalmente riscontrabili fra le 13:00 e le 15:00, in relazione ai dati di temperatura e di presenza di precipitazioni registrati nel corso della giornata.

Per le diverse grandezze (pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni atmosferiche), in aggiunta ai controlli sopra citati, i dati registrati vengono confrontati con valori medi ed estremi stagionali, nonché con i valori registrati da stazioni vicine, al fine di costruire una più corretta climatologia della zona interessata.

Elaborazione dei dati di Velocità e direzione del vento

Le elaborazioni riportate sono relative alle stazioni ritenute maggiormente rappresentative per quanto riguarda l'agglomerato urbano (Torino-Consolata) e i siti esterni al capoluogo (Moncalieri-Bauducchi e Cumiana).

Al fine di evidenziare l'influenza del ciclo giornaliero sulle direzioni di provenienza del flusso atmosferico, sono state realizzate delle rose del vento suddividendo i dati nei periodi diurno e notturno della giornata. Le rose così suddivise sono state inoltre ripartite per classi di velocità, in modo da evidenziare le condizioni di vento tipico per le 3 zone analizzate. Le particolarità di ogni stazione, riscontrabili nel ciclo a carattere giornaliero, possono essere ascritte alle caratteristiche anemologiche locali del sito di monitoraggio.

Nel caso delle stazioni localizzate nel territorio del comune di Torino, le rose dei venti sono state riportate in figura 50 con le relative ripartizioni in classi di velocità. Le elaborazioni grafiche relative alle stazioni esterne alla città di Torino sono state riportate in figura 51 e 52.

Le rappresentazioni in forma di rosa dei venti sono state realizzate attraverso una serie di elaborazioni dei valori medi orari di intensità e direzione del vento.

In linea generale, sui dati acquisiti, sono state effettuate le seguenti operazioni:

1. per l'intensità del vento:
 - identificazione dei dati appartenenti alla classe definita come "calma di vento", caratterizzata da valori di velocità inferiori a 0.3 m/s;
 - suddivisione delle intensità in 5 classi (0.3-1 m/s, 1-2 m/s, 2-3 m/s e 3-5 m/s e >5 m/s);
2. per la direzione del vento:
 - suddivisione in 16 settori di provenienza, di ampiezza pari a 22.5 gradi, centrati sulle direzioni N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSO, SO, OSO, O, ONO, NO, NNO. Per le intensità del vento inferiori a 0.3 m/s (situazione di calma di vento), il valore di direzione è stato escluso dal calcolo delle percentuali di accadimento per ogni settore.

Per ogni stazione considerata, sono state effettuate le seguenti elaborazioni grafiche: una rosa dei venti con direzione del vento e due rose dei venti (una per il periodo diurno ed una per il periodo notturno) con direzione ed intensità del vento.

In particolare, la rosa dei venti con la distribuzione dei dati in termini di direzione di provenienza è stata realizzata distinguendo il periodo diurno e notturno ed escludendo i dati non validi ed i valori di calma (velocità inferiore a 0.3 m/s). L'informazione è stata completata dalle percentuali di accadimento delle calme di vento totali e dalla percentuale dei dati non validi.

Le rose di direzione ed intensità del vento sono state realizzate suddividendo in 5 classi i dati validi con velocità superiore a 0.3 m/s. Anche in questi grafici, l'informazione è stata completata dalle percentuali di accadimento delle calme di vento nei periodi diurno e notturno e dalla percentuale dei dati non validi.

Si fa notare come il numero di calme registrato dalla stazione di Torino-Consolata risulti inferiore (su un valore al di sotto del 2% del totale delle misure, sia nel periodo diurno che in quello notturno) a quello rilevato nelle altre stazioni. La spiegazione di tale fenomeno è attribuibile al fatto che il palo anemometrico di tale stazione, al fine di eliminare, per quanto possibile in un sito urbano, l'influenza di possibili ostacoli e garantire la significatività della misura, è posizionato sul tetto di un edificio; conseguentemente i dati rilevati risentono, rispetto alla situazione di altre stazioni poste al suolo, in maniera minore dell'influenza del terreno e rilevano quindi intensità del vento mediamente più elevate.

L'influenza della vicinanza al suolo sulle misure viene invece evidenziata dall'analisi delle rose dei venti registrate alle stazioni di Moncalieri-Bauducchi e Cumiana: i sensori di tali stazioni sono posizionati a 10 m dal suolo. In tali condizioni l'occorrenza di calme di vento e venti deboli è prevalente sulla totalità dei dati misurati (si vedano le figure 51 e 52).

Una particolarità, che si nota dalla rosa dei venti della stazione di Cumiana a differenza delle altre due stazioni esaminate, è la netta contrapposizione nella direzione del vento tra il giorno e la notte: questo comportamento è associabile a fenomeni di brezza.

Oltre alle rappresentazioni grafiche, per ogni stazione sono riportate alcune elaborazioni statistiche effettuate su base mensile ed annuale. Più precisamente:

- il numero di dati validi, espresso in percentuale;
- il numero di dati validi caratterizzati da velocità orizzontale del vento inferiore a 0.3 m/s (calme di vento), espresso in percentuale;
- il valore massimo tra i dati orari;
- il valore medio, ottenuto calcolando la media aritmetica di tutti i valori orari validi e registrati nel corso del periodo temporale esaminato, fatta esclusione delle calme di vento;
- la deviazione standard dal valore medio dei valori superiori a 0.3 m/s, per valutare la dispersione dei valori di velocità orizzontale rispetto al valore medio.

Si ricorda che le elaborazioni sopra riportate sono disponibili presso A.R.P.A. – Area Previsione e Monitoraggio Ambientale e presso l'Area Ambiente, Servizio Qualità dell'Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico della Provincia di Torino.

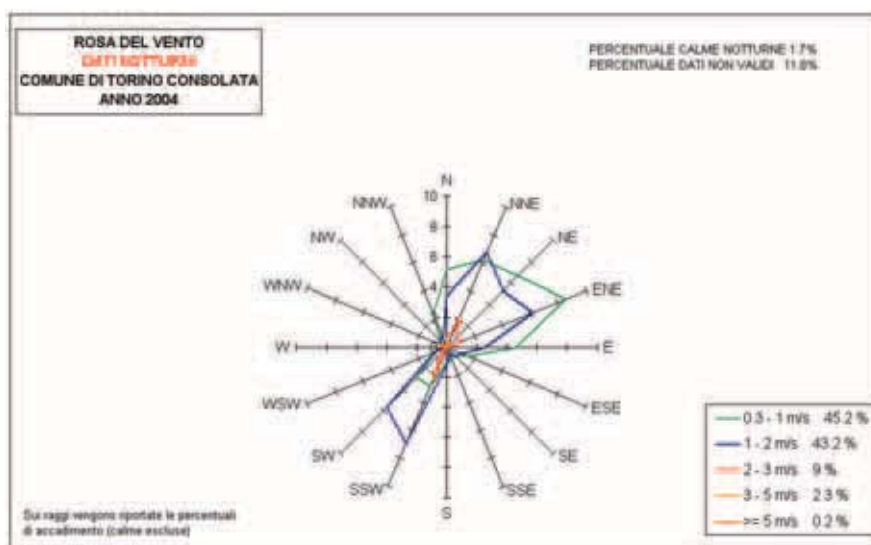
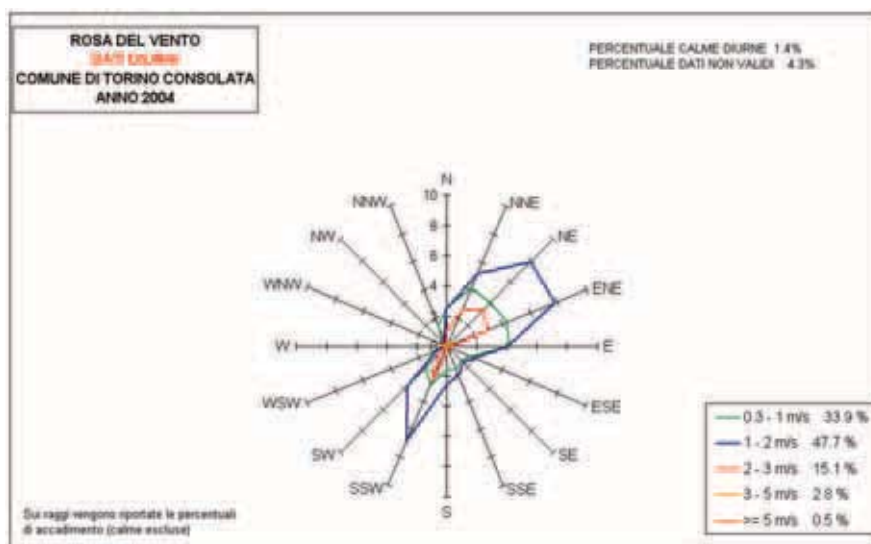
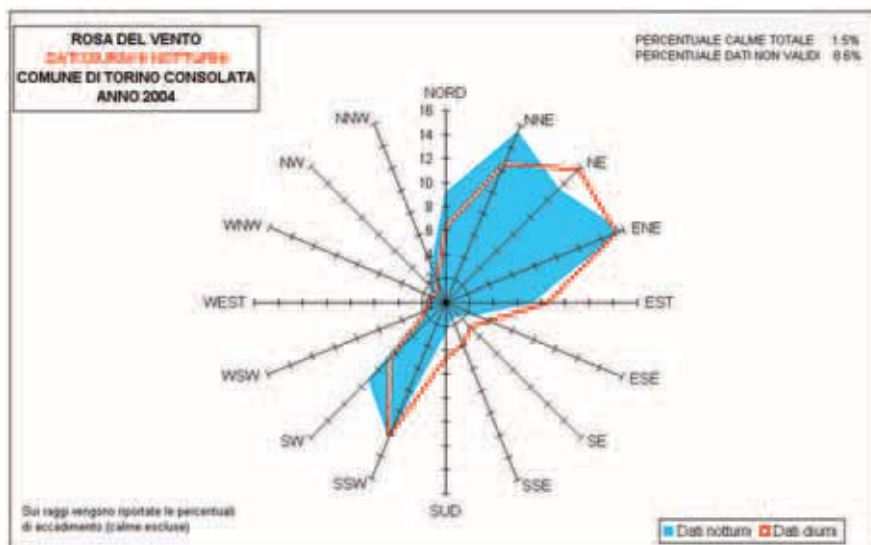


FIGURA 50: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione Torino Consolata.

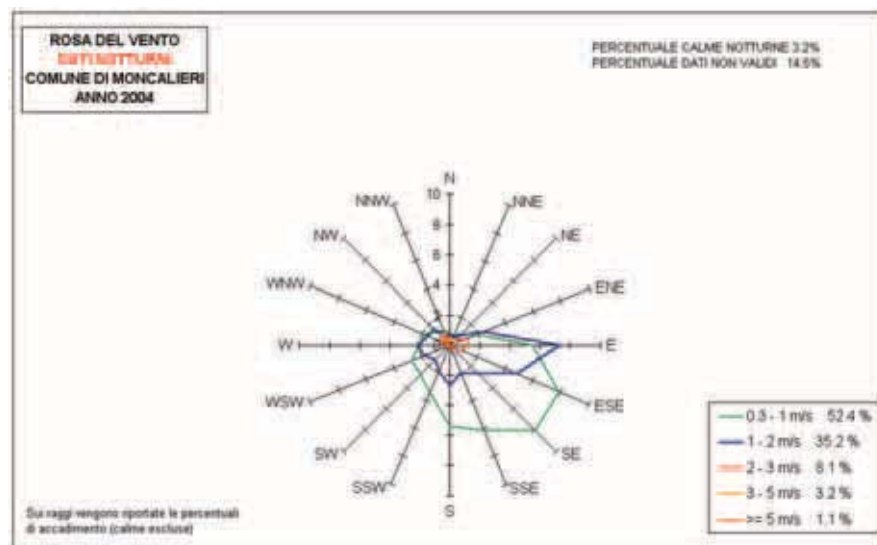
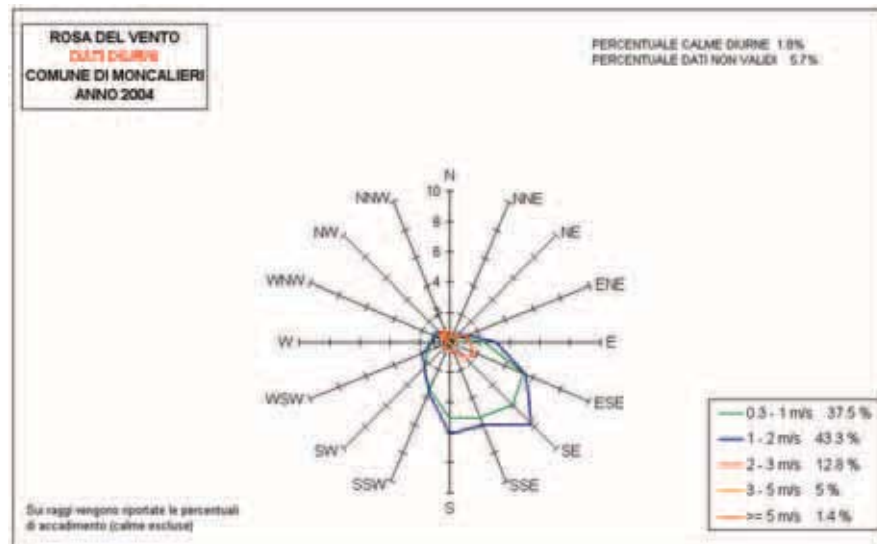
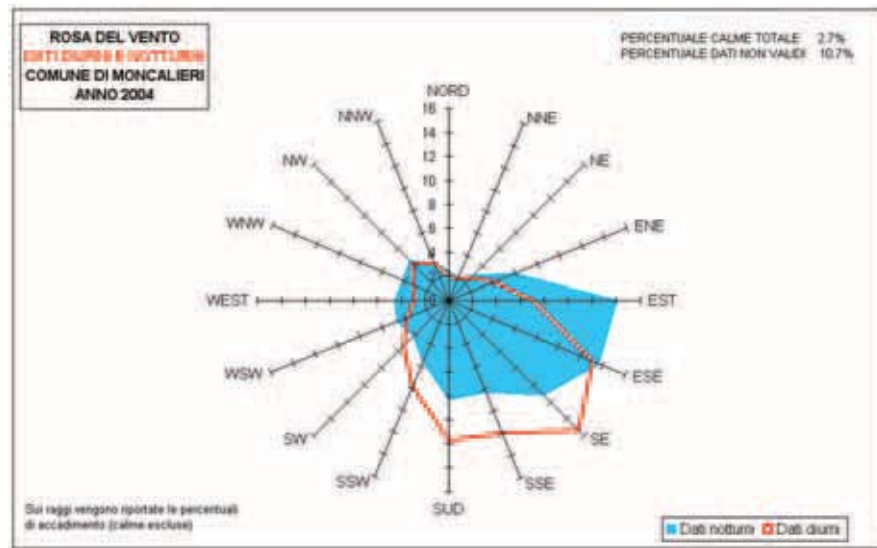


FIGURA 51: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione di Moncalieri.

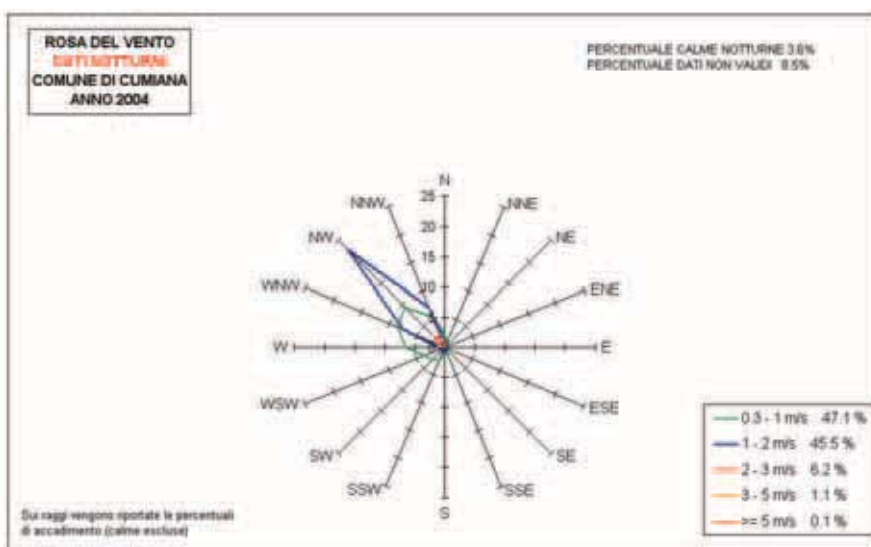
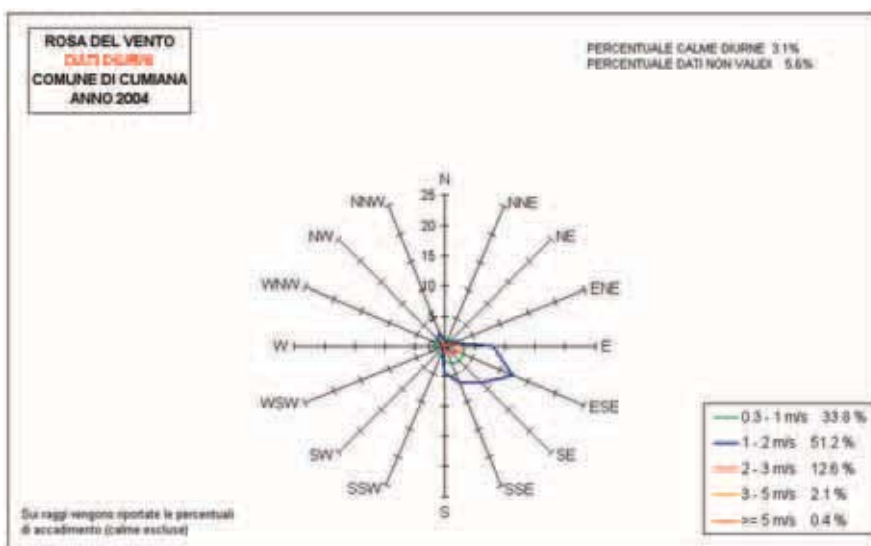
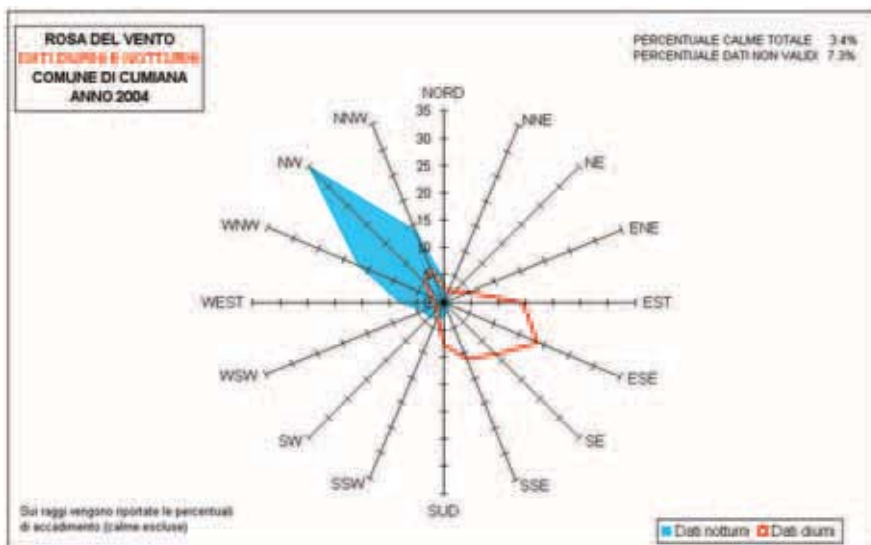


FIGURA 52: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione di Cumiana.

**STAZIONE DI TORINO - CONSOLATA
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2004**

	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.3 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2004	89.9	1.7	5.5	1.3	0.9
FEBBRAIO 2004	84.5	1.3	6.3	1.3	0.8
MARZO 2004	88.0	1.7	4.4	1.3	0.7
APRILE 2004	90.3	1.0	6.1	1.5	0.9
MAGGIO 2004	91.5	1.2	4.4	1.3	0.7
GIUGNO 2004	94.4	0.7	4.5	1.4	0.7
LUGLIO 2004	96.6	1.6	4.7	1.3	0.7
AGOSTO 2004	98.0	0.9	5.6	1.3	0.8
SETTEMBRE 2004	95.1	0.8	5.5	1.2	0.7
OTTOBRE 2004	90.6	1.5	4.3	1.1	0.6
NOVEMBRE 2004	87.6	1.9	3.6	1.1	0.6
DICEMBRE 2004	89.7	2.4	5.4	0.9	0.5

* Calme di vento escluse

TABELLA 32: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino-Consolata nel 2004.

**STAZIONE DI MONCALIERI - BAUDUCCHI
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2004**

	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.3 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2004	91.1	3.1	9.5	1.2	1.2
FEBBRAIO 2004	87.2	1.6	9.4	1.3	1.1
MARZO 2004	89.1	2.2	5.3	1.4	0.9
APRILE 2004	95.4	2.1	10.1	1.7	1.4
MAGGIO 2004	93.0	1.9	6.9	1.5	1.0
GIUGNO 2004	95.0	1.5	6.8	1.3	0.8
LUGLIO 2004	95.8	1.6	5.9	1.3	0.8
AGOSTO 2004	95.6	2.2	6.3	1.3	0.9
SETTEMBRE 2004	89.6	2.5	6.4	1.1	0.7
OTTOBRE 2004	83.9	2.2	5.1	1.1	0.7
NOVEMBRE 2004	77.2	2.8	12.3	1.1	1.0
DICEMBRE 2004	78.4	5.1	9.8	1.0	1.1

* Calme di vento escluse

TABELLA 33: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Moncalieri - Bauducchi nel 2004.

**STAZIONE DI CUMIANA
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2004**

	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0.3 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2004	82.1	3.4	7.4	1.0	0.9
FEBBRAIO 2004	92.2	4.2	4.5	1.2	0.7
MARZO 2004	94.0	3.0	4.0	1.3	0.7
APRILE 2004	96.7	2.1	5.5	1.5	0.8
MAGGIO 2004	93.0	1.6	3.7	1.2	0.6
GIUGNO 2004	94.7	1.3	4.1	1.3	0.6
LUGLIO 2004	96.6	2.0	3.4	1.3	0.6
AGOSTO 2004	92.7	2.2	4.3	1.2	0.6
SETTEMBRE 2004	94.6	3.1	4.3	1.1	0.6
OTTOBRE 2004	91.8	3.5	2.7	1.0	0.5
NOVEMBRE 2004	93.1	5.1	5.1	1.1	0.6
DICEMBRE 2004	91.7	6.3	7.2	1.0	0.7

* Calme di vento escluse

TABELLA 34: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Cumiana nel 2004.

Elaborazione dei dati di pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni

Nelle pagine seguenti vengono proposte le elaborazioni effettuate sui dati medi orari rilevati nel corso dell'anno 2004 nelle stazioni di Torino-Consolata e Pino Torinese, appartenenti alla Rete Meteorografica dell'A.R.P.A. Piemonte.

La scelta delle suddette stazioni è mirata ad evidenziare le diversità dei valori registrati in una stazione urbana di pianura (Torino-Consolata) ed in una stazione posta in quota rispetto alla precedente (Pino Torinese 619 m. s.l.m., a fronte di 290 m. s.l.m. della stazione di Torino).

Per quanto riguarda i parametri di pressione atmosferica e temperatura, sono stati rappresentati graficamente i valori medi mensili registrati nelle due stazioni, associati al valore minimo e massimo orario (figure 53 - 56).

Per ogni stazione sono state inoltre riportate in forma tabellare le statistiche mensili relative ai due parametri:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- i valori minimo e massimo tra i dati orari;
- i valori minimo e massimo tra le medie giornaliere;
- il valore medio mensile.

Poiché la stazione di Torino-Consolata non è dotata del sensore per la misurazione dei valori di pressione, per effettuare le elaborazioni sono stati utilizzati i dati di Torino-Buon Pastore.

Nel caso dell'umidità relativa, sono state riportate in un unico prospetto tabellare (tabella 35) le statistiche mensili relative alle due stazioni:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- i valori minimo e massimo tra le medie giornaliere;
- il valore medio mensile.

Anche per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, sono state riportate in tabella 36 le statistiche mensili relative alle due stazioni:

- il numero dei dati validi, espresso in percentuale;
- il numero di giorni nel corso dei quali si sono verificate precipitazioni atmosferiche superiori ad 1 mm (definiti in climatologia “giorni di pioggia”);
- il valore massimo mensile di precipitazione giornaliera;
- la precipitazione totale mensile.

Infine, sotto forma di grafico ad istogrammi (figura 57), sono stati confrontati i risultati delle elaborazioni realizzate per le due stazioni: nella forma di valori medi mensili per i parametri di pressione atmosferica, temperatura ed umidità relativa, e nella forma di sommatoria mensile per il parametro delle precipitazioni atmosferiche.

Si ricorda che le elaborazioni sopra riportate sono disponibili presso l’A.R.P.A. – Area Previsione e Monitoraggio Ambientale e presso l’Area Ambiente, Servizio Qualità dell’Aria, Inquinamento Atmosferico, Acustico ed Elettromagnetico della Provincia di Torino.

**STAZIONE DI TORINO BUON PASTORE
PARAMETRO: PRESSIONE ATMOSFERICA - 2004**

	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (mbar)	VALORE MASSIMO ORARIO (mbar)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MEDIO MENSILE (mbar)
GENNAIO 2004	99	971	1001	973	1000	986
FEBBRAIO 2004	100	967	1008	968	1006	992
MARZO 2004	100	975	1010	977	1008	994
APRILE 2004	100	968	1000	971	998	988
MAGGIO 2004	100	961	1000	964	998	988
GIUGNO 2004	99	976	999	978	997	990
LUGLIO 2004	100	982	995	984	994	990
AGOSTO 2004	93	977	994	980	993	985
SETTEMBRE 2004	100	971	998	975	996	990
OTTOBRE 2004	100	971	995	972	994	986
NOVEMBRE 2004	100	971	1002	975	1000	988
DICEMBRE 2004	100	966	1001	968	999	990

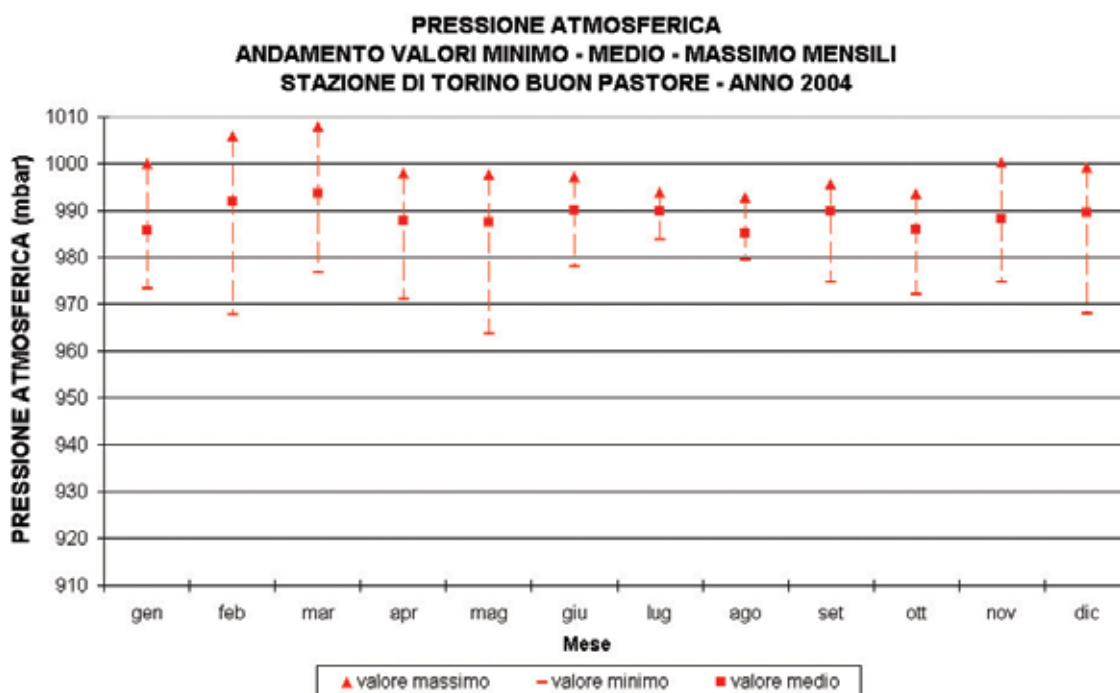


FIGURA 53: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Torino- Buon Pastore nell'anno 2004.

STAZIONE DI PINO TORINESE
PARAMETRO: PRESSIONE ATMOSFERICA - 2004

	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (mbar)	VALORE MASSIMO ORARIO (mbar)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MEDIO MENSILE (mbar)
GENNAIO 2004	99	926	954	928	953	940
FEBBRAIO 2004	100	921	962	923	960	946
MARZO 2004	100	930	963	932	962	948
APRILE 2004	100	922	954	926	952	942
MAGGIO 2004	100	917	954	919	953	943
GIUGNO 2004	99	932	954	934	953	946
LUGLIO 2004	100	939	951	940	950	946
AGOSTO 2004	100	936	952	938	950	943
SETTEMBRE 2004	93	929	955	933	953	948
OTTOBRE 2004	100	929	952	929	951	943
NOVEMBRE 2004	100	928	957	931	956	944
DICEMBRE 2004	100	922	955	924	954	945

PRESSIONE ATMOSFERICA
ANDAMENTO VALORI MINIMO - MEDIO - MASSIMO MENSILI
STAZIONE DI PINO TORINESE - ANNO 2004

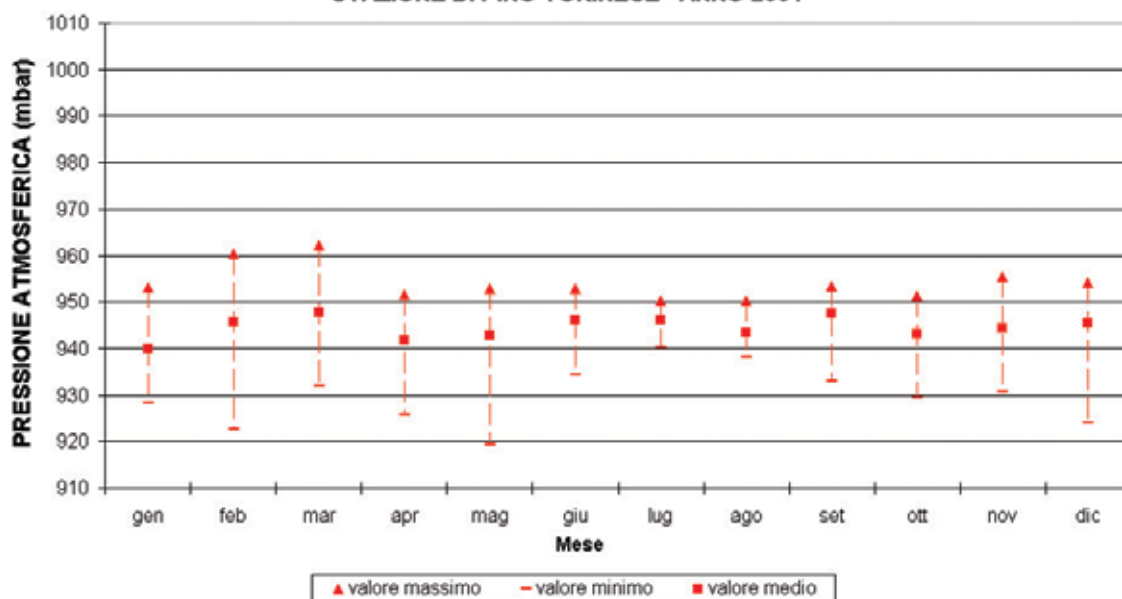


FIGURA 54: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Pino Torinese nell'anno 2004.

STAZIONE DI TORINO – CONSOLATA PARAMETRO: TEMPERATURA- 2004						
	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (mbar)	VALORE MASSIMO ORARIO (mbar)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MEDIO MENSILE (mbar)
GENNAIO 2004	100	-3	17	-1	10	3
FEBBRAIO 2004	100	-2	16	1	10	5
MARZO 2004	100	0	23	3	15	9
APRILE 2004	100	2	26	4	21	13
MAGGIO 2004	100	6	29	11	22	16
GIUGNO 2004	99	14	34	18	28	23
LUGLIO 2004	100	15	35	19	30	24
AGOSTO 2004	100	15	34	21	28	24
SETTEMBRE 2004	100	11	32	16	26	21
OTTOBRE 2004	100	7	24	10	20	15
NOVEMBRE 2004	100	2	23	5	17	9
DICEMBRE 2004	100	-1	14	1	10	5

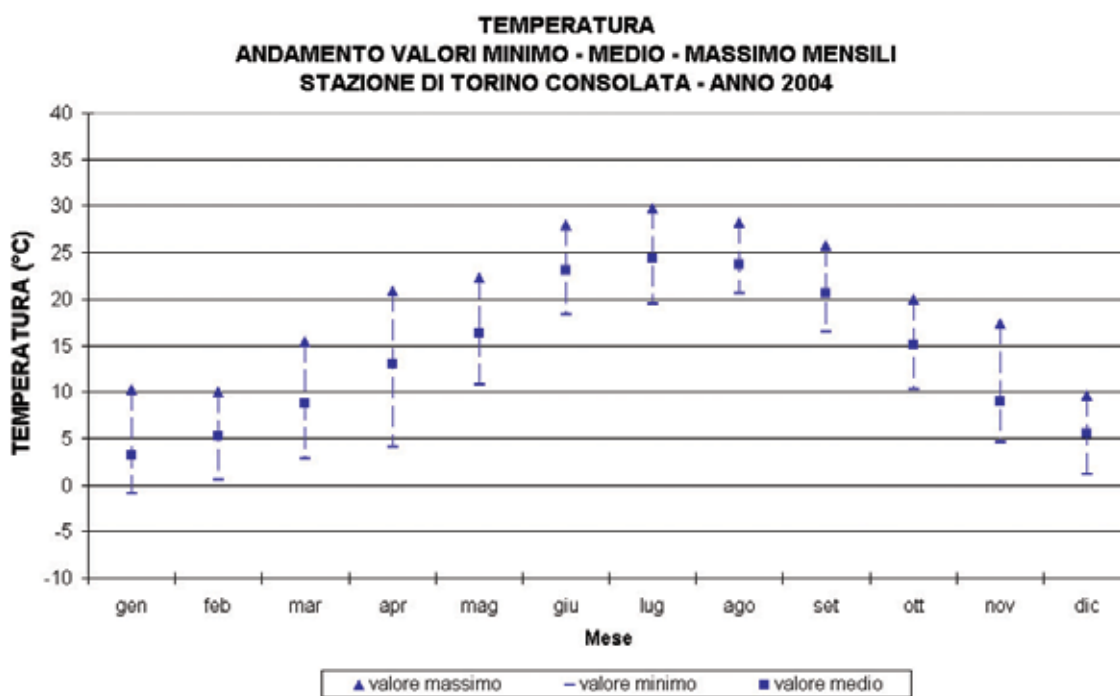


FIGURA 55: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Torino-Consolata nell'anno 2004.

STAZIONE DI TORINO – CONSOLATA
PARAMETRO: TEMPERATURA- 2004

	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (mbar)	VALORE MASSIMO ORARIO (mbar)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (mbar)	VALORE MEDIO MENSILE (mbar)
GENNAIO 2004	99	-3	16	-1	12	3
FEBBRAIO 2004	100	-2	17	-1	12	5
MARZO 2004	100	-2	20	1	16	7
APRILE 2004	100	0	23	2	18	11
MAGGIO 2004	100	5	25	8	21	14
GIUGNO 2004	99	11	30	16	26	21
LUGLIO 2004	100	12	33	17	28	22
AGOSTO 2004	100	15	31	18	26	21
SETTEMBRE 2004	93	8	30	14	24	18
OTTOBRE 2004	100	5	20	7	17	13
NOVEMBRE 2004	100	0	20	2	17	8
DICEMBRE 2004	100	-2	13	-1	9	5

TEMPERATURA
ANDAMENTO VALORI MINIMO - MEDIO - MASSIMO MENSILI
STAZIONE DI PINO TORINESE - ANNO 2004

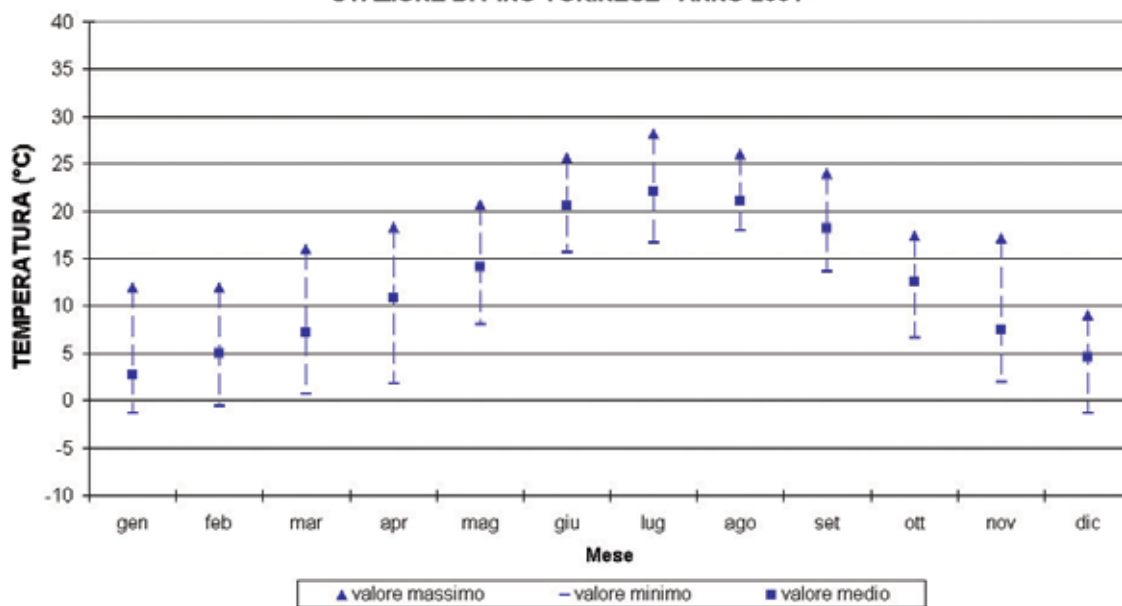


FIGURA 56: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Pino Torinese nell'anno 2004.

**STAZIONI DI
TORINO – CONSOLATA
PINO TORINESE
PARAMETRO: UMITÀ RELATIVA - 2004**

	STAZIONE DI TORINO – CONSOLATA				STAZIONE DI PINO TORINESE			
	Numero dati validi (%)	Valore minimo della media giornaliera (%)	Valore massimo della media giornaliera (%)	Valore medio mensile (%)	Numero dati validi (%)	Valore minimo della media giornaliera (%)	Valore massimo della media giornaliera (%)	Valore medio mensile (%)
GENNAIO 2004	100	28	87	69	99	20	98	70
FEBBRAIO 2004	100	35	94	64	100	20	98	63
MARZO 2004	100	31	83	58	100	31	98	65
APRILE 2004	100	22	92	59	100	24	99	68
MAGGIO 2004	100	46	87	62	100	50	99	72
GIUGNO 2004	99	34	73	53	99	36	90	62
LUGLIO 2004	100	39	84	53	100	43	95	59
AGOSTO 2004	100	33	81	59	100	33	99	67
SETTEMBRE 2004	100	37	85	59	93			66
OTTOBRE 2004	100	57	95	76	100	59	99	89
NOVEMBRE 2004	100	31	94	66	100	27	99	70
DICEMBRE 2004	100	40	91	68	100	29	99	67

TABELLA 35: elaborazione dei dati dell'umidità relativa rilevati nelle stazioni di Torino-Consolata e Pino Torinese nell'anno 2004.

	STAZIONE DI TORINO – CONSOLATA					STAZIONE DI PINO TORINESE						
	Numero dati validi (%)	Valore minimo della media giornaliera (%)	Valore massimo della media giornaliera (%)	Valore medio mensile (%)	Numero dati validi (%)	Valore minimo della media giornaliera (%)	Valore massimo della media giornaliera (%)	Valore medio mensile (%)	Numero dati validi (%)	Valore minimo della media giornaliera (%)	Valore massimo della media giornaliera (%)	Valore medio mensile (%)
GENNAIO 2004	100	4	30	37	100	3	19	25				
FEBBRAIO 2004	100	6	44	85	100	5	12	29				
MARZO 2004	100	2	9	12	100	1	4	5				
APRILE 2004	100	8	37	115	100	11	21	86				
MAGGIO 2004	100	8	42	121	100	8	22	93				
GIUGNO 2004	100	3	6	10	100	4	24	31				
LUGLIO 2004	100	4	16	35	100	3	12	28				
AGOSTO 2004	100	9	27	115	100	9	55	127				
SETTEMBRE 2004	100	1	4	5	100	4	22	34				
OTTOBRE 2004	100	8	34	74	100	7	31	78				
NOVEMBRE 2004	100	6	37	106	100	5	26	71				
DICEMBRE 2004	100	5	19	30	100	5	12	19				

TABELLA 36: elaborazione dei dati delle precipitazioni atmosferiche rilevati nelle stazioni di Torino-Consolata e Pino Torinese nell'anno 2004.

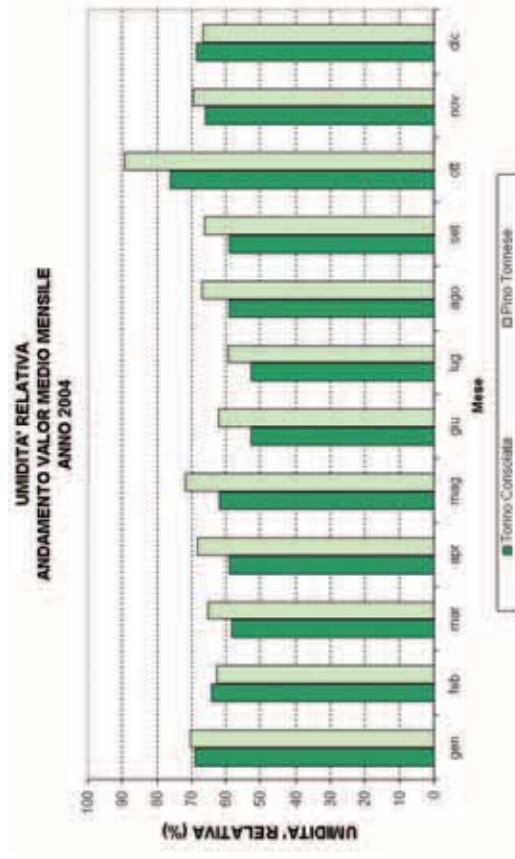
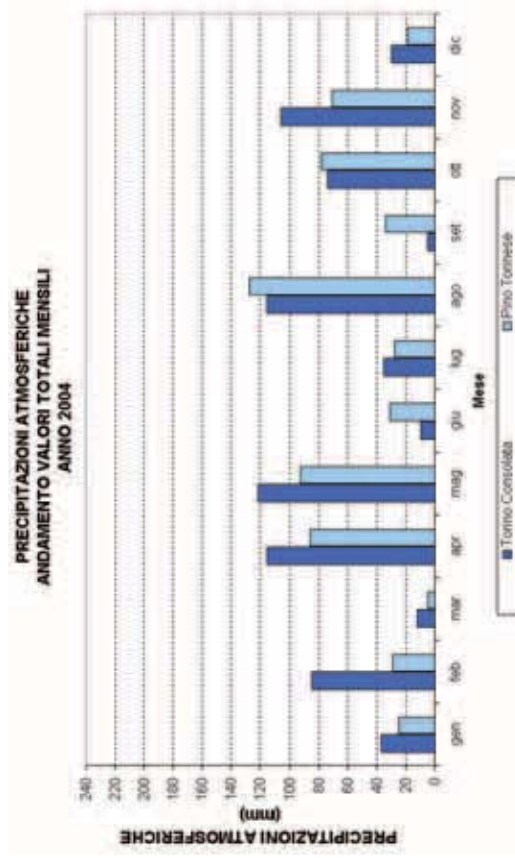
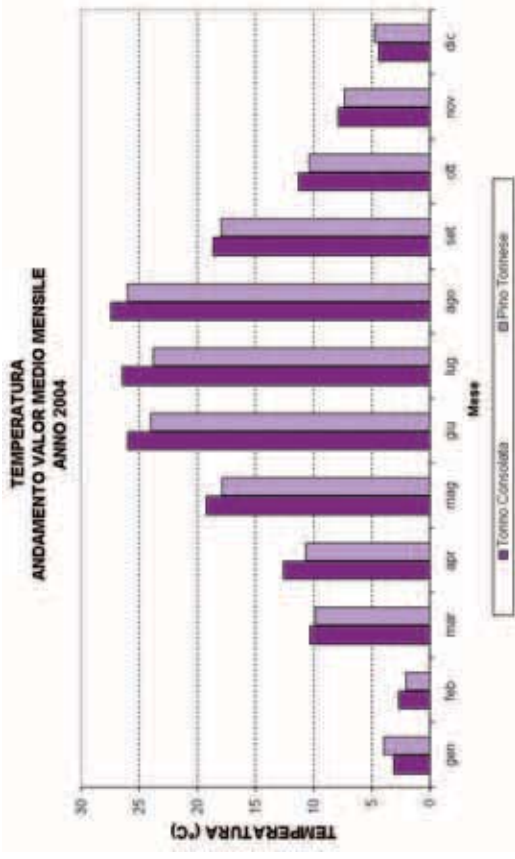
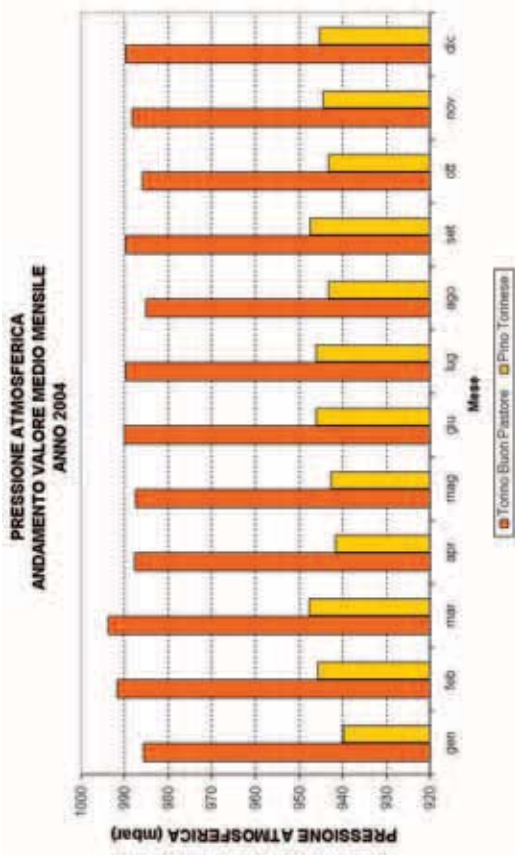


FIGURA 57: confronto fra le stazioni di Torino e Pino Torinese: parametri pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni atmosferiche.

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 1997, redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stimava che il traffico contribuisse, nell'area metropolitana torinese, alle emissioni di particolato fine (PM₁₀) per il 56% e alle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) per il 60%. Inoltre, secondo questa stima, poco più della metà delle emissioni da traffico sarebbe imputabile alle automobili e ai motocicli.

Poiché il problema è comune a tutte le grandi aree urbane, le Direttive Europee hanno cercato di affrontare la questione imponendo dei limiti sempre più restrittivi alle emissioni degli autoveicoli nuovi e 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 delle diverse tipologie di veicoli a motore e sulle diverse tecnologie per l'abbattimento delle emissioni.

Un primo approfondimento di questo argomento può essere fornito proprio dall'analisi dei limiti di emissione, riportati in tabella 37, che le Direttive Europee hanno fissato per le autovetture a benzina e diesel dal 1970 ad oggi.

DIRETTIVA DI RIFERIMENTO	CO (g/km)		NO _x (g/km)		HC+NO _x (g/km)		HC (g/km)	PM (g/km)
	benzina	diesel	benzina	diesel	benzina	diesel	benzina	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
Euro 1 (1993-1996) Dir. 91/441	2,72	2,72	-	-	0,97	0,97/1,36*	-	0,14/0,19*
Euro 2 (1997-2000) Dir. 94/12	2,2	1	-	-	0,5	0,7/0,9*	-	0,08/0,1*
Euro 3 (2001-2005) Dir. 98/69	2,3	0,64	0,15	0,5	-	0,56	0,2	0,05
Euro 4 (2006-...) Dir. 98/69	1	0,5	0,08	0,25	-	0,3	0,1	0,025

(*) Motori diesel a iniezione indiretta/iniezione diretta

TABELLA 37: limiti di emissione fissati dalle direttive europee per autovetture benzina e diesel.

Ogni nuova direttiva ha fissato dei limiti inferiori di circa il 50% rispetto alla direttiva precedente, l'ultima direttiva emanata (98/69) ha previsto 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.

I limiti di emissione previsti da questa direttiva dal 1/1/2006 (EURO4), grazie all'evoluzione tecnologica delle marmitte catalitiche e a sofisticati sistemi di gestione elettronica di iniezione del carburante, sono inferiori di circa 10 volte rispetto a quanto previsto per le auto a benzina dalla direttiva 83/351, e per le auto diesel dalla direttiva 88/436.

Una importante innovazione introdotta dalla direttiva 98/69 è, inoltre, l'obbligo di installazione di centraline (OBD) che segnalino il malfunzionamento del catalizzatore, al fine di assicurare per tutta la vita del veicolo l'efficienza dei sistemi di abbattimento degli inquinanti.

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 58 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.

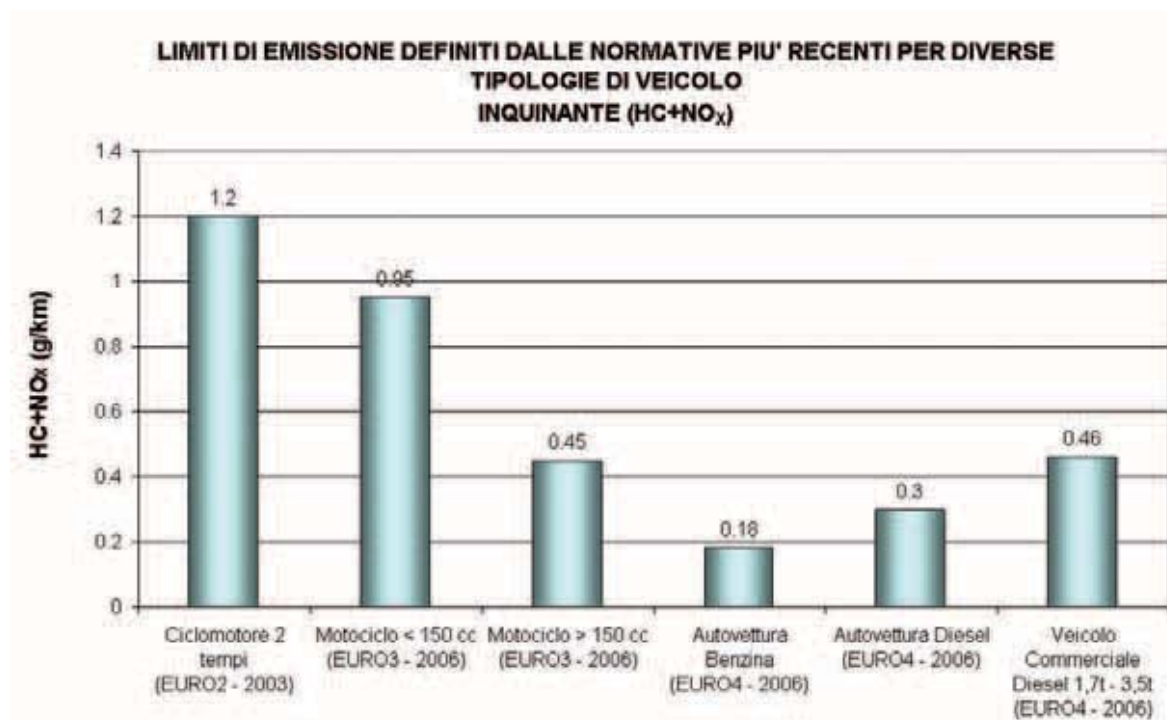


FIGURA 58: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

I ciclomotori risultano essere il mezzo più inquinante per la somma di questi due parametri mentre le autovetture a benzina quello più ecologico. Per le autovetture 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.

L'EMISSIONE DI PARTICOLATO IN ATMOSFERA

Per ciò che riguarda l'emissione di particolato la normativa prevede dei limiti solo per i veicoli diesel: rispettivamente 0,025 g/km per le autovetture e 0,06 g/km per i veicoli commerciali con massa compresa tra 1,7t e 3,5 t. La legge non definisce limiti per le emissioni di particolato dai veicoli alimentati a benzina in quanto per tale tipologia di alimentazione le emissioni di polveri sono considerate trascurabili. Alcuni dati sperimentali confermano questa assunzione per le autovetture, sebbene le emissioni non siano proprio nulle a bassa temperatura¹, ma la smentiscono per i ciclomotori. Uno studio del centro ricerche dell'unione europea² conclude, infatti, che un

¹ Technical Research Centre of Finland Particle Emissions at Moderate and Cold Temperatures Using Different Fuels Päivi Aakko and Nils-Olof Nylund SAE (Society of Automotive Engineers) publications 2003-01-3285

² Particulate Emissions from Mopeds: Effect of Lubricant and Fuel G. Martini, P. Bonnel, A. Krasenbrink, G. De Santi Institute of Environment and Sustainability –Joint Research Centre ISPRA (Italy) Vehicle Emissions Laboratory (VELA)

ciclomotore Euro1 possa emettere quasi la stessa quantità di particolato emessa da un'autovettura diesel Euro3.

Il contributo del traffico veicolare al particolato presente in atmosfera non è però semplicemente legato all'emissione nei gas di scarico.

Il particolato è anche generato dall'abrasione di freni e frizioni e dai fenomeni di risospensione della polvere depositata al suolo. Inoltre, recenti studi, pongono l'attenzione sul particolato "secondario", ovvero su quella porzione di polveri aerodisperse che si forma in atmosfera a seguito di reazioni chimiche che coinvolgono gli altri inquinanti emessi dai veicoli, in particolare gli ossidi di azoto e gli idrocarburi volatili. Per questo motivo anche i veicoli che non emettono particolato dal tubo di scappamento contribuiscono alla presenza di PM_{10} in atmosfera.

La quantificazione del contributo di queste fonti è però di difficile determinazione. Un centro di ricerche olandese (il TNO) ha indicato un fattore di emissione di particolato prodotto per abrasione dagli autoveicoli di $0,017 \text{ g/km}^3$. Questa quantità è circa a un decimo di quella emessa dal tubo di scappamento di un'autovettura diesel Euro1 e circa la metà di quanto emesso dal tubo di scappamento di un'autovettura diesel Euro4. E' quindi importante sottolineare che le emissioni dovute ad abrasione e risospensione non sono trascurabili anche perché sono imputabili a tutte le tipologie di veicoli, indipendentemente dall'anno di immatricolazione, dal tipo di motorizzazione e dalla tecnologia di abbattimento degli inquinanti.

Anche la frazione di particolato secondario è di difficile valutazione, e la stima in questo caso è che esso sia circa il 50% del particolato totale⁴. Alla formazione di questa porzione di particolato contribuiscono in egual misura le autovetture diesel e le autovetture a benzina, anche se, in questo caso, le autovetture più recenti hanno un contributo più modesto poiché le emissioni sono complessivamente inferiori.

LE TECNOLOGIE PIÙ PULITE

Nel tentativo di migliorare la qualità dell'aria delle aree urbane le istituzioni hanno promosso l'utilizzo dei carburanti gassosi (metano e GPL) nei sistemi di autotrazione, in quanto rappresentano, allo stato attuale, la tecnologia più pulita. I limiti di emissione di CO, NO_x , e HC, previsti dalla normativa europea per questi due carburanti, sono gli stessi stabiliti per i veicoli a benzina, ma numerosi studi^{5,6,1} hanno dimostrato che il metano produce emissioni sostanzialmente inferiori rispetto ai valori limite. Inoltre, il vantaggio ambientale più consistente nell'uso di questi combustibili è legato all'assenza di idrocarburi aromatici (benzene, toluene...) nella composizione che porta ad una emissione nulla di queste sostanze sia dai processi di combustione che di evaporazione.

Alcuni progressi compiuti recentemente hanno delineato un futuro più pulito anche per i veicoli diesel. Per rendere i veicoli più pesanti (autovetture di grossa cilindrata, autoveicoli commerciali leggeri e pesanti) conformi alla normativa Euro4, sono stati studiati dei filtri anti particolato (FAP) autorigeneranti che sono in grado di ridurre la massa di PM_{10} tra l'85% e il 99%⁷, ottenendo dei valori di emissione inferiori anche alle normative previste per i prossimi anni.

Di seguito viene riportato come esempio (tabella 38) un confronto tra le emissioni di un bus diesel Euro3 tradizionale, dello stesso bus dotato di Filtro Anti Particolato, e di due Bus a Metano

³ Berdowski, J.J.M., Mulder, W., Veldt, C., Visschedijk, A.J.H., Zandveld, P.Y.J. (1996) Particulate matter emissions (PM_{10} - $PM_{2.5}$ - $PM_{0.1}$) in Europe in 1990 and 1993, report no. TNO-MEP - R 96/472. TNO-MEP, Apeldoorn, The Netherlands.

⁴ Secondary organic aerosol: Urban/regional scale model of size and composition-resolved aerosols Robert J. Griffin, Donald Dabdub, Michael J. Kleeman, Matthew P. Fraser, Journal of Geophysical Research, Vol. 107, no. D17, 4334.

⁵ TNO (Netherlands Agency for Energy and the Environment). (2003). Comparison of particle size distribution and emissions from heavy-duty diesel engines and gas engines for urban buses. Joep van Ling, Rinie van Helden, Iddo Riemersma, TNO. Transport and air pollution. 12 th Symposium. Avignon, 16-18 June 2003.

catalizzati, uno che rispetta limiti Euro3 ed ha una combustione magra (rapporto aria combustibile maggiore di 1) e uno che rispetta i limiti Euro4 ed ha un rapporto aria combustibile stechiometrico⁶.

	NO _x (g/km)	PM (g/km)	IPA (µg/km)	Benzene (g/km)
Diesel Euro3	8,5	0,12	427	1
Diesel Euro3 con filtro anti particolato (FAP)	9	0,02	94	1
Metano catalizzato Euro3, combustione magra	7	0,01	8	0
Metano catalizzato Euro4 combustione stechiometrica	2	0,005	7	0

TABELLA 38: Emissioni di autobus diesel con e senza filtro antiparticolato (FAP) e metano⁶.

E' evidente la riduzione da parte del filtro anti particolato delle polveri e degli IPA adsorbiti sul particolato. Un veicolo a metano, rispetto ad un veicolo diesel, emette una quantità di ossidi di azoto inferiore del 20% o del 70% a seconda della tecnologia utilizzata, circa il 90% in meno di Idrocarburi Policiclici Aromatici e non ha emissioni di Benzene.

Confrontando le performance ambientali di un bus diesel dotato di filtro anti particolato (FAP) con un bus a metano, si osserva che l'emissione di particolato è solo da due a quattro volte superiore, ma, se si prende anche in considerazione la pericolosità delle sostanze adsorbite sulla superficie delle polveri e la maggiore emissione di ossidi di azoto, appare evidente che l'utilizzo di autobus a metano sia sicuramente da promuovere per perseguire un miglioramento della qualità dell'aria.

Appaiono pertanto corrette le politiche sviluppate dalle pubbliche amministrazioni volte a incentivare l'utilizzo di autoveicoli con questa alimentazione⁷, anche garantendo l'esenzione di questi veicoli dai provvedimenti di blocco del traffico⁸.

⁶ Technical Research Centre of Finland - RESEARCH REPORT (15.10.2004) Transit bus emission study: comparison of emissions from diesel and natural gas buses Nils-Olof Nylund, Kimmo Erkkilä, Maija Lappi & Markku Ikonen

⁷ La legge n.239 del 23/08/2004 ha previsto dei finanziamenti di 1500 euro per l'acquisto di autovetture dotate già alla produzione di alimentazione a metano e a GPL o bifuel benzina/metano e benzina/GPL e un contributo di 650 euro per le auto trasformate a metano o GPL entro i tre anni dall'immatricolazione. La legge regionale 23/2003, come modificata dall'art. 4 della legge regionale 9/2004, dispone l'esenzione dalla tassa automobilistica a partire dal 1° gennaio 2004 per le autovetture con alimentazione a metano e a GPL o bifuel benzina/metano e benzina/GPL, dotate di questi sistemi di alimentazione dalla casa produttrice. Il Comune di Torino finanzia la trasformazione a GPL delle autovetture non catalizzate immatricolate entro il 31/12/1992.

⁸ Il Piano d'Azione della Provincia di Torino approvato dalla Giunta Provinciale il 2 dicembre 2004, e le ordinanze comunali che si riferiscono ad esso, hanno previsto l'esenzione delle autovetture alimentate a metano e a GPL dai provvedimenti di limitazione del traffico, sia per i blocchi domenicali che per la circolazione a targhe alterne.

INTRODUZIONE

La Provincia di Torino (Servizio Qualità dell'Aria e Risorse Energetiche), di concerto con il Comune di Ivrea e le Amministrazioni di Comuni circostanti, ha manifestato l'interesse per uno studio della qualità dell'aria nell'area dell'eporediese, con i seguenti obiettivi primari:

- mappatura della qualità dell'aria sul territorio, ad integrazione delle informazioni "puntuali" provenienti dalle stazioni della rete di monitoraggio provinciale;
- stima del contributo delle sorgenti emissive "locali" rispetto a quelle delle aree circostanti e loro ripartizione sul territorio;
- valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria di alcuni scenari emissivi futuri, di particolare interesse per le Amministrazioni.

Vengono qui descritte la metodologia seguita ed i risultati dello studio modellistico realizzato, che utilizza le informazioni e le risorse già disponibili presso la Provincia e la Regione; in particolare un modello di traffico per la ricostruzione dei flussi veicolari sui principali assi stradali dell'eporediese, l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera, i campi di vento ricostruiti sul territorio della Provincia di Torino (Giugno 1999 - Maggio 2000).

Lo studio si basa sull'utilizzo di un sistema modellistico integrato tridimensionale, applicato a due domini di analisi:

- A l'area di interesse primario, di 25x25 km (figura 59): comprende il Comune di Ivrea, quelli confinanti e situati sulle direttrici principali di traffico;
- B il contesto provinciale, di 120x100 km (figura 59): comprende l'insieme delle sorgenti emissive non di diretta competenza dei comuni di cui sopra, ma che potrebbero ugualmente influenzare la qualità dell'aria "locale" in maniera significativa.

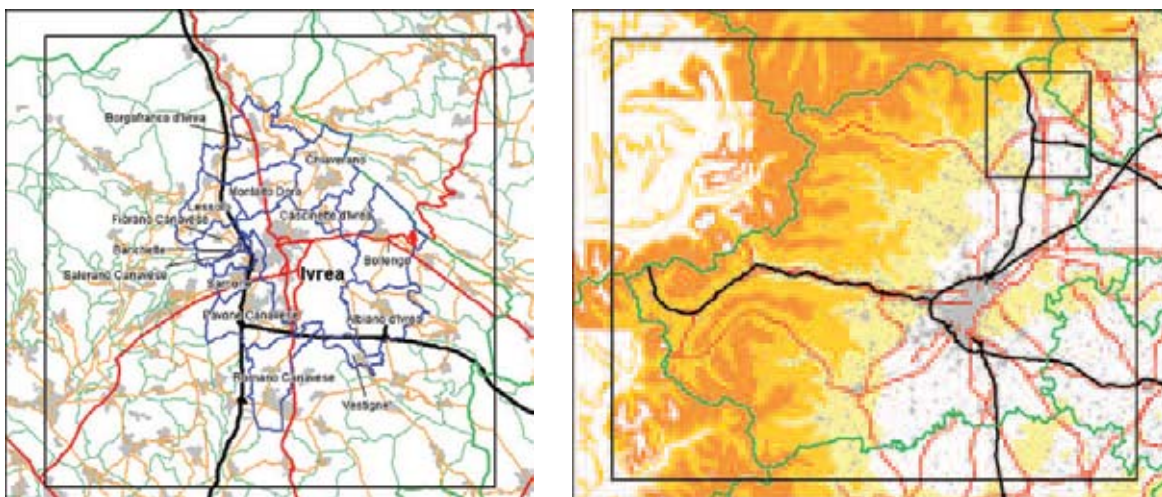


FIGURA 59: Area di interesse primario ("dominio A") e contesto provinciale ("dominio B").

Per ciascun dominio è stato quindi adottato un grigliato di calcolo con una risoluzione compatibile sia con le finalità del lavoro (la ricostruzione dei campi di concentrazione sull'intero territorio a partire dall'insieme di dati meteorologici ed emissivi disponibili), sia con i vincoli computazionali (la necessità di effettuare più simulazioni tridimensionali annuali su domini multipli): 500 m per il dominio "locale" e 2 km per il dominio provinciale (figura 60).

Il lavoro si è dunque articolato nelle seguenti fasi:

- messa a punto del quadro emissivo (NO_x e PM_{10}) su base oraria sulle due griglie di calcolo, sulla base delle emissioni da traffico stimate a partire dai risultati preesistenti di un modello di assegnazione del traffico nell'area eporediese e dei dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera;
- ricostruzione diagnostica su base oraria dei campi meteorologici tridimensionali (vento e temperatura) sul dominio "locale" e dei campi delle variabili turbolente su entrambi i domini, integrando le informazioni provenienti dalla stazione meteorologica di Ivrea e le mappe di uso del suolo disponibili sul territorio;
- simulazioni annuali con un codice euleriano tridimensionale per la ricostruzione delle mappe di concentrazioni su base oraria degli inquinanti di interesse, individuando le aree interessate da superamenti dei parametri di legge; verifica delle simulazione in punti specifici a fronte dei dati rilevati dalle centraline della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia;
- stima spazializzata sul territorio, realizzata mediante simulazioni annuali, del contributo di diversi gruppi di sorgenti, così raggruppate:
 - sorgenti "locali" (cioè poste all'interno del dominio A), rispetto al resto delle sorgenti provinciali;
 - traffico autostradale;
 - all'interno del contributo "locale", stima del contributo dovuto al traffico.

L'insieme delle informazioni provenienti da queste fasi consente di "fotografare" la situazione attuale sull'intero territorio, dando indicazione sui contributi prevalenti delle diverse sorgenti (locali o meno), informazione preziosa per la messa a punto di politiche di controllo della qualità dell'aria. In tal senso, come ulteriore supporto conoscitivo, sono state infine analizzate, sempre via simulazione, le conseguenze sulla qualità dell'aria di due scenari emissivi futuri di particolare interesse.

Le diverse fasi dello studio sono illustrate in dettaglio nei capitoli successivi.

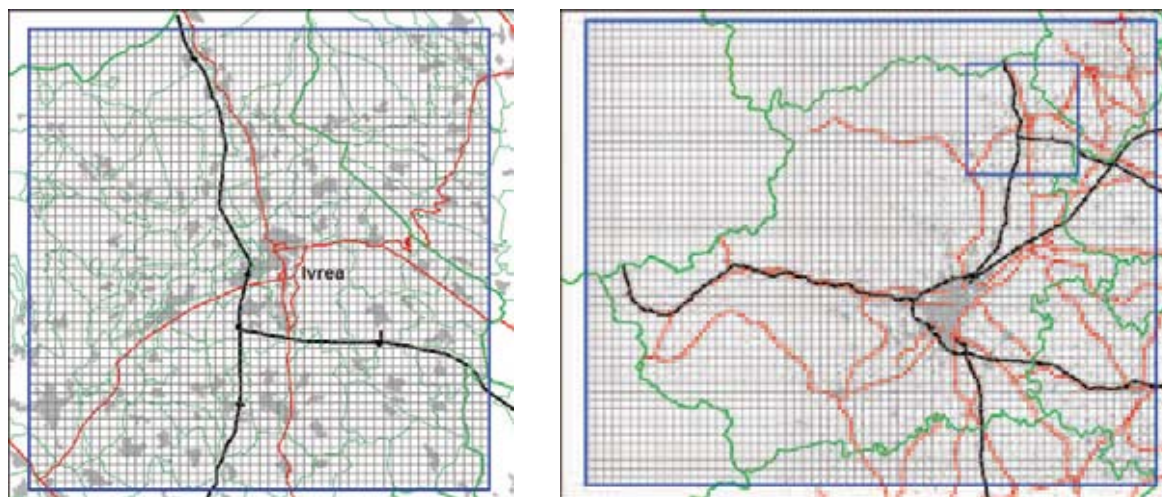


FIGURA 60: Grigliato di simulazione: dominio A (500 m) e dominio B (2 km).

QUADRO EMISSIVO

Sugli assi stradali principali del dominio locale è disponibile la ricostruzione dei flussi veicolari delle diverse categorie di veicoli per uno scenario di riferimento, effettuata dalla Provincia nell'ambito delle sue attività. A partire da tali flussi, dalle caratteristiche del parco circolante e dei carbu-

ranti sono state quindi stimate le emissioni di inquinanti, utilizzando la metodologia europea di riferimento. Tali emissioni costituiscono l'input primario per le simulazioni su scala locale. Il quadro emissivo per gli altri settori di attività (riscaldamento, industrie, ecc.) è stato completato integrando i dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni e di informazioni sulle sorgenti puntuali disponibili presso la Provincia.

Sorgenti da traffico sulla rete locale

Il modello di assegnazione della domanda di mobilità sulla rete extraurbana

Il calcolo delle emissioni da traffico sulla rete stradale extraurbana (comprese le autostrade) è stato condotto utilizzando i dati di traffico calcolati dalla Provincia di Torino per il comprensorio in esame. Tale stima è stata ottenuta utilizzando un modello di assegnazione del traffico ed è relativa all'ora di punta. Poiché il grafo utilizzato per questo tipo di simulazione è rappresentato schematicamente da "archi" e "nodi" virtuali, che rappresentano logicamente i vari tratti stradali ed i loro incroci, tali archi e nodi non necessariamente sono corredati dei reali tracciati cartografici georeferenziati, che consentirebbero di identificare la dettagliata disposizione delle sorgenti emissive stradali necessaria per le simulazioni modellistiche di dispersione.

È stato necessario dunque procedere con alcune attività preliminari di associazione degli archi virtuali del modello di traffico con i reali tracciati cartografici contenuti nei "layer" cartografici regionali.

Definizione degli archi stradali

A partire dal grafo dell'offerta di mobilità extraurbana e dalla cartografia stradale sono stati associati gli archi "virtuali" con i rispettivi tracciati reali. In figura 61 è presentato un esempio dell'associazione arco - polilinea, eseguita su i tre diversi tipi di strada: in viola sono rappresentate le autostrade, in blu le strade statali ed in verde le provinciali. Ogni singolo tracciato rappresenta entrambi i sensi di marcia della strada riprodotta, poiché su esso viene simulato il passaggio di un numero di veicoli pari alla somma di quelli circolanti in ognuno dei due sensi. La velocità è specifica per ognuno dei tratti ed è pari alla media delle velocità calcolate per quel tratto (nelle due direzioni) dal modello di traffico.

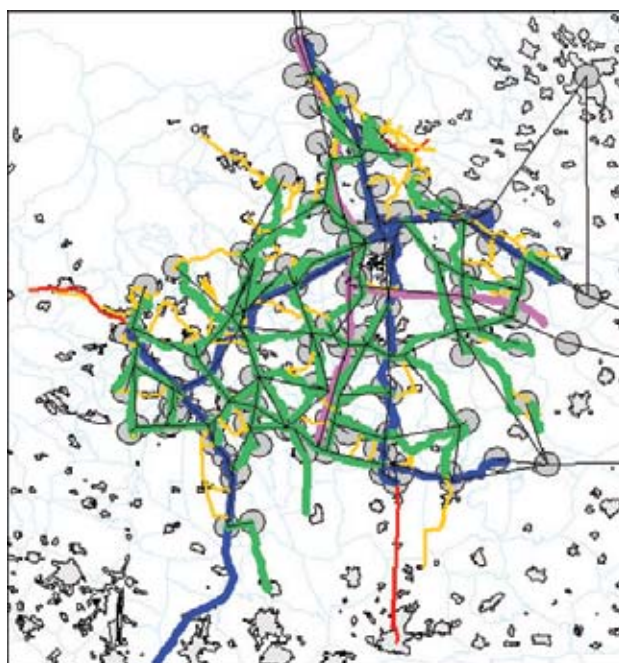


FIGURA 61: Sovrapposizione degli archi virtuali alle strade presenti nell'area in esame.

Secondo la metodologia COPERT le strade sono state classificate come “autostrade” ed “extraurbane” (nel caso di provinciali e statali).

Metodologia impiegata per la stima delle emissioni da traffico stradale

Il calcolo delle emissioni da traffico stradale sulle strade della rete, ottenuta in base a quanto esposto in precedenza, è stato effettuato utilizzando la metodologia europea COPERT III per la stima dei fattori di emissione dei veicoli stradali (Ntziachristos e Samaras, 2000). Per l’inquinante PM₁₀ sono stati invece adottati dei fattori di emissione più aggiornati, comprendenti sia il termine relativo alla combustione (motori sia benzina che diesel) sia i termini relativi alle abrasioni di pneumatici, freni e manto stradale, formulati nell’ambito del progetto RAINS-Europe dallo IIASA (IIASA, 2001); per la stima del particolato si è inoltre considerata anche la risospensione, la cui rilevanza aumenta in condizioni meteo secche e di calma di vento; in questo studio sono stati dunque applicati i fattori di emissione relativi alla metodologia di Lohmeyer *et al.* (2002), per calcolare il PM₁₀ come somma di tutte le emissioni provenienti dalle sorgenti primarie (tubi di scappamento, componenti del veicolo, abrasione della strada, ecc.) e di quelle risultanti dal materiale che giunge sulla strada dall’esterno (risospensione).

Parco veicoli circolanti nell’area in esame

L’input del programma TREFIC, costituito, oltre che dai flussi di traffico sulle strade considerate anche dal parco (cioè dalla distribuzione) dei veicoli circolanti all’interno di quattro macrocategorie di veicoli (moto, auto, veicoli commerciali leggeri e pesanti), è stato predisposto sulla base di dati ACI relativi alla consistenza del parco veicolare della provincia di Torino, della regione Piemonte e dell’Italia nord-occidentale, aggiornati al 2002. La ripartizione in categorie COPERT (la cui distinta è presentata nella tabella 39) del parco utilizzato, in termini di numero di veicoli e percentuale sul totale della macrocategoria veicolare, è dunque specifica del tipo di strada considerato, al fine di consentire la massima precisione possibile (figura 62).

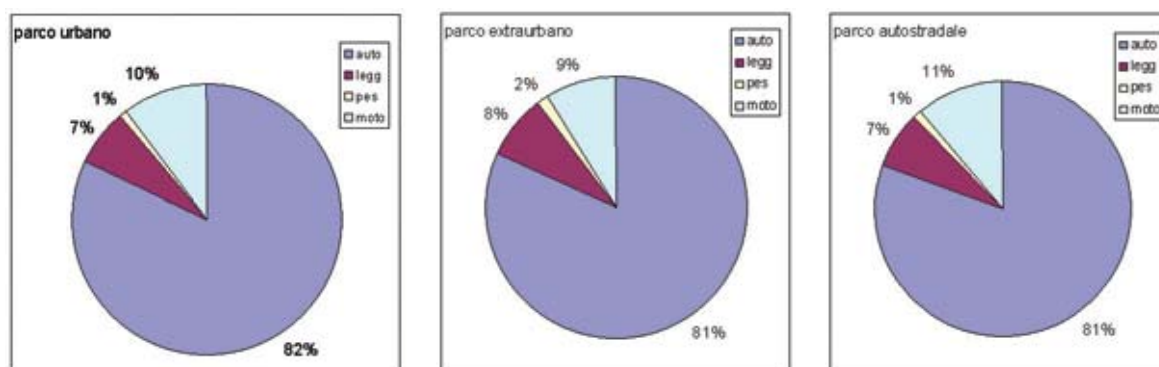


FIGURA 62: Composizione dei parchi veicolari per tipo di strada considerato.

Poiché i volumi di traffico ottenuti dal modello di assegnazione sono omogeneizzati in “veicoli equivalenti”, che si ottengono a partire dai conteggi reali pesando opportunamente i veicoli sulla base dello spazio teorico di occupazione della sede stradale (pesi che possono variare da applicazione ad applicazione e che nello specifico valgono 1 per moto ed auto, 1.5 per i commerciali leggeri e 3 per i commerciali pesanti), partendo dalla distribuzione del parco veicolare sono stati calcolati i flussi sui singoli archi stradali nelle quattro macrocategorie, moltiplicando i “veicoli equivalenti” per uno specifico coefficiente (che comprende il peso di omogeneizzazione) in modo da ottenere i “veicoli reali” suddivisi per macrocategorie.

Vehicle Category	Class	Legislation	Vehicle Category	Class	Legislation
Passenger Cars	Gasoline <1,4l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Improved Conv. Open Loop Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	Light Duty Vehicles	Diesel <3,5t	Conventional Euro I - 93/59/EEC Euro II - 96/69/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005
	Gasoline 1,4 - 2,0l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Improved Conv. Open Loop Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	Heavy Duty Vehicles	Gasoline >3,5t	Conventional
	Gasoline >2,0l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Improved Conv. Open Loop Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005		Diesel <7,5t	Conventional Euro I - 91/542/EEC Stage I Euro II - 91/542/EEC Stage II Euro III - COM(97) 627 Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
	Diesel <2,0l	Conventional Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005		Diesel 7,5 - 16t	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - COM(97) 627 Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
	Diesel >2,0l	Conventional Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	Buses	Diesel 16-32t	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - COM(97) 627 Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
	LPG	Conventional Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005		Urban buses	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - COM(97) 627 Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
	2 Stroke	Conventional	Mopeds	Coaches	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - COM(97) 627 Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
Light Duty Vehicles	Gasoline <3,5t	Conventional Euro I - 93/59/EEC Euro II - 96/69/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005			Mopeds <50cm ³
			Motorcycles	2 Stroke >50cm ³	Conventional 97/24/EC
				4 stroke 50 - 250cm ³	Conventional 97/24/EC
				4 stroke 250 - 750cm ³	Conventional 97/24/EC
				4 stroke >750cm ³	Conventional 97/24/EC

TABELLA 39: Categorie di veicoli stradali considerati nella metodologia COPERT III.

Risultati del calcolo delle emissioni stradali

Le emissioni calcolate con TREFIC sono riassunte, per quanto riguarda ossidi di azoto e particolato, nella tabella 40 in cui vengono mostrati i diversi apporti derivanti dalle tre categorie di strade nell'ora di punta.

	NO _x	PM ₁₀
autostrade	124.38	10.98
statali	78.42	8.29
provinciali	97.91	10.43
totale	300.71	29.70

TABELLA 40: Emissioni veicolari relative all'ora di punta (dalle 8 alle 9) espresse in kg h⁻¹.

In figura 63 sono riportate le ripartizioni percentuali delle emissioni di NO_x e di PM₁₀ provenienti dalle autostrade, dalle strade statali e dalle provinciali; come si evince, gli apporti sono per lo più analoghi, con una lieve preponderanza delle emissioni legate al traffico autostradale, leggermente maggiore nel caso degli ossidi di azoto.

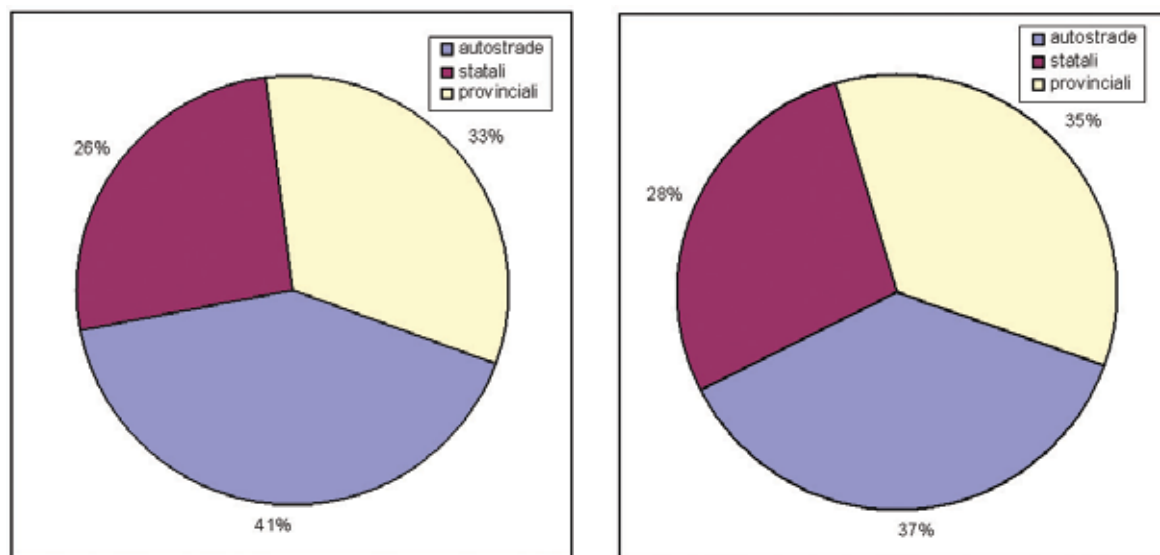


FIGURA 63: Apporto percentuale alle emissioni di NO_x (sinistra) e di PM₁₀ (destra) da parte dei diversi tipi di strada.

Altre sorgenti

Le emissioni delle sorgenti diverse da quelle originate dal traffico sulla rete stradale primaria sono state messe a punto a partire dai dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni.

La figura 64 mostra la distribuzione su base comunale delle emissioni di NO_x dovute al complesso di tali sorgenti sul dominio locale: risulta evidente la rilevanza di Ivrea all'interno dell'area in esame, il contributo non trascurabile di alcuni comuni adiacenti, nonché quello delle sorgenti poste ai bordi del dominio di indagine. Il contesto su scala più ampia mostra invece la netta preponderanza delle sorgenti nell'area metropolitana torinese, di un ordine di grandezza più elevate di quelle presenti all'interno del dominio locale. Ciò è una motivazione ulteriore a favore di uno studio modellistico su due domini innestati, in modo tale da tenere in conto, nella ricostruzione delle concentrazioni di inquinanti sull'eporediese, del contributo delle sorgenti dell'intera Provincia.

Focalizzando l'attenzione sull'eporediese, per le emissioni di NO_x risulta predominante il contributo del traffico stradale (figura 65), che sovrasta di gran lunga quello dato dal riscaldamento domestico (macrosettore 2, in rosso nei diagrammi a torta di figura 65) e dai processi industriali (in verde). Nei comuni adiacenti Ivrea risulta inoltre non trascurabile il contributo dovuto ai mezzi agricoli (in giallo), compreso in genere tra il 10 ed il 20% delle emissioni di ogni singolo comune.

All'interno del traffico stradale (figura 66), risulta in genere dominante il contributo dato dalle automobili, egualmente ripartito tra traffico urbano e rete viaria extraurbana (rispettivamente in rosso e verde nei diagrammi a torta di figura 66), tranne nei comuni attraversati dai tracciati autostradali, per i quali l'emissione da tale tipologia di strada risulta dominante (in rosso la parte dovuta alle automobili). I mezzi pesanti determinano il secondo contributo in ordine di importanza, in genere compreso tra il 10 ed il 20% del complesso del traffico, con una prevalenza data dai movimenti sulla rete extraurbana.

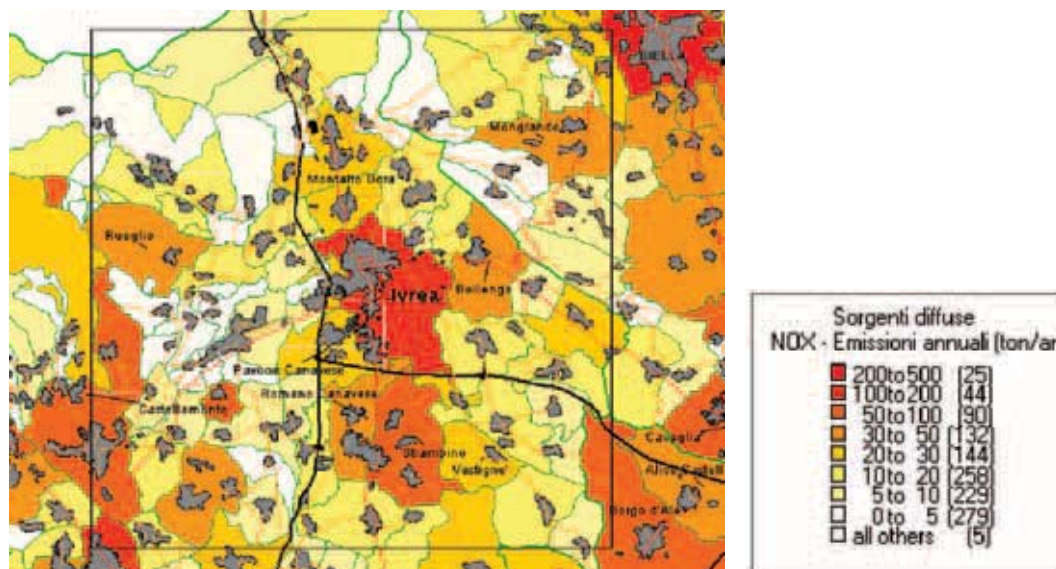


FIGURA 64: Dominio “locale”: emissioni di NO_x relative a tutte le sorgenti tranne il “traffico autostradale ed extraurbano” (Fonte dati: Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera – Regione Piemonte).

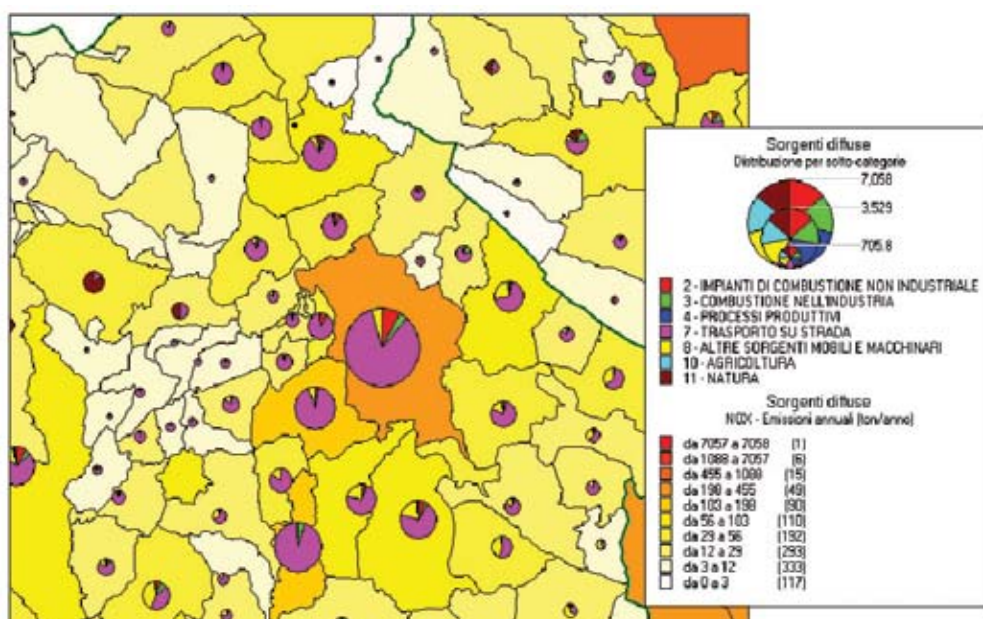


FIGURA 65: Dominio “locale”, sorgenti diffuse: contributo dei diversi macrosettori alle emissioni annuali di NO_x (Fonte dati: Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera – Regione Piemonte).

La ripartizione dei contributi alle emissioni di PM₁₀ (figura 67) presenta delle importanti differenze rispetto agli NO_x. Il contributo del traffico risulta sempre dominante o comunque importante, con una quota per comune che varia da un minimo del 25% ad un massimo del 70% (nel caso del Comune di Ivrea). Il ruolo di contributo dominante è tuttavia spesso giocato dal riscaldamento domestico (macrosettore 2, in rosso nei diagrammi a torta di figura 67), con una quota compresa tra il 10 ed il 60%. Gli insediamenti industriali svolgono anch'esso un ruolo primario o dominante, nei comuni dove sono localizzati (macrosettori 3 e 4, rispettivamente in verde e blu in figura 67).

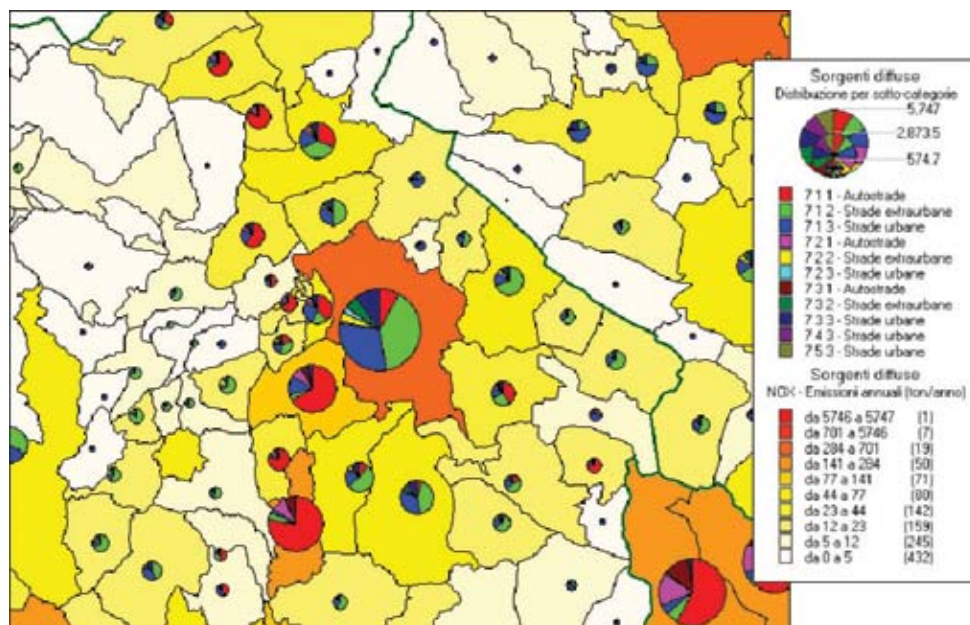


FIGURA 66: Dominio “locale”, sorgenti da traffico: contributo per tipologia di strada e di veicolo alle emissioni annuali di NO_x (Fonte dati: Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera – Regione Piemonte).

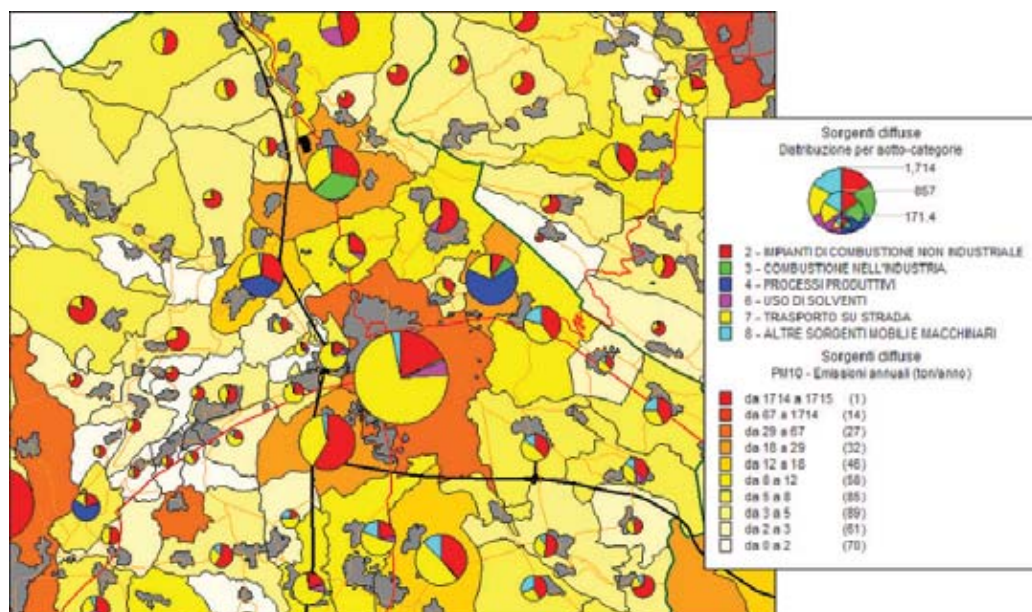


FIGURA 67: Dominio “locale”, sorgenti diffuse: contributo dei diversi macrosettori alle emissioni annuali di PM₁₀ (Fonte dati: Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera – Regione Piemonte).

Nell’esame delle figure 64-67 va sottolineato come esse si riferiscano alle sorgenti classificate come ‘diffuse’ all’interno dell’Inventario Regionale delle Emissioni: nel caso delle sorgenti industriali, le sorgenti censite come ‘diffuse’ (e quindi attribuite indistintamente ai comuni) risultano infatti tutte quelle non censite individualmente, classificate nello stesso inventario come ‘puntuali’. L’insieme

delle sorgenti 'puntuali', presente all'interno dell'Inventario Regionale (corrispondente a 1798 camini all'interno del dominio di simulazione provinciale), è stato integrato limitatamente al dominio 'locale' con le informazioni provenienti dalle autorizzazioni DPR 203 fornite dalla Provincia (per un totale di altri 33 camini). Il quadro delle emissioni da sorgenti puntuali che risulta all'interno del dominio locale è mostrato in figura 68. Dall'esame congiunto delle figure 65-68 risulta evidente come il contributo delle sorgenti puntuali in termini emissivi possa essere localmente importante, rispetto a quanto classificato come 'diffuso'.

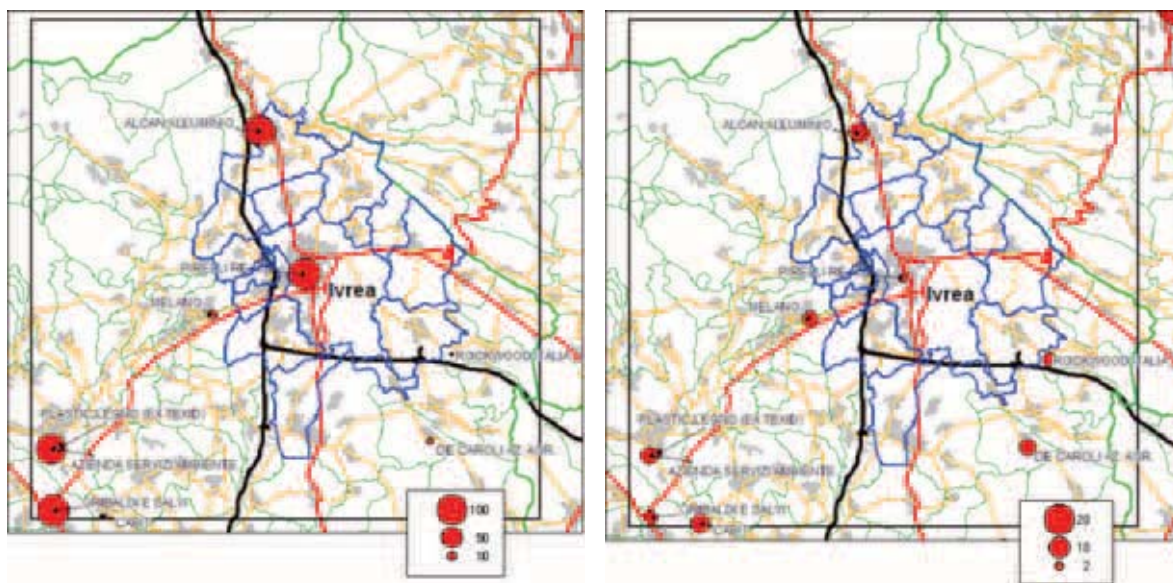


FIGURA 68: Sorgenti puntuali sul dominio "locale": emissioni annuali di NO_x e PM_{10} (a destra), espresse come tonnellate annue.

Predisposizione dell'input al modello

L'input emissivo al modello di simulazione della qualità dell'aria è stato messo a punto a partire dai dati illustrati ai paragrafi precedenti. Su entrambi i domini di calcolo, si è utilizzata come base l'Inventario Regionale delle Emissioni (sorgenti diffuse, associate ai comuni, e puntuali, con il dettaglio sui singoli camini). Per ciò che riguarda il dominio 'locale', le emissioni da traffico su autostrade e strade extraurbane presenti nell'Inventario Regionale sono state sostituite con le omologhe stimate a partire dalla ricostruzione di dettaglio sulla rete stradale dell'eporediese. Per il contributo dovuto al traffico urbano si è invece utilizzato quanto già presente all'interno dell'Inventario Regionale. Infine, le sorgenti puntuali dell'Inventario Regionale sono state integrate con informazioni provenienti dalla Provincia, dettagliando così il quadro emissivo sull'area locale (si veda la figura 68).

A partire dai dati di tale 'inventario integrato' si è dunque proceduto alla predisposizione dell'input al modello. Il codice utilizzato, di tipo euleriano, necessita di un input su base oraria per tutto il periodo di simulazione (un anno, nel caso in oggetto), riferito alla griglia di calcolo e ad un insieme di sorgenti puntuali. I dati di inventario sono stati dunque disaggregati nello spazio e nel tempo al fine di ottenere tale tipo di informazione, utilizzando i moduli di calcolo di Emission Manager (ARIA Technologies, 1999), gestiti attraverso la *shell* EMMA (Calori, 2003). La figura 69 riassume il procedimento seguito.

Per ciò che riguarda gli aspetti spaziali, i dati su base comunale vengono ripartiti sulle celle di calcolo con l'ausilio di tematismi rappresentativi della distribuzione 'fine' (rispetto ai singoli comuni) delle attività responsabili delle emissioni (es. per il riscaldamento domestico, la distribuzione delle aree residenziali). Per ogni attività presente all'interno dell'inventario viene dunque scelto un tema-

tismo specifico ed il dato di emissione comunale viene ripartito sulla base dell'area dell'intersezione tra il poligono (o l'insieme di poligoni) che definisce i confini comunali e le celle interessate, corretto con un coefficiente che rende conto dell'occupazione percentuale della singola cella da parte del tematismo in questione. I tematismi utilizzati in questo studio derivano dalla rasterizzazione di corrispondenti tematismi vettoriali disponibili a partire dalla Carta Tecnica Regionale: reti stradali, aree residenziali e produttive. La rasterizzazione è stata effettuata sulle due griglie di calcolo (figura 60), con risoluzione di 500 m (dominio 'locale') e di 2 km (dominio provinciale).

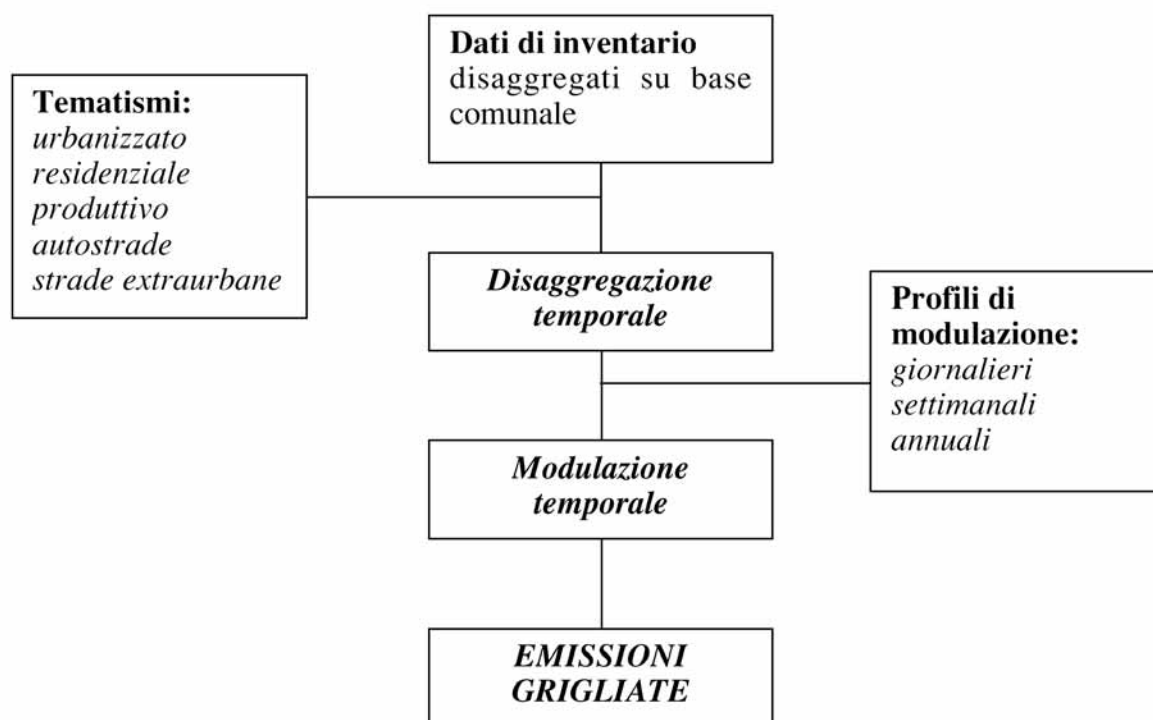


FIGURA 69: Sorgenti diffuse: predisposizione dell'input emissivo.

Nella figura 70 sono mostrate, come esempio di risultato del processo di disaggregazione spaziale sulla griglia di calcolo, le emissioni medie di ossidi di azoto sui due domini. Sono evidenti gli effetti della distribuzione delle aree abitate e delle principali vie di comunicazione (inserite anch'esse nelle mappe, come ausilio alla lettura).

La disaggregazione temporale, necessaria per ottenere i valori orari necessari alla simulazione a partire dai valori totali annuali di inventario, è stata invece effettuata sulla base di profili di modulazione, rappresentativi dei cicli delle diverse attività su base annuale, settimanale ed giornaliera.

Per ciò che riguarda il traffico, i profili di modulazione sono stati ricavati in massima parte dai dati relativi ad uno studio preesistente sulla rete stradale provinciale (Provincia di Torino e ARPA Piemonte, 2003). In particolare, per le emissioni dalla rete stradale sono stati ricavati i profili distinti per veicoli 'leggeri' e 'pesanti':

- profili settimanali per i veicoli leggeri e pesanti: a partire dai dati disponibili per la SS 565 (strada Pedemontana che collega l'eporediese al Canadese occidentale);
- profili giornalieri (distinti per i diversi giorni della settimana): a partire dai dati disponibili per le SS 23, 26, 29, 460 e 565 (veicoli leggeri), e per la SS 565 (veicoli pesanti).

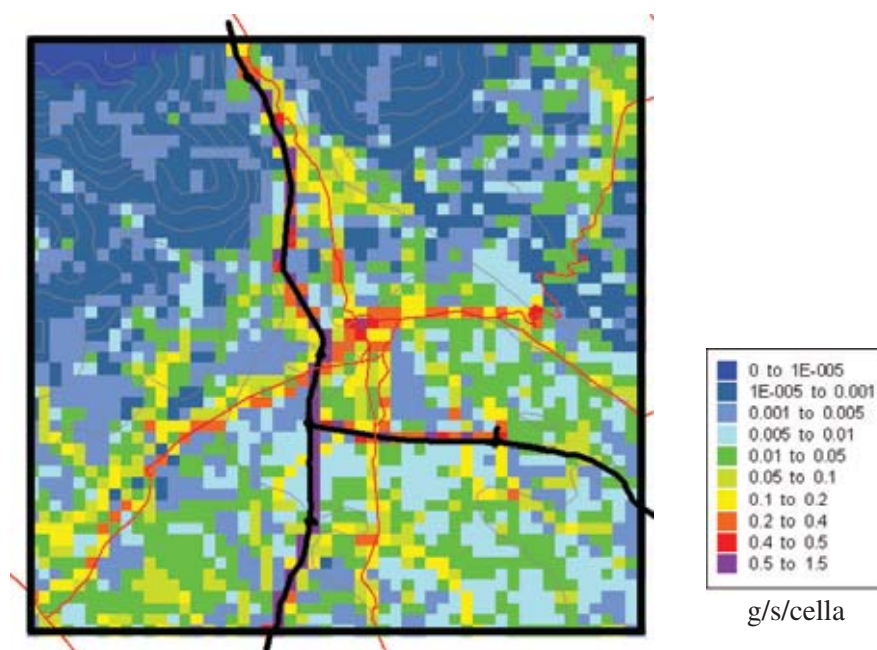


FIGURA 70: Sorgenti diffuse: distribuzione media delle emissioni di NO_x sul dominio “locale”.

Il profilo di modulazione annuale è stato invece ricavato a partire dai dati relativi all'A5 (Torino-Aosta). I profili relativi ai veicoli ‘leggeri’ sono stati attribuiti alle emissioni provenienti dalle categorie ‘auto’, ‘veicoli commerciali leggeri’ e ‘moto’ presenti all’interno dell’inventario, mentre i profili relativi ai veicoli ‘pesanti’ sono stati attribuiti alle emissioni della categoria ‘veicoli commerciali pesanti’ dell’inventario.

Per ciò che riguarda le attività diverse dal traffico sono stati utilizzati profili tipici rappresentativi dei diversi cicli cui esse sono soggette.

RICOSTRUZIONE METEOROLOGICA

I campi di vento e temperatura sull’area circostante Ivrea sono stati ricostruiti con metodologia diagnostica, attraverso l’applicazione del modello meteorologico MINERVE (Aria Technologies 2001). Il lavoro si è basato sul retroterra costituito dalla base dati meteorologici precedentemente realizzata dalla Provincia di Torino (Provincia di Torino e ARPA Piemonte, 2004; Finardi, 2003), una ricostruzione dei campi tridimensionali di vento e temperatura, sull’intero territorio della Provincia, su un periodo della durata di un anno (dal 01/06/1999 al 31/05/2000), con frequenza oraria (per i dettagli si rimanda a *Uno sguardo all’aria – 2003*).

Per lo studio modellistico in esame non è stato possibile utilizzare direttamente i campi meteorologici archiviati poiché si è ritenuto necessario effettuare le simulazioni su domini di calcolo di dimensione e risoluzione orizzontale differenti da quello disponibile in archivio (figura 59). Per poter guidare correttamente le simulazioni di dispersione, era inoltre necessario descrivere i campi meteorologici su di una profondità verticale maggiore di quella inclusa nell’archivio. Si è infine ritenuto opportuno completare l’insieme delle osservazioni meteorologiche disponibili con dati di vento e temperatura misurati nella postazione di Ivrea, che non erano stati inclusi nell’insieme di dati utilizzati per la costruzione della base dati provinciale.

Nei paragrafi seguenti sono descritte sinteticamente: la climatologia del vento nell'area in esame, l'insieme delle informazioni meteorologiche utilizzate nelle simulazioni modellistiche, la metodologia usata per la ricostruzione dei campi meteorologici e i risultati ottenuti.

Cenni climatologici

L'area di Ivrea è caratterizzata da una conformazione orografica peculiare che ne influenza fortemente il regime anemologico. La zona di interesse è infatti localizzata in prossimità dell'imboccatura della Valle d'Aosta ed è circondata a est, sud-est e sud-ovest da colline di origine morenica, che la separano dalla parte nord-occidentale della pianura padana. La localizzazione geografica ed il posizionamento orografico delle postazioni del Servizio Meteorologico Regionale, illustrate in figura 71, consentono di evidenziare le differenze nel regime dei venti su scala locale.

In figura 72 sono riportate le rose dei venti per le quattro postazioni più prossime ad Ivrea. A Borgofranco si rileva il predominio di venti provenienti da nord, dall'ingresso della Valle d'Aosta. Si osserva, inoltre, la presenza di venti di media intensità (superiori a 4 m/s) in percentuale maggiore a quanto rilevabile in tutte le altre postazioni. Le stazioni di Piverone e Candia, pur risentendo della presenza delle aree collinari ad esse più prossime, che determinano le direzioni prevalenti, mostrano un'anemologia più tipica delle zone pianeggianti, con prevalenza di venti di debole intensità ed una frequenza rilevante delle condizioni di calma di vento. La postazione di Belmonte mostra invece un regime anemologico dominato da circolazione a carattere di brezza che assume l'orientazione delle valli locali, tale andamento è sicuramente influenzato dal posizionamento; su una sommità nel bacino fluviale del Malone a quota di 684 metri.

Le caratteristiche dei venti discusse sono conformi alle statistiche di lungo periodo descritte nello "Studio Statistico-Climatologico del Vento in Piemonte", pubblicato dalla Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio di Regione Piemonte, ed elaborate su 6 anni di dati (1990-1995).

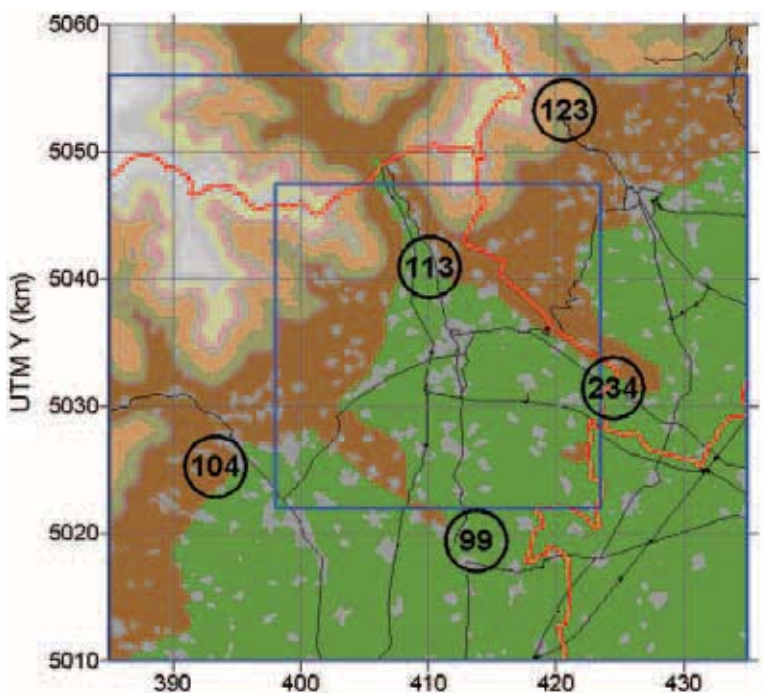


FIGURA 71: Localizzazione geografica delle postazioni meteorologiche di Borgofranco (113), Piverone (234), Belmonte (104) e Candia (99), rispetto al dominio di calcolo A ed alla città di Ivrea.

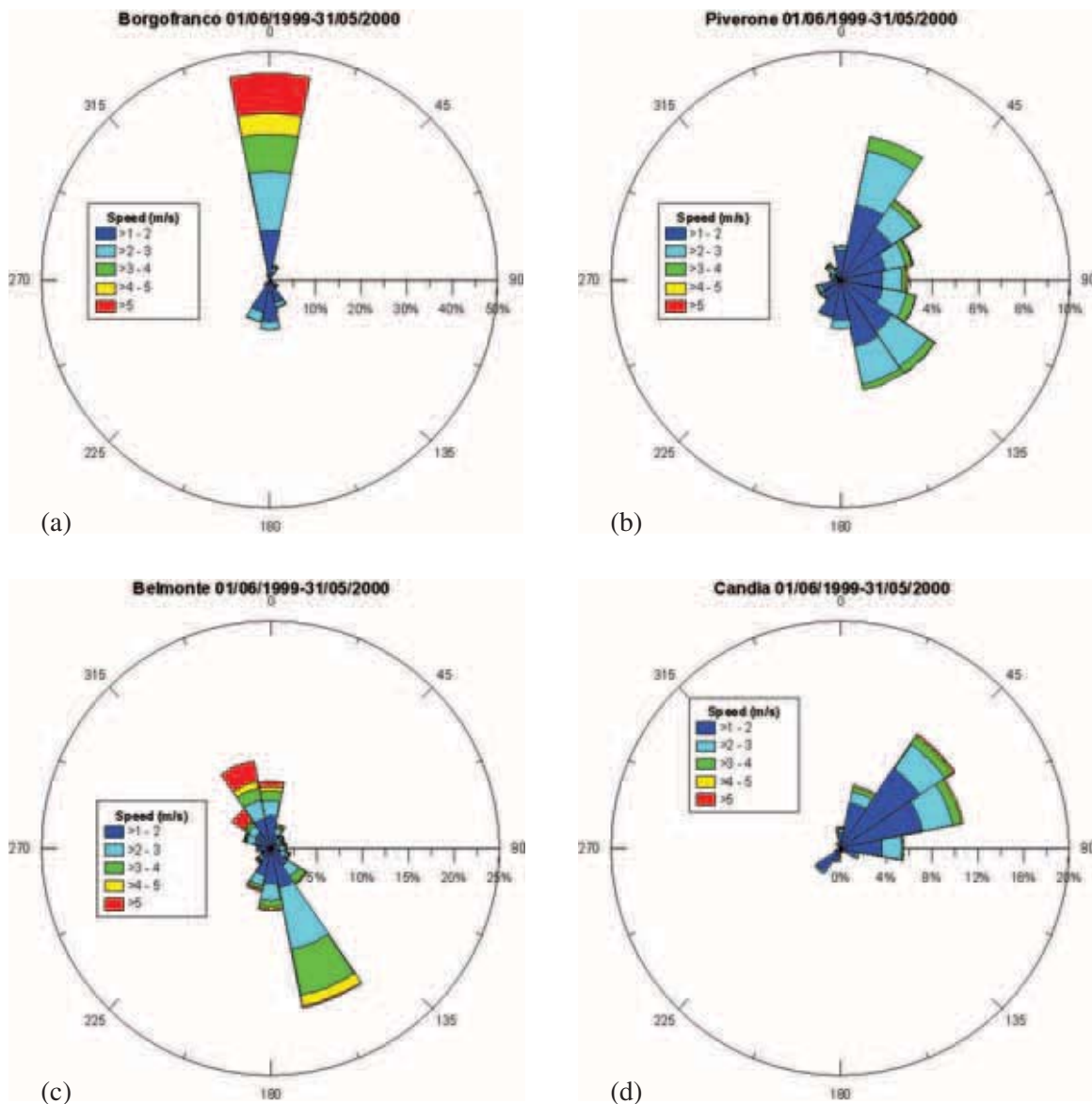


FIGURA 72: Rose dei venti nelle postazioni di Borgofranco (a), Piverone (b), Belmonte (c) e Candia (d). Periodo 01/06/1999-31/05/2000.

Le osservazioni disponibili per la postazione di Ivrea S.Michele (figura 73) mostrano caratteristiche non direttamente assimilabili a nessuna delle postazioni circostanti. I venti di maggior intensità provengono da nord, nord-est e mostrano una parziale penetrazione nell'area pianeggiante eporediese delle correnti provenienti dalla Valle d'Aosta, ma anche l'influenza dell'area collinare localizzata a est, nord-est di Ivrea. I venti statisticamente più frequenti sono quelli di provenienza sud e sud-est. Le rose dei venti diurna e notturna mostrano come queste direzioni siano assimilabili a condizioni di flusso diurna ed associabili, in buona parte, a condizioni di circolazione a carattere di brezza di valle. La rilevante variazione dei venti osservata fra la postazione di Ivrea e quelle ad essa circostanti conferma l'importanza di utilizzare i dati di Ivrea per la ricostruzione del campo di vento a scala locale e quindi di aggiungere le osservazioni relative a questa postazione alle misure già disponibili nell'archivio dati utilizzato per la ricostruzione del campo di vento sulla Provincia di Torino.

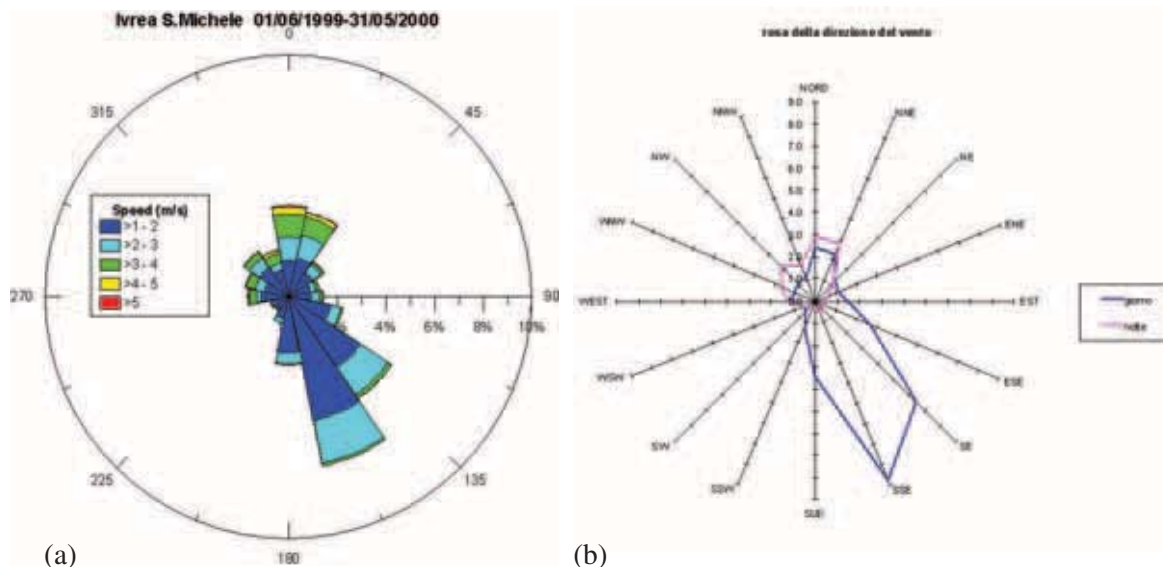


FIGURA 73: Rosa dei venti annuale (a), e rosa delle direzioni diurne/notturne (b) nella postazione di Ivrea S. Michele. Periodo 01/06/1999-31/05/2000.

Dati meteorologici utilizzati

L'insieme dei dati meteorologici utilizzati come informazioni di input per la ricostruzione modellistica dei campi di vento e temperatura sui domini di calcolo di interesse è riassunto dall'elenco seguente, nel quale si è operata una suddivisione dei dati per tipologia di misura e provenienza delle informazioni:

- campi di analisi meteorologica del *European Centre for Medium Range Weather Forecast* (ECMWF), 20 profili verticali di vento;
- dati del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare: postazione SYNOP di Caselle, profili di temperatura del radiosondaggio TEMP di Milano-Linate;
- osservazioni della rete del Servizio Meteorologico Regionale: misure superficiali di vento, temperatura e radiazione solare (26 postazioni);
- osservazioni delle postazioni meteorologiche della rete di qualità dell'aria della Provincia di Torino: misure superficiali di vento e temperatura (10 postazioni).

L'insieme delle informazioni meteorologiche elencate coincide con quelle utilizzate precedentemente per la costruzione dell'archivio di campi di vento sulla Provincia di Torino, alle quali sono stati aggiunti i dati relativi alle postazioni di Ivrea Centro e Ivrea S. Michele.

Il posizionamento delle postazioni sul territorio della Regione Piemonte è illustrato in figura 74 insieme alla localizzazione dei domini di calcolo già introdotti precedentemente.

Ricostruzione dei campi meteorologici

Per la ricostruzione dei campi meteorologici si è fatto uso del sistema di griglie di calcolo innestate illustrato nella figura 60 e figura 74. I parametri che definiscono il reticolo computazionale utilizzato per il modello meteorologico MINERVE è illustrato in tabella 41.

L'utilizzo di un sistema di griglie innestate permette di descrivere in modo ottimale la circolazione atmosferica sulle diverse scale spaziali che influenzano i fenomeni di dispersione degli inquinanti in atmosfera. In particolare è possibile descrivere l'influenza dei campi meteorologici di mesoscala (dominio B) sulla circolazione a scala locale (dominio A).

I campi di vento e temperatura sul dominio B sono stati calcolati con modalità del tutto analoga a quella utilizzata per la costruzione della base dati annuale sulla Provincia di Torino (Finardi, 2003),

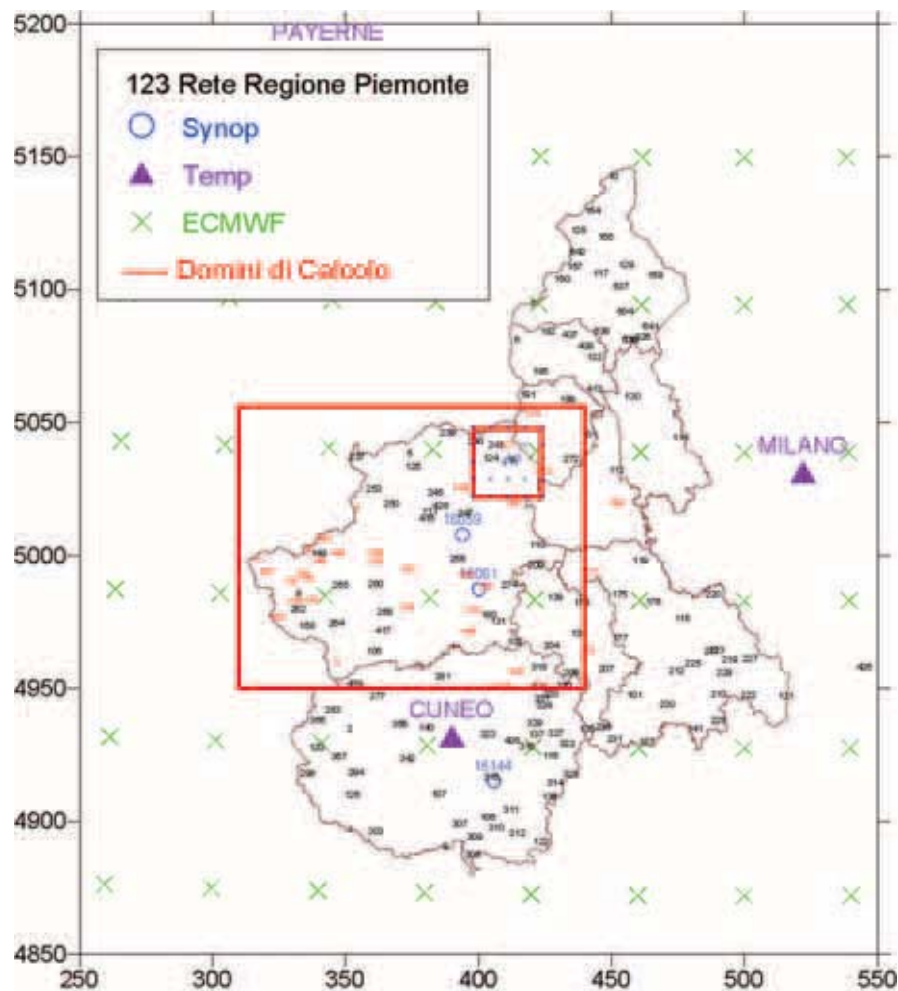


FIGURA 74: Posizione geografica dei dati meteorologici disponibili sul territorio della Regione Piemonte e dei domini di calcolo.

con la sola differenza costituita dalla risoluzione orizzontale, dall'introduzione dei dati meteorologici di Ivrea e dal lieve spostamento e ridimensionamento del dominio di calcolo. Per i dettagli relativi al modello meteorologico MINERVE ed alla sua modalità di applicazione si rimanda quindi alla descrizione inclusa nella relazione citata.

Per il calcolo dei campi meteorologici sul dominio A, l'innesto della simulazione all'interno dei risultati ottenuti sul dominio B è stato realizzato estraendo dai campi meteorologici a bassa risoluzione 19 profili verticali e 19 valori al suolo di vento e temperatura localizzati nelle posizioni illu-

Griglia di calcolo	B	A
Dimensione orizzontale	130x106 km ²	25x25 km ²
Profondità verticale	10800 m	10800 m
Oz minimo	12.75 m	12.75 m
Risoluzione orizzontale	2 km	500 m
Punti griglia (nx*ny*nz)	66x54x25	52x52x25

TABELLA 41: Griglie di calcolo del codice MINERVE.

strate in figura 75. In pratica si è estratto dai campi meteorologici un profilo ogni 6.5 km in direzione x e y, in modo da descrivere gli effetti del campo di grande scala all'interno del dominio di calcolo ad alta risoluzione. Sono stati però esclusi i profili localizzati in prossimità delle postazioni di misura disponibili all'interno del dominio A. Si è voluto consentire in questo modo al modello di attribuire una maggior influenza locale a queste osservazioni.

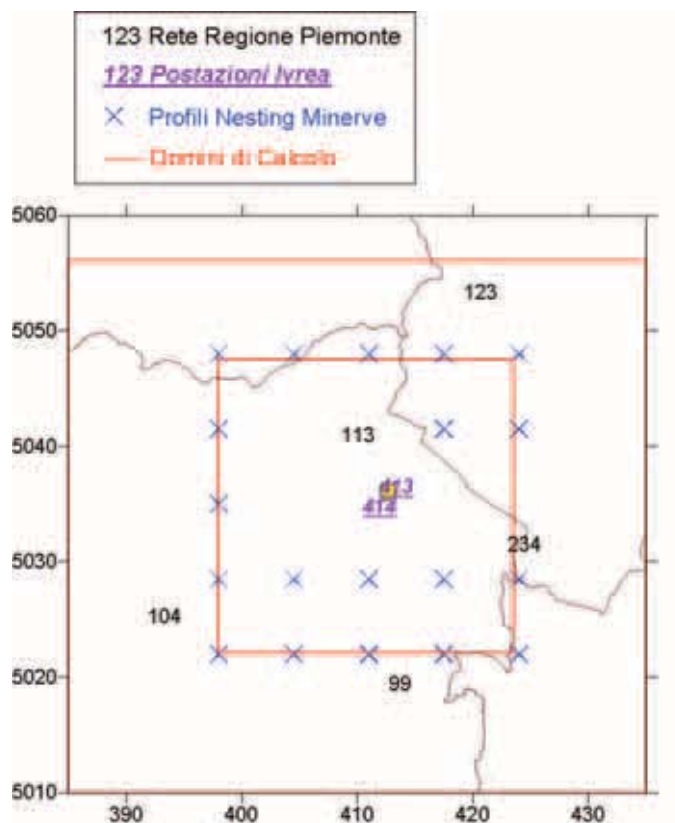


FIGURA 75: Posizione geografica dei dati meteorologici disponibili sul territorio del dominio di calcolo locale.

Le postazioni utilizzate direttamente come dati di input per questa simulazione sono quelle localizzate all'interno, o sul confine, del dominio di calcolo:

1. Ivrea Centro,
2. Ivrea S. Michele,
3. Borgofranco,
4. Piverone.

Esempi della struttura della circolazione in condizioni di alta pressione invernale sono riportati nelle figure 76-79. Il 19/01/2000 alle ore 15:00 sulla pianura si osservano venti deboli di provenienza est, sud-est, che assumono le direzioni tipiche della brezza di valle sulle aree pedemontane e nelle valli principali. Sulle aree orograficamente più elevate si osserva la presenza di venti di maggiore intensità, di provenienza nord-ovest, che indicano la direzione di provenienza del flusso sinottico. Sull'area eporediese (dominio A) la direzione dei venti risulta abbastanza uniforme, mentre le intensità mostrano variazioni di origine orografica. Alle ore 20:00 la circolazione è caratterizzata da venti

catabatici di intensità molto debole e mostra forti variazioni spaziali sulla pianura (dominio B). Sul dominio A si osserva la presenza di venti catabatici di moderata intensità in uscita dalla Valle d'Aosta, che si spengono sull'area pianeggiante, dove si osservano condizioni di sostanziale calma di vento. Il 21/01/2000 si osservano calme di vento e venti debolissimi sia in condizioni diurne (alle ore 15:00) che notturne (alle ore 20:00), le direzioni dei venti hanno caratteristiche determinate dalla circolazione locale e mostrano rilevanti variazioni spaziali.

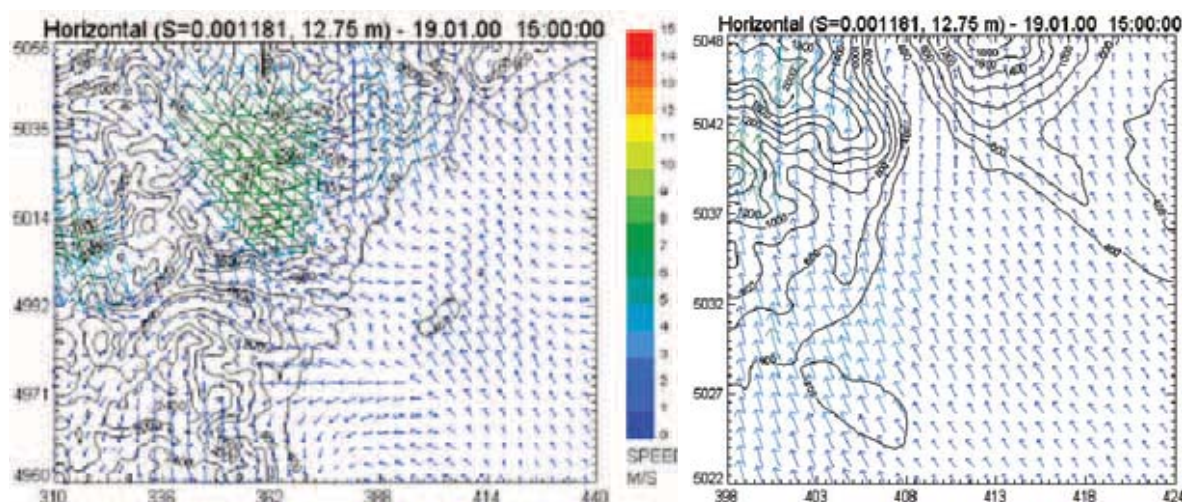


FIGURA 76: Campo di vento in prossimità del suolo calcolato per il giorno 19/01/2000 alle ore 15:00 sul dominio B (sinistra) e A (destra).

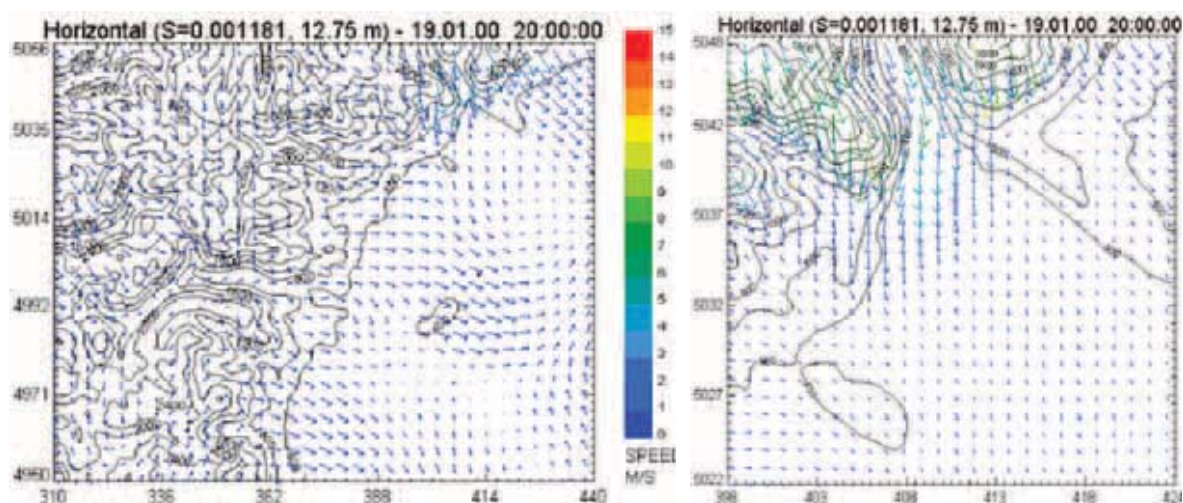


FIGURA 77: Campo di vento in prossimità del suolo calcolato per il giorno 19/01/2000 alle ore 20:00 sul dominio B (sinistra) e A (destra).

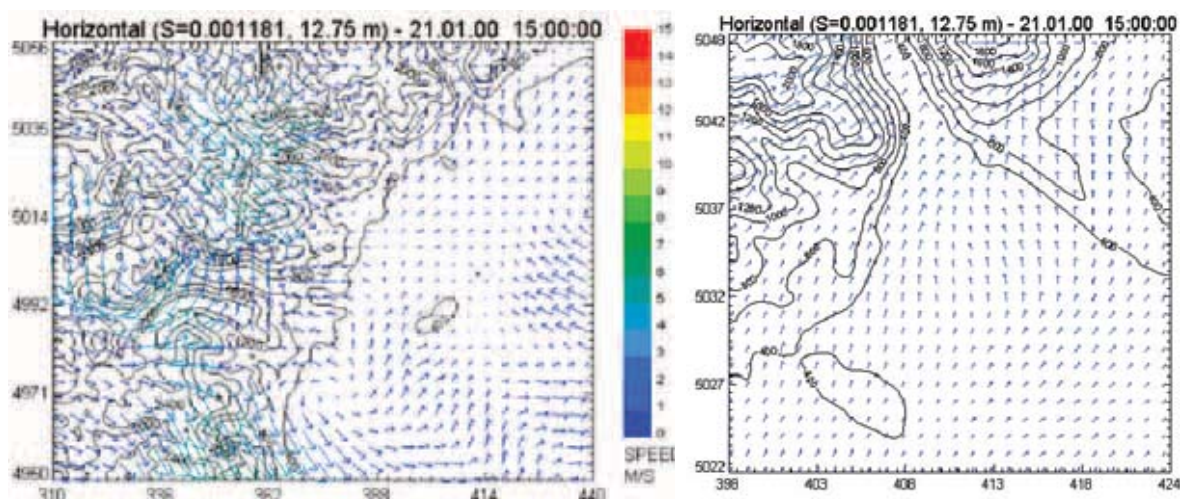


FIGURA 78: Campo di vento in prossimità del suolo calcolato per il giorno 21/01/2000 alle ore 15:00 sul dominio B (sinistra) e A (destra).

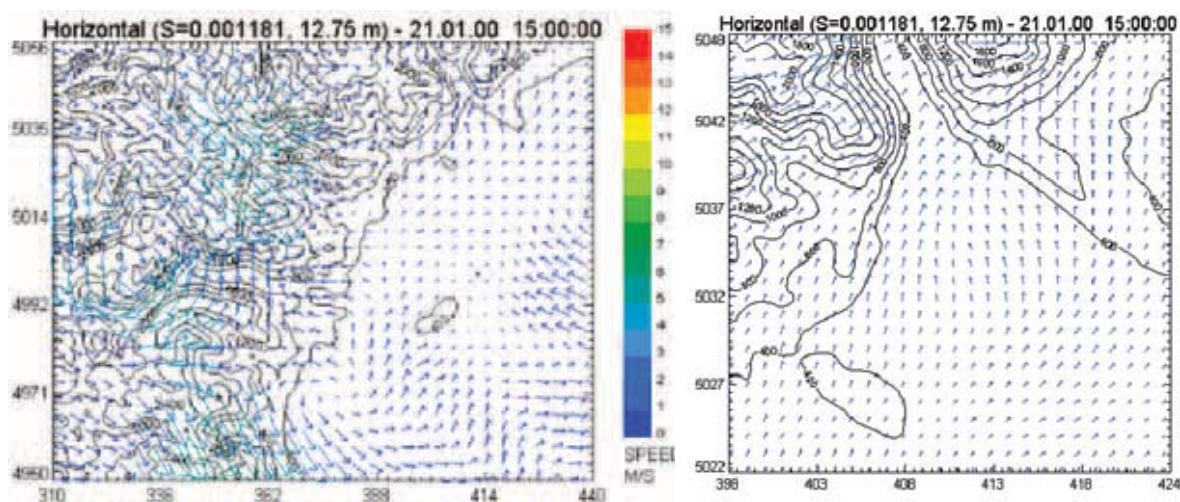


FIGURA 79: Campo di vento in prossimità del suolo calcolato per il giorno 21/01/2000 alle ore 20:00 sul dominio B (sinistra) e A (destra).

I campi delle grandezze di scala della turbolenza atmosferica sono stimati dal codice SURFPRO a partire dai campi di vento e temperatura prodotti da MINERVE, dalle caratteristiche superficiali ricavate dalla descrizione dell'uso del suolo, e dalle osservazioni di radiazione solare citate precedentemente. Per i dettagli relativi al preprocessore meteorologico SURFPRO ed alla sua modalità di applicazione si rimanda al manuale d'uso (Silibello *et al.*, 2003) ed alla descrizione inclusa nel rapporto di presentazione della base dati annuale dei campi di vento sulla Provincia di Torino (Finardi, 2003).

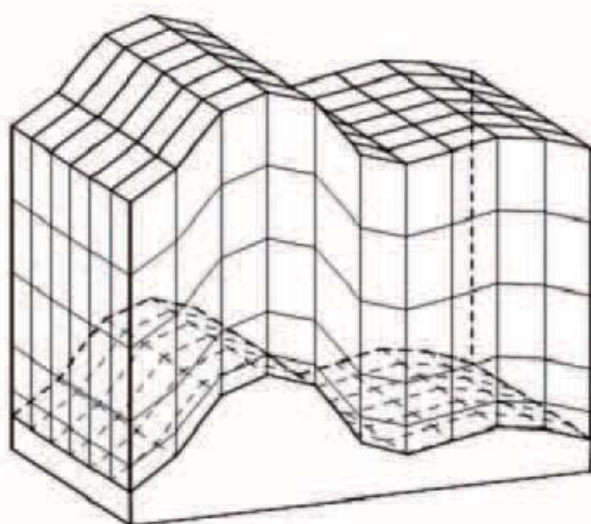
STIMA DEL CONTRIBUTO DELLE SORGENTI: SIMULAZIONI MODELLISTICHE DI DISPERSIONE

Metodologia - Codice FARM

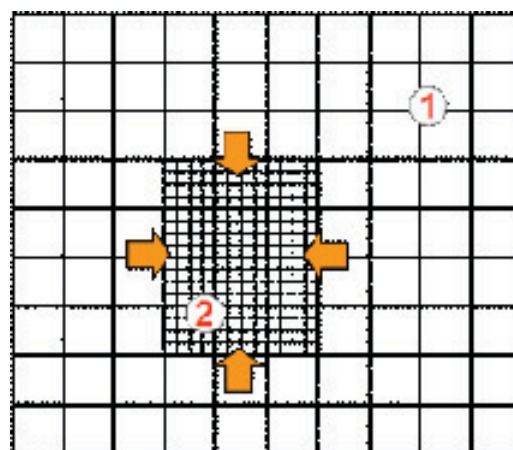
Il complesso delle emissioni illustrate nella sezione precedente è stato utilizzato come input alle simulazioni modellistiche. Relativamente alle sole emissioni da traffico stimate da TREFIC sulla rete urbana sono state inizialmente condotte delle simulazioni accademiche orarie con un modello di dispersione semplice (ARIA Impact, un codice di tipo gaussiano), per una verifica della completezza e della coerenza dell'insieme dei dati e del contributo del traffico stradale extraurbano. Tali emissioni sono state attribuite ad un insieme di sorgenti di tipo "lineare", assegnate a partire dal "layout" cartografico dei tracciati stradali.

Per la ricostruzione completa delle mappe delle concentrazioni annuali su entrambi i domini è stato invece utilizzato FARM (*Flexible Air quality Regional Model*; Calori e Silibello, 2004), un codice Euleriano tridimensionale. Questo è un'evoluzione di STEM (Carmichael *et al.*, 1986, 1991, 1998), un codice di trasporto e chimica atmosferica multifase originariamente messo a punto dal gruppo di G. Carmichael presso l'University of Iowa (U.S.), utilizzato con successo in svariate applicazioni su scale che vanno dalla regionale alla continentale e documentato da numerose pubblicazioni. La versione messa a punto e distribuita da ARIANET è caratterizzata da un'ingegnerizzazione del codice, che ne facilita l'utilizzo in una molteplicità di situazioni e dall'inserimento di moduli con possibilità aggiuntive. Le caratteristiche principali del codice di interesse per questo studio possono essere così riassunte:

- trasporto e diffusione turbolenta tridimensionale, in un sistema di coordinate *terrain-following* adatto alle situazioni con topografia complessa (figura 80a);
- trattamento di sorgenti diffuse e puntuali, incluso per queste ultime l'effetto di sovrainnalzamento termico e dinamico (*plume rise*) in funzione delle condizioni meteorologiche correnti;
- trattamento di inquinanti reattivi ed inerti;
- possibilità di simulazioni in *nesting* su domini multipli (figura 80b).



(a)



(b)

FIGURA 80: Codice FARM: a) coordinate *terrain-following*; b) *one-way nesting* su due domini.

In questo studio è stata simulata la dispersione degli ossidi di azoto e del PM_{10} , considerati alla stregua di traccianti inerti. La possibilità del *nesting* è stata utilizzata per simulare contemporaneamente la dispersione su entrambi i domini di interesse, assegnando ad ogni passo di calcolo le condizioni al contorno per il dominio ‘locale’ a partire dalle concentrazioni simulate sul dominio provinciale (si veda l’esempio di figura 80b); ciò consente di rappresentare con sufficiente dettaglio quanto accade nel dominio ‘locale’ tenendo però conto degli scambi delle masse d’aria e delle sorgenti poste sulla più vasta area della Provincia.

A loro volta, le condizioni al contorno sul dominio B sono state assegnate per le specie d’interesse a partire dai risultati del modello EMEP a scala continentale (Simpson *et al.*, 2003), considerando le evoluzioni medie giornaliere dei campi tridimensionali per ogni mese (un esempio è mostrato in figura 81). Tali condizioni consentono di tenere in conto il contributo dato dalle sorgenti “remote”, poste al di fuori dei domini di simulazione considerati. Tali dati sono stati corretti in prossimità del bordo settentrionale sulla base delle concentrazioni misurate alla stazione di Verres (rete della qualità dell’aria della Regione Valle d’Aosta), per meglio rappresentare i flussi provenienti dall’imbocco della Valle d’Aosta, posto in prossimità dell’area di interesse e scarsamente rappresentabile alla scala del modello EMEP.

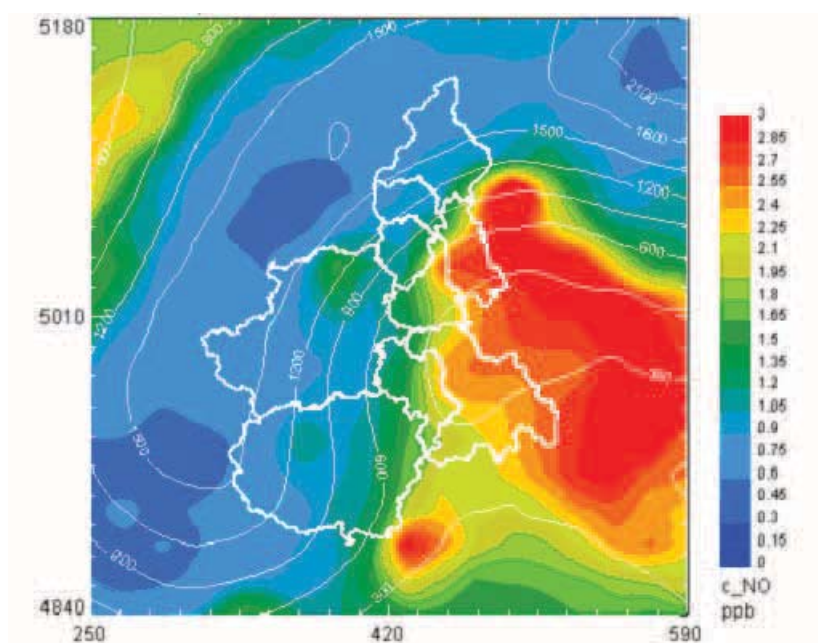


FIGURA 81: Campo medio di concentrazioni al suolo di NO a grande scala (giorno medio di Febbraio, h 09).

Come input meteorologico alle simulazioni (campi 3D di vento, temperatura, diffusività orizzontale e verticale) sono stati invece utilizzati i campi orari messi a punto come descritto in precedenza.

Il codice FARM fornisce in uscita i campi orari tridimensionali di concentrazione delle specie simulate, a partire dai quali è possibile estrarre le informazioni al suolo di maggiore interesse.

In figura 82 è mostrato un esempio dell’evoluzione del campo simulato di concentrazioni al suolo di NO_x , per un giorno invernale sul dominio ‘locale’. E’ possibile distinguere l’effetto combinato dei

cicli meteorologici (si vedano a tal proposito anche i campi di vento al suolo in figura 76 e 77) e delle emissioni:

- ore 2:00: basse concentrazioni notturne, in presenza di emissioni scarse e di una debole brezza di monte;
- ore 9:00: concentrazioni elevate, dovuto al picco mattutino delle emissioni (in particolare il traffico) ed alla turbolenza verticale non ancora sviluppata;
- ore 16:00: calo pomeridiano delle concentrazioni, dovuto alla diminuzione del flusso emissivo ma soprattutto al rimescolamento verticale efficace da parte della turbolenza; situazione di brezza di valle;
- ore 20:00: concentrazioni elevate, dovuto al picco serale delle emissioni ed al ripristinarsi di condizioni di atmosfera stabile, di ostacolo al rimescolamento degli inquinanti.

Una prima simulazione annuale su base oraria, condotta in contemporanea sui due domini, ha consentito di ricostruire i campi di concentrazione al suolo da cui ricavare i parametri statistici di interesse per la normativa. Il confronto con le concentrazioni misurate nei punti disponibili è illustrato nel paragrafo seguente.

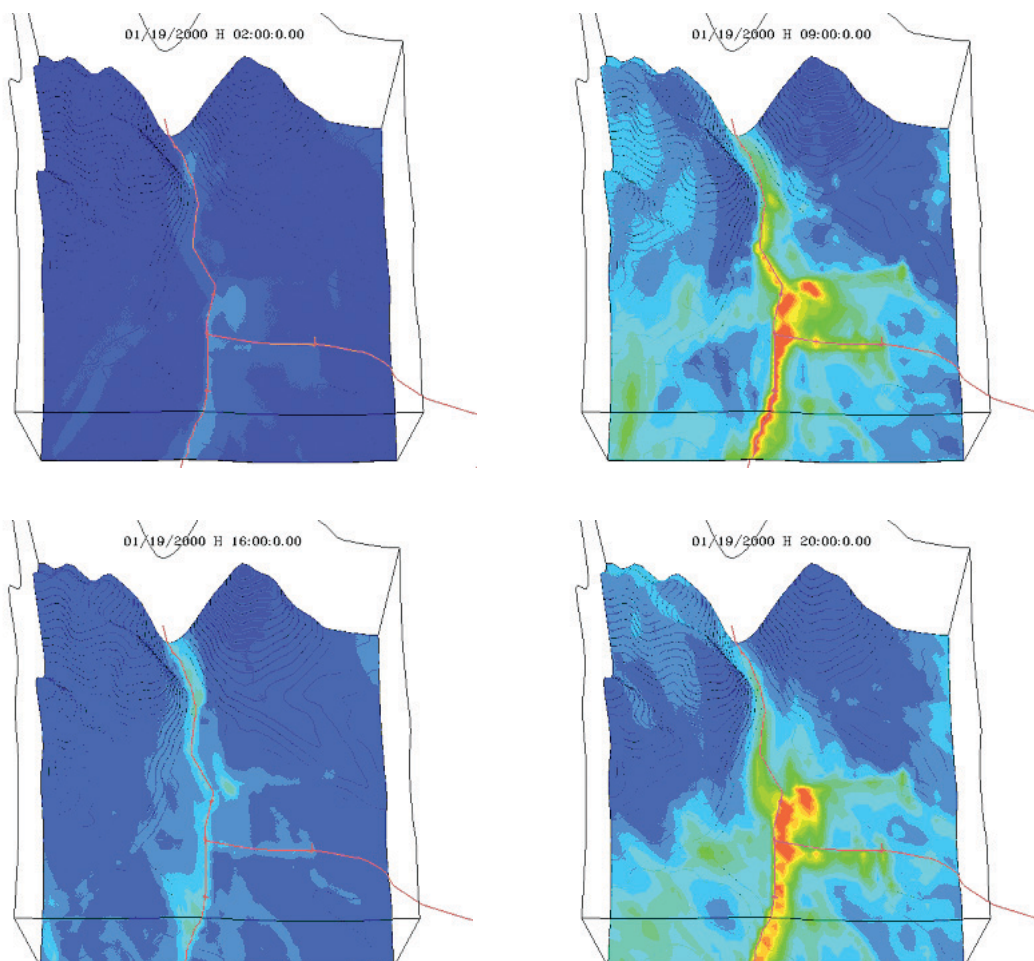


FIGURA 82: Concentrazioni di NO_x simulate: esempio di ciclo diurno invernale (19/1/2000) sul dominio "locale"; dall'alto in basso e da sinistra a destra: ore 2:00, 9:00, 16:00 e 20:00; in rosso sono indicati i tracciati autostradali.

Confronto con i dati di rete

La rete provinciale di rilevamento della qualità dell'aria è, soprattutto per quanto concerne l'area di Torino e dei Comuni della cintura, assai ricca di stazioni e misure. Tra le stazioni a disposizione, ne sono state selezionate alcune che potessero essere significative nel confronto misura/calcolo grazie agli inquinanti monitorati, alla posizione e alla disponibilità dei dati (figura 83).

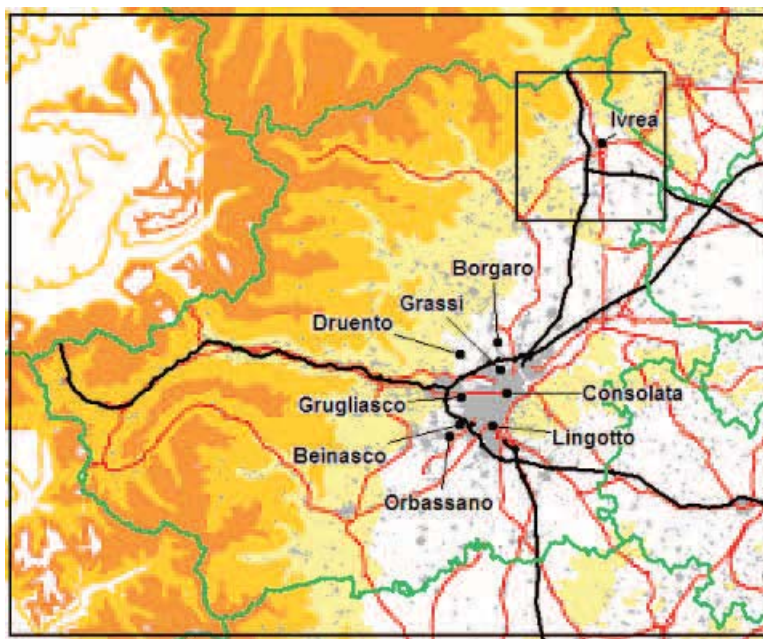


FIGURA 83: Stazioni della rete provinciale di monitoraggio della qualità dell'aria utilizzate.



FIGURA 84: Stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Ivrea, P.za Fraguglia ang. Via Botta (10 Agosto 2004 H 10:00).

Presso Ivrea è inoltre presente una stazione di monitoraggio nell'area urbana, fortemente interferita dal traffico stradale locale (code semaforiche, ricerca parcheggio, fermate e soste; figura 84).

In primo luogo occorre notare come tutte le stazioni utilizzate presentino livelli di concentrazione in aria piuttosto elevati per l'anno di riferimento 2000, che, per le polveri, supererebbero addirittura gli standard di qualità dell'aria in vigore dal 2010 in entrambe le stazioni prese in considerazione (Consolata e Grassi).

Il confronto delle prestazioni del modello con le misure è presentato, in termini di standard annuali di qualità dell'aria, in tabella 42 per quanto riguarda gli ossidi di azoto ed in tabella 43 per le polveri.

Stazione	Media		99.8p		
	mis.	calc.	mis.	calc.	disp.
Ivrea	114,0	58,5	691,5	403,7	90%
Beinasco	148,4	186,2	1087,2	996,9	77%
Borgaro	129,6	64,2	738,8	538,5	54%
Consolata	194,7	157,5	987,7	879,8	98%
Druento	44,9	36,5	292,9	318,1	47%
Grugliasco	201,2	130,0	1340,5	783,9	51%
Lingotto	122,9	193,9	860,8	1101,0	99%
Orbassano	148,9	106,4	766,5	713,1	48%

TABELLA 42: Concentrazioni di NO_x: confronto misure-calcoli su base annuale (medie e 99.8° percentile della distribuzione annuale dei valori orari; nell'ultima colonna è riportata la disponibilità dei dati sperimentali, espressa in percentuale).

Stazione	Media		98p		
	mis.	calc.	mis.	calc.	disp.
Consolata	59,3	35,2	178,8	103,8	79%
Grassi	57,2	34,7	180,2	106,1	82%

TABELLA 43: Concentrazioni di PM₁₀: confronto misure-calcoli su base annuale (medie e 98° percentile della distribuzione annuale dei valori medi giornalieri; nell'ultima colonna è riportata la disponibilità dei dati sperimentali, espressa in percentuale).

La figura 85 illustra sinteticamente il comportamento del modello in termini di errore relativo. Complessivamente, le statistiche annuali delle concentrazioni misurate risultano ben riprodotte sia nelle medie sia nei percentili, con una sottostima più marcata dei livelli di polveri, che rimane accettabile considerando, soprattutto in ambito urbano, l'esistenza di meccanismi di produzione indiretta di particolato non simulati (aerosol secondario, risospensione, ecc.). Le statistiche di NO_x sono invece riprodotte in maniera assai soddisfacente con errori relativi sempre entro il 50% (tranne nel caso di Lingotto) per quel che concerne la media (che il modello tende a sovrastimare presso Beinasco e Lingotto) ed entro il 40% per il percentile 99.8 (con sovrastime ancora presso Lingotto e presso Druento). Da notare in particolare il buon accordo misure/calcoli presso le stazioni di Beinasco, Consolata e Druento.

Presso la stazione di Ivrea, le sottostime del misurato risultano tra le più evidenti; il buon accordo ottenuto altrove, tuttavia, induce a ritenere che presso questa stazione i fenomeni di inquinamento locali già segnalati siano prevalenti.

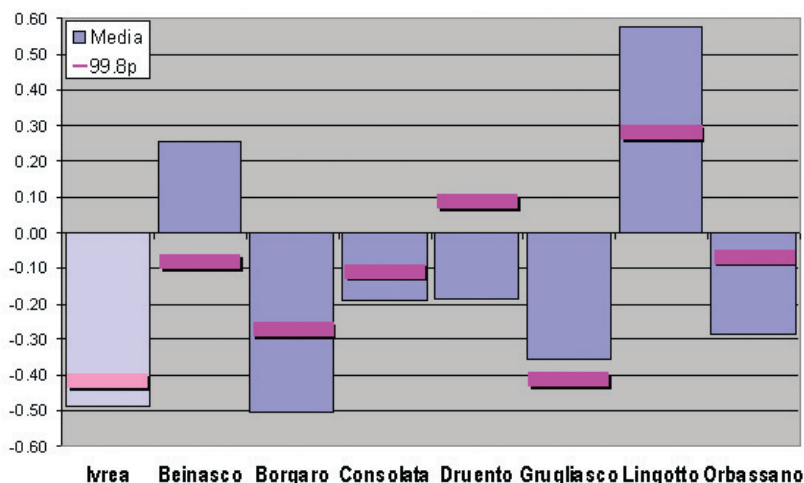


FIGURA 85: Confronto misurato/calcolato per le concentrazioni di NO_x : errore relativo.

La figura 86 presenta l'andamento comparato delle concentrazioni misurate e calcolate in termini di giorno tipo, alle stazioni di Consolata ed Ivrea. Presso entrambe le stazioni, l'andamento giornaliero delle concentrazioni risulta in linea con quanto osservato sperimentalmente, con i massimi di concentrazione calcolati alle ore 9 e 20 (che coincidono generalmente con i massimi volumi di traffico). Come già indicato dalle statistiche annuali, la sottostima presso Ivrea risulta significativa ed abbastanza generalizzata; viceversa, presso Consolata, si registra una sottostima contenuta nella prima parte del giorno, che poi è annullata nella seconda parte, quando si registrano anche leggere sovrastime.

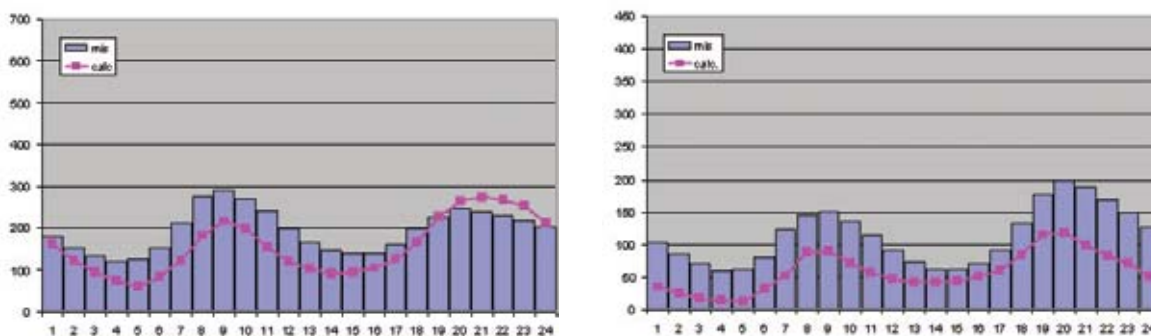


FIGURA 86: Confronto misurato/calcolato per le concentrazioni di NO_x : giorno tipo su base annuale; stazione di Torino Consolata (a sinistra) e di Ivrea (a destra).

Distribuzione delle concentrazioni sul territorio

La figura 87 mostra la mappa della distribuzione delle medie annuali delle concentrazioni orarie di NO_x calcolate dal modello sul dominio provinciale. Si riconosce chiaramente l'effetto combinato della distribuzione delle emissioni (localizzate in corrispondenza delle aree abitate e delle principali vie di comunicazione) e della barriera esercitata dall'arco alpino. Come lecito aspettarsi, l'area di Torino risulta quella con le concentrazioni più elevate, e valori al di sopra di $60 \mu\text{g m}^{-3}$ si registrano in corrispondenza di Asti e di tratti dell'A5 (autostrada Torino-Aosta).

In figura 88 è rappresentata invece la distribuzione sul dominio "locale", così come simulata alla risoluzione più lasca (2 km), sia a quella più fine (500 m). E' evidente l'effetto dell'aumento di risoluzione, in grado di risolvere maggiormente le aree con le concentrazioni più elevate, nei pressi del centro di Ivrea e dei principali assi stradali.

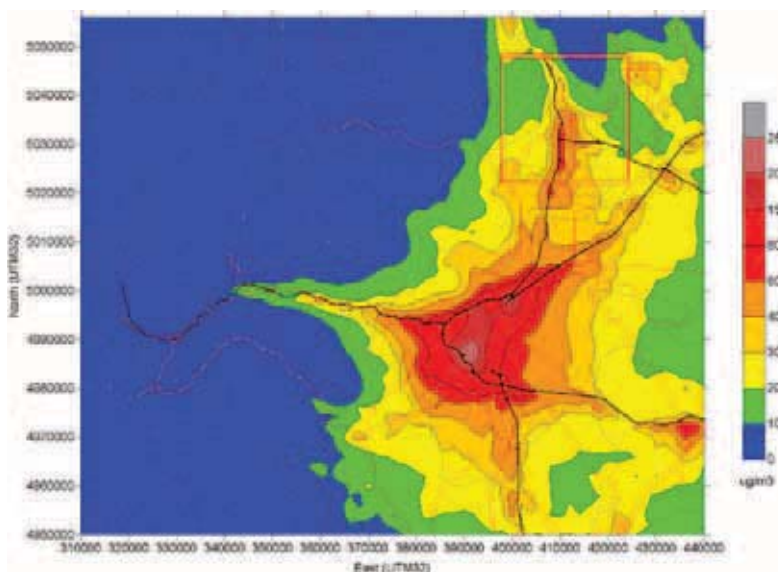


FIGURA 87: Mappa delle medie annuali delle concentrazioni di NO_x sul dominio provinciale.

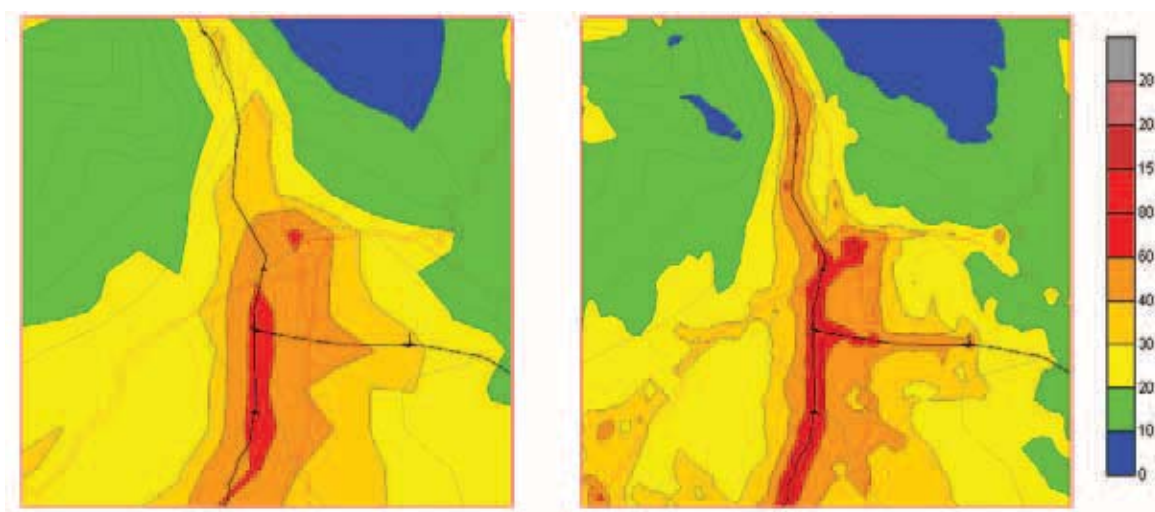


FIGURA 88: Mappa delle medie annuali delle concentrazioni di NO_x sul dominio "locale", viste alla risoluzione di 2 km (a sinistra) e di 500 m (a destra).

Le mappe delle distribuzioni delle medie annuali delle concentrazioni orarie di PM_{10} calcolate dal modello sono mostrate nelle figure 89 e 90. Rispetto alle analoghe mappe dell' NO_x è evidente una maggiore influenza delle “sorgenti puntuali” (impianti industriali e centrali termoelettriche), mentre appare più contenuto l’effetto delle principali vie di comunicazione (come già rilevato descrivendo i dati emissivi).

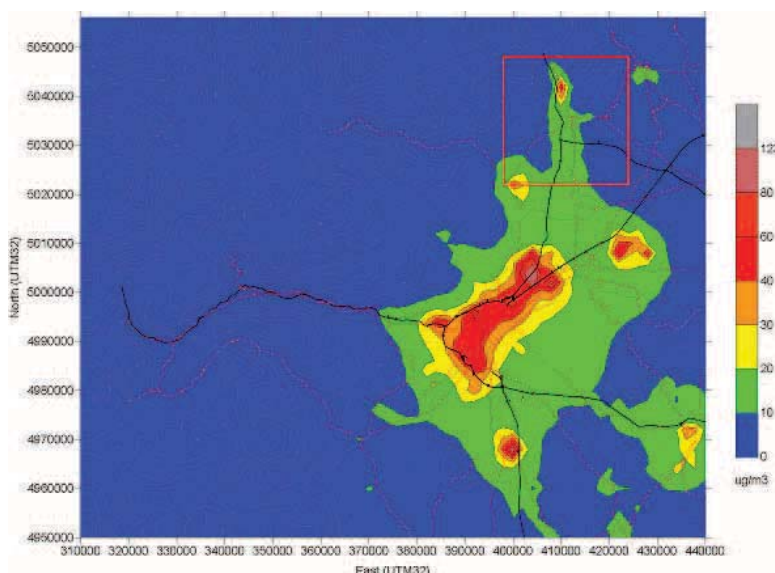


FIGURA 89: Mappa delle medie annuali delle concentrazioni di PM_{10} sul dominio provinciale.

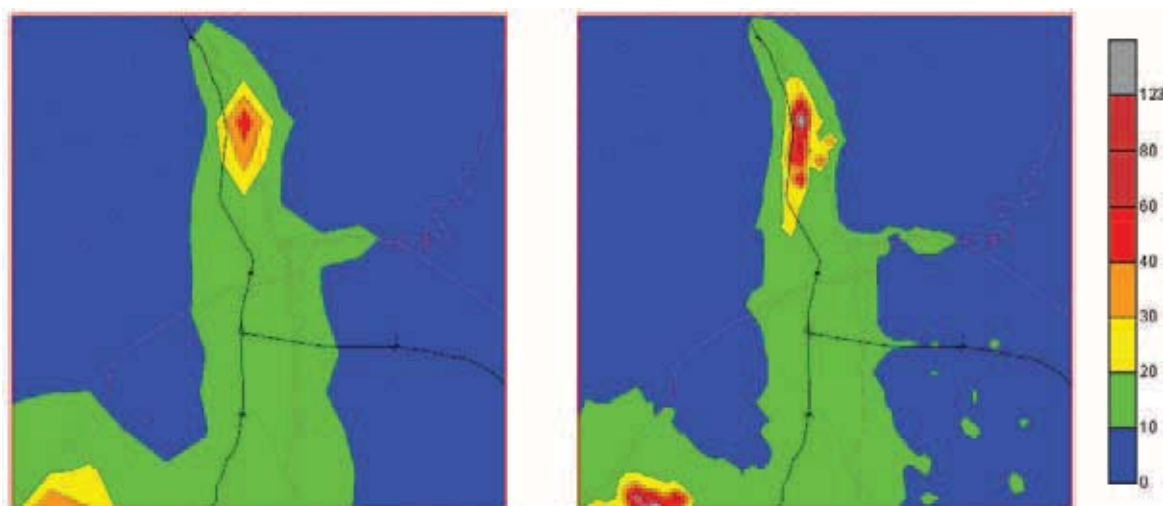


FIGURA 90: Mappa delle medie annuali delle concentrazioni di PM_{10} sul dominio “locale”, viste alla risoluzione di 2 km (a sinistra) e di 500 m (a destra).

Stima dell' NO_2

Le simulazioni modellistiche fin qui descritte considerano gli NO_x , cioè la miscela complessiva degli ossidi di azoto. I limiti di legge però riguardano principalmente l' NO_2 , occorre quindi “tradurre” gli

NO_x, ottenuti nei risultati modellistici, in termini di NO₂ in modo da verificare il rispetto dei limiti individuati dalla normativa.

La miscela inquinante NO_x in aria è composta in massima parte di due gas, monossido (NO) e biossido (NO₂) di azoto, in misura variabile che dipende dal sito, dalla meteorologia e dalla distanza dalle eventuali principali sorgenti. Le reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera, e che governano la trasformazione di NO in NO₂ e viceversa, dipendono dalla presenza ed intensità della luce solare, dalla presenza di altri gas (ozono e composti organici) che interagiscono con tali trasformazioni e dalla relativa composizione della miscela NO_x presente all'emissione.

Tale composizione può essere a sua volta fortemente dipendente dalla distanza dalle eventuali sorgenti, in quanto negli ossidi di azoto, che sono un prodotto della combustione ad alta temperatura, l'NO è presente all'emissione in frazione preponderante (anche oltre il 90%), e tale frazione tende a diminuire velocemente mentre l'aria contenente il gas emesso è trasportata lontano, risultando all'osservazione generalmente compresa tra il 25% ed il 75%.

Una relazione semiempirica dell'andamento di tale frazione in funzione dei livelli di NO_x è stata stabilita (Derwent e Middleton, 1996; Dixon *et al.*, 2000) sulla base di una curva polinomiale di quarto ordine del logaritmo in base 10 della concentrazione di NO_x. Dette [NO_x] ed [NO₂] le concentrazioni in aria rispettivamente di NO_x ed NO₂ (misurate in ppb o in µg m⁻³ NO₂-equivalenti) è possibile stimare dalle prime le seconde sulla base della seguente relazione:

$$[\text{NO}_2] = [\text{NO}_x] (a + b A + c A^2 + d A^3 + e A^4)$$

dove: $A = \log_{10}([\text{NO}_x])$ ed i coefficienti a, b, c, d , ed e sono determinati empiricamente tramite regressione statistica della funzione sui dati misurati da una rete di monitoraggio.

In questo studio i coefficienti di tale funzione approssimante sono stati stimati sulla base dei dati rilevati dalla rete provinciale di rilevamento della qualità dell'aria. L'analisi delle curve ottenute per le diverse stazioni ha portato a costruire una curva, ritenuta nel complesso significativa per l'intera rete provinciale, che è stata poi usata per l'estrapolazione dei livelli di NO₂ a partire dai livelli calcolati di NO_x. Per quanto detto circa la frazione di NO₂ su NO_x generalmente presente in aria ambiente e considerando sia l'incertezza strumentale vicino allo zero, sia la poca numerosità delle misure di livelli elevati, le curve sono state ottenute filtrando i dati come segue:

- sono stati considerati livelli di NO_x superiori a 5 µg m⁻³ ed inferiori a 800 µg m⁻³;
- sono state considerate percentuali di NO₂ su NO_x superiori al 25%, in modo tale da trascurare gli eventi inquinanti di genesi più locale difficilmente riproducibili per via modellistica alla scala considerata.

Occorre inoltre osservare come i limiti scelti per le concentrazioni misurate prendono in considerazione il fatto che le concentrazioni calcolate si riferiscono a celle di dimensioni 500 m (dominio "locale") o 2 km (dominio provinciale), entro le quali è impossibile discriminare qualsiasi variazione spaziale a scala più fine; tali medie potranno dunque essere difficilmente confrontate con eventi di concentrazione locali, dovuti cioè a sorgenti troppo vicine al punto di monitoraggio e dalla spiccata transitorietà temporale.

In figura 91 è mostrata la curva interpolante ricavata a fronte dei dati osservati per la rete provinciale, insieme con i coefficienti di regressione calcolati ed il coefficiente di determinazione (R², parametro statistico compreso tra zero e uno che misura la correlazione tra la curva ed i dati sperimentali).

Tale curva approssimante è stata quindi utilizzata per la stima dei campi orari delle concentrazioni di NO₂ a partire da quelli simulati per gli NO_x, per poi calcolare le statistiche (medie e percentili) di interesse per il confronto con i valori di normativa.

Le mappe delle medie annuali sono mostrate nelle figure 92 e 93, unitamente ai valori risultanti dalle misure di alcune stazioni della rete provinciale della qualità dell'aria per gli anni 1999 e 2000 (si tenga presente come la simulazione effettuata sia a cavallo di tali anni). Il confronto con i valori osservati rivela come l'estrapolazione effettuata, a partire dai dati simulati dal modello, sia in grado

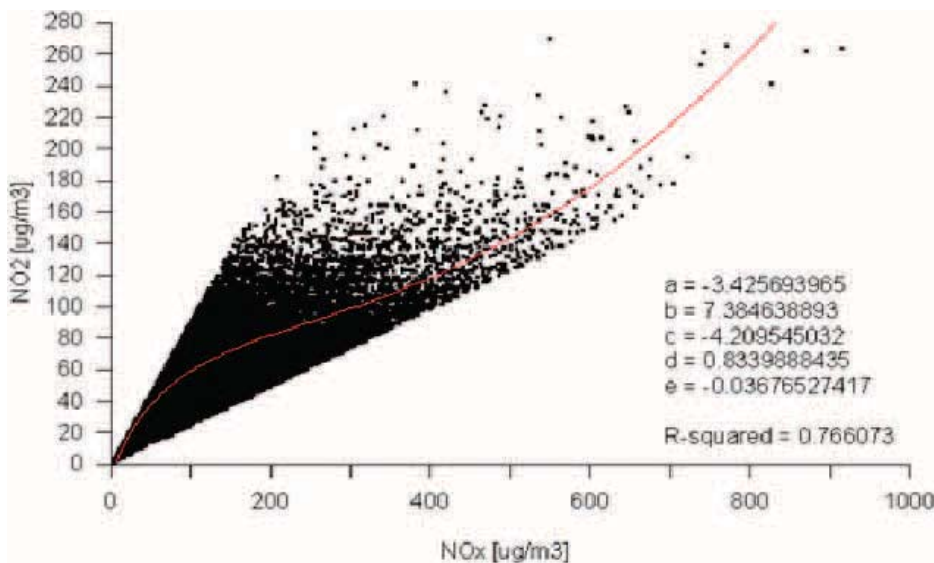


FIGURA 91: Relazione tra le concentrazioni orarie di NO_x ed NO₂ sulle stazioni della rete di monitoraggio provinciale della qualità dell'aria.

di ricostruire la distribuzione spaziale delle concentrazioni. Tale ricostruzione è il risultato combinato di fattori topografici, emissivi e meteorologici.

Le mappe delle medie annuali di NO₂ mostrano come il valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg m⁻³, con un margine di tolleranza del 50% nell'anno 2000 che si ridurrà progressivamente a 0 nel 2010) risulta superato in gran parte dell'area torinese; nel dominio "locale", tale limite risulta superato nel centro di Ivrea e nelle immediate vicinanze dell'autostrada (si noti, in figura 93, come tali dettagli emergano solo nei campi simulati a risoluzione maggiore sul dominio locale, confermando ulteriormente l'opportunità di effettuare una simulazione su due domini innestati, a risoluzione crescente).

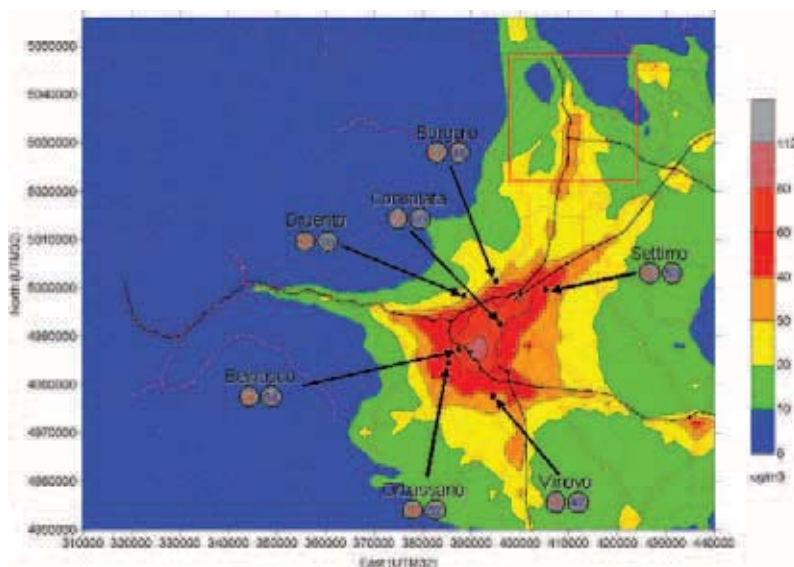


FIGURA 92: Mappa stimata delle medie annuali delle concentrazioni di NO₂ sul dominio provinciale; nei cerchi i valori misurati per l'anno 1999 (in rosso) e 2000 (in blu).

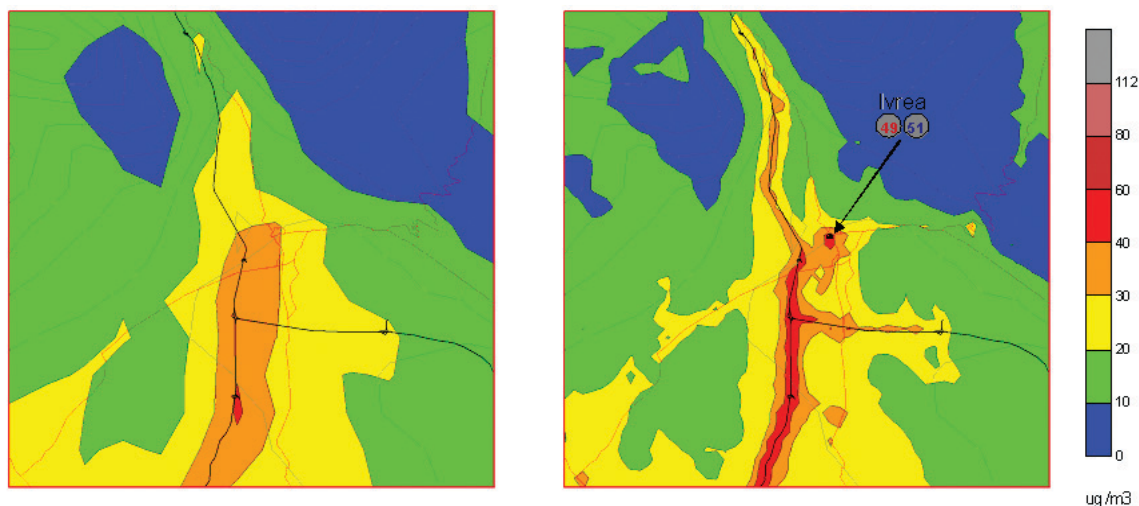


FIGURA 93: Mappa stimata delle medie annuali delle concentrazioni di NO₂ sul dominio “locale”, viste alla risoluzione di 2 km (a sinistra) e di 500 m (a destra) ; nei cerchi i valori misurati per l’anno 1999 (in rosso) e 2000 (in blu).

Le mappe della distribuzione del 99.8° percentile (figure 94 e 95), indicative dell’occorrenza degli episodi acuti, mostrano un quadro analogo (si ricordi che il valore limite orario per la protezione della salute umana è pari a 200 µg m⁻³, da non superare più di 18 volte nel corso dell’anno civile, anche in questo caso con un margine di tolleranza che dal 50% si ridurrà progressivamente a 0 nel 2010).

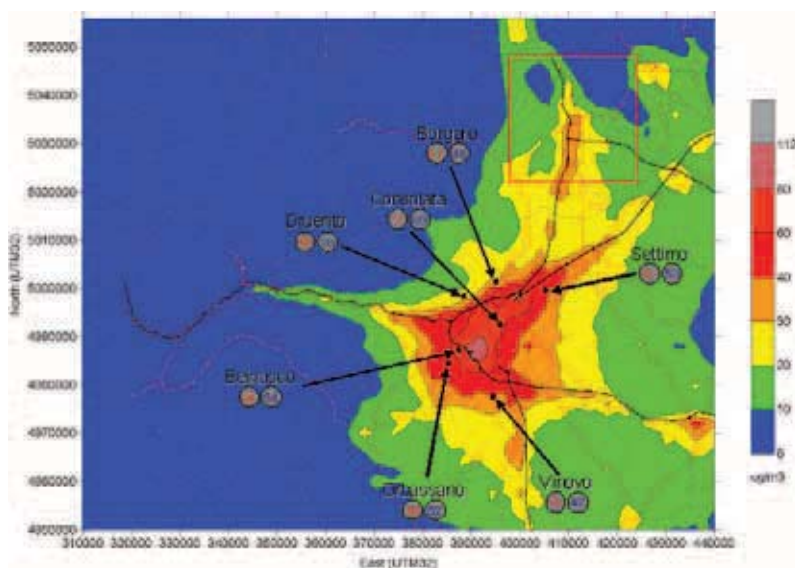


FIGURA 94: Mappa stimata del 99.8° percentile della distribuzione annuale delle concentrazioni di NO_x sul dominio provinciale.

Contributi delle diverse sorgenti

Una volta ricostruiti i campi di concentrazione (orari ed annuali) causati dalla totalità delle sorgenti presenti sul territorio (caso ‘base’) si è quindi stimato il contributo di diversi gruppi di sorgenti.

Sorgenti locali e traffico stradale

In una prima fase si è posta l’attenzione sull’importanza delle sorgenti ‘locali’ e sui contributi dati dal traffico stradale nelle diverse aree, considerando i seguenti gruppi di sorgenti:

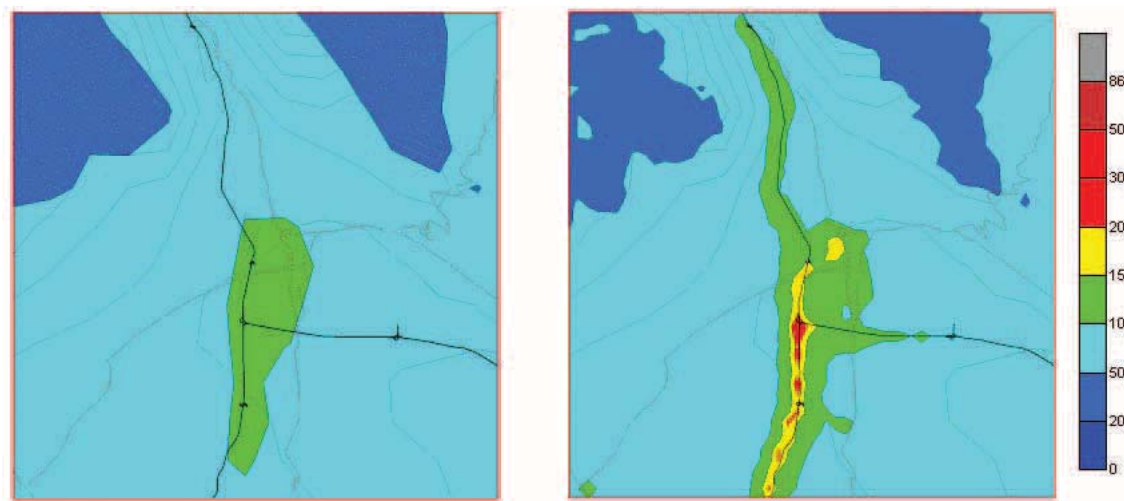


FIGURA 95: Mappa stimata del 99.8° percentile della distribuzione annuale delle concentrazioni di NO₂ sul dominio “locale”, viste alla risoluzione di 2 km (a sinistra) e di 500 m (a destra).

- sorgenti ‘locali’;
- complesso delle sorgenti da traffico (tutta la Provincia);
- traffico autostradale;
- complesso delle sorgenti ‘locali’ da traffico.

Per ciascuno di questi gruppi di sorgenti è stata stimata la distribuzione spaziale dei contributi sulle concentrazioni, tramite una simulazione annuale specifica, condotta anch’essa in contemporanea sui due domini, per la quale è stato alterato il quadro emissivo. In tabella 44 sono riassunte le sorgenti considerate nelle diverse simulazioni:

- stima del contributo ‘locale’: esclusione delle sorgenti dell’eporediese (puntuali, lineari e diffuse);
- stima del contributo del ‘traffico locale’: esclusione delle sorgenti da traffico dell’eporediese (lineari e diffuse);
- stima del contributo delle autostrade: esclusione dei tratti di autostrada dell’eporediese.

			Base	Locale	Traffico	Autostrade
Sorgenti	puntuali	eporediese	✓		✓	✓
		resto	✓	✓	✓	✓
	lineari	(solo dominio A)	✓			
		autostrade	✓	✓		✓
	diffuse	eporediese	✓			✓
		traffico urbano	✓		✓	✓
altri settori		✓		✓	✓	
	resto	✓	✓	✓	✓	

TABELLA 44: Quadro riassuntivo dei gruppi di sorgenti considerati nel calcolo dei contributi alle concentrazioni nell’area dell’eporediese.

Una volta effettuate le simulazioni, la mappa del contributo relativo di ciascun gruppo di sorgenti è stata ricavata dalla combinazione tra i campi di concentrazione medi annuali al suolo ottenuti da ciascuna simulazione e gli omologhi del caso “base”. Tali contributi risultano dunque il risultato della combinazione di tutte le condizioni meteorologiche ed emissive che si verificano all’interno di un anno e sono quindi rappresentativi delle condizioni medie sul territorio.

Le figure 96 e 97 mostrano le mappe dei contributi percentuali per le concentrazioni medie annuali di NO_x. Si nota innanzitutto nel Comune di Ivrea e nelle aree circostanti la prevalenza del contribu-

to delle sorgenti 'locali'; all'interno di queste, l'autostrada risulta la sorgente prevalente (contributo alle concentrazioni superiore al 50%) all'interno di una fascia di qualche chilometro attorno all'asse del tracciato; al di fuori di tale fascia, e nella maggior parte delle aree abitate, il contributo prevalente è invece dato dal traffico locale (urbano e non). Il traffico nel suo complesso (nell'area dell'eporediese e nel resto della Provincia) è comunque il maggior responsabile dei livelli di concentrazione su gran parte dell'area in esame (figura 96, a destra).

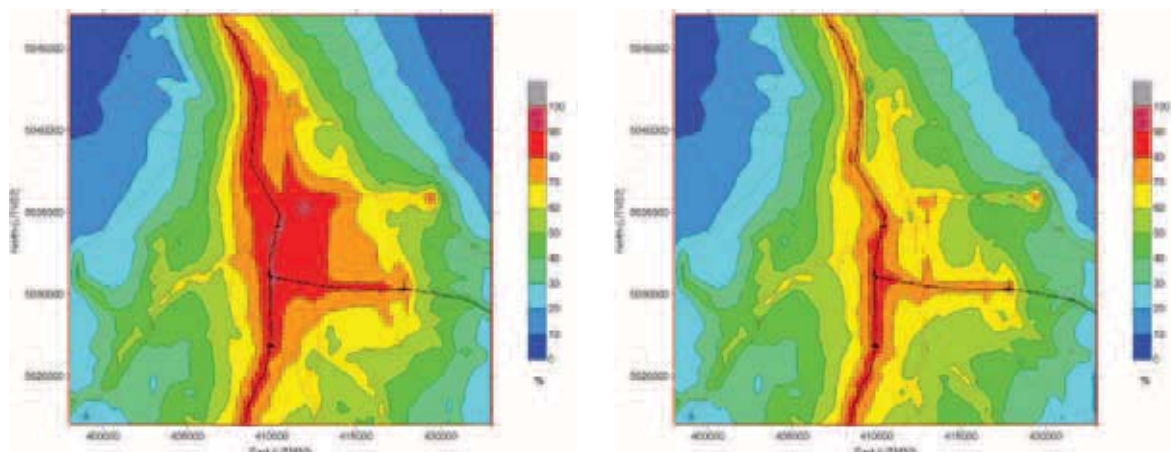


FIGURA 96: Mappa del contributo (espresso in %) delle sorgenti "locali" (a sinistra) e del settore "traffico" (a destra) alle concentrazioni medie annuali di NO_x .

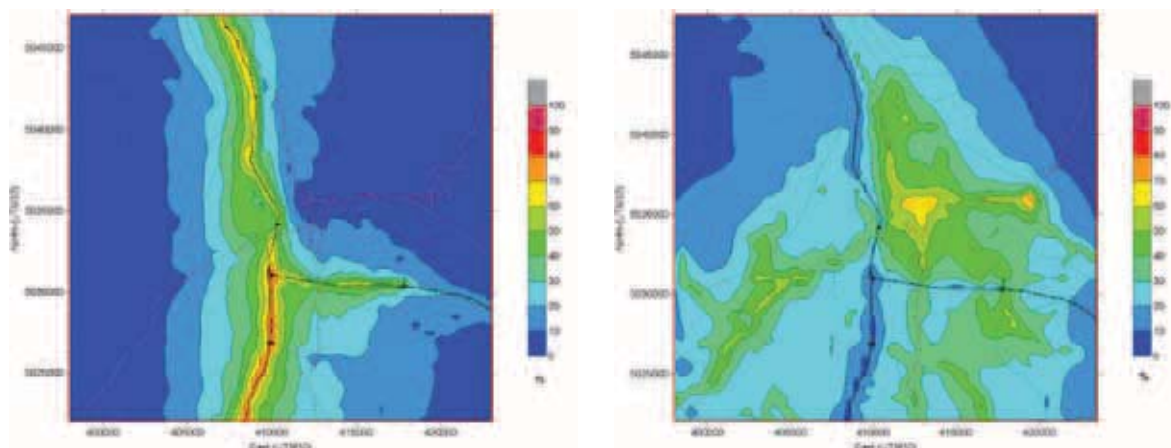


FIGURA 97: Mappa del contributo (espresso in %) delle "autostrade" (a sinistra) e del "traffico locale" (a destra) alle concentrazioni medie annuali di NO_x .

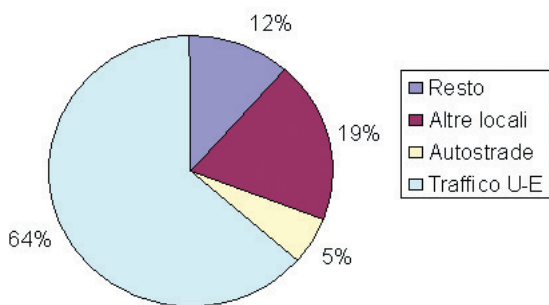


FIGURA 98: Centro di Ivrea: contributi percentuali di diversi gruppi di sorgenti alle concentrazioni medie annuali di NO_x .

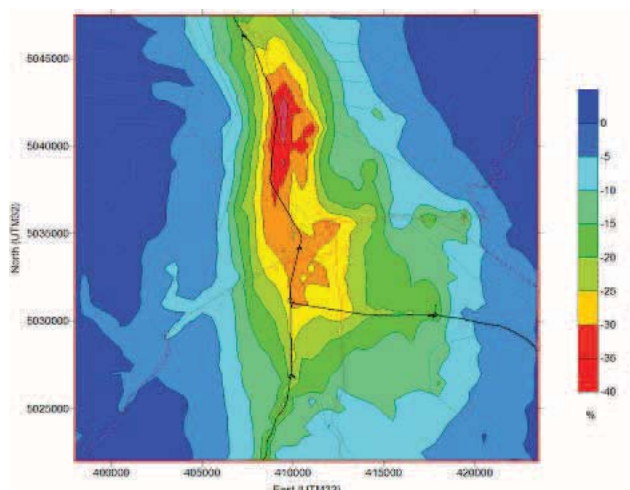


FIGURA 99: Mappa del contributo (espresso in %) delle sorgenti “locali” alle concentrazioni medie annuali di PM_{10} .

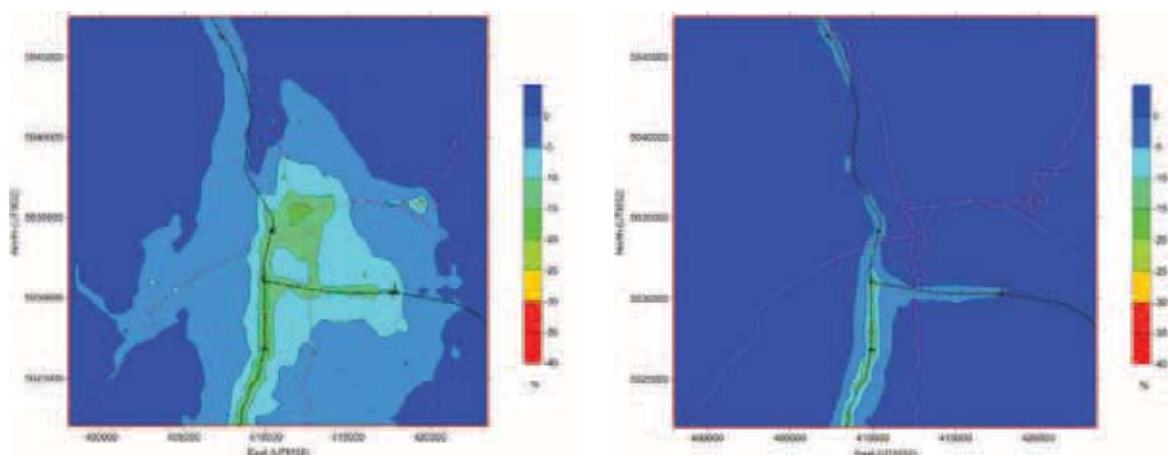


FIGURA 100: Mappa del contributo (espresso in %) del settore “traffico” (a sinistra) e delle “autostrade” (a destra) alle concentrazioni medie annuali di PM_{10} .

In figura 98 è riportato il dettaglio della ripartizione dei contributi al centro di Ivrea: il contributo dell’autostrada risulta contenuto, quello del resto del traffico ‘locale’ (urbano ed extraurbano) è circa pari ai due terzi del totale, poco meno di un quinto è dato dalle altre sorgenti locali (riscaldamento ed industria), mentre poco più di un decimo risulta provenire dal resto della Provincia.

Le figure 99 e 100 mostrano analoghe mappe relative ai contributi percentuali per le concentrazioni medie annuali di PM_{10} .

Riscaldamento

In una fase ulteriore si è quindi posta l’attenzione sul contributo dato dal riscaldamento degli edifici, stimandone l’incidenza sia sul dominio locale, sia su quello provinciale. Anche in questo caso è stata effettuata una simulazione annuale specifica, condotta in contemporanea sui due domini, per la quale è stato soppresso il contributo emissivo di interesse; dal confronto con il caso ‘base’ è stata quindi stimata la distribuzione spaziale dei contributi sulle concentrazioni. Visto il carattere stagionale delle emissioni da riscaldamento, i loro contributi sono stati stimati sia su base annuale, sia limitatamente alla sola stagione invernale (considerata da Dicembre a Febbraio).

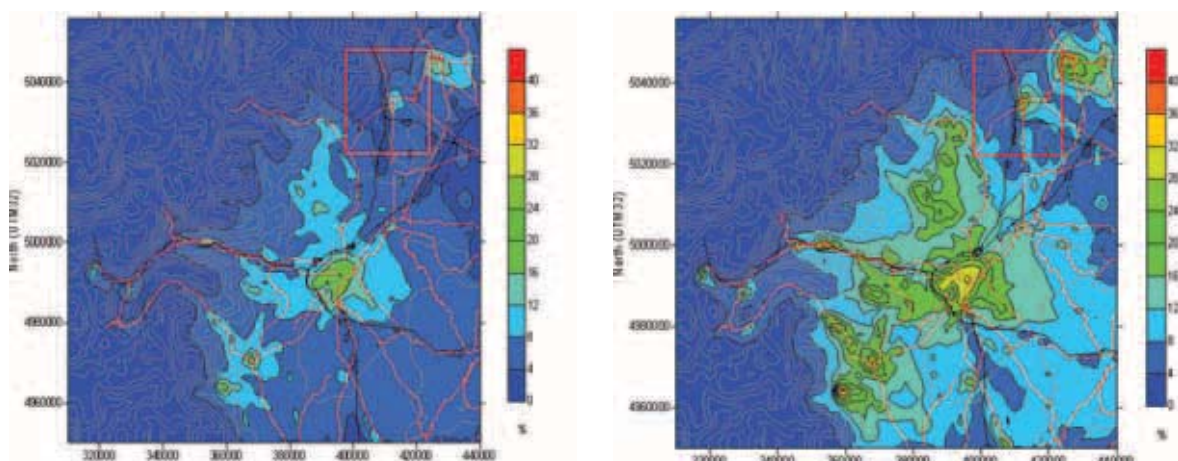


FIGURA 101: Mappa del contributo (espresso in %) del “riscaldamento” alle concentrazioni medie di NO_x sul dominio provinciale, annuali (a sinistra) e invernali (a destra).

La figura 101 mostra la mappa, a sinistra, del contributo percentuale del riscaldamento alle concentrazioni medie annuali di NO_x sul dominio provinciale; mentre a destra la stessa mappa è invece riferita esclusivamente al periodo invernale. Com'è lecito aspettarsi il contributo cambia in modo sostanziale: nell'area torinese, su base annuale la percentuale non supera il 20%, mentre nel periodo invernale supera il 30%; nei piccoli centri a sud-ovest del capoluogo piemontese il contributo invernale sfiora il 40%.

Considerazioni analoghe possono essere fatte osservando le mappe risultanti dalla simulazione sul dominio locale (figura 102): il contributo dato dal riscaldamento risulta massimo in corrispondenza dell'area urbana di Ivrea, e varia dal 17% su base annuale al 31% nella stagione invernale.

Anche in tal caso è inoltre interessante l'effetto dell'aumento di risoluzione (passaggio dalla griglia provinciale a 2 km a quella locale a 500 m): le emissioni da riscaldamento, in quanto riferite alle aree edificate, risultano infatti maggiormente addensate, dando luogo ad un contributo alle

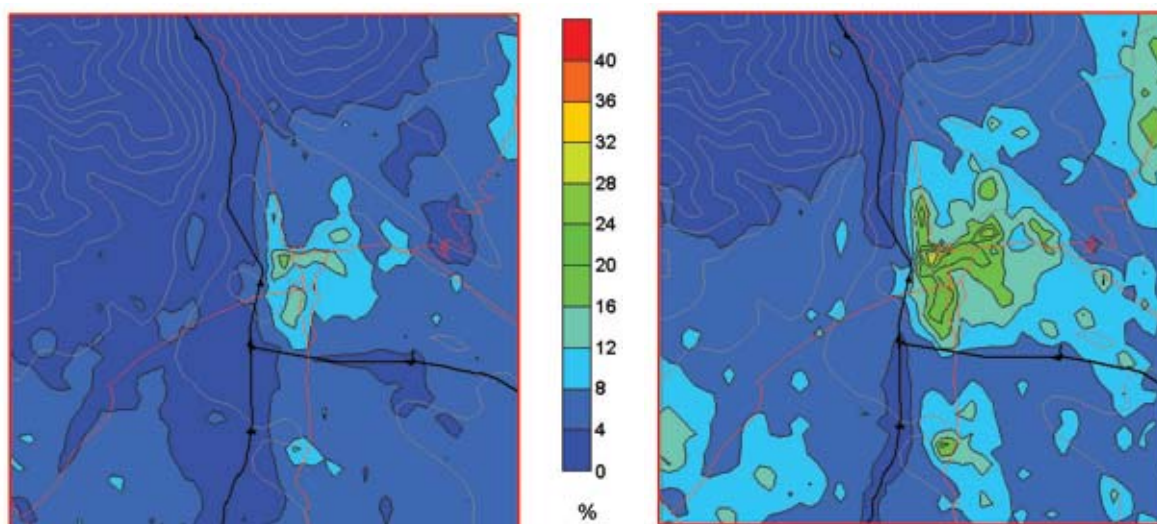


FIGURA 102: Mappa del contributo (espresso in %) del “riscaldamento” alle concentrazioni medie di NO_x sul dominio locale: su base annuale (a sinistra) e limitatamente alla stagione invernale (a destra).

concentrazioni su entrambi i periodi che è superiore nel caso della simulazione a maggiore risoluzione. Valgono qui dunque le considerazioni precedentemente esposte a proposito del confronto con i dati osservati: la risoluzione della simulazione deve essere compatibile con la scala dei fenomeni che si vogliono rappresentare (in questo caso: l'estensione dei centri abitati di medie dimensioni).

STIMA DEGLI EFFETTI DI SCENARI EMISSIVI

L'insieme degli strumenti descritti ai capitoli precedenti (inventario delle sorgenti emmissive, ricostruzione meteorologica e simulazione della qualità dell'aria) possono essere efficacemente impiegati in un'ottica di tipo pianificatorio. È infatti possibile, a partire da una serie di ipotesi sull'evoluzione delle attività e delle abitudini della popolazione attiva, dei limiti all'emissione di impianti e veicoli e delle misure pianificabili di contenimento dell'inquinamento atmosferico (sinteticamente dette "scenari"), "proiettare" il database emissivo ad un anno futuro di riferimento, e a partire da esso, mediante simulazione, stimare l'effetto delle emissioni future sulle concentrazioni ambientali. L'analisi degli effetti di tali scenari, unitamente alle informazioni sui contributi di diversi gruppi di sorgenti, può fornire alle Amministrazioni locali utili elementi per la progettazione e la verifica degli interventi previsti per la mitigazione dei livelli di qualità dell'aria, sia nell'eporediese, sia nel resto della Provincia di Torino.

Rinnovo del parco circolante al 2008

Come primo caso di interesse, è stata considerata una ipotesi di rinnovo del parco dei veicoli circolanti, tenendo presente che i veicoli stradali seguono un ciclo di vita che mediamente è inferiore ai 10 anni e che l'Unione Europea ha programmato l'introduzione di limiti all'emissione via via più restrittivi almeno fino al 2008, quando i motori diesel dovranno soddisfare i requisiti richiesti dalla Direttiva comunemente nota come Euro V. Poiché la più aggiornata metodologia di stima dei fattori di emissione (tabella 39) tuttora non prevede formule per i veicoli Euro V, per stimare gli effetti sulla qualità dell'aria indotti semplicemente dal rinnovo del parco ci si è dovuti necessariamente fermare al 2008.

Tale rinnovo è stato effettuato utilizzando la curva nazionale di distribuzione dei veicoli per età fornita da ACI e relativa al 2002 (figura 103); inoltre, poiché l'incidenza dei veicoli diesel sulle nuove immatricolazioni tende ad essere vicina al 50%, la curva presentata dei veicoli per età è stata cor-

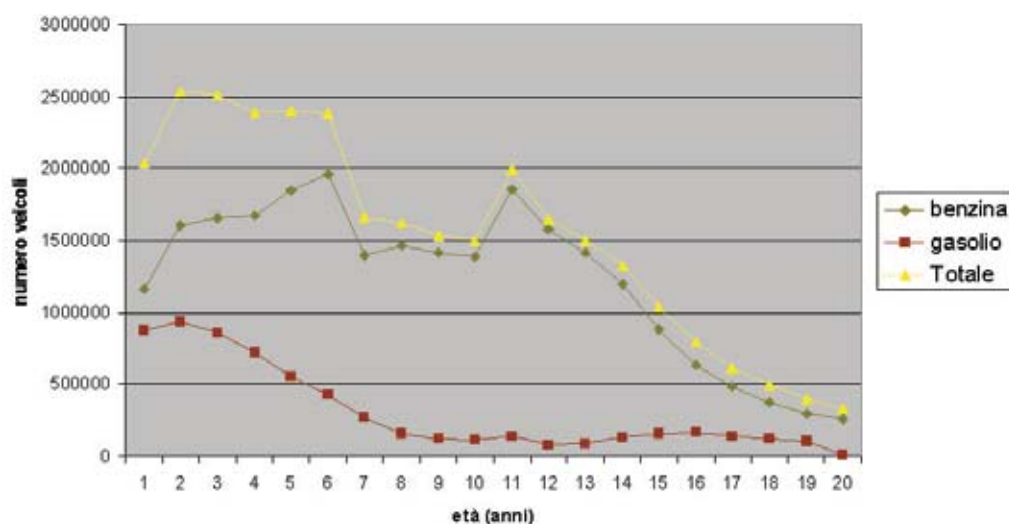


FIGURA 103: Curva nazionale della distribuzione dei veicoli per età – anno 2002 (fonte: ACI).

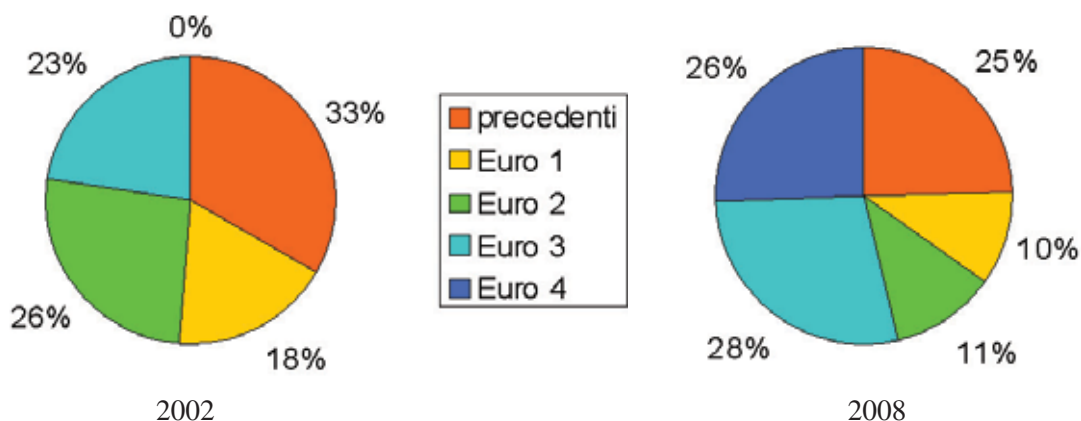


FIGURA 104: Ripartizione dei veicoli nelle varie tecnologie costruttive per il 2002 e come stimato per il 2008.

retta in modo tale che, a partire dal 2003 e fino all'anno di riferimento per lo scenario (2008) la ripartizione delle motorizzazioni diesel e benzina sia costante e pari a quella per il 2002.

In definitiva, la distribuzione dei veicoli cambia come mostrato in figura 104: nel 2008 si prevede che i veicoli Euro IV passino da 0 al 26%, gli Euro III aumentino dal 23% al 28%, mentre sono previsti in netta diminuzione gli Euro I (dal 18% al 10%) ed Euro II (dal 26% al 11%).

Sulla base di tale variazione del parco circolante sono state dunque ristimate le emissioni sulla rete stradale locale.

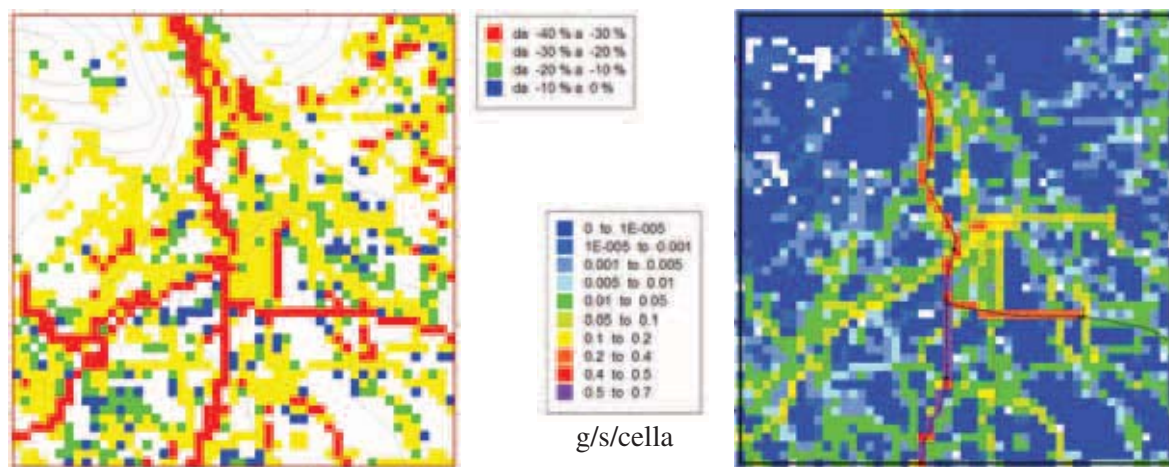


FIGURA 105: Variazione, rispetto al caso "base", delle emissioni annuali totali di NO_x dovuta all'evoluzione al 2008 del parco circolante: espressa in % (a sinistra) ed in termini assoluti (a destra).

In figura 105 è mostrata la mappa della variazione delle emissioni totali di NO_x sul dominio "locale" (espressa in percentuale ed in assoluto rispetto al caso "base"; si veda figura 88 per la mappa emissiva del caso base), risultante dall'effetto di tali variazioni sul parco circolante. E' evidente come la variazione delle emissioni totali sia maggiore laddove il contributo del traffico è maggiore, con massimi intorno al 35% in corrispondenza dei principali archi stradali isolati.

L'effetto di tale scenario emissivo sulle concentrazioni ambientali è stato simulato tramite il codice FARM, con un'ulteriore simulazione annuale, e confrontando poi i risultati con quelli del caso "base", corrispondente allo stato attuale. In virtù della distribuzione della variazione delle emissioni e dell'importanza locale delle diverse sorgenti (figura 105), la variazione relativa delle concentra-

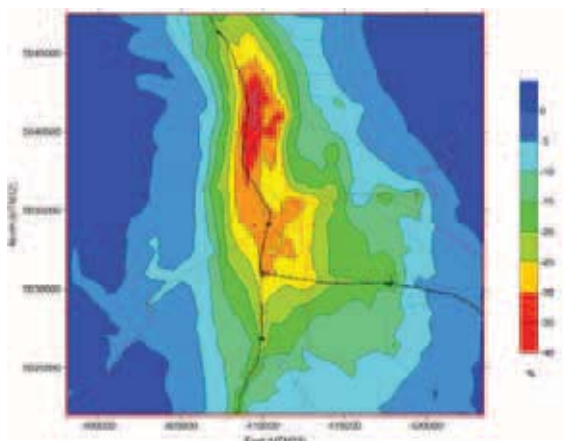


FIGURA 106: Variazione (espressa in %, rispetto al caso “base”) delle concentrazioni medie annuali di NO_x dovuta all’evoluzione al 2008 del parco circolante.

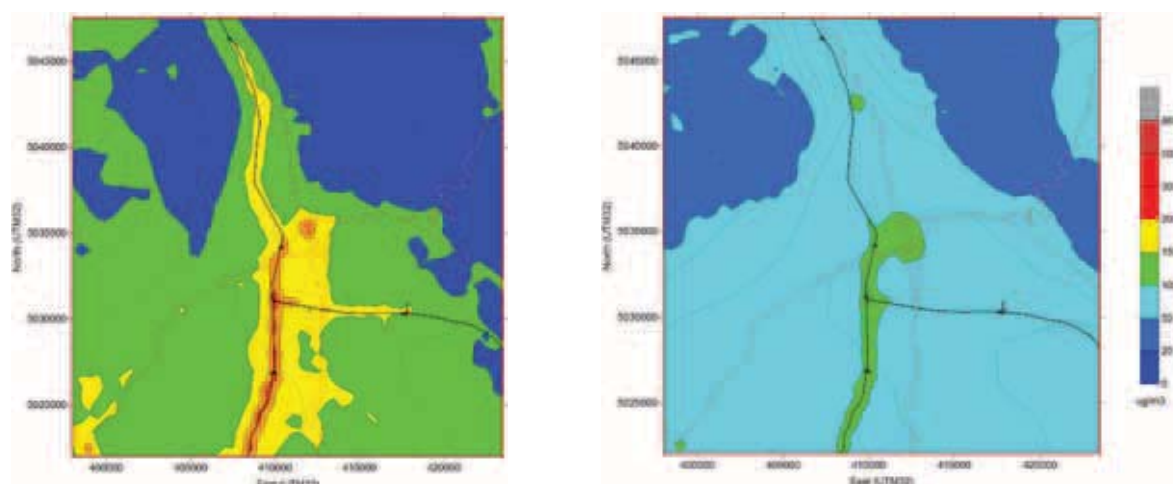


FIGURA 107: Mappa stimata delle medie annuali (a sinistra) e del 99.8° percentile (a destra) delle concentrazioni di NO₂ sul dominio “locale”, dovuta all’evoluzione al 2008 del parco circolante.

zioni medie annuali di NO_x (figura 106) risulta massima (tra il 25 ed il 35%) in prossimità dei tracciati autostradali.

L’effetto stimato sulle concentrazioni medie annuali di NO₂ è mostrato in figura 107 a sinistra (si veda l’analoga figura 93 per il caso “base”): il limite di 40 µg m⁻³ risulta superato soltanto in corrispondenza di alcuni tratti autostradali, mentre il centro abitato di Ivrea risulta appena al di sotto di tale soglia. Il limite di 200 µg m⁻³ sul 99.8° percentile della distribuzione annuale delle concentrazioni orarie di NO₂ (figura 107 a destra; si veda l’analoga figura 95 per il caso “base”) è invece rispettato su tutto il dominio di calcolo e, nel centro abitato di Ivrea, i valori assunti dal percentile sono prossimi a 150 µg m⁻³.

Se si prendono in considerazione le emissioni di PM₁₀, l’evoluzione al 2008 del parco circolante ha invece un’incidenza molto scarsa. In figura 108 è riportata la variazione delle emissioni totali di PM₁₀ sul dominio “locale” (espressa in percentuale rispetto al caso “base”). La variazione è contenuta entro alcuni punti percentuali, a causa del minore contributo percentuale del traffico sulle emissioni totali di PM₁₀, del crescente contributo dei veicoli diesel sul complesso del parco e della scarsa incidenza dei limiti imposti alle emissioni di PM₁₀ per i veicoli fino alla classe Euro IV.

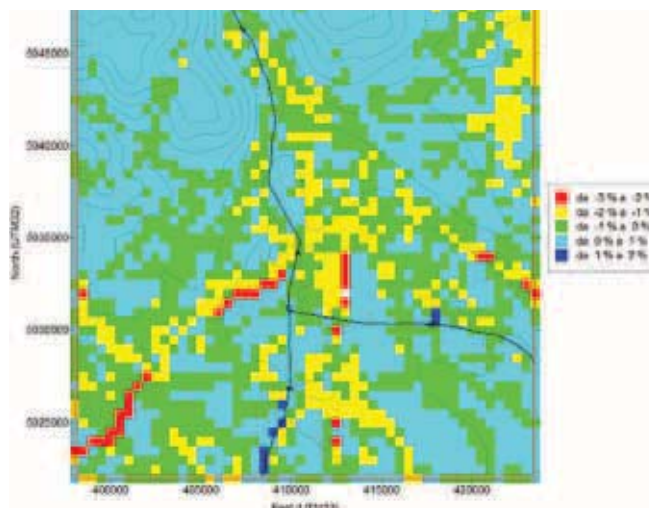


FIGURA 108: Variazione delle emissioni annuali totali di PM₁₀ dovuta all'evoluzione al 2008 del parco circolante, espressa in % rispetto al caso "base".

Combustibili da riscaldamento

Nel secondo caso è stato preso in esame il settore del riscaldamento degli edifici. Sulla scorta del contributo alle concentrazioni in aria stimato tramite le simulazioni modellistiche, si è voluto stima-

Combustibile	CH ₄	CO	CO ₂	NM VOC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
Metano	178.3	4905	1991076	89.2	1355	128	0
GPL	2.6	46	91713	5.1	85	3	0
Gasolio	117.8	506	863571	35.3	589	79	1107
Legna e similari	234.6	4529	84035	469.3	39	1219	0
Olio comb. BTZ	9.8	13	75217	11.8	49	58	144

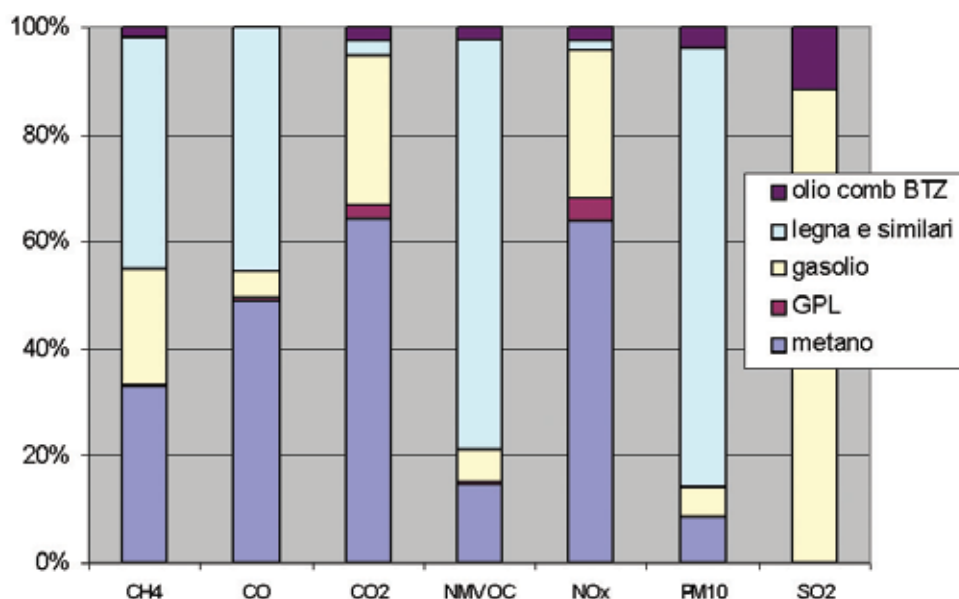


FIGURA 109: Riscaldamento civile: contributo dei diversi carburanti alle emissioni dei singoli inquinanti (ton/anno - 1997).

re, in prima istanza, il potenziale miglioramento consentito da una sostituzione dei combustibili maggiormente inquinanti. A tal fine è stata effettuata un'analisi comparata degli Inventari Regionali delle Emissioni relativi agli anni 1997 e 2001, per individuare il trend dei cambiamenti avvenuti nel settore del riscaldamento nel periodo intercorso e per "fotografare" la situazione più recente.

L'inventario del 2001 è strutturato come il precedente su base comunale ed è stato messo a punto a partire dai dati del 1997 (figura 109); le elaborazioni hanno riguardato sia l'aggiornamento delle attività responsabili delle emissioni, incluse le evoluzioni negli utilizzi dei combustibili, sia la verifica e l'eventuale aggiornamento dei fattori di emissione.

Per quanto riguarda il riscaldamento civile con caldaie di potenza termica inferiore ai 50MW (attività 020202) i dati utilizzati sono:

- le volumetrie degli edifici al 13° Censimento del 1991 (dato già usato per l'inventario del 1997);
- i consumi a livello provinciale dei prodotti petroliferi (fonte: Bollettino Petroliero Nazionale del Ministero delle Attività Produttive per l'anno 2001);
- consumi a livello regionale e a livello comunale di gas metano (fonte: SNAM e Settore Tributi Regione Piemonte, rispettivamente).

Il quadro che ne risulta per i diversi inquinanti, ripartito per combustibile è riportato in figura 110. Tali dati sono stati utilizzati come dati di input al modello.

Combustibile	CH ₄	CO	CO ₂	NM VOC	NO _x	PM ₁₀	SO ₂
Metano	255.7	7031	2854508	127.8	1943	184	0
GPL	2.9	52	102723	5.7	95	3	0
Gasolio	96.6	415	708345	29.0	483	65	908
Legna e simili	234.6	4529	84034	469.3	39	1219	0
Olio comb. BTZ	7.5	10	57727	9.0	38	44	111

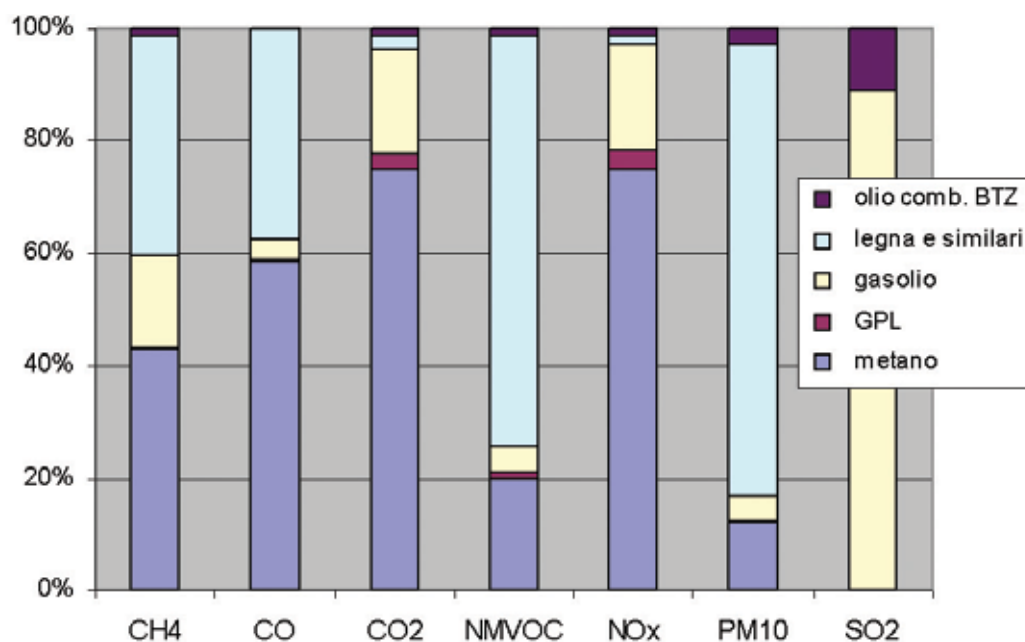


FIGURA 110: Riscaldamento civile: contributo dei diversi carburanti alle emissioni dei singoli inquinanti (2001).

Come si può facilmente osservare, la prevalenza di un combustibile rispetto ad un altro nelle emissioni da riscaldamento dipende dall'inquinante considerato; si può comunque dire che a causa della forte metanizzazione presente nell'area, tale combustibile risulta ricoprire una certa importanza per gran parte dei macroinquinanti. L'eccezione è rappresentata dai composti organici non volatili e dal particolato fine, per i quali il contributo più importante è dato dalla combustione a legna, e dal biossido di zolfo, legato per oltre il 90% all'utilizzo del gasolio.

Quanto alla distribuzione spaziale di tali contributi, ci si può riferire alle figure 111 e 112, riferite ai dati di inventario su base comunale sull'intero territorio provinciale.

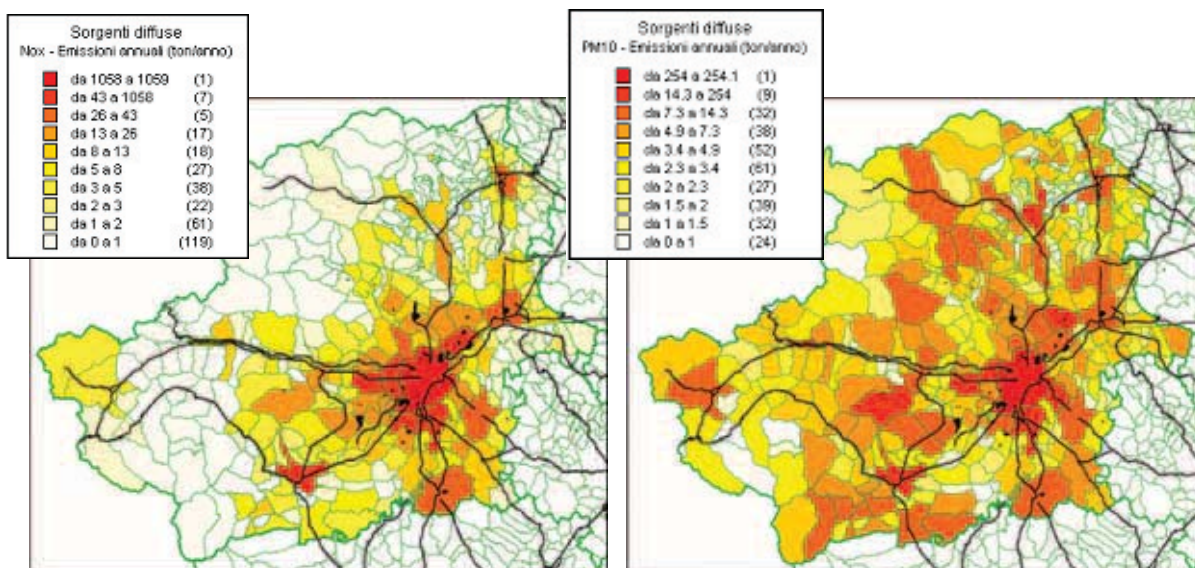


FIGURA 111: Emissioni comunali di NO_x e PM₁₀ (t/anno) relative al macrosettore 2 (2001).

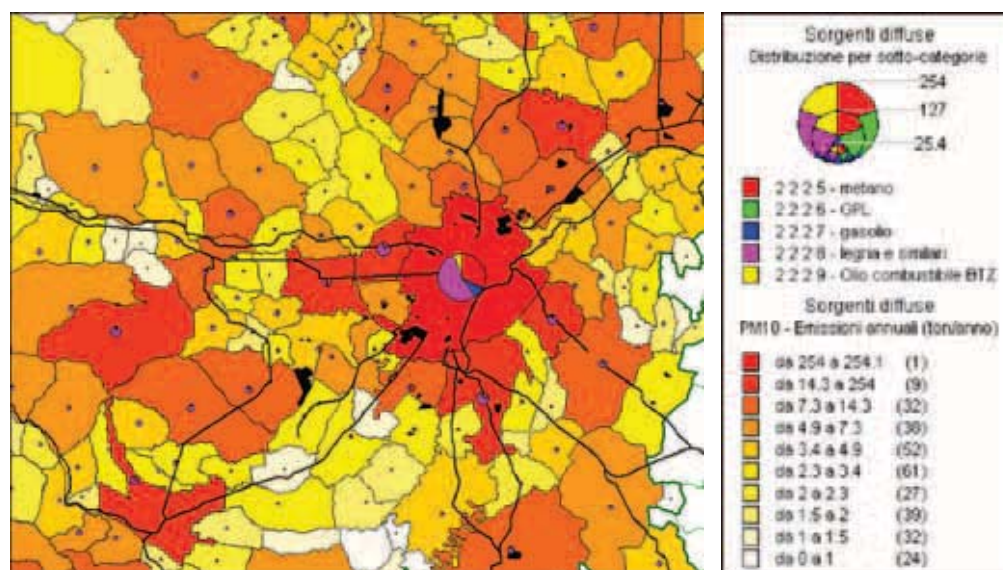


FIGURA 112: Emissioni comunali di PM₁₀ (t/anno) del macrosettore 2: contributo dei diversi carburanti nell'area torinese (2001).

Dall'osservazione della figura 112 si evince come un combustibile come la legna risulti la fonte prevalente di emissioni di particolato fine anche in zone antropizzate, anche se queste stime soffrono di una certa dose di incertezza, dovuta essenzialmente alla variabilità del fattore di emissione relativo alla legna (in letteratura i valori variano da circa 190 ad oltre 1500 g GJ⁻¹) e alla possibile presenza all'interno del comparto "legna e similari" di altri combustibili, quali, ad esempio, il carbone.

Quanto al contributo del riscaldamento rispetto al resto delle sorgenti, valgono le seguenti considerazioni. Dai dati dall'Inventario Regionale del 2001, si evince che nella Provincia di Torino il riscaldamento domestico (classe SNAP 020202) contribuisce per circa il 15% alle emissioni di PM₁₀ e per il 6% circa a quelle di NO_x; le percentuali relative al 1997, erano rispettivamente il 12% ed il 5%.

Sulla base di quanto detto fino ad ora, può risultare di interesse stimare il potenziale dato dall'ipotesi di sostituzione completa dei combustibili più inquinanti (gasolio ed olio combustibile) in favore del metano, indipendentemente da come essa venga poi messa in atto.

Tale stima è stata effettuata sulla base dei dati presenti nell'inventario e dei fattori di emissione utilizzati per la sua realizzazione, ipotizzando una sostituzione completa dei combustibili in questione. Tale sostituzione, sull'intera provincia, porterebbe per il settore riscaldamento ad emissioni pari a circa il 95% dei valori del 2001, sia per gli ossidi di azoto, sia per il particolato fine. La relativamente modesta incidenza di un'ipotesi del genere è causata dal tasso di metanizzazione nell'area, già particolarmente elevato.

CONCLUSIONI

La legislazione europea richiede che la valutazione della qualità dell'aria su base annuale sia il risultato dell'utilizzo congiunto delle informazioni provenienti dalle reti di monitoraggio, dagli inventari delle emissioni e dai modelli di simulazione. Un approccio di questo tipo è stato seguito con questo studio per la Provincia di Torino, relativamente all'intero suo territorio ma focalizzando l'attenzione sull'area intorno ad Ivrea.

Le mappe annuali delle concentrazioni al suolo degli inquinanti di maggior interesse (NO_2 e PM_{10} primario) sono state ottenute mediante un sistema di simulazione euleriano, applicato a due domini innestati: uno "locale", che copre l'eporediese con una risoluzione di 500 m, ed uno "provinciale", che copre l'intero territorio con una risoluzione di 2 km. Tale soluzione ha consentito sia di analizzare con sufficiente dettaglio i fenomeni nell'area di Ivrea, sia di fornire il contesto di più ampia scala alle valutazioni locali.

Gli input meteorologici alle simulazioni (campi tridimensionali di vento e temperatura, e grandezze descrittive della turbolenza atmosferica, tutti su base oraria e per un intero anno) sono stati messi a punto su entrambi i domini di calcolo tramite codici diagnostici, combinando i dati sinottici con quelli locali e tenendo conto della conformazione dei rilievi. Quanto alle emissioni di inquinanti, sono state utilizzate diverse fonti: le emissioni da traffico sulla rete locale sono state stimate utilizzando la metodologia europea a partire dai flussi di traffico ricostruiti dalla Provincia mediante un modello di assegnazione dei flussi; per le rimanenti fonti emissive ed il resto della provincia sono stati invece utilizzati i dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni, opportunamente disaggregati nel tempo e nello spazio, ed integrati per le sorgenti puntuali nell'eporediese con informazioni di dettaglio in possesso della Provincia.

Per la dispersione degli inquinanti in atmosfera è stato quindi applicato il modello FARM, alimentato dai dati meteorologici ed emissivi per l'intero anno prescelto. I due domini sono stati simulati contemporaneamente in modalità one-way nesting, considerando gli NO_x ed il PM_{10} primario come traccianti inerti; le concentrazioni di NO_2 sono state poi stimate sulla base di una relazione semiempirica, ricavata a partire dai dati misurati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

I campi delle statistiche delle concentrazioni simulate (medie e percentili) sono state quindi confrontate con i valori corrispondenti rilevati alle stazioni di misura, dimostrando la capacità del sistema di riprodurre sia i livelli assoluti (in termini di livelli medi annuali ed occorrenza dei picchi), sia le caratteristiche spaziali dei fenomeni. Dal confronto è emerso chiaramente come l'accordo tra simulazione e realtà sia migliore per le stazioni localizzate in aree relativamente omogenee, siano esse di tipo rurale o urbano.

Lo studio condotto, in sintesi, ha mostrato la possibilità di utilizzare un sistema modellistico tridimensionale per una valutazione diretta della qualità dell'aria su base annuale. Rispetto ad approcci più semplici, ha evidenziato la possibilità di riprodurre i valori assoluti e le caratteristiche spaziali dei campi di concentrazione, fornendo un quadro consistente con le caratteristiche topografiche e la distribuzione delle attività umane nell'area. È stato inoltre mostrato il miglioramento dato dall'utilizzo di due domini di simulazione innestati: sebbene i campi calcolati alle due risoluzioni siano consistenti sull'area di sovrapposizione, il massimo locale nell'area di Ivrea è correttamente rappresentato solo alla risoluzione maggiore.

In una fase ulteriore il sistema è stato utilizzato per una serie di valutazioni utili alla messa a punto delle politiche di controllo della qualità dell'aria, attraverso la stima dell'incidenza di gruppi di sorgenti di particolare interesse e di possibili scenari emissivi futuri. L'incidenza sul territorio di ciascuno di questi elementi è stata valutata tramite una simulazione specifica, condotta su base annuale.

Ne risulta come nel Comune di Ivrea e nelle aree circostanti sia prevalente il contributo delle sorgenti 'locali'; all'interno di queste, l'autostrada risulta la sorgente prevalente solo in una fascia di qualche chilometro attorno all'asse del tracciato, mentre al di fuori, e nella maggior parte delle

aree abitate, il contributo prevalente è invece dato dal traffico locale (urbano e non). Il traffico nel suo complesso (nell'eporediese come nel resto della Provincia) è comunque il maggior responsabile dei livelli di concentrazione. L'unica differenza per il particolato primario è da registrarsi in corrispondenza delle principali sorgenti industriali, dove il loro contributo può essere localmente dominante. Il contributo dato dal riscaldamento è invece concentrato sulle aree abitate, e presenta un forte carattere di stagionalità, passando dal 20% su base annuale al 30-35% nella stagione invernale.

Come scenario futuro di particolare interesse è stato analizzato nel dettaglio l'impatto sulle concentrazioni ambientali dell'evoluzione del parco veicolare all'anno 2008, considerando la legislazione corrente senza l'introduzione di nuove misure né di nuove tipologie di veicoli (fino dunque alla categoria Euro IV inclusa), e nell'ipotesi di una quota di diesel sui nuovi veicoli pari a quella attuale. Nel caso dell'NO₂ la variazione risultante sulle concentrazioni medie annuali, valutata rispetto al caso base, risulta compresa tra il 25 ed il 35% sui principali assi di scorrimento, e leggermente al di sopra del 20% in Ivrea, dove il limite di 200 µg m⁻³ sul 99.8° percentile risulterebbe rispettato. D'altro canto l'effetto sulle concentrazioni di PM₁₀ primario risulta pressoché trascurabile, pur considerando il miglioramento del parco, a causa della crescente incidenza dei veicoli diesel e delle relative norme al momento in vigore.

Quanto al riscaldamento degli edifici (che su base emissiva contribuisce in misura pari al 6% ed al 15% delle emissioni di NO_x e PM₁₀ dell'intera provincia, è stato stimato il margine potenziale di miglioramento dato dall'ipotesi di sostituzione completa dei combustibili più inquinanti (gasolio ed olio combustibile) in favore del metano. Tale sostituzione, sull'intera provincia, porterebbe ad emissioni per il settore riscaldamento pari a circa il 95% dei valori del 2001, sia per gli ossidi di azoto, sia per il particolato fine. La relativamente modesta incidenza di un ipotesi del genere è causata dal tasso di metanizzazione nell'area, già particolarmente elevato.

Si ringrazia la Regione Piemonte (Direzione Tutela e Risanamento Ambientale, Programmazione e Gestione Rifiuti, Settore Risanamento Acustico ed Atmosferico) per la messa a disposizione dei dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni relativo all'anno 2001, utilizzati nell'analisi del contributo del comparto del riscaldamento degli edifici.

Il testo e le elaborazioni contenuti nel presente capitolo sono a cura dei Dott. Giuseppe Calori, Sandro Finardi, Alessandro Nanni e Paola Radice (Arianet s.r.l.).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ARIA Technologies (1999) Guide utilisateur pour la réalisation d'un inventaire d'émissions à partir des modules de "Emission Manager". Rapport ARIA/99.043, Juin 1999.
- ARIA Technologies (2001) MINERVE wind field model - General design manual - Version 7.0.
- Calori G. (2003) EMMA (EMGR/make) - User's guide - Version 3.2. ARIANET R2003.16, Milano, Dicembre 2003.
- Calori G., Silibello C. (2004) FARM (Flexible Air quality Regional Model) Model formulation and user manual - Version 2.2. ARIANET R2004.04, Milano, Marzo 2004.
- Carmichael G. R., Peters L. K., Saylor R. D. (1991) The STEM-II Regional Scale Acid Deposition and Photochemical Oxidant Model-I. An Overview of Model Development and Applications. *Atmos. Environ.*, **25A**, 10, 2077-2090.
- Carmichael G.R., Peters L.K., Kitada T. (1986) A second generation model for regional scale transport / chemistry / deposition. *Atmos. Environ.*, **20**, 173-188.
- Carmichael, G. R., Uno I., Phadnis M. J., Zhang Y. and Sunwoo, Y. (1998) Tropospheric ozone production and transport in the springtime in east Asia. *J. Geophys. Res.*, **103**, 10649-10671.
- Derwent R.G., Middleton D.R. (1996) An empirical function for the ratio NO_2/NO_x . *Clean air* **26**, No. 3/4, 57-60.
- Dixon J., Middleton D.R., Derwent R.G. (2000) Using measurements of nitrogen oxides to estimate the emission controls required to meet the UK nitrogen dioxide standard. *Environmental monitoring and assessment* **65**, 3-11.
- Finardi S. (2003) Costruzione di una base dati meteorologici sulla Provincia di Torino con l'ausilio di modellistica numerica. ARIANET R2003.12, Milano, Giugno 2003.
- IIASA (2001) "RAINS-Europe Homepage". <http://www.iiasa.ac.at/~rains/home.html>
- Lohmeyer A., Lambrecht U., Peranic Z., Boesinger R. (2002) Validation of vehicle road PM_{10} emission models by the Karlsruhe PM validation data set and the results of the regular german state monitoring station. Proc. 8th Conf. on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 14-17 October, Sofia.
- Nanni A., Radice P. (2003) Manuale del programma TREFIC, versione 3.0, ARIANET R2003.12.
- Ntziachristos L., Samaras Z. (2000) COPERT III computer programme to calculate emissions from road transport - Methodology and Emission Factors (version 2.1). Technical Report No 49, European Environmental Agency.
- Provincia di Torino e ARPA Piemonte (2003) Piano di risanamento acustico delle strade provinciali - Sistema di Qualità V 1.1. - Relazione Descrittiva. R_SQ_PRA_2_03_PvTrn, Torino, Agosto 2003.
- Provincia di Torino e ARPA Piemonte (2004) Uno sguardo all'aria - 2003. Torino, Aprile 2004.
- Provincia di Torino e IRTECO (2001) Studi di traffico nell'area eporediese - Rapporto conclusivo - Vol. 1. A cura di Villa M., Oliveri G., Prato C., Villa A.; Torino, Aprile 2001.
- Silibello C., Finardi S., Calori G. (2003) SURFPRO (SURrface-atmosphere interFace PROcessor) - User's guide. ARIANET R2003.14, Milano, Settembre 2003.
- Simpson D., Fagerli H., Jonson J.E., Tsyro S., Wind P., Tuovinen J.-P. (2003) Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe - PART I: Unified EMEP Model Description. EMEP Report 1/2003

Finito di stampare nel mese di giugno 2005
presso Ages Arti Grafiche - Torino



Via Valeggio, 5 - 10128 Torino

