



PROVINCIA
DI TORINO

PIEMONTE
Arpa
Agenzia Regionale
per la Protezione Ambientale

Uno
Sguardo
all'aria



2005



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

Anno 2005



Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria

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.

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

ARPA Dipartimento di Torino:

V. Sciortino.

ARPA Area Attività Regionali per l’indirizzo e il coordinamento in materia ambientale:

E. Vincenzino, V. Zullian, G. Prano, C. Duretti, S. Dignani.

PRESENTAZIONE	5
PREFAZIONE	6
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2005	7
GENNAIO E FEBBRAIO 2005	7
MARZO 2005	9
APRILE 2005.....	10
MAGGIO E GIUGNO 2005	11
LUGLIO 2005.....	13
AGOSTO E SETTEMBRE 2005.....	14
OTTOBRE 2005.....	16
NOVEMBRE E DICEMBRE 2005	17
LA NORMATIVA IN MATERIA DI QUALITÀ DELL'ARIA	25
PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI	32
LA RETE DI MONITORAGGIO OPERANTE SUL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI TORINO	34
MONOSSIDO DI CARBONIO	40
DESCRIZIONE.....	40
DANNI CAUSATI	40
METODO DI MISURA	40
ESAME DEI DATI	40
BIOSSIDO D'AZOTO	44
DESCRIZIONE.....	44
DANNI CAUSATI	44
METODO DI MISURA	44
ESAME DEI DATI	44
BIOSSIDO DI ZOLFO	49
DESCRIZIONE.....	49
DANNI CAUSATI	49
METODI DI MISURA	49
ESAME DEI DATI	50
OZONO	53
DESCRIZIONE.....	53
DANNI CAUSATI	53
METODO DI MISURA	53
ESAME DEI DATI	53
BENZENE	60
DESCRIZIONE.....	60
DANNI CAUSATI	60
METODO DI MISURA	60
ESAME DEI DATI	60
PIOMBO	62
DESCRIZIONE.....	62
DANNI CAUSATI	62

METODO DI MISURA	62
ESAME DEI DATI	62
PARTICOLATO SOSPESO	64
DESCRIZIONE.....	64
DANNI CAUSATI	64
METODO DI MISURA	64
ESAME DEI DATI	65
Frazione PM10 e PM2,5	65
Particelle sospese totali.....	71
LA STAZIONE MOBILE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA	77
ANALISI DEI DATI METEOROLOGICI	90
PREMESSA	90
ELABORAZIONI DEI DATI RILEVATI.....	91
Sistemi di rilevamento	91
Elaborazione dei dati di velocità e direzione del vento.....	92
Elaborazione dei dati di pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni....	98
EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE	106
I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE	106
L'EMISSIONE DI PARTICOLATO IN ATMOSFERA	107
LE TECNOLOGIE PIÙ PULITE	108
IL PARCO VEICOLARE IN PROVINCIA DI TORINO.....	109
LA QUALITÀ DELL'ARIA NEL COMUNE DI CARMAGNOLA - ANALISI DI SCENARI	115
INTRODUZIONE	115
QUADRO EMISSIVO	118
Sorgenti da traffico sulla rete locale.....	118
Altre sorgenti	122
Predisposizione dell'input al modello.....	125
Scenari Emissivi	129
SIMULAZIONI MODELLISTICHE DI DISPERSIONE.....	131
Simulazioni Effettuate	131
Ricostruzione meteorologica	132
RISULTATI	135
Scenario attuale	135
Impatto di scenari emissivi futuri sulle concentrazioni	144
CONCLUSIONI.....	147
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	148

L'inquinamento atmosferico rappresenta sul territorio della provincia di Torino un problema di assoluta rilevanza. Da molti anni si osservano superamenti dei valori limite individuati dalla Comunità Europea per inquinanti quali le polveri sottili il biossido di azoto e l'ozono ma il 2005, in particolare per il PM10, rappresenta l'anno in cui i limiti entrano formalmente in vigore "ufficializzando" il superamento di tali soglie.

Il risanamento della qualità dell'aria deve dunque porsi fra le principali questioni dell'agenda politica prevedendo, attraverso un approccio multidisciplinare, azioni che interessino tutti i principali responsabili delle emissioni inquinanti. Occorre infatti inserire, sempre più incisivamente, la questione ambientale nelle scelte politiche di pianificazione e gestione del territorio, della viabilità, del trasporto pubblico, delle attività industriali e della produzione di energia. Tale percorso è imprescindibile in quanto, non disponendo di finanziamenti per interventi diretti e risolutivi, occorre porre molta attenzione ad orientare in modo corretto ed efficace tutte le risorse disponibili.

Perseguendo tali obiettivi l'11 ottobre 2005 è stato approvato dalla Giunta Provinciale il nuovo "*piano d'azione ex art 7 D.lgs. 4 agosto 1999 n. 351 per la riduzione del rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme stabilite dal D.M. 2 aprile 2002, n. 60*". Il piano individua, per ciascun comparto emissivo, le azioni più opportune per la riduzione dell'inquinamento ma soprattutto le autorità responsabili dell'attuazione dei provvedimenti e un'attività di reporting e di contabilità ambientale che consentirà di valutarne lo stato di attuazione. Si cerca quindi di fornire uno strumento con cui le singole amministrazioni possano valutare la propria "prestazione ambientale".

Nella definizione del piano d'azione sono inoltre individuate le attività legate all'informazione e alla comunicazione dei dati di qualità dell'aria. Si ritiene che la corretta e puntuale conoscenza della situazione dell'inquinamento atmosferico, rappresenti un elemento fondamentale sia per una corretta gestione del fenomeno da parte degli enti preposti, sia per una maggiore condivisione dei provvedimenti da parte della popolazione.

Vi invitiamo quindi alla lettura del rapporto "uno sguardo all'aria" confidando che possa risultare un efficace strumento di lavoro e un incentivo per un sempre maggiore impegno verso il miglioramento dell'ambiente in cui viviamo.

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

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

Le concentrazioni degli inquinanti registrate dalla rete di monitoraggio provinciale torinese nel corso del 2005 confermano che lo stato della qualità dell'aria nel nostro territorio è diviso tra luci ed ombre.

Le concentrazioni di alcuni inquinanti quali benzene, monossido di carbonio e anidride solforosa continuano a diminuire e sono tutte al di sotto dei limiti di legge; al contrario, le concentrazioni di biossido di azoto, del particolato fine e dell'ozono, non mostrano una chiara tendenza di decrescita e permangono superiori ai limiti di legge. I risultati ottenuti dimostrano che l'adozione di adeguate tecnologie, accompagnata da un quadro normativo e da un impegno politico-amministrativo che ne incentivi l'adozione, ha portato importanti benefici ambientali anche se il solo approccio tecnologico non è riuscito risolvere tutti i problemi.

Le principali fonti d'inquinamento hanno modificato il loro peso nel corso degli ultimi 40 anni; si è passati da un inquinamento di origine prettamente industriale e legato ai riscaldamenti domestici ad una situazione attuale in cui la fonte predominante è rappresentata principalmente dal traffico veicolare. L'inventario delle emissioni, sviluppato dalla Regione Piemonte, individua, sul nostro territorio, il trasporto su strada quale principale responsabile dell'inquinamento da ossidi di azoto e da PM10, con percentuali che per le aree urbane oscillano fra il 50% e il 60%. Le altre fonti significative sono i processi produttivi, la combustione per attività industriali, la produzione di energia elettrica e l'emissione degli impianti termici delle civili abitazioni.

Risulta pertanto prioritario definire provvedimenti di limitazione delle emissioni provenienti dal settore trasporti ma occorre anche agire sulle sorgenti industriali e sui riscaldamenti domestici, settori in cui l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Provincia di Torino ha competenze dirette.

Relativamente al settore industriale si è dato corso all'applicazione della normativa europea IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control). Nell'ambito di questa attività verranno rilasciate entro il mese di ottobre 2007 autorizzazioni integrate per i principali impianti esistenti (circa 150) e per quelli di nuova costruzione. Questa nuova autorizzazione (AIA) permetterà l'aggiornamento alle migliori tecniche disponibili in materia ambientale e consentirà un approccio integrato alla riduzione delle emissioni evitando il trasferimento dell'inquinamento da una matrice ad un'altra. Nel 2005 sono stati anche stanziati 1.200.000 Euro per incentivare, con contributi in conto capitale, la diffusione di impianti di riscaldamento e climatizzazione con basse emissioni in atmosfera e alto rendimento energetico.

Nel 2005 è stata istituita dal Ministero dell'Ambiente la Commissione Nazionale Emergenza Inquinamento Atmosferico, alla quale la Provincia di Torino ha partecipato attivamente coordinando il gruppo di lavoro n° 3 che si occupava della definizione delle misure non tecniche. La relazione conclusiva della commissione ha raccolto i contributi di tutti i gruppi di lavoro fornendo indirizzi sulle azioni prioritarie da attuare. In particolare i lavori della commissione identificano il trasporto come il settore prioritario su cui agire e quantificano in un miliardo di euro le risorse annuali necessarie per l'adozione di politiche efficaci individuando di conseguenza la necessità di un forte impegno da parte del governo nazionale.

**Il Direttore dell'Area Risorse Idriche e
Qualità dell'Aria**
Dott. Francesco Pavone

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 2005, è stata effettuata una breve caratterizzazione meteorologica dell’anno in esame, suddiviso nei periodi: Gennaio–Febbraio, Marzo, Aprile, Maggio–Giugno, Luglio, Agosto–Settembre, Ottobre, Novembre–Dicembre, raccogliendo insieme i mesi che hanno avuto configurazioni meteorologiche simili.

Nella caratterizzazione dei vari periodi temporali del 2005 vengono descritti sommariamente i seguenti parametri meteorologici: andamento delle temperature, delle precipitazioni e dell’altezza del geopotenziale in relazione ai valori climatologici. L’altezza del geopotenziale è un parametro meteorologico fondamentale per caratterizzare sinteticamente la configurazione meteorologica.

I valori climatologici presi in esame per quanto riguarda i dati puntuali misurati a terra sono relativi al periodo 1995–2004; 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 1957 al 2002 (noto come “archivio ERA40”). Anche se i periodi di riferimento sono diversi, l’analisi delle anomalie dei campi in quota permette di interpretare la fenomenologia dell’anno 2005.

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

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

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

GENNAIO E FEBBRAIO 2005

I primi mesi dell’anno 2005 sono stati caratterizzati dalla scarsità di precipitazioni che, iniziata già verso la fine dell’anno precedente (da Settembre a Dicembre 2004), si è acuita coi mesi di Gennaio e Febbraio 2005, quando una quasi totale assenza di precipitazioni sull’area torinese ha determinato una differenza relativa della pioggia mensile, rispetto al decennio di riferimento 1995-2004, di -94% a Gennaio 2005 e -97% a Febbraio 2005.

L’assenza di precipitazioni su tale lungo periodo è stata associata alla persistenza, sul nordovest italiano, di correnti prevalentemente nordoccidentali (figure 1 e 2): correnti che, provenendo da direzioni tipicamente più continentali e secche per il Piemonte, hanno reso esigue le precipitazioni sulla regione nella stagione invernale 2004-2005.

Il flusso nordoccidentale è stato mantenuto da un’area di alta pressione al largo delle coste atlantiche europee, che risulta evidente sia dalle carte di pressione in quota (figure 1 e 2), sia dalle carte di pressione al suolo di figura 3.

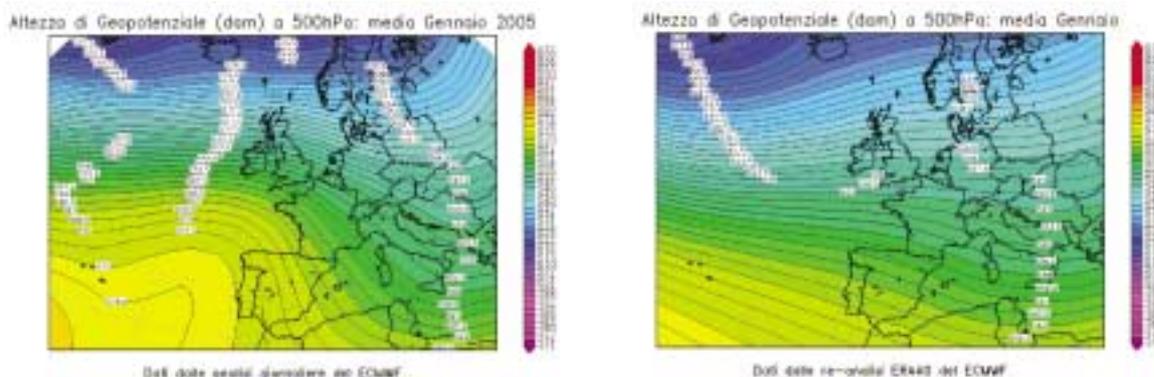


FIGURA 1: geopotenziale a 500 hPa del mese di Gennaio nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Gennaio nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Dalle mappe del geopotenziale relative ai mesi di Gennaio (figura 1) e Febbraio 2005 (figura 2), appare chiaro il promontorio anticiclonico al largo delle coste atlantiche del Portogallo (a Gennaio) e dell'Europa occidentale in genere (a Febbraio), in esatta corrispondenza delle isole Azzorre: tale anticiclone ha esercitato una forte azione di blocco alle perturbazioni atlantiche in arrivo verso l'ovest Europa e l'arco alpino occidentale, facendole scorrere a latitudini molto più settentrionali. L'anticiclone delle Azzorre, così forte nell'inverno 2005 (figure 1 e 2 – mappe a sinistra), sulla mappa climatologica (figure 1 e 2 - mappe a destra) non ha una forma così ben delineata e sfavorevole per l'arrivo di precipitazioni sull'arco alpino piemontese.

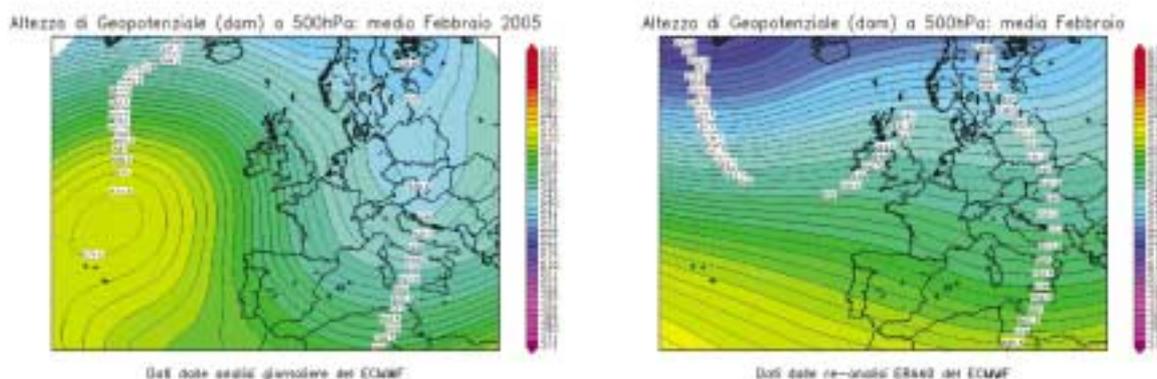


FIGURA 2: geopotenziale a 500 hPa del mese di Febbraio nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Febbraio nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Per il mese di Febbraio 2005 viene mostrata anche la carta della pressione al suolo (figura 3) per evidenziare anche al suolo la presenza dell'Anticiclone delle Azzorre sull'Atlantico ed il suo anomalo rafforzamento ed estensione verso nord rispetto alla climatologia. È notevole la differenza della configurazione meteorologica nel 2005 rispetto alla mappa climatologica: a Febbraio 2005 la depressione d'Islanda della mappa climatologica è del tutto assente.

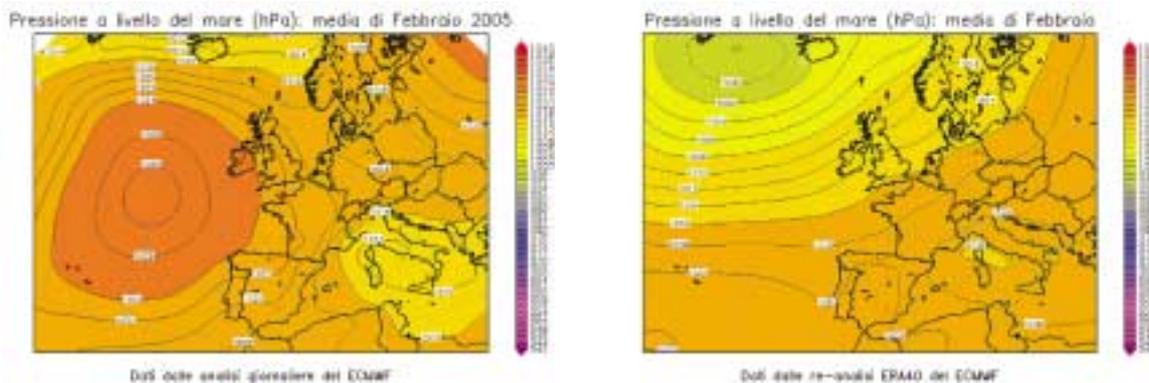


FIGURA 3: pressione a livello del mare del mese di Febbraio nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Febbraio nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Così, anche a Febbraio, il canale atlantico, che può portare le perturbazioni dall'Oceano verso l'Europa occidentale proprio grazie alla depressione d'Islanda, è rimasto chiuso: infatti non è stato registrato alcun giorno piovoso significativo sull'area torinese, ad esclusione di una debole nevicata nel giorno 28 Febbraio 2005.

Anche se la pressione su tutta l'Italia e l'Europa centrale in genere è stata più bassa della media (figure 2 e 3), il flusso dominante (che segue le linee del geopotenziale in quota: figura 2) sul nord-ovest italiano si è mantenuto dai quadranti settentrionali, con correnti tipicamente continentali e secche per la nostra regione. La maggiore discesa della saccatura polare sull'Europa centrale ed orientale (figura 2) ha avuto come unico effetto un maggiore apporto di aria fredda sull'Italia e su tutta l'Europa in genere (come si vede in figura 4). Infatti la differenza della temperatura media mensile registrata a Febbraio 2005, rispetto al decennio 1995-2004, a Torino è stata di $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

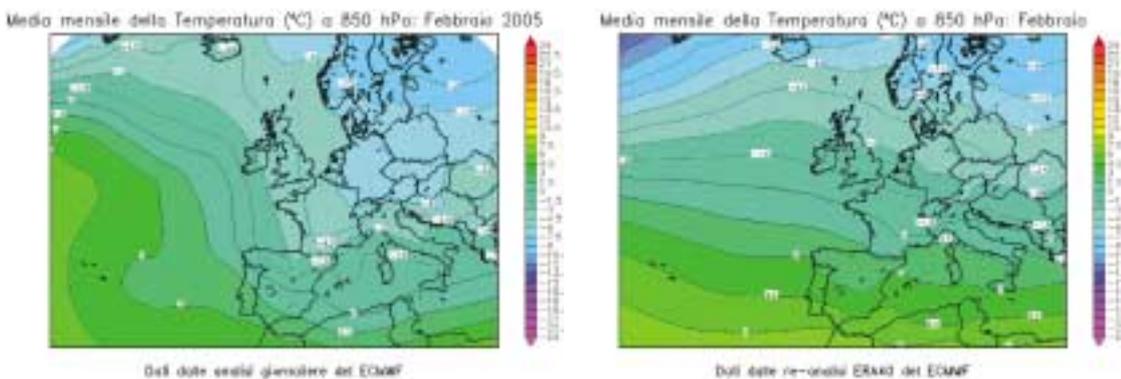


FIGURA 4: temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota) del mese di Febbraio nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Febbraio nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

MARZO 2005

La scarsità di precipitazioni si è mantenuta fino a gran parte del mese di Marzo, con il promontorio anticiclonico, sempre presente sulle coste atlantiche europee, che ha continuato ad ostacolare l'arrivo delle perturbazioni atlantiche sulla nostra regione.

In questa prolungata situazione di stabilità atmosferica e assenza di precipitazioni, con persistente flusso nordoccidentale, la stagione invernale è stata caratterizzata da alcuni giorni di foehn sul

Piemonte (tra Gennaio e Marzo), venti che scendono dalle Alpi verso vallate e pianure adiacenti proprio sotto la forzante di un intenso flusso nordoccidentale.

Con Marzo 2005 si è concluso un inverno che è stato generalmente freddo e asciutto.

Solo verso la fine del mese si sono avute le prime precipitazioni significative sul Piemonte.

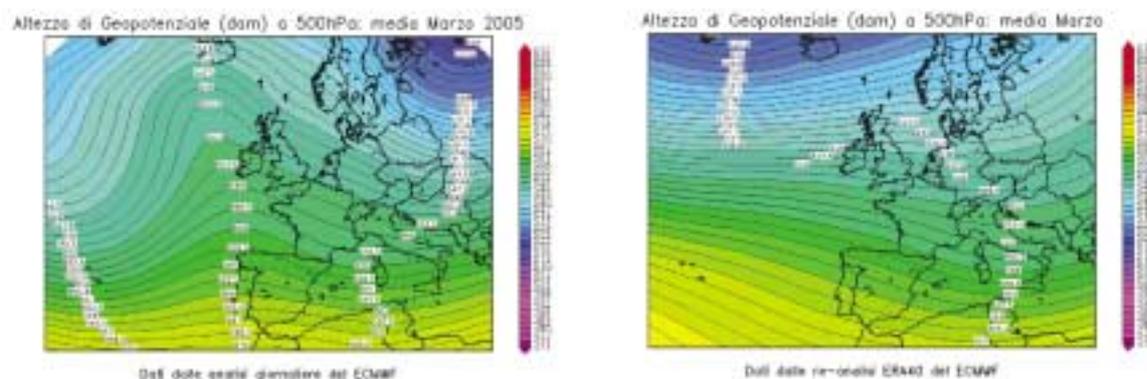


FIGURA 5: geopotenziale a 500 hPa del mese di Marzo nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Marzo nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

A partire da fine Marzo infatti, l'Anticiclone delle Azzorre si è attenuato rispetto ai mesi precedenti, come si vede dalla forma molto più smussata del promontorio anticiclonico sulle coste atlantiche europee in figura 5. Questo fenomeno ha così consentito una parziale riduzione del deficit di precipitazioni, in confronto ai picchi negativi estremi toccati in inverno. Anzi, le uniche precipitazioni occorse negli ultimi giorni del mese di Marzo 2005 sono state sufficienti a superare il valore medio del decennio di riferimento (1995-2004): 44 mm a Marzo 2005 rispetto a 24 mm di media. Purtroppo il valore medio di confronto, qui utilizzato, risente di un decennio (1995-2004) particolarmente secco e quindi, rende il confronto un po' fuorviante. Un valore climatologico calcolato su un periodo temporale più lungo (1913-2002) salirebbe subito a 57 mm, con una differenza tra 2005 e media climatologica ancora in difetto.

APRILE 2005

Ad Aprile, la pressione è diminuita sulle coste atlantiche europee e sull'Europa occidentale in genere, tornando a favorire l'ingresso delle perturbazioni oceaniche nel bacino del Mediterraneo. Dalle carte meteorologiche del geopotenziale (figura 6), si vede come il promontorio dell'Anticiclone delle Azzorre, che nella mappa climatologica sembra accennato al largo dell'Atlantico (figura 6 – mappa a destra), non compare più nella mappa di Aprile 2005 (figura 6 – mappa a sinistra). Anzi ad Aprile 2005 si osserva una bassa pressione intorno all'Islanda, più profonda ed estesa verso Isole Britanniche e Normandia rispetto alla climatologia.

L'assenza del blocco anticiclonico ed una maggiore estensione della depressione nord-atlantica hanno permesso un più facile ingresso alle perturbazioni atlantiche nel bacino del Mediterraneo, con un maggior apporto di precipitazioni. Sul Piemonte, le piogge si sono rivelate più alte della climatologia: le piogge registrate a Torino ad Aprile 2005 raffrontate alla media di riferimento sono più alte di quasi il 56%.

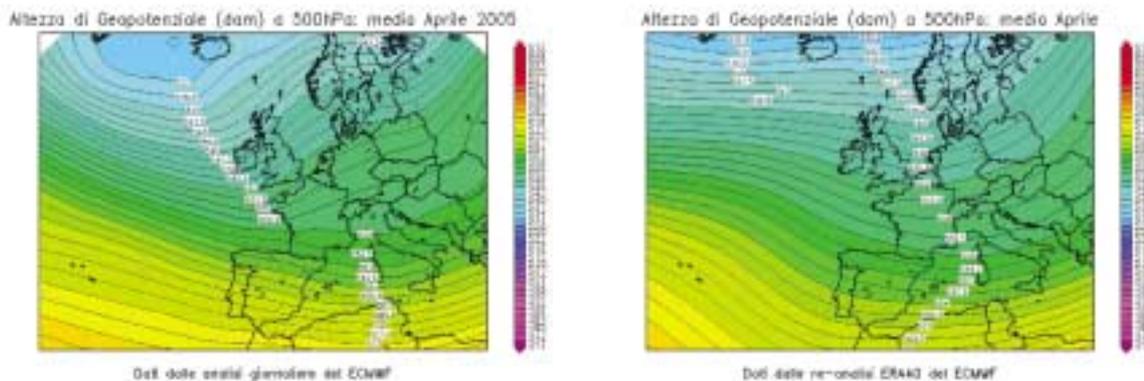


FIGURA 6: geopotenziale a 500 hPa del mese di Aprile nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Aprile nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Nella mappa della pressione al suolo di figura 7 si nota chiaramente una depressione d'Islanda più profonda ed estesa sul nordovest Europa, rispetto alla corrispondente climatologia. La depressione d'Islanda, più allungata verso sud ad Aprile 2005 rispetto alla climatologia, ha favorito precipitazioni superiori alla media in Piemonte.

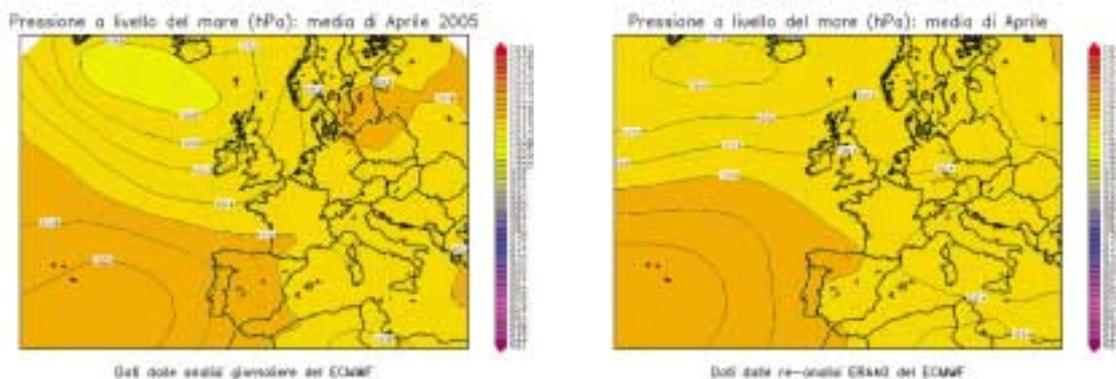


FIGURA 7: pressione a livello del mare del mese di Aprile nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Aprile nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

MAGGIO E GIUGNO 2005

A partire da Maggio 2005 è tornata una situazione di stabilità atmosferica con precipitazioni di nuovo inferiori alla media.

A differenza però di tutti mesi asciutti precedenti (con il blocco anticiclonico dell'Anticiclone delle Azzorre da fine 2004 a Marzo 2005), a Maggio e Giugno la causa della mancanza di precipitazioni è stata la presenza, sul Mediterraneo centro-occidentale, dell'anticiclone nordafricano. Dalle mappe meteorologiche di geopotenziale si nota infatti la presenza di un promontorio di alta pressione di origine africana: un'alta pressione che dal nord Africa si spinge sul Mediterraneo occidentale, coprendo dalla Penisola Iberica a quella Italiana (figura 8 – mappa a sinistra); la struttura è totalmente assente nella corrispondente mappa climatologica (figura 8 – mappa a destra).

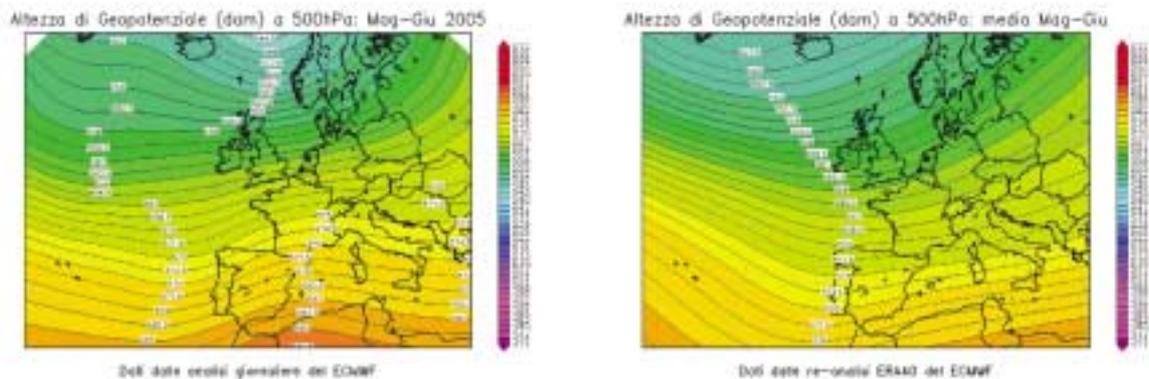


FIGURA 8: geopotenziale a 500 hPa dei mesi da Maggio a Giugno nell'anno 2005 (a sinistra) e dello stesso periodo bi-mensile nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Tale struttura di alta pressione nordafricana è stata responsabile sia della scarsità di precipitazioni sulla nostra regione sia dell'apporto di aria calda su tutta l'Europa meridionale. Infatti a Maggio e a Giugno si è osservato un caldo anomalo per il periodo, su tutto il bacino del Mediterraneo e sui paesi europei limitrofi (figura 9). La mappa presentata in figura 9 mostra che ad esempio l'isoterma di 12 °C, che, secondo la climatologia (mappa a destra) è posizionata alle latitudini di Sardegna e Calabria, nell'anno 2005 (mappa a sinistra) è salita fino al Piemonte.

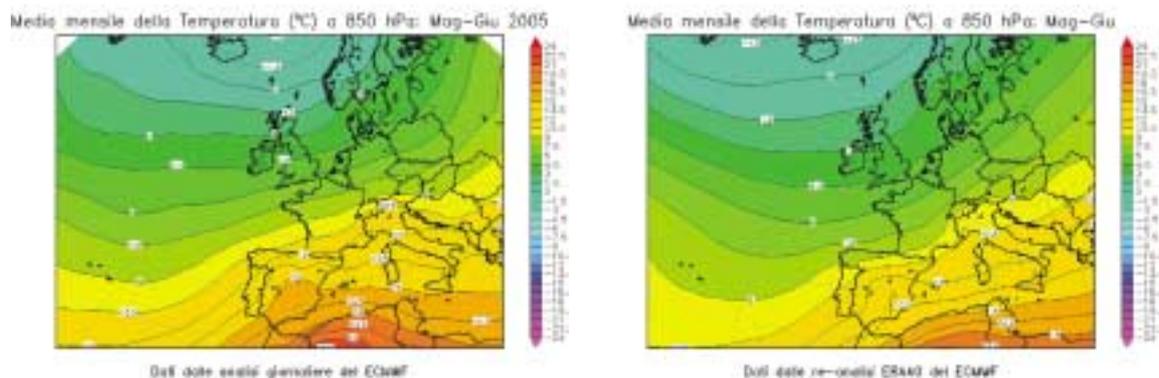


FIGURA 9: temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota) dei mesi da Maggio a Giugno nell'anno 2005 (a sinistra) e dello stesso periodo bi-mensile nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Le precedenti mappe meteorologiche (figure 8 e 9) sono riferite alla media calcolata su entrambi i mesi di Maggio e Giugno. Il fatto che il segnale riesca ad evidenziarsi anche su una media temporale relativa a due mesi è significativo della persistenza della configurazione meteorologica presente per tutto il lungo periodo.

Infatti a Giugno la situazione non è praticamente variata rispetto al mese di Maggio: anzi il promontorio di alta pressione di origine nordafricana presente su tutta l'Europa sudoccidentale si è ulteriormente rafforzato rispetto al mese precedente.

Dalla mappa della pressione in quota (figura 8) si evidenzia la presenza del promontorio nordafricano su Penisola Iberica, Francia e Mediterraneo occidentale (figura 8 – mappa a sinistra): struttura che non è presente nella corrispondente climatologia (figura 8 – mappa a destra). Rispetto alla climatologia è evidente la differente orientazione del flusso nel 2005, con le correnti sull'Italia provenienti dai quadranti nordoccidentali rispetto a quelle sudoccidentali della media climatologica.

La diversa orientazione del flusso, più continentale e secco da nordovest, è stata fondamentale per il mancato apporto di precipitazioni sul Piemonte, associato naturalmente anche al maggior rialzo di pressione per la presenza del promontorio anticiclonico nordafricano.

L'anticiclone nordafricano, oltre ad essere responsabile del deficit pluviometrico, ha inoltre mantenuto, su tutta l'Europa sudoccidentale e l'area Mediterranea occidentale, un'anomalia termica positiva, con prolungate ondate di caldo sub-tropicale che hanno determinato temperature superiori alla media del periodo su tutto il bacino centro-occidentale del Mediterraneo e sul territorio piemontese (figura 9).

La differenza delle temperature medie mensili registrate a Torino a Maggio e Giugno 2005, rispetto al decennio 1995-2004, è stata di quasi +1,5 C.

LUGLIO 2005

Il mese di Luglio 2005, secondo i dati misurati a Torino, rispetto al decennio utilizzato come riferimento (1995-2004), è stato lievemente più caldo (+0,6 C) e leggermente più piovoso (+4,5 %), ma le differenze rispetto alla climatologia sono molto contenute.

Infatti, il confronto delle mappe meteorologiche non mostra differenze eclatanti a livello della pressione in quota (figura 10).

Si può identificare un maggiore pronunciamento della saccatura atlantica al largo delle coste occidentali della Penisola Iberica. Questo ha permesso un più facile ingresso alle perturbazioni atlantiche nel bacino del Mediterraneo. Tale fenomeno si è verificato soprattutto nella seconda parte del mese, quando si sono avute maggiori precipitazioni frontali, portate cioè da perturbazioni atlantiche.

Secondariamente si può notare un maggior avvicinamento della saccatura nordica dall'Europa settentrionale (Scandinavia e Mare del Nord) verso quella centrale (visibile su Normandia, Belgio e sud della Germania). Questo ha mantenuto una depressione alquanto stazionaria sull'Italia centrale (figura 11), che ha determinato lo sviluppo di rovesci temporaleschi convettivi per alcuni giorni consecutivi nella prima metà del mese (dal 7 al 13 Luglio).

Con questo maggior riallineamento della configurazione meteorologica alla climatologia media, dopo i mesi insolitamente caldi e asciutti di Maggio e Giugno, a Luglio 2005 le precipitazioni sono tornate a cadere sulla regione ed il caldo si è riportato su valori più vicini alla norma.

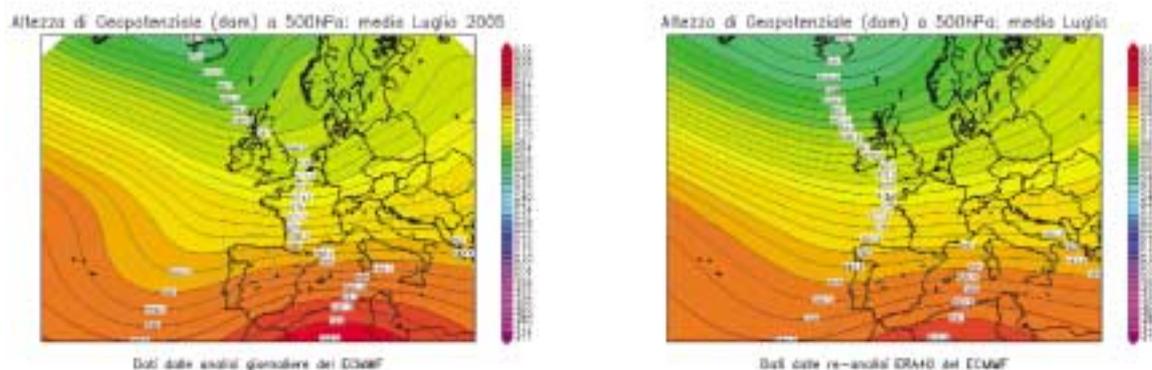


FIGURA 10: geopotenziale a 500 hPa del mese di Luglio nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Luglio nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

A livello del suolo (figura 11) la mappa meteorologica evidenzia, sia sull'Africa del nordovest sia sull'Europa e l'Italia centrale, in particolare sul vicino Mar Ligure, una pressione relativamente più bassa della climatologia che può influenzare lo sviluppo delle precipitazioni sulla nostra regione.

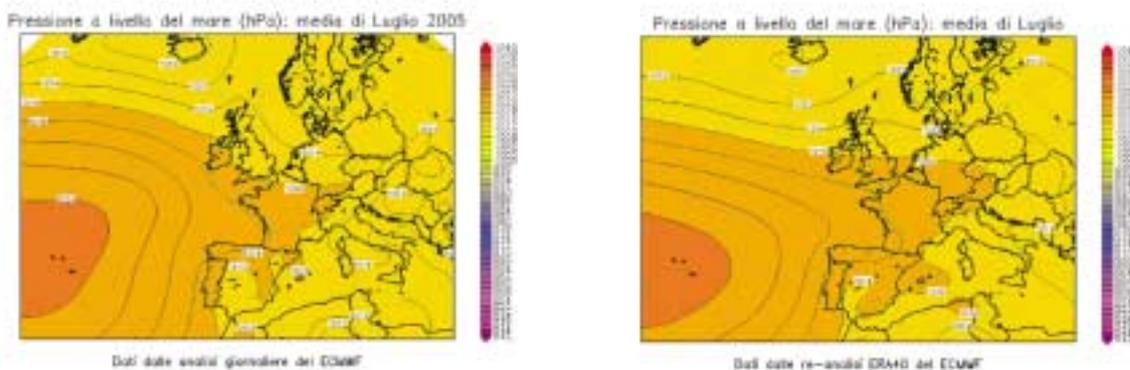


FIGURA 11: pressione a livello del mare del mese di Luglio nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Luglio nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Il minimo di pressione a livello del mare, presente sia sull'Italia centrale sia sul Mediterraneo occidentale e sull'Africa del nordovest, può venire verosimilmente associato anche ad un maggior rialzo termico nei bassi strati rispetto alla climatologia (figura 12), a causa dell'anticiclone nordafricano fortemente presente su quell'area, più marcatamente della climatologia (figura 10).

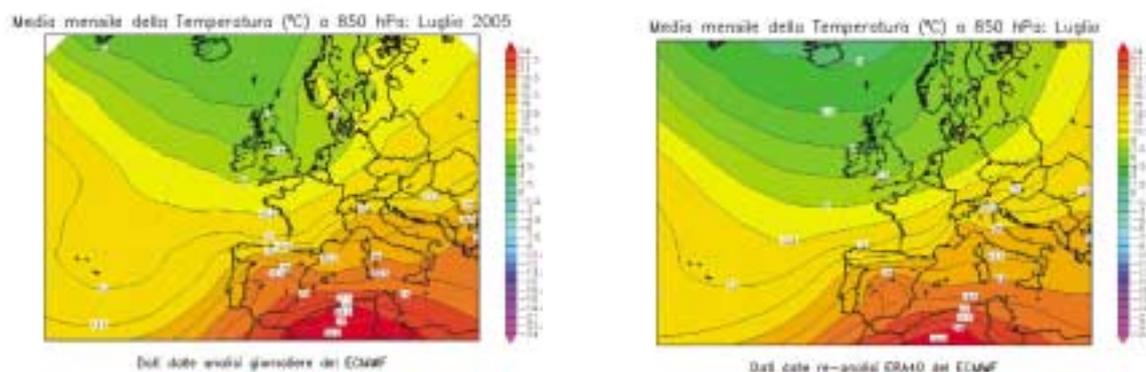


FIGURA 12: temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota) del mese di Luglio nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Luglio nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

AGOSTO E SETTEMBRE 2005

Sia Agosto che Settembre hanno avuto una configurazione meteorologica che, rispetto alla climatologia, mostra una saccatura nordica più estesa verso sud, dal nord Europa al bacino centrale del Mediterraneo. La mappa del geopotenziale in quota (figura 13) evidenzia infatti come la pressione sia stata più bassa della media sulla parte centrale del sud Europa, proprio in corrispondenza della penisola italiana, con un'onda depressionaria che si è formata dai Pirenei ai Balcani. Anche alle elevate latitudini settentrionali la depressione d'Islanda risulta più profonda (e quindi più attiva) della climatologia. Questa conformazione del geopotenziale consente un più facile ingresso alle perturbazioni nord-atlantiche nel bacino del Mediterraneo, con ripetuti impulsi perturbati che hanno investito a più riprese il Piemonte.

Infatti, nell'arco dei due mesi, frequenti sono stati sia gli ingressi di basse pressioni dall'Atlantico verso la Penisola Iberica e quindi il bacino del Mediterraneo, sia le discese di saccature dal nord Europa verso l'Italia. Conseguentemente si sono avuti numerosi giorni piovosi sul Piemonte.

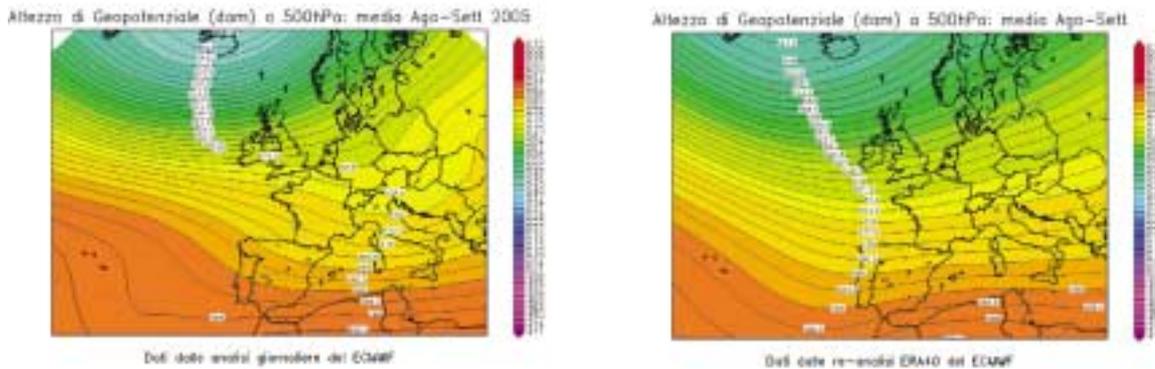


FIGURA 13: geopotenziale a 500 hPa dei mesi da Agosto a Settembre nell'anno 2005 (a sinistra) e dello stesso periodo bi-mensile nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Inoltre il flusso nord-atlantico, più aperto sul bacino del Mediterraneo, ha anche consentito un'attenuazione del caldo africano, tipico del periodo estivo in Italia. Infatti, mentre in questi due mesi il caldo è stato più inenso della media sull'Atlantico in corrispondenza delle Azzorre e sull'Europa nord-orientale, la temperatura è stata lievemente inferiore alla media climatologica sull'Europa meridionale e sul bacino del Mediterraneo (figura 14). Questo fenomeno si può attribuire all'intrusione di aria più fresca e instabile, dal nord Atlantico (dall'Islanda) verso il sud dell'Europa ed il bacino centrale del Mediterraneo.

Ad Agosto 2005 la temperatura media mensile misurata a Torino è stata di 1,2 °C inferiore alla media di riferimento del decennio 1994-2005.

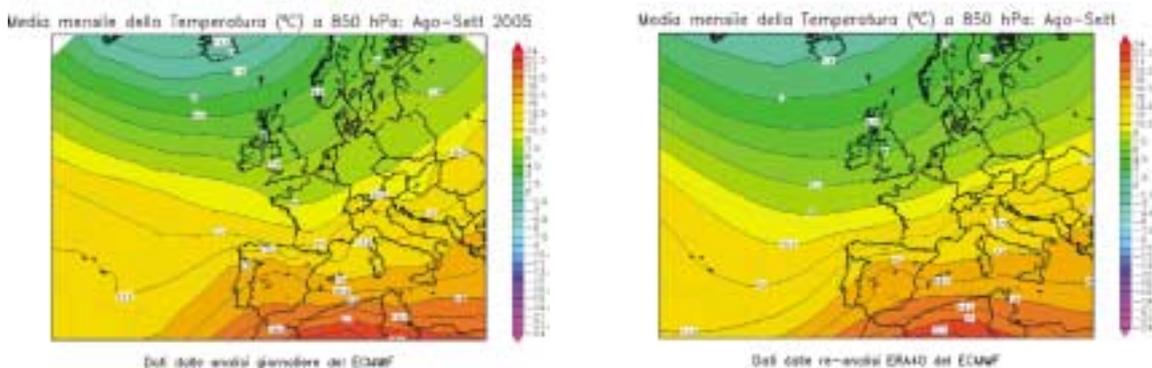


FIGURA 14: temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota) dei mesi da Agosto a Settembre nell'anno 2005 (a sinistra) e dello stesso periodo bi-mensile nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

La forma piuttosto stretta e "piccata", in corrispondenza dell'Europa centrale, sia dell'area di bassa pressione (figura 13) sia dell'intrusione fredda (figura 14), ha causato un moto delle perturbazioni nord-atlantiche quasi più latitudinale che longitudinale, con strutture depressionarie che spesso si infiltravano da nord verso sud (dal nord Europa verso il Tirreno), invece del più normale moto trasversale da ovest verso est.

Questo da una parte può essere indice di un comportamento piuttosto attivo dell'atmosfera, con evoluzioni molto brusche del tempo meteorologico (così come in effetti è stato quello che si è verificato sull'Italia nell'estate-autunno 2005), a causa di impulsi freddi perturbati che, provenendo da latitudini molto settentrionali, sono riuscite a spingersi a fondo verso sud, con moto quasi solo latitudinale. D'altra parte una depressione così localizzata sul sud dell'Europa ed il bacino centrale del

Mediterraneo (in mezzo alle due alte pressioni sul lontano medio-Atlantico (Azzorre) da una parte e sulla Russia dall'altra) è rimasta spesso bloccata dall'area anticiclonica di alta pressione sull'Europa nord-orientale (a nord-nordest dei Balcani), che ne ha ostacolato il moto longitudinale verso est, con una situazione di blocco meteorologico. Infatti nell'arco dei due mesi spesso si sono avute strutture depressionarie in moto retrogrado da est verso ovest, che hanno stazionato a lungo sulla parte centro-meridionale dell'Europa.

Questa configurazione ha favorito numerosi eventi di precipitazione nel periodo di fine estate ed inizio autunno sul Piemonte, con sistemi nuvolosi che sono rimasti bloccati ad interessare a più riprese la penisola italiana.

A Settembre 2005 la pioggia cumulata mensile è stata il 58% in più rispetto media di riferimento del decennio 1994-2005.

OTTOBRE 2005

Il mese di Ottobre non mostra differenze eclatanti rispetto al decennio di riferimento, per i parametri meteorologici misurati a Torino, calcolati come media mensile.

Tuttavia le configurazioni meteorologiche occorse a Ottobre 2005 hanno avuto le loro peculiarità e differenze rispetto alla climatologia di riferimento.

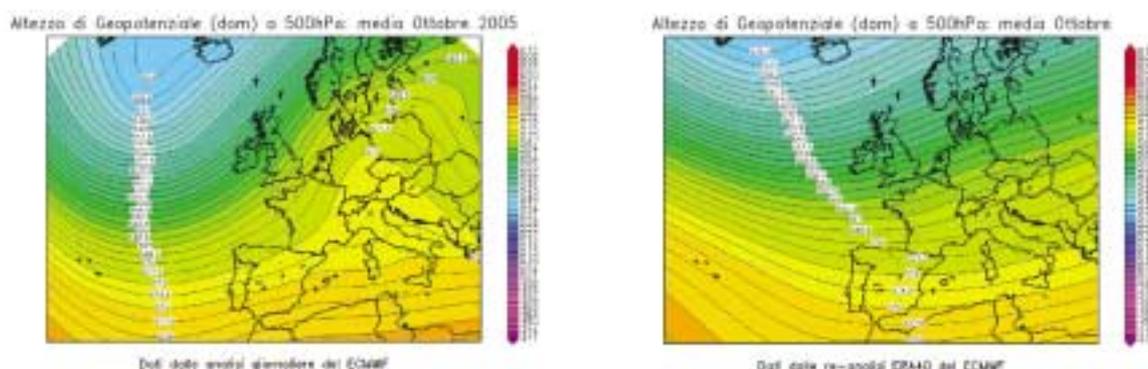


FIGURA 15: geopotenziale a 500 hPa del mese di Ottobre nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Ottobre nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Le mappe di pressione sia in quota (figura 15) sia al suolo (figura 16) mostrano una profonda depressione sulle coste atlantiche europee, che ha mantenuto un flusso marcatamente meridionale o sudoccidentale sull'Europa occidentale, favorendo instabilità e precipitazioni su quell'area.

Soprattutto nella prima metà del mese, le perturbazioni atlantiche sono riuscite ad entrare anche nel bacino del Mediterraneo occidentale, apportando precipitazioni sul Piemonte.

Allo stesso tempo però, un promontorio di alta pressione in quota presente sull'Italia, esteso dal Mediterraneo all'Europa centrale (figura 15), ed una alta pressione al suolo sull'Europa orientale (figura 16) hanno in parte mantenuto condizioni di maggiore stabilità rispetto al resto dell'Europa occidentale: infatti a livello regionale, le piogge sono state superiori alla media sul sud del Piemonte ma inferiori alla media al centro e al nord della regione.

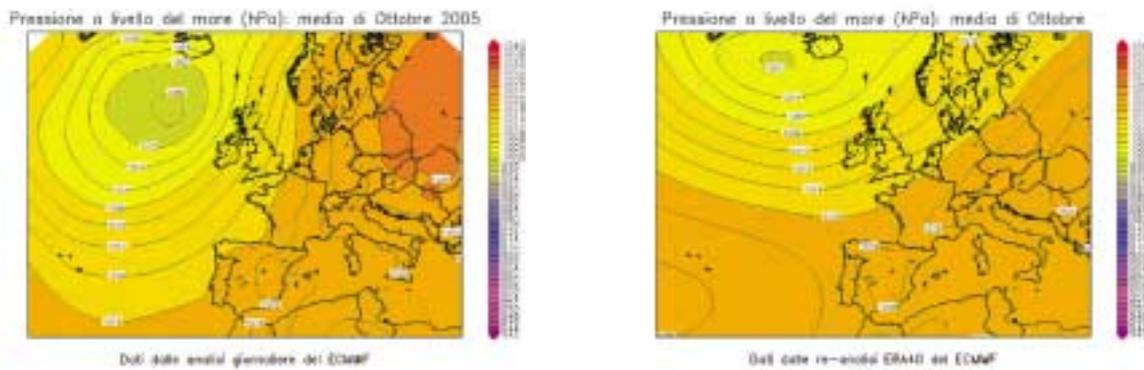


FIGURA 16: pressione a livello del mare del mese di Ottobre nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Ottobre nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

La figura 16 mostra come la pressione sull'Italia sia stata più alta della media climatologica anche al suolo, a causa di una vasta zona di alta pressione sull'Europa orientale. Questa configurazione meteorologica è stata corresponsabile (insieme all'alta pressione in quota) della situazione di stabilità atmosferica sul Piemonte ed ha favorito anche frequenti episodi di nebbia, specialmente nella seconda metà del mese. Inoltre, l'alta pressione al suolo localizzata in quella posizione ha mantenuto per parecchi giorni venti orientali nei bassi strati, che hanno alimentato uno strato di nubi basse che a loro volta hanno coperto le pianure del Piemonte per gran parte del mese.

Di conseguenza, la temperatura media mensile registrata a Torino è stata lievemente inferiore alla media del decennio 1995-2004, a causa della presenza sulla Pianura Padana sia delle correnti orientali nei bassi strati (tipicamente fredde, perché portano aria continentale poco temperata dall'est Europa), sia della prolungata copertura nuvolosa.

La mappa di temperatura di figura 17 è rappresentativa delle correnti orientali, che sono state persistenti nel mese di Ottobre sulla Pianura Padana. Infatti, mentre da una parte, sull'ovest Europa e fino a nord delle Alpi, si nota il rialzo termico associato al flusso meridionale su quell'area, dall'altra parte, sull'Italia del nord al di qua delle Alpi, la zona di aria fredda concorda con l'ipotesi dei venti orientali che dall'Europa dell'est hanno portato aria fredda continentale sulla Pianura Padana.

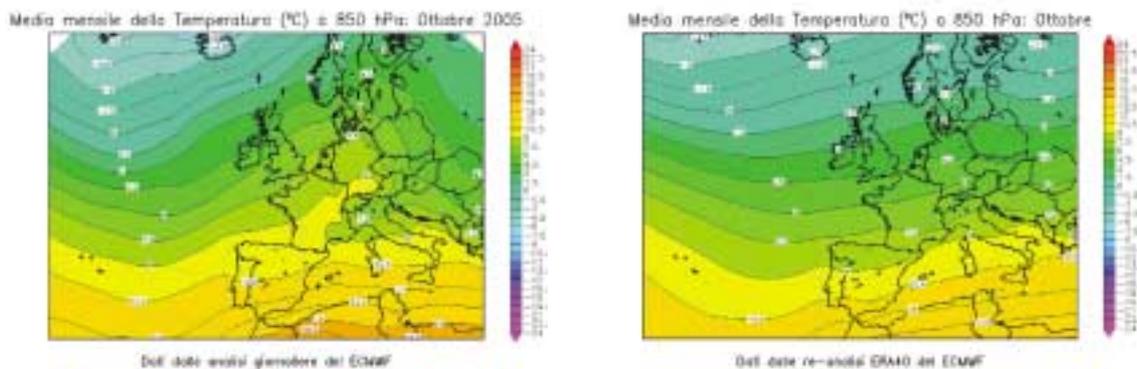


FIGURA 17: temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota) del mese di Ottobre nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Ottobre nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

NOVEMBRE E DICEMBRE 2005

Con i mesi di Novembre e Dicembre 2005 è iniziata la stagione invernale 2005-2006 che si è rivelata una delle più fredde degli ultimi 30 anni su gran parte d'Europa.

Una visualizzazione del freddo presente sul nostro continente è evidente nelle mappe di temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di altitudine) di figura 18, dove si nota, in corrispondenza dell'Europa centrale fino alle latitudini più meridionali del Mediterraneo occidentale e del nord Africa, un'area molto più fredda rispetto alla corrispondente climatologia. A titolo d'esempio, l'isoterma degli 0°C, che nella carta climatologica si trova posizionata sul versante straniero delle Alpi Svizzere ed Austriache, nella mappa del 2005 scende a sud fino a coprire la Pianura Padana; l'isoterma di +3°C, che nella carta climatologica è localizzata all'altezza della Liguria e dell'Emilia Romagna, nella mappa del 2005 scende fino alla Sardegna e alla Calabria.

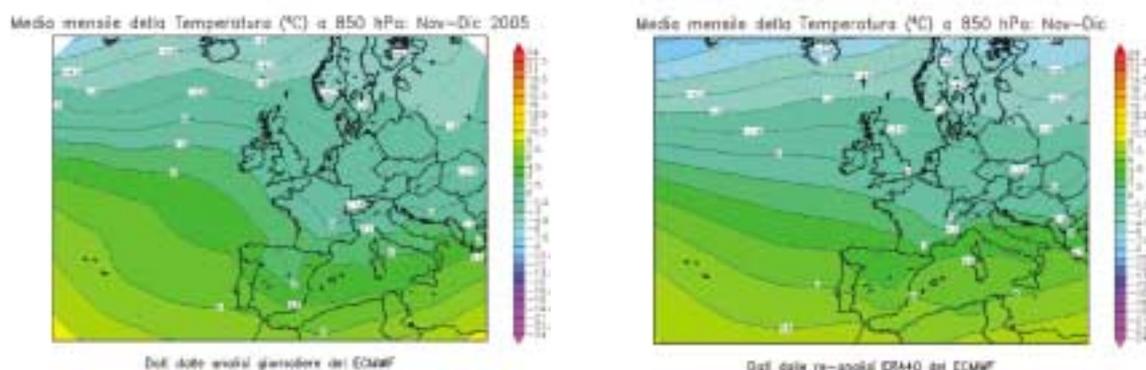


FIGURA 18: temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota) dei mesi da Novembre a Dicembre nell'anno 2005 (a sinistra) e dello stesso periodo bi-mensile nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Visto che la configurazione meteorologica dei due mesi è stata abbastanza simile, è possibile mostrare una mappa unica mediata su entrambi i mesi, come quella di figura 18. Tuttavia, se si analizza singolarmente il mese di Dicembre, la differenza tra il 2005 e la climatologia risulta ancora più marcata. Nella figura 19 infatti si nota come l'isoterma di -4,5 C, che nella carta climatologica si trova posizionata in corrispondenza del Mar Baltico (a nord della Danimarca), nella mappa del 2005 scende a sud fino a coprire l'Austria; l'isoterma di +1,5 C, che nella carta climatologica è posizionata lungo la Pianura Padana, nella mappa del 2005 scende fino a oltre le coste della Sardegna; e così la linea dei +3°C si sposta dalla Corsica al nord Africa.

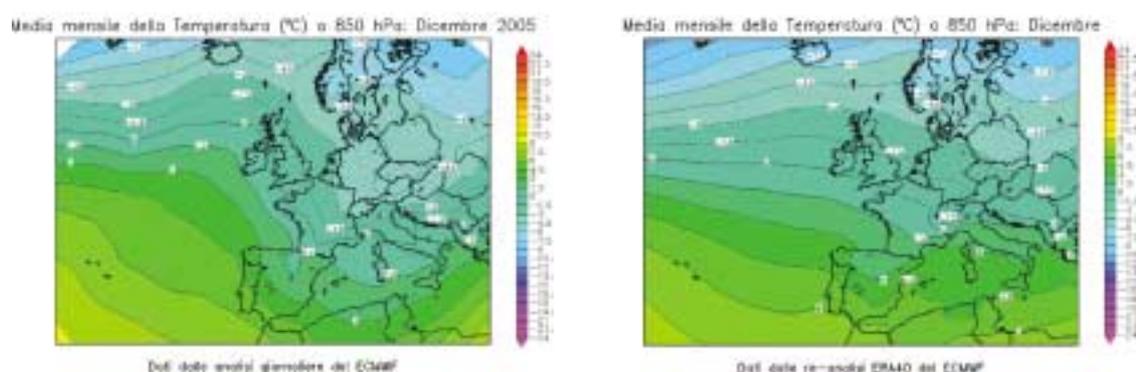


FIGURA 19: temperatura a 850 hPa (circa 1500 m di quota) del mese di Dicembre nell'anno 2005 (a sinistra) e del mese di Dicembre nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Quest'aria fredda è stata portata da una ricorrente discesa di depressioni polari, che dalle latitudini settentrionali della Scandinavia a più riprese sono scese verso il bacino del Mediterraneo. La carta del geopotenziale in quota (figura 20) mostra infatti una pressione che è stata più bassa della

climatologia sulla parte centrale dell'Europa (dalla Germania fino a sud, tra le Baleari e il nord Africa), mentre a ovest sull'Atlantico l'anticiclone delle Azzorre è stato di nuovo più forte della media, come evidenziato anche dalla mappa della pressione al suolo di figura 21.

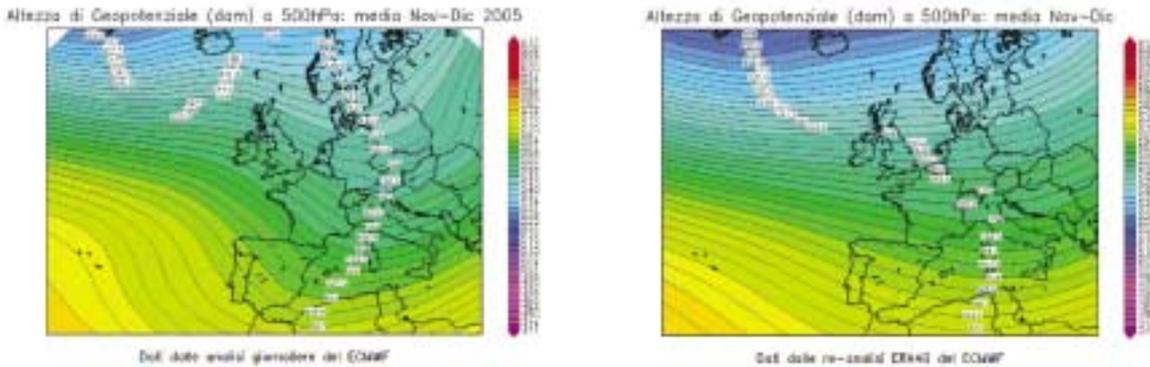


FIGURA 20: geopotenziale a 500 hPa dei mesi da Novembre a Dicembre nell'anno 2005 (a sinistra) e dello stesso periodo bi-mensile nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

In figura 20 la forma della saccatura polare, più pronunciata e stretta nella mappa del 2005 rispetto alla climatologia, (ancora una volta, come già tra Agosto e Settembre) è indice del fatto che il moto delle perturbazioni nord-atlantiche e polari in questo periodo è stato molto longitudinale e poco longitudinale, con depressioni che spesso sono scese direttamente da nord verso sud (dal nord Europa verso il Tirreno, se non anche di moto retrogrado da est verso ovest), invece del più normale moto trasversale da ovest verso est, e sono riuscite così a trasportare masse d'aria fredda polari direttamente dal nord Europa al Mediterraneo. Anzi, quando (spesso nei due mesi) le strutture depressionarie si sono mosse di moto retrogrado da est verso ovest, hanno consentito all'aria fredda di stazionare a lungo sulla parte centrale e centro-meridionale dell'Europa.

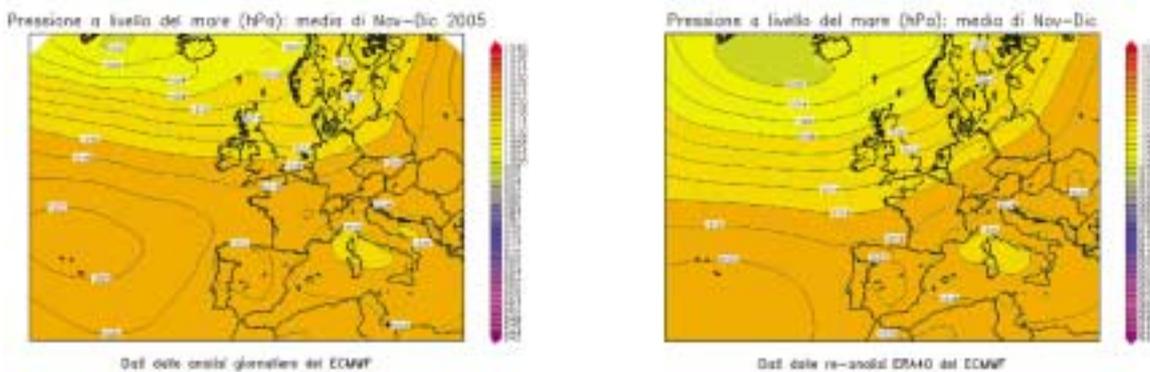


FIGURA 21: pressione a livello del mare dei mesi da Novembre a Dicembre nell'anno 2005 (a sinistra) e dello stesso periodo bi-mensile nel periodo climatico 1957-2002 (a destra).

Allo stesso tempo, la forte presenza dell'anticiclone delle Azzorre al largo delle coste atlantiche europee, posizionato a latitudini più settentrionali della climatologia (figura 21), ha generato un'orientazione del flusso prevalente sull'arco alpino occidentale (figura 20) da nordovest (invece che da ovest-sudovest), e ha ostacolato l'afflusso meridionale di aria umida (nonché più temperata) sulla regione piemontese, riducendo le precipitazioni a valori ben inferiori alla media. La differenza relativa della pioggia mensile, rispetto al decennio di riferimento 1995-2004, a Torino è stata di -90% a Novembre 2005 e -80% a Dicembre 2005.

Le precipitazioni cadute sul Piemonte sono spesso state a carattere nevoso fin dal mese di Novembre (proprio a causa dell'aria insolitamente fredda), ma sono state esigue: le correnti settentrionali o nordorientali, che hanno prevalso su quelle sudoccidentali, sono tipicamente portatrici di aria fredda e concordemente più secca.

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2005, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 1995-2004.

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

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

La **temperatura** media dell'anno 2005 per la stazione Torino-Giardini Reali risulta pari a 13,1 C, quindi inferiore alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13,6°C), ma 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 1995÷2004 (figura 22). Le differenze maggiormente significative rispetto all'anno medio si riscontrano nei mesi di Febbraio e Dicembre con variazioni termiche rispettivamente di 2,5°C e 2,4°C rispetto alle relative medie del periodo decennale. In generale il periodo compreso tra Maggio e Luglio mostra temperature medie mensili superiori alla media.

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di Dicembre 2005 mentre nel decennio di riferimento il valore minimo è stato registrato nel mese di Gennaio (1,7°C nel Dicembre 2005 e 3,2°C nel mese di Gennaio del decennio di riferimento; nel mese di Dicembre del decennio di riferimento la temperatura media è pari a 4,1°C). Il valore massimo della temperatura media mensile è stato registrato nel mese di Luglio nel 2005 (24,4°C). Nel decennio climatologico 1994-2005 il valore massimo della media mensile è di 23,7°C nel mese di Luglio.

Dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2005 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (figura 23), si osservano picchi di temperature massime a Gennaio, Marzo, fine Aprile, fine Maggio, Giugno, Luglio e Settembre, che superano i valori medi dei massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio di riferimento (linea rossa).

All'opposto, superamenti dei minimi assoluti registrati mensilmente nel decennio di riferimento (linea blu) si sono verificati alla fine di Gennaio, a Febbraio, nella seconda metà di Novembre e di Dicembre (e isolatamente a Giugno e Agosto); molto più marcati quelli registrati all'inizio di Marzo. Il mese di Marzo 2005 è stato un mese particolare: nel giro di quasi due settimane infatti, prima è stato toccato il record della temperatura più fredda (-8°C il 2 Marzo 2005) e poi quello della temperatura più calda (27°C il 18 e il 19 Marzo 2005), mai registrate prima nel mese di Marzo.

La temperatura del 2 Marzo 2005 (-8°C) risulta anche il valore minimo assoluto registrato a Torino negli ultimi quindici anni.

Nel complesso tutto il periodo da Gennaio a Marzo sembra un periodo piuttosto freddo, perché più vicino all'andamento dei minimi assoluti (linea blu) registrati mensilmente nel decennio 1995-2004. Al contrario, il periodo compreso tra Maggio e Luglio si presenta più spostato verso l'andamento dei massimi assoluti (linea rossa) registrati mensilmente nel decennio 1995-2004, risultando quindi un periodo complessivamente caldo.

Agosto appare lievemente più spostato verso temperature più miti. I mesi di Aprile, Settembre ed Ottobre mostrano un andamento più regolare e normalmente compreso tra i limiti inferiore (blu) e superiore (rosso). Tra Novembre e Dicembre prevale di nuovo l'avvicinamento ai minimi assoluti. Per quanto riguarda le **precipitazioni atmosferiche**, l'analisi dei dati statistici evidenzia per l'anno 2005 (figura 24) un totale di precipitazioni di 584 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).

ta) è pari a 64. Quindi, il 2005 risulta meno piovoso della media 1995-2004, sia in termini di precipitazioni totali (584 mm contro 844 mm di media), sia in termini di giorni piovosi (64 giorni contro 69 giorni di media).

Il 2005 è stato meno piovoso del 2004: 584 mm di pioggia nel 2005 rispetto ai 716 mm del 2004. Il 1997, il 1998, il 2001, il 2003, il 2004 ed il 2005 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 2000 (16,3 mm pioggia/giorno) e nel 2002 (14,1 mm pioggia/giorno); mentre i valori più bassi nel 1997 (9,9 mm pioggia/giorno), nel 2001 (7,8 mm pioggia/giorno) e nel 2005 (9,1 mm pioggia/giorno). Nel 2005 l'intensità giornaliera media è stata pari a 9,1 mm pioggia/giorno, contro una media del decennio pari a 11,7 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, tre dei quali 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.

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 25 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2005 con le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 1995-2004. Entrambi i profili confermano il regime pluviometrico come "prealpino": il massimo principale è stato registrato ad Aprile (120,4 mm nel 2005 e 77,3 mm nel decennio), mentre il massimo secondario a Settembre (109,2 mm nel 2005 e 69,2 mm nel decennio). Nel 2005 il minimo principale in inverno si osserva nei mesi di Gennaio, Febbraio e Dicembre, con valori minimi assoluti registrati a Febbraio (1,2 mm); il decennio climatologico considerato presenta un valore minimo più alto nel mese di Marzo (24,1 mm di media).

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella figura 26 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 terzo trimestre 2005 le precipitazioni sono superiori alla media climatologica (268 mm rispetto ai 198 mm della climatologia), mentre sono inferiori alla media nel primo trimestre (-55%), nel secondo trimestre (-37%) e, in misura ben più marcata, nel quarto trimestre (-59%).

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2005 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 1995÷2004) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

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

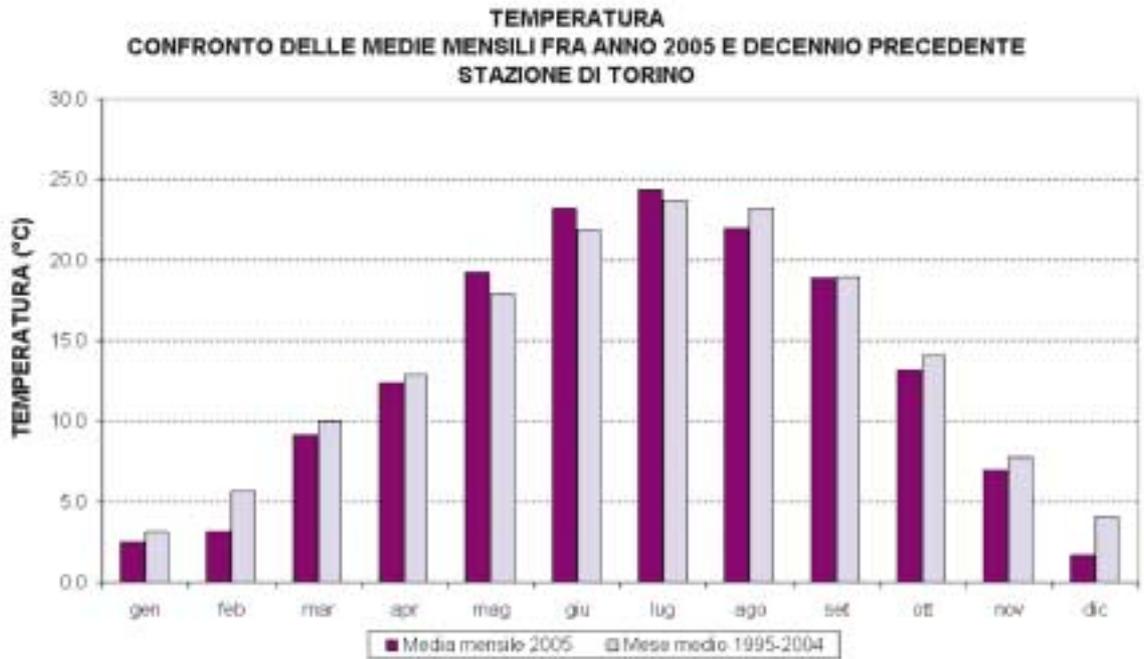


FIGURA 22: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2005 e per il decennio 1995÷2004 per la stazione di Torino.

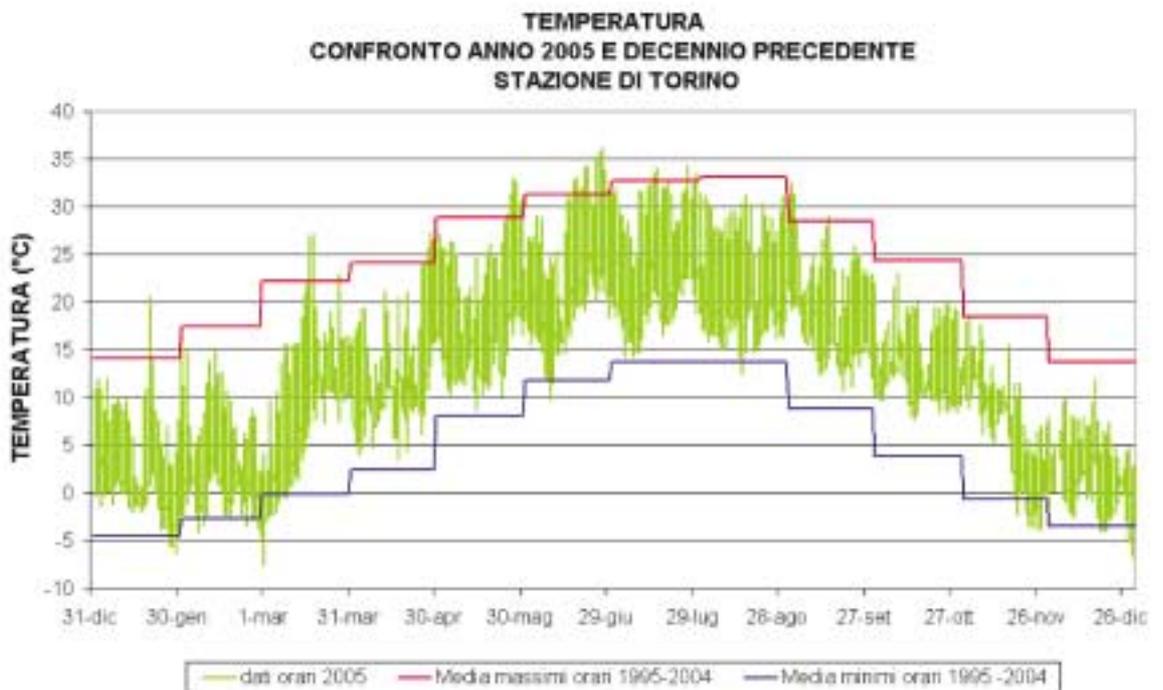


FIGURA 23: temperatura: valori orari per l'anno 2005 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 1995÷2004 presso la stazione di Torino.

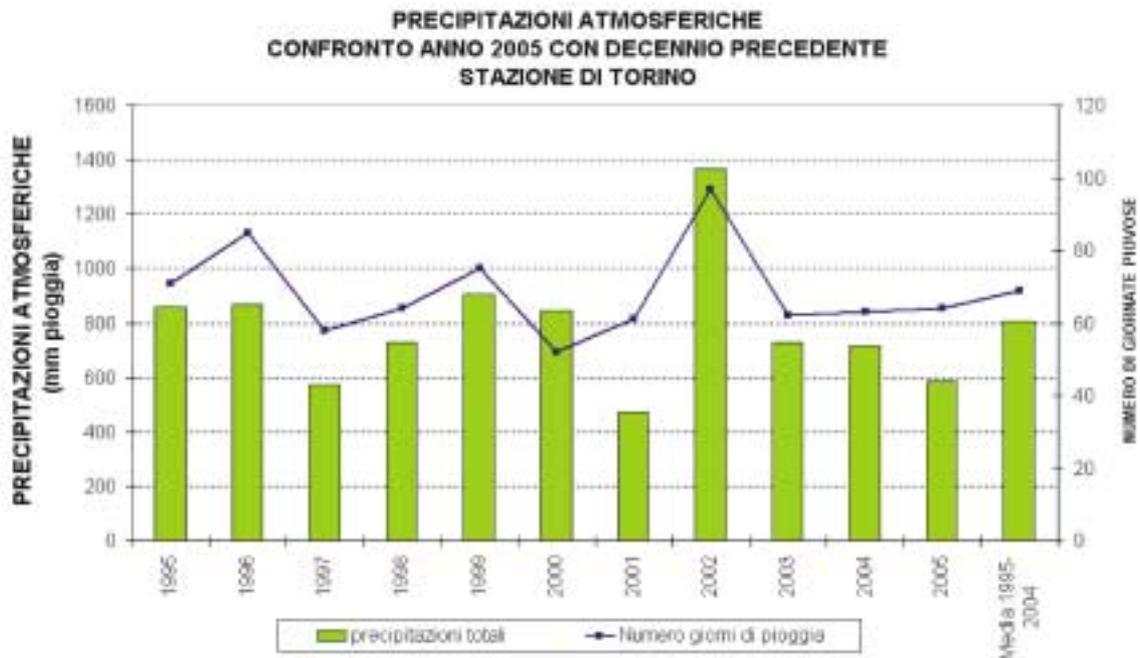


FIGURA 24: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino.

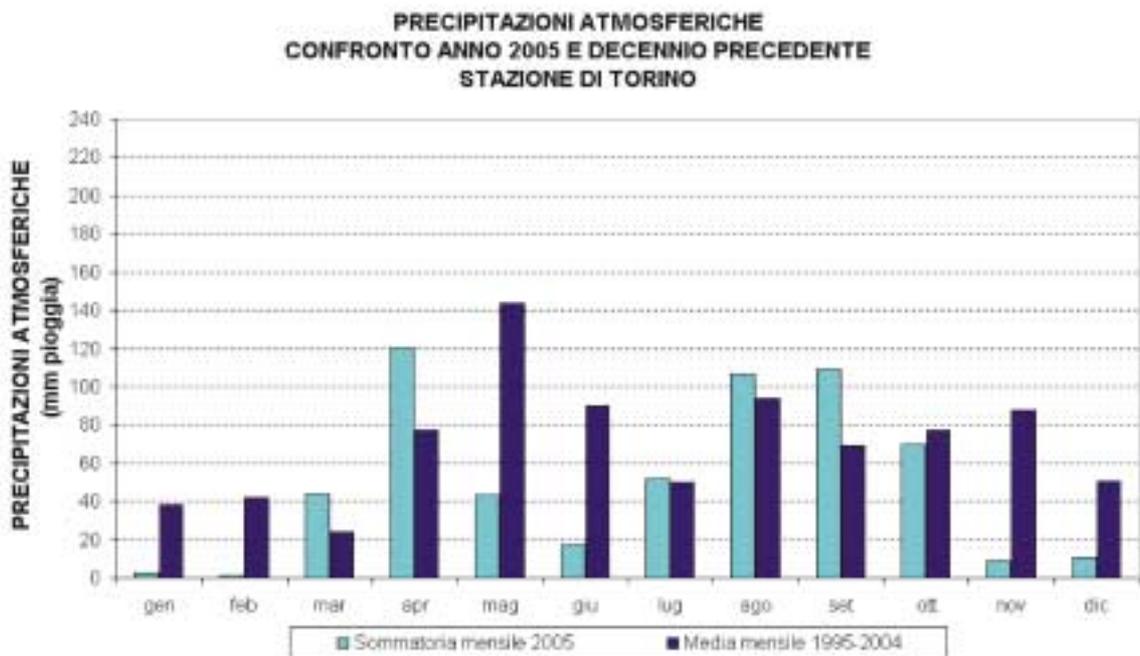


FIGURA 25: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2005 e medie mensili relative al decennio 1995÷2004 per la stazione di Torino.

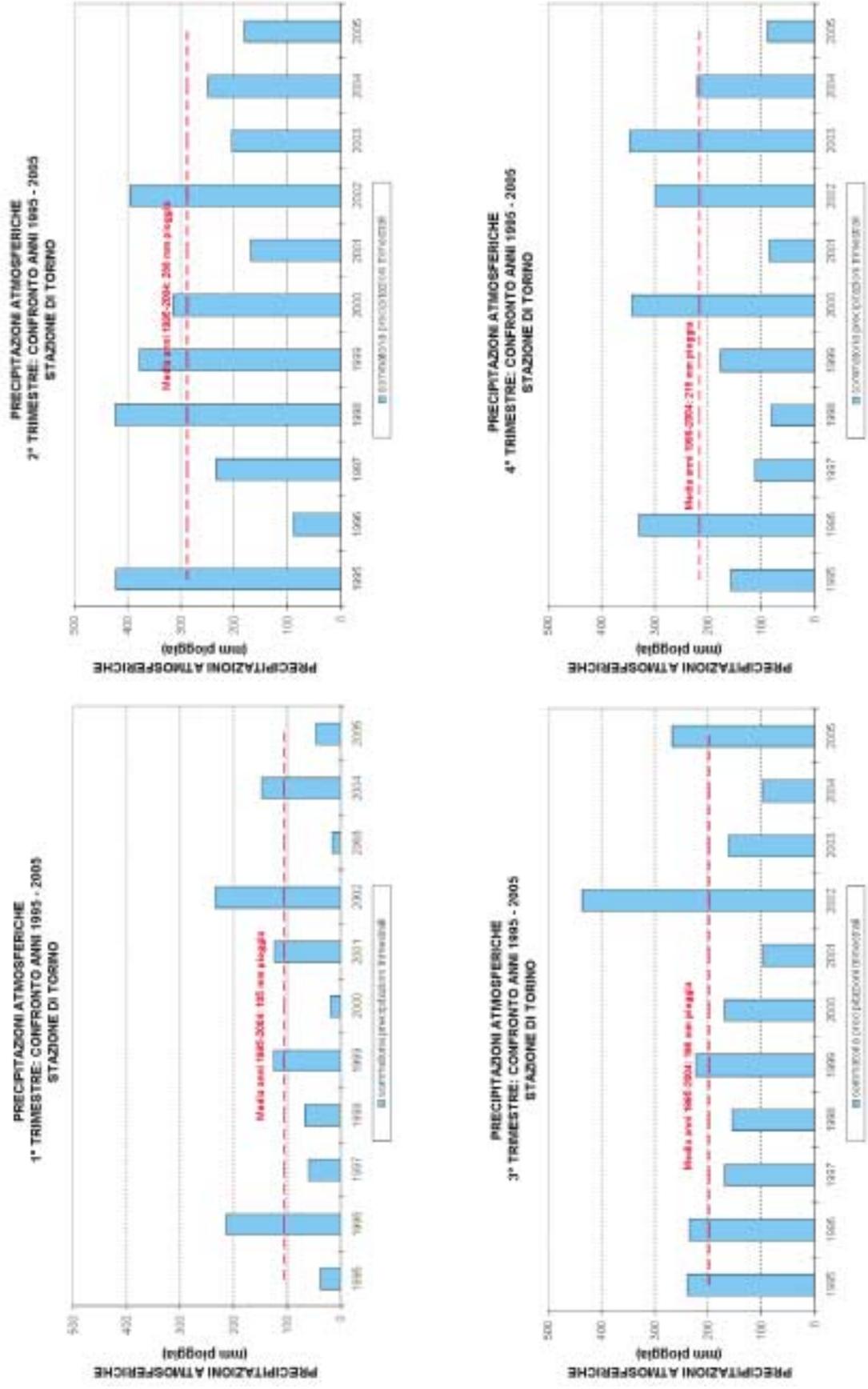


FIGURA 26: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 1995÷2005 per la stazione di Torino.

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 ripetersi 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 alla sola introduzione di misure di contenimento dei picchi di concentrazione che si verificano in determinati periodi dell'anno. 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.

Per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, il PM10 e il monossido di carbonio sono anche definiti dei valori limite giornalieri o orari.

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 inquinanti al di sotto del valore di allarme.

Con il 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 per alcuni gruppi particolarmente sensibili

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/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 1: D.M. 2/4/2002 n.60, valori limite per il biossido di zolfo.

MONOSSIDO DI CARBONIO**VALORE LIMITE 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:

<<< 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:

<<< 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 BISSIDO DI ZOLFO

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 PM10
(FASE 1)**

VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
24 ore	50 µg/m ³ PM10 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 (condizioni di campionamento)	Margine di Tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	40 µg/m ³ PM10	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 PM10.

PIOMBO

VALORE LIMITE ANNUALE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA

Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	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 limite 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

	Parametro	Valore bersaglio per il 2010 (a)
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore (b)	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (c)
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT 40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 $\text{mg}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ come media su 5 anni (c)

(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.

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

(c) Se non è possibile calcolare la media 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

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

OBIETTIVI A LUNGO TERMINE

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

(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.

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

SOGLIE DI INFORMAZIONE E DI ALLARME

	Parametro	Soglia
Soglia di informazione	Media di 1 ora	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Soglia di allarme	Media di 1 ora	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(a) Per l'attuazione dei piani di azione a breve termine, previsti all'art. 5 comma 3 del D. Lgs. 21/05/2004 n.183, il superamento della soglia deve essere misurato o previsto per tre ore consecutive.

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
OBBIETTIVO DI QUALITÀ (D.M. 25/11/94)	media mobile valori giornalieri (a)	Anno (1 gennaio - 31 dicembre)	limite deve essere rispettato 1 ng/m^3

(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.

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

D.P.R. 24/5/1988 n° 203

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.M. 12/7/1990

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

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.

D.M. 27/3/1998

Mobilità sostenibile nelle aree urbane.

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

Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente.

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 08/3/2002

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

D.M. 2/4/2002 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 i 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.

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 n. 261

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.M. 16/1/2004, n. 44

Recepimento della direttiva 1999/13/CE relativa alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili di talune attività industriali, ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203.

D. Lgs 21/5/2004 n.183 - Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.

Direttiva 2004/107/CE - Arsenico, cadmio, mercurio, nickel ed idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente.

D. Lgs 18/2/2005, n. 59

Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento.

D. Lgs 03/04/2006, n. 152

Norma in materia ambientale.

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria, operante sul territorio della Provincia di Torino, è composta da 28 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 in cui viene campionato esclusivamente il particolato atmosferico non sono collegate attraverso linee telefoniche, in quanto il tipo di misurazione con sistema gravimetrico dei parametri PM 10 e polveri totali non necessita 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 27.

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

Nella tabella 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 dello stato ambientale, in previsione della costruzione di nuovi insediamenti produttivi o di modificare la rete viaria, offrendo significativi elementi per una corretta pianificazione delle opere strutturali o per la definizione di interventi volti alla riduzione dell'intensità dei fenomeni di inquinamento.

NOME	INDIRIZZO	PARAMETRI
Alpignano	Via F. Baracca, 12 – Alpignano	O ₃ , NO _x
Beinasco	Via S. Pellico, 5 – Beinasco	SO ₂ , NO _x
Borgaro	Via Italia – Borgaro	O ₃ , NO _x , PM10 gravimetrico, PM10 beta
Chieri	C.so Buozzi, 1 – Chieri	NO _x , CO, O ₃
Chivasso	Via Torino, 1 – Chivasso	CO
Cirie	Via Teneschie, 2 – Cirié	SO ₂ , NO _x
Druento	Cascina Peppinella – Druento	O ₃ , CO, NO _x , VV-DV, RDN, RDG, UMID, TEMP, PV, P, PM10 gravimetrico
Grugliasco	Via Roma, 15 – Grugliasco	SO ₂ , NO _x
Ivrea	P.zza Freguglia – Ivrea	SO ₂ , NO _x , CO, PM10 gravimetrico
M. Mobile		O ₃ , SO ₂ , CO, NO _x , PTS, PM10 gravimetrico, PM2,5 gravimetrico, BTX., VV-DV, RDG, UMID, TEMP, PV, P
Nichelino	Via XXV Aprile, 111 – Nichelino	CO, NO _x
Orbassano	Via Gozzano – Orbassano	O ₃ , NO _x , VV-DV, RDN, RDG
Oulx	Via Roma angolo via Des Moines – Oulx	O ₃ , NO _x , PM10 beta
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo	CO, NO _x , O ₃ , PM10 gravimetrico
Rivoli	P.zza Togliatti, 1 – Rivoli	CO, NO _x , BTX
Settimo	Via Milano, 31 – Settimo	CO, NO _x
Susa	P.zza della Repubblica – Susa	CO, NO _x , O ₃ , PM10 gravimetrico
Venaria	C.so Garibaldi – Venaria	CO
Vinovo	Via Garibaldi, 3 – Vinovo	O ₃ , NO _x
Buttiglieria	Via dei Comuni, 5 – Buttiglieria	PM10 gravimetrico
Carmagnola	P.zza Di Vittorio, 1 – Carmagnola	PM10 gravimetrico
TO-Consolata	Via Consolata, 10 – Torino	SO ₂ , CO, CO ₂ , NO _x , PM10 gravimetrico, PM10 alto volume, PTS, BTX
TO-Cristina	Via M. Cristina, 129 – Torino	CO, NO _x
TO-Gaidano	V. Gaidano – Torino	CO, NO _x , PM10 gravimetrico
TO-Lingotto	V. A. Monti, 21 – Torino	O ₃ , CO, NO _x , PM10 beta, PM2,5 gravimetrico
TO-Rebaudengo	P.zza Rebaudengo, 23 - Torino	CO, SO ₂ , NO _x
TO-Rivoli	P.zza Rivoli, 4 – Torino	CO, NO _x , PM10 gravimetrico
Pino Torinese	Oss. Astronomioco – Pino T.se	O ₃
I.T.I.S. Grassi	V. P. Veronese – Torino	PM10 gravimetrico
Chivasso – Edipower ⁽¹⁾	Via Montanaro – Chivasso	SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , PM10 beta, PM2,5 beta, Idrocarburi non metanici
Castagneto Po - Edipower ⁽¹⁾	Via Monpilotto – Castagneto Po	SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , PM10 beta, PM2,5 beta, Idrocarburi non metanici, VV-DV, UMID, TEMP, P

(1) Stazione gestita da ente privato

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
O ₃	Ozono
P	Pressione atmosferica
PV	Quantità di pioggia
RDN	Radiazione solare netta
RDG	Radiazione solare globale
SO ₂	Biossido di zolfo
TEMP	Temperatura
PM10	Particolato sospeso < 10 mm
PM2,5	Particolato sospeso < 2,5 mm
PTS	Polveri totali sospese
UMID	Umidità
VV-DV	Velocità e direzione del vento

TABELLA 10: descrizione dei codici dei parametri

STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	CARATTERISTICHE ZONA	TIPOLOGIA STAZIONE	DESCRIZIONE
Alpignano	urbana	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	urbana	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	suburbana	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.
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	suburbana	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	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	rurale	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	urbana	residenziale	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.

STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	CARATTERISTICHE ZONA	TIPOLOGIA STAZIONE	DESCRIZIONE
I.T.I.S. Grassi	urbana	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	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	urbana	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.
Oulx	suburbana	residenziale	traffico	Stazione di recente installazione collocata in prossimità della strada e quindi soggetta a fonti primarie di emissione di origine veicolare. Rappresentativa dei livelli più elevati di inquinanti a cui è probabile che la popolazione sia esposta.
Pinerolo	urbana	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	rurale	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	urbana	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.
Settimo	urbana	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	suburbana	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	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.
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.

STAZIONE	TIPOLOGIA ZONA	CARATTERISTICHE ZONA	TIPOLOGIA STAZIONE	DESCRIZIONE
TO-Rebaudengo	urbana	industriale	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	urbana	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.

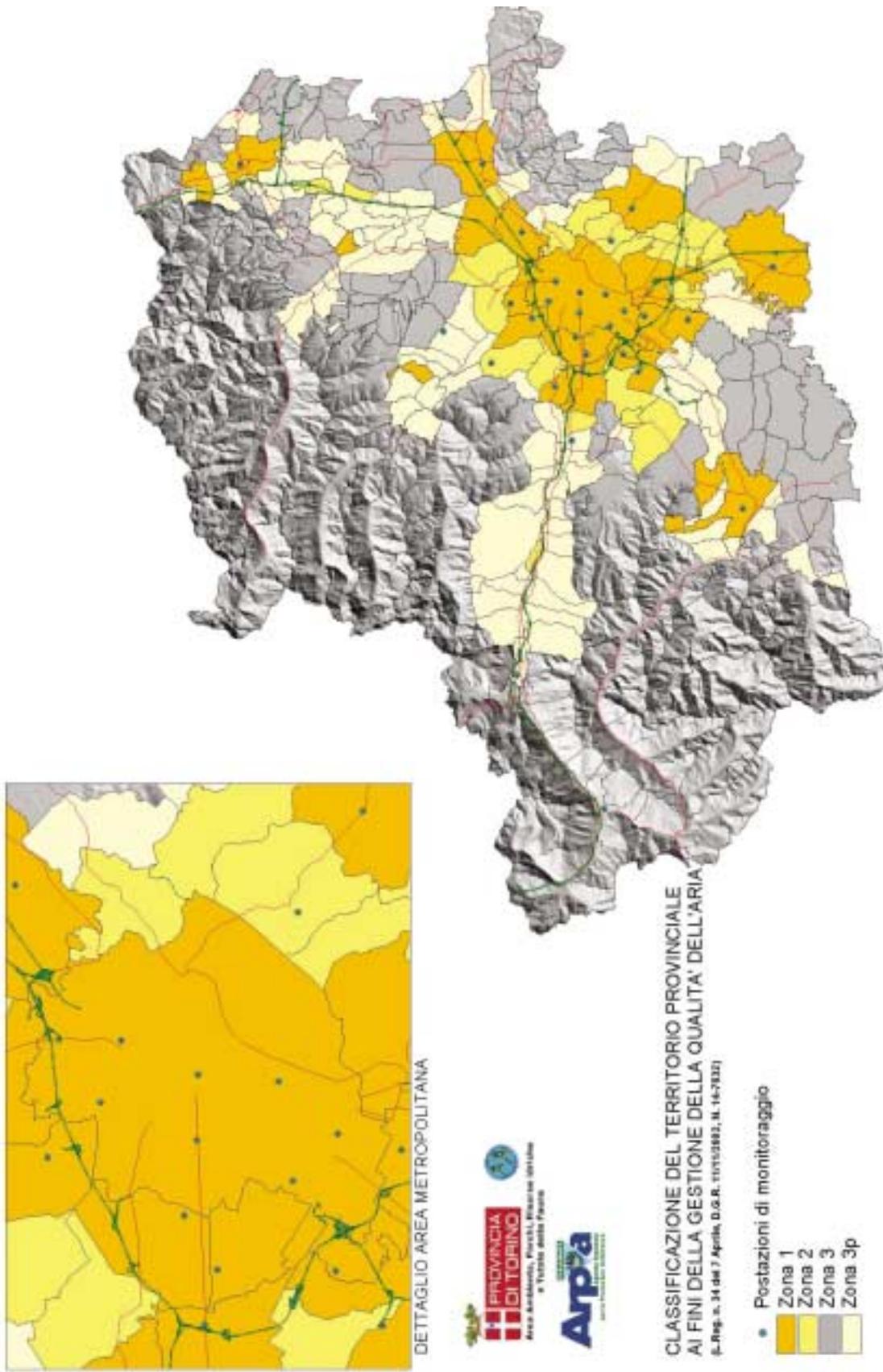


FIGURA 27: zonizzazione del territorio della provincia di Torino e disposizione dei punti di misura.

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 2005, riportate in tabella 12 hanno evidenziato concentrazioni medie annuali comprese fra 0,5 e 1,5 mg/m³. Se si confrontano i valori medi annuali con quelli registrati negli anni precedenti si registra quasi ovunque una diminuzione, confermata anche quest'anno dalla mancanza assoluta di superamenti del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m³, calcolato come media mobile trascinata su otto ore (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 28, il quale riporta le concentrazioni medie annue misurate dal 1980 al 2005 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 con il progressivo miglioramento del parco veicolare circolante.

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 29 una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di CO misurate negli anni 2003, 2004 e 2005.

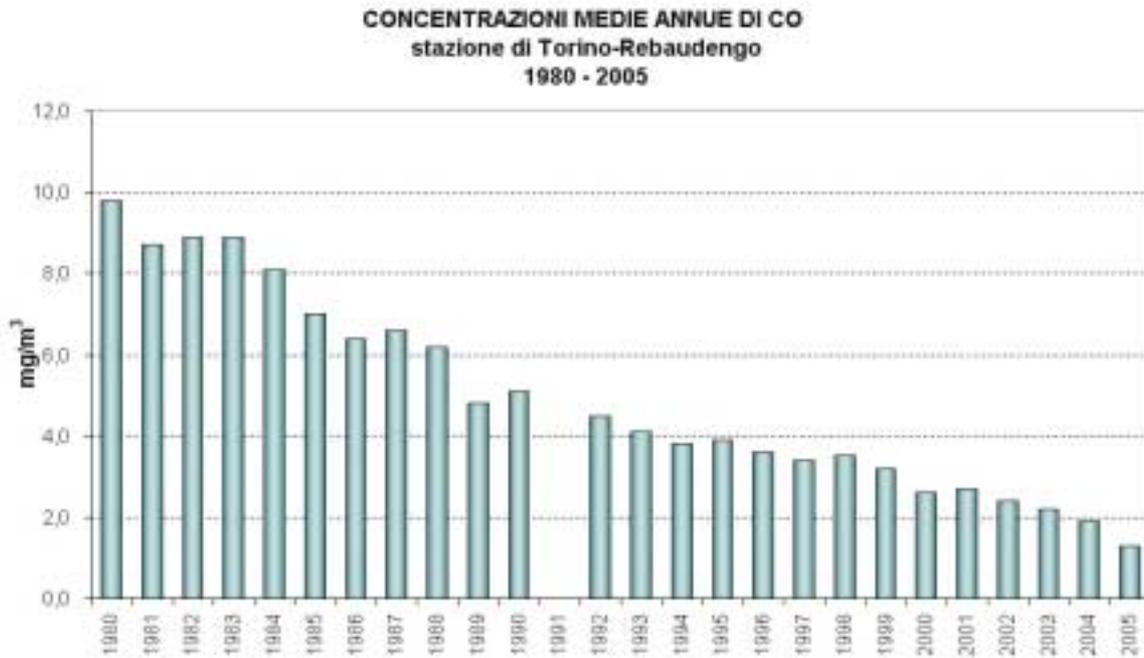


FIGURA 28: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di Torino-Rebaudengo dal 1980 al 2005.

STAZIONE	INDIRIZZO	Rendimento strumentale 2005 (% dati validi)	Media annuale			Valori 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			
			2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
CHIERI	C.so Buozzi, 1	93	0,7	0,6	0,7	0	0	0	5,5	4,5	5,1	5,5	4,5	5,1
CHIVASSO	Via Torino, 1	95	0,9	0,8	0,8	0	0	0	5,4	4,9	5,3	5,4	4,9	5,3
IVREA	Pizza Freguglia	91	0,9	1	0,8	0	0	0	6,9	9,4	6,6	6,9	9,4	6,6
NICHELINO	Via XXV Aprile, 111	88	1,8	1,3	1,3	0	0	0	14,1	10,9	10,3	14,1	10,9	10,3
PINEROLO	Pizza Alpini, 1	98	0,7	0,6	0,7	0	0	0	5,3	6,4	4,3	5,3	6,4	4,3
RIVOLI	Pizza Togliatti, 1	94	0,7	0,9	0,7	0	0	0	7,8	6,6	7,1	7,8	6,6	7,1
SETTIMO	Via Milano, 31	94	1,2	1,1	1,0	0	0	0	7,2	8,9	5,5	7,2	8,9	5,5
SUSA	Pizza della Repubblica	96	0,5	0,4	0,5	0	0	0	2,6	2,9	3,3	2,6	2,9	3,3
TO - CONSOLATA	Via Consolata, 10	98	1,6	1,5	1,4	0	0	0	11,5	9,7	8,3	11,5	9,7	8,3
TO - GAIDANO	Via Gaidano	99	1,5	1,3	1,2	0	0	0	13,9	12,2	9,8	13,9	12,2	9,8
TO - LINGOTTO	Via A. Monti, 21	94	1,0	0,8	0,7	0	0	0	6,9	5,2	5,5	6,9	5,2	5,5
TO - CRISTINA	Via M. Cristina, 129	98	1,5	1,4	1,2	0	0	0	10,1	7,3	4,9	10,1	7,3	4,9
TO - REBAUDENGO	Pizza Rebaudengo, 23	99	2,2	1,9	1,3	0	0	0	15,8	12,3	7,3	15,8	12,3	7,3
TO - RIVOLI	Pizza Rivoli, 4	98	2,0	1,7	1,5	2	0	0	16,2	12,1	8,3	16,2	12,1	8,3
VENARIA	C.so Garibaldi	99	0,5	0,5	0,6	0	0	0	4,6	4,6	3,2	4,6	4,6	3,2

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

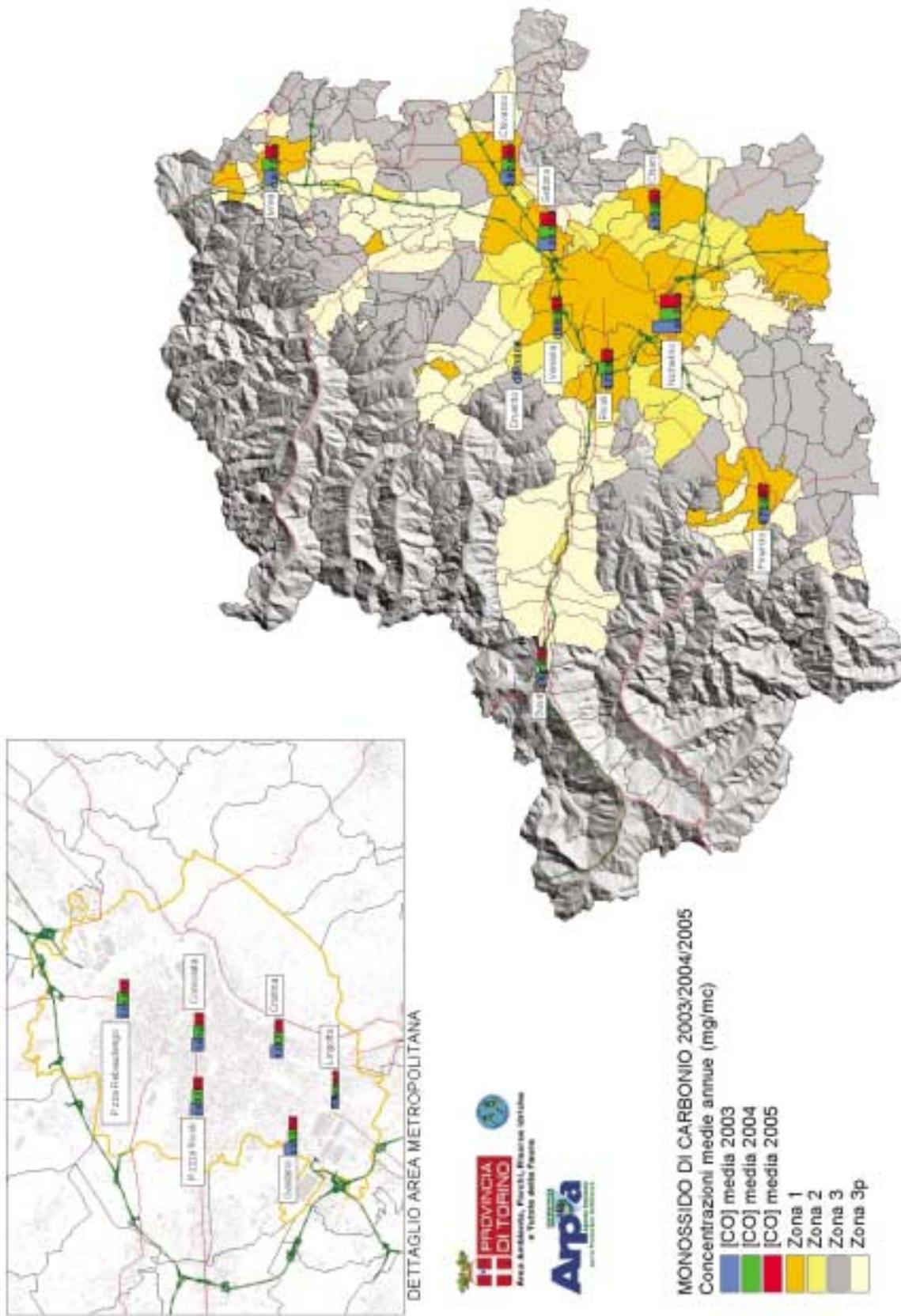


FIGURA 29: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di CO misurate negli anni 2003, 2004 e 2005.

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, ad elevate concentrazioni, si presenta sotto forma di un gas di colore rossastro e con un 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 dà inizio, 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 provocare alterazione di 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 misurare le concentrazioni sia del monossido di azoto che del biossido di azoto.

L'unità di misura con la quale vengono espresse le concentrazioni di biossido di azoto 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 2005 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 (Torino e prima cintura), che rappresenta indiscutibilmente la zona più critica (figura 30).

In particolare le stazioni dell'area metropolitana torinese confermano la criticità maggiore poiché presentano più di 18 superamenti annui che sono il limite da rispettare a partire dal 2010.

La situazione si presenta critica anche se si fa riferimento al valore limite annuale per la protezione della salute umana ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) da rispettare a partire dal 1° gennaio 2010 (figura 31).

L'analisi delle serie storiche dimostra che il valore medio annuo è leggermente inferiore rispetto all'anno precedente, ma non tale da far considerare poco critico 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 annuale fissati a partire dal 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 significativa è quella di Druento, in quanto collocata all'interno del Parco Regionale La Mandria. I dati misurati presentano una concentrazione media annuale di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore inferiore al limite.

Per una visualizzazione immediata delle rilevazioni effettuate nella provincia di Torino è rappresentata una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di NO_2 misurate nel periodo 2003 – 2005.

STAZIONE	INDIRIZZO	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³) Media annue										Valore limite orario per la protezione della salute (200 µg/m³) Numero di superamenti										Valore massimo orario						Rendim. stromenti. (% dati validi)
		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2000		2001		2002		2003		2004		2005				
ALPIGNANO	Via F. Baracca, 12	44	62	37	36	36	39	36	1	0	2	0	1	0	235	n.d.	269	173	217	180	2005	99%						
BEINASCIO	Via S. Pellico, 5	54	45	52	51	55	49	49	4	0	1	0	5	5	233	192	207	178	216	215	2005	97%						
BORGARO	Via Italia	46	48	42	44	42	42	38	8	27	1	0	4	0	276	318	230	171	223	199	2005	97%						
CHIERI	C.so Buozzi, 1	51	43	38	39	44	42	42	1	0	0	0	0	1	206	154	156	160	185	201	2005	95%						
CIRIE'	Via Teneschie, 2	36	32	29	31	31	31	31	5	0	0	0	1	0	252	183	145	132	206	170	2005	98%						
DRUENTO	Cascina Pappinella	28	19	22	24	26	20	20	2	0	0	1	0	0	234	143	182	201	139	109	2005	94%						
GRUGLIASCO	Via Roma, 15	59	52	53	52	49	53	53	16	0	1	2	11	9	274	220	213	220	231	228	2005	97%						
IVREA	Pizza Freguglia	51	54	48	50	47	46	46	8	5	1	5	2	9	259	225	204	251	220	232	2005	90%						
NICHELINO	Via XXV Aprile, 111	75	64	71	63	59	65	65	53	7	59	17	17	43	267	280	274	243	252	307	2005	90%						
ORBASSANO	Via Gozzano	52	46	42	40	44	42	42	1	0	0	0	0	0	207	172	169	143	190	172	2005	94%						
PINEROLO	Pizza Alpini, 1	n.d.	n.d.	46	29	31	30	30	n.d.	n.d.	0	0	0	2	n.d.	n.d.	171	119	151	283	2005	99%						
RIVOLI	Pizza Togliatti, 1	n.d.	n.d.	58	57	60	61	61	n.d.	n.d.	0	3	6	13	n.d.	n.d.	190	214	235	237	2005	97%						
SETTIMO	Via Milano, 31	53	58	72	65	57	67	67	6	20	73	14	13	35	236	252	345	228	250	276	2005	98%						
SUSA	Pizza della Repubblica	n.d.	n.d.	25	22	34	25	25	n.d.	n.d.	0	0	0	0	n.d.	n.d.	107	156	154	108	2005	97%						
TO - CONSOLATA	Via Consolata, 10	69	59	72	73	72	67	67	27	4	20	6	8	11	346	253	258	236	253	234	2005	95%						
TO - GAIDANO	Via Gaidano	67	65	68	65	71	65	65	31	9	23	8	26	38	333	245	316	284	304	393	2005	99%						
TO - LINGOTTO	Via A. Monti, 21	50	45	59	54	51	53	53	2	2	0	3	0	2	246	209	163	207	199	255	2005	94%						
TO - CRISTINA	Via M. Cristina, 129	64	62	77	74	75	72	72	2	0	5	3	1	3	210	197	230	220	203	211	2005	92%						
TO - REBAUDENGO	Pizza Rebaudengo	83	75	79	71	85	73	73	47	30	45	4	68	60	287	326	374	285	305	335	2005	96%						
TO - RIVOLI	Pizza Rivoli, 4	87	78	73	71	81	84	84	150	36	26	12	42	34	322	298	276	234	258	287	2005	93%						
VINOVO	C.so Garibaldi, 3	42	42	43	41	38	40	40	0	0	0	0	0	0	183	163	157	187	133	156	2005	96%						

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

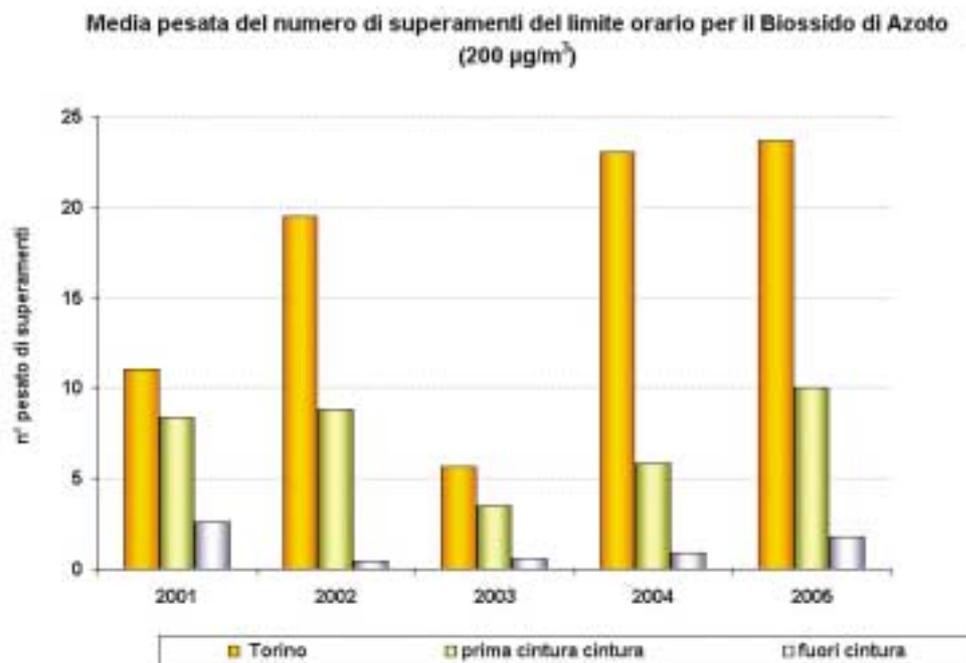


FIGURA 30: biossido di azoto, media pesata del numero di superamenti del limite orario.

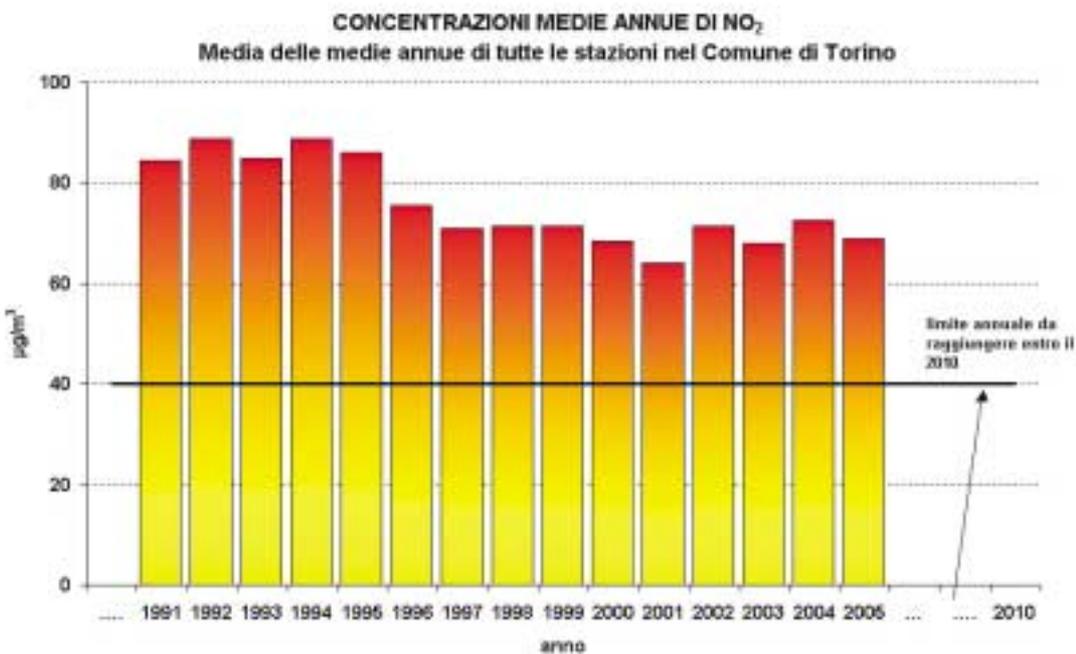
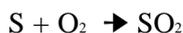


FIGURA 31: biossido di azoto, media delle medie annuali di tutte le stazioni operanti nel comune di Torino negli ultimi anni.

DESCRIZIONE

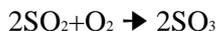
È il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto secondo la reazione:



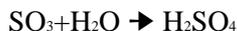
È un gas incolore, di odore pungente. Le principali emissioni di biossido di zolfo derivano dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità e dai processi metallurgici. Una percentuale molto bassa 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 agli anni '80, il principale inquinante dell'aria ed è certamente tra i più studiati, anche perché è stato uno dei primi composti a manifestare effetti sull'uomo e sull'ambiente. Tuttavia, oggi, il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffineria, imposto dal D.P.C.M. del 14 novembre 1995 e dal D.Lgs 66 del 21 marzo 2005) 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 SO_2 presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rilevatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO_2 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 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 2005, 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 33.

Il parametro SO_2 non rappresenta una criticità per il territorio della provincia di Torino, sarà comunque opportuno, nel corso dei prossimi anni, mantenere attivo il monitoraggio di tale inquinante per controllare il mantenimento dei risultati raggiunti.

Per una visualizzazione immediata delle elaborazioni effettuate è rappresentata in una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di SO_2 misurate negli anni 2003, 2004 e 2005 (figura 34).

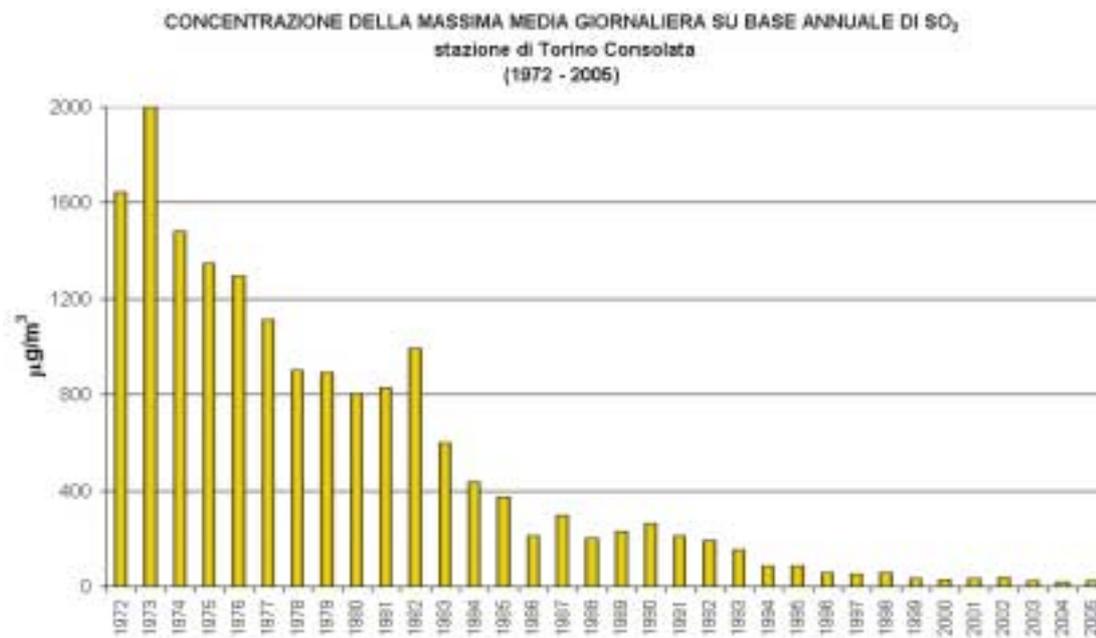


FIGURA 33: parametro SO_2 , massima media giornaliera su base annuale rilevata nell'ultimo trentennio nella stazione di Torino – Consolata.

STAZIONE	INDIRIZZO	Rendim. strumenti 2005 (% dati validi)	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Valore limite orario per la protezione della salute umana $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte nell'anno civile Numero di superamenti			Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte nell'anno civile Numero di superamenti			Valore limite per la protezione degli ecosistemi $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31 dic			Soglia di allarme $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Numero di superamenti			Massimo orario		
			2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
BEINASCO	Via S. Pellico, 5	92%	4	6	5	0	0	0	0	0	0	5	7	7	0	0	0	32	50	32
CIRIÉ'	Via Teneschie, 2	98%	4	5	5	0	0	0	0	0	0	5	7	8	0	0	0	39	41	28
GRUGLIASCO	Via Roma, 15	95%	5	7	7	0	0	0	0	0	0	7	9	10	0	0	0	60	61	42
IVREA	Pizza Freguglia	93%	5	4	4	0	0	0	0	0	0	7	6	6	0	0	0	33	35	33
TO - CONSOLATA	Via Consolata, 10	92%	6	5	7	0	0	0	0	0	0	9	7	9	0	0	0	44	38	48
TO - REBAUDENGO	Pizza Rebaudengo, 23	100%	6	7	8	0	0	0	0	0	0	9	9	13	0	0	0	93	53	63

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

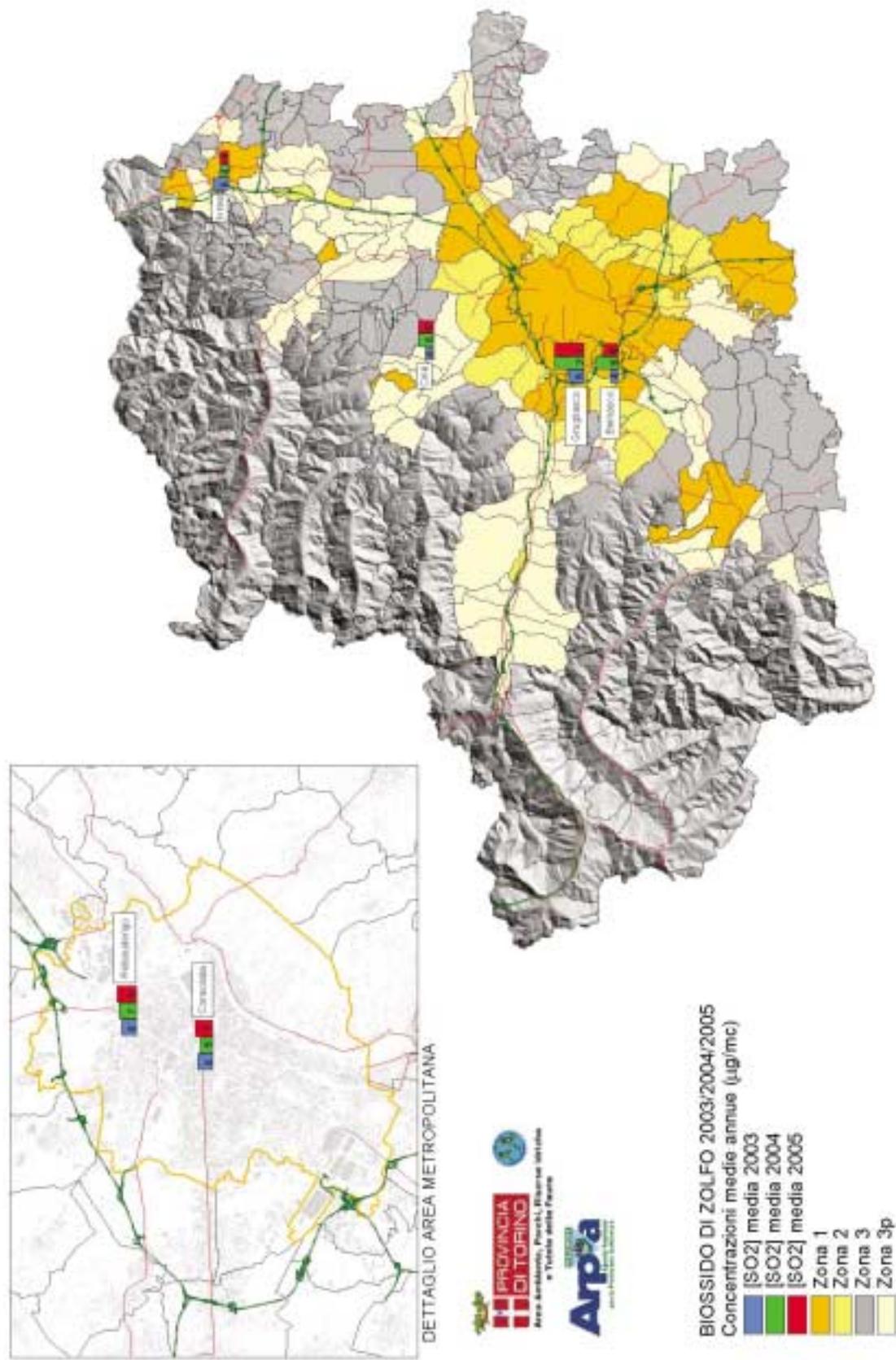


FIGURA 34: carta riportante il valore delle medie annuali delle concentrazioni di SO₂ misurate negli anni 2003, 2004 e 2005.

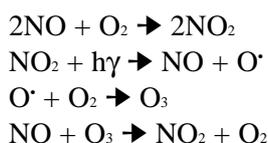
DESCRIZIONE

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

Il D.lgs. 183 del 21 maggio 2004 stabilisce la soglia di informazione ed allarme, i valori bersaglio e gli obiettivi a lungo termine per i livelli di ozono nell'aria ambiente. Le soglie di informazione e di allarme indicano il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata da parte di gruppi più sensibili della popolazione (informazione) e di tutta la popolazione (allarme). I valori bersaglio indicano i livelli di concentrazione da conseguirsi entro il 2010 al fine di evitare effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente. Gli obiettivi a lungo termine stabiliscono quelle concentrazioni al di sotto delle quali sono improbabili, in base alle cono-

scenze attuali, effetti nocivi diretti sulla salute umana e sull'ambiente.

In tabella 15 sono riportati i superamenti della soglia di informazione e di allarme degli ultimi 4 anni. Da una prima osservazione si può notare come nel corso del 2005 non si sia verificato un solo superamento 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, in alcuni di essi in modo meno marcato rispetto all'anno precedente, con l'eccezione di Pinerolo (11 superamenti) e To-Lingotto, in cui si è rilevato un aumento del 75% 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			
	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
ALPIGNANO	47	144	22	21	0	0	0	0
BORGARO	40	188	35	12	0	2	0	0
CHIERI	0 ⁽¹⁾	82	5	4	0 ⁽¹⁾	0	0	0
DRUENTO	64	176	71	72	0	2	0	0
ORBASSANO	52	107	63	18	0	0	0	0
OULX				0 ⁽⁴⁾				0 ⁽⁴⁾
PINEROLO	0 ⁽²⁾	45	0	11	0 ⁽²⁾	0	0	0
PINO T.SE	74	340	57	16	0	0	0	0
SUSA	34 ⁽³⁾	85	62	14	0 ⁽³⁾	0	0	0
TO - LINGOTTO	80	255	32	56	0	0	0	0
VINOVO	34	245	58	16	0	1	0	0

⁽¹⁾ strumento operativo dal 1/8/02

⁽²⁾ strumento operativo dal 9/10/02

⁽³⁾ strumento operativo dal 22/07/02

⁽⁴⁾ strumento operativo dal 29/11/05

TABELLA 15: ozono, confronto con le soglie di informazione e di allarme come da D.lgs. n. 183/04.

Nelle tabelle 16 e 17 sono riportati rispettivamente 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. Entrambi non sono rispettati: la media degli ultimi tre anni dei giorni di superamento del valore bersaglio per la protezione della salute umana è superiore ai 25 giorni consentiti, e la media degli ultimi cinque anni dell'AOT40 è di gran lunga superiore ai $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ previsti.

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	2005	Media degli ultimi 3 anni
ALPIGNANO	78	94	41	51	62
BORGARO	66	100	52	47	66
CHIERI	3 ⁽¹⁾	101	37	43	60
DRUENTO	81	78	84	71	78
ORBASSANO	55	85	54	79	73
OULX				0 ⁽⁴⁾	-
PINEROLO	0 ⁽²⁾	33	33	54	40
PINO T.SE	95	161	102	95	119
SUSA	41 ⁽³⁾	76	77	48	67
TO - LINGOTTO	70	108	74	65	82
VINOVO	79	100	85	50	62

⁽¹⁾ strumento operativo dal 1/8/02

⁽²⁾ strumento operativo dal 9/10/02

⁽³⁾ strumento operativo dal 22/07/02

⁽⁴⁾ strumento operativo dal 29/11/05

TABELLA 16: ozono, 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 µg/m ³ -h))					
	2001	2002	2003	2004	2005	Media degli ultimi 35anni
DRUENTO	37974	49496	54719	41738	41430	45071
PINO T.se	41505	36428	57345	39640	38725	42729

TABELLA 17: ozono, confronto degli ultimi cinque anni con i valori bersaglio per la protezione della vegetazione.

In tabella 18 sono riportati i valori medi annuali e i valori massimi orari degli ultimi sei anni. Analizzando tali dati si ha la conferma di quanto evidenziato in questi ultimi anni, ossia che l'ozono è un inquinante sostanzialmente ubiquitario e, a differenza di quanto avviene per gli inquinanti di tipo primario, situazioni critiche possono riscontrarsi in zone distanti dai grossi centri urbani o zone di quota. Infatti la media annua più alta è quella della stazione di Pino Torinese e a seguire quelle di Druento e Susa. Si può notare inoltre come in nessuno dei siti di misura è rispettato il limite di protezione dei beni materiali di 40 µg/m³.

STAZIONE	Valori Medi Annuali (µg/m ³)						Valore Massimo Orario (µg/m ³)						% dati validi
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
ALPIGNANO	47	*	50	55	46	46	245	*	259	247	249	218	96
BORGARO	52	52	45	52	46	44	251	271	251	266	238	195	97
CHIERI			39 ⁽¹⁾	52	45	45			170 ⁽¹⁾	225	186	195	97
DRUENTO	52	57	51	52	65	55	285	324	264	270	269	243	68
ORBASSANO	50	*	41	48	45	49	289	*	241	236	235	198	94
OULX						47 ⁽⁴⁾						95 ⁽⁴⁾	9 ⁽⁴⁾
PINEROLO			16 ⁽²⁾	49	52	59			86 ⁽²⁾	237	168	197	94
PINO T.SE	86	92	77	89	77	77	220	257	262	238	226	206	98
SUSA			56 ⁽³⁾	63	60	55			215 ⁽³⁾	228	228	196	97
TO LINGOTTO	42	43	43	52	43	43	225	246	230	242	224	228	94
VINOVO	45	46	41	49	43	40	240	242	203	245	211	201	95

^(*) dato non disponibile per insufficiente rendimento strumentale

⁽¹⁾ strumento operativo dal 1/8/2002

⁽²⁾ strumento operativo dal 9/10/2002

⁽³⁾ strumento operativo dal 22/07/2002

⁽⁴⁾ strumento operativo dal 29/11/2005

TABELLA 18: ozono, dati statistici relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano l'ozono.

Riportando in grafico l'indice di criticità, definito come il valore percentuale dei superamenti della soglia di informazione calcolato sul totale dei dati validi, si ha un quadro semplice della distribuzione temporale (figura 35) e spaziale (figura 36) dell'ozono nella provincia torinese.

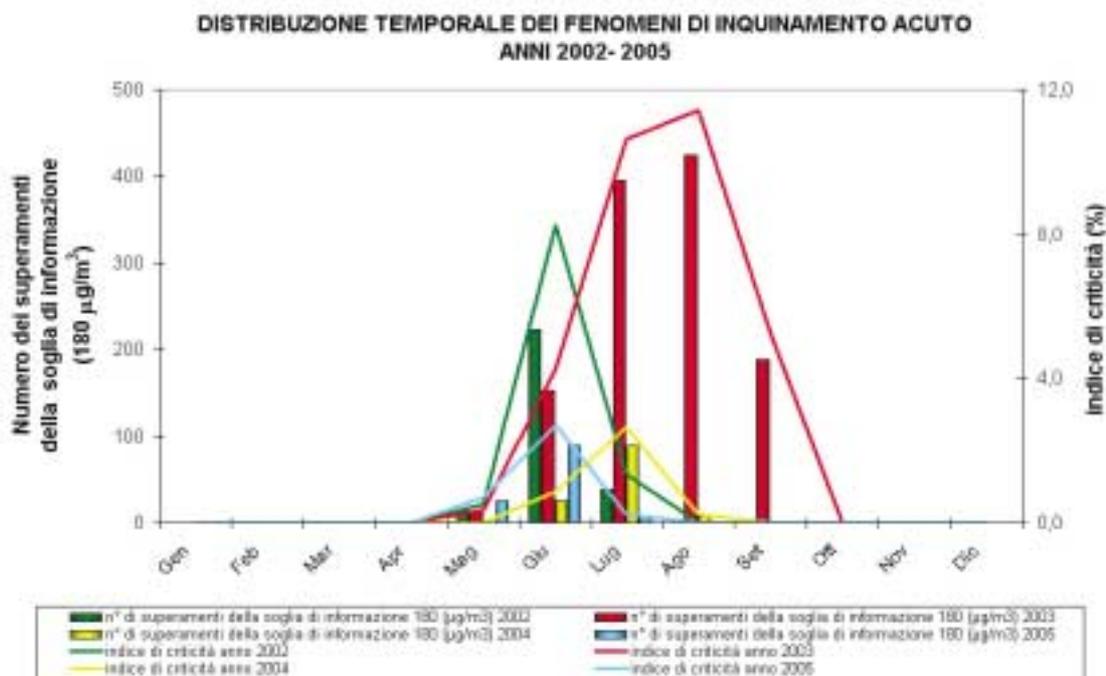


FIGURA 35: ozono, distribuzione temporale dei fenomeni di inquinamento acuto.

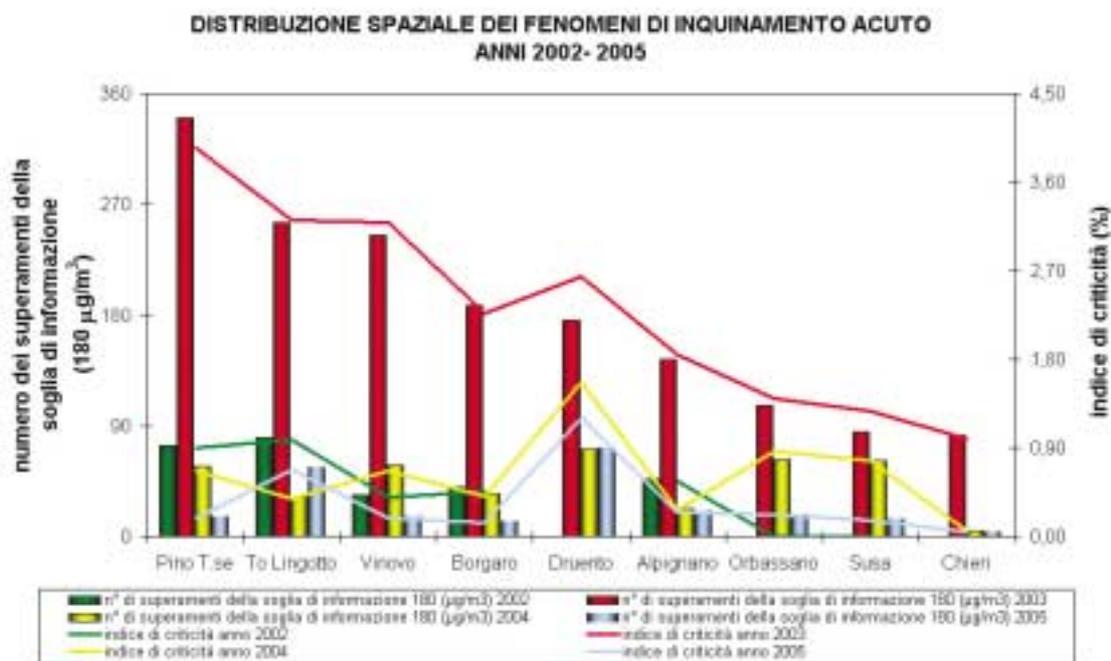


FIGURA 36: ozono, distribuzione spaziale dei fenomeni di inquinamento acuto.

Dall'analisi di questi grafici si conferma quanto già dimostrato dagli indicatori statistici e cioè che l'ozono è un inquinante presente sul nostro territorio in modo preponderante, sia in termini di diffusione spaziale sia in relazione alle elevate concentrazioni che si raggiungono nei periodi critici. L'ozono presenta un andamento tipico stagionale e giornaliero con massimi di concentrazione nella

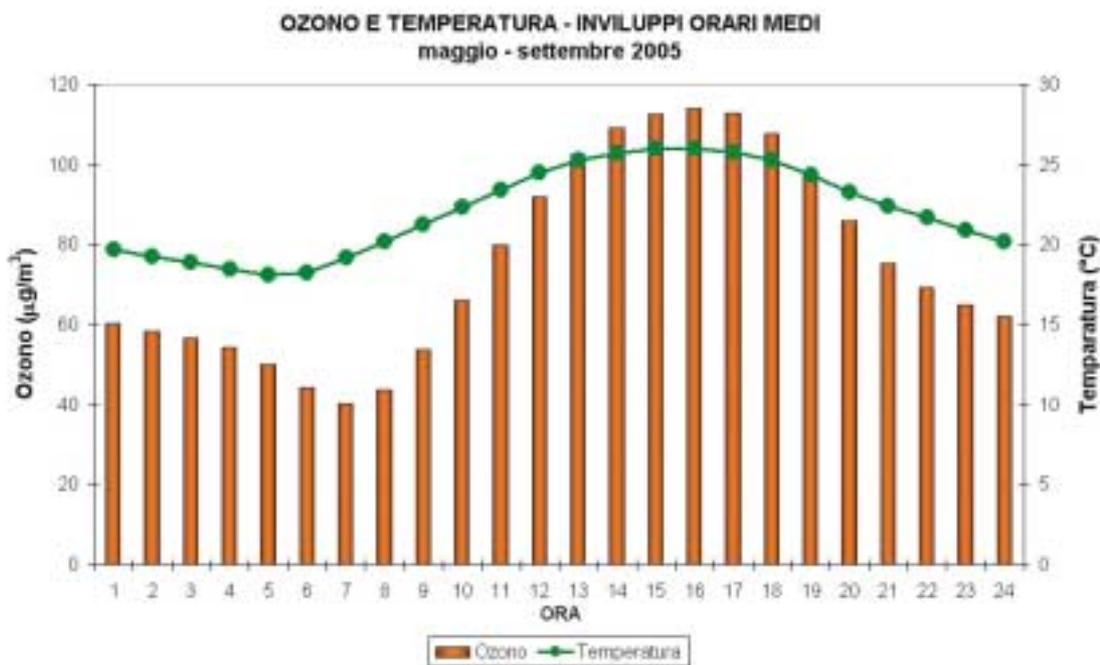


FIGURA 37: ozono, inviluppo medio orario e profilo medio della temperatura nel periodo maggio settembre 2005.

stagione calda, fra maggio e settembre (vedi figura 35), e nel primo pomeriggio, come evidenziato nell'inviluppo medio orario riportato in figura 37.

Le condizioni climatiche, infatti, esercitano un ruolo fondamentale nel determinare le concentrazioni dell'inquinante a livello della troposfera, sia per il verificarsi di condizioni che favoriscono episodi di accumulo (elevata insolazione, alte temperature, condizioni di alta pressione), sia per il ruolo che la radiazione solare ha nei meccanismi delle reazioni di formazione dell' O_3 in presenza di COV (composti organici volatili) e NO_x (ossidi di azoto). Fatte queste premesse, si riportano in figura 38 i valori di precipitazione e della media delle temperature massime degli ultimi quattro anni nel periodo maggio-settembre. Si osserva che il 2005 è stato caratterizzato da temperature piuttosto alte e da una modesta quantità media di pioggia ma, nonostante le condizioni meteorologiche siano state alquanto sfavorevoli (rispetto al 2004 ad esempio), per il 2005 l'indice di criticità risulta essere confrontabile con quello degli anni precedenti fatta eccezione per l'anno 2003, anno caratterizzato da anomale condizioni climatiche. Risulta anche interessante l'analisi delle serie storiche delle concentrazioni di ozono rilevate nel corso degli ultimi 13 anni (figura 39) che mostra una sostanziale stabilità dei valori di concentrazione, con una leggera variabilità dovuta alla situazione meteorologica del singolo anno. Ciò sottolinea ancora la gravità del fenomeno, e la necessità di intervenire in modo strategico nel territorio per ridurre i flussi dei precursori a seconda delle situazioni in cui l'ozono è generato.

A conclusione, si riportano i valori delle medie delle concentrazioni di ozono rilevate nei mesi estivi negli anni 2003 2004 e 2005: tale raffigurazione è fortemente esemplificativa di come gran parte del territorio della provincia di Torino sia interessata in modo omogeneo dal fenomeno di inquinamento di ozono (figura 40).

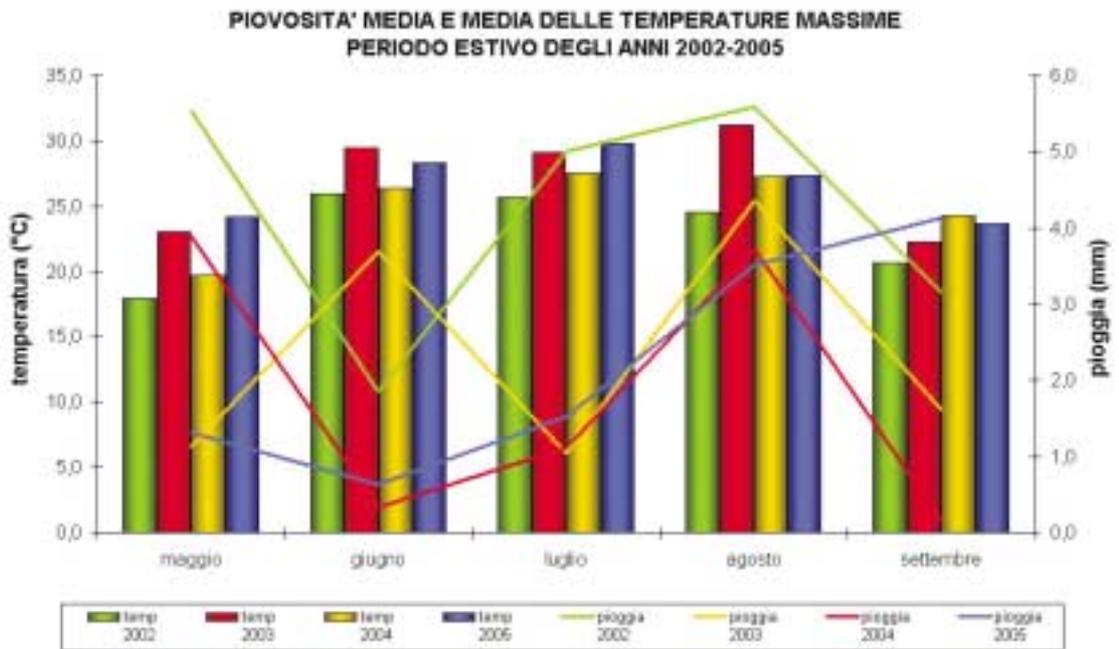


FIGURA 38: ozono, andamenti della piovosità media e della media delle temperature massime relative nei periodi maggio – settembre 2002 - 2005.

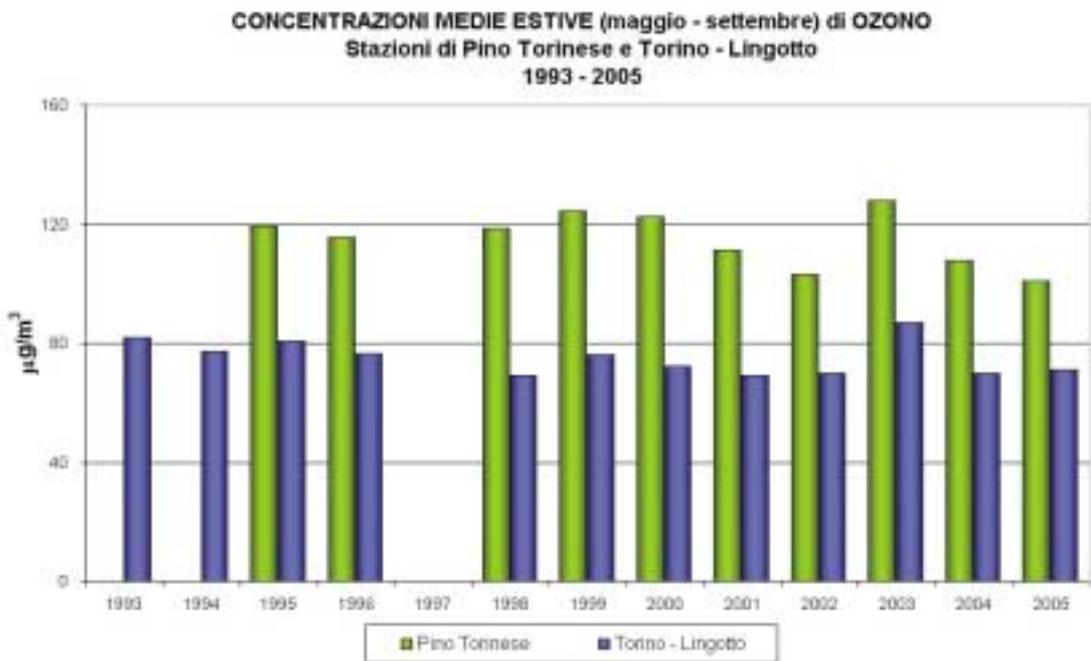


FIGURA 39: ozono, concentrazioni medie del periodo maggio-settembre degli ultimi 13 anni.

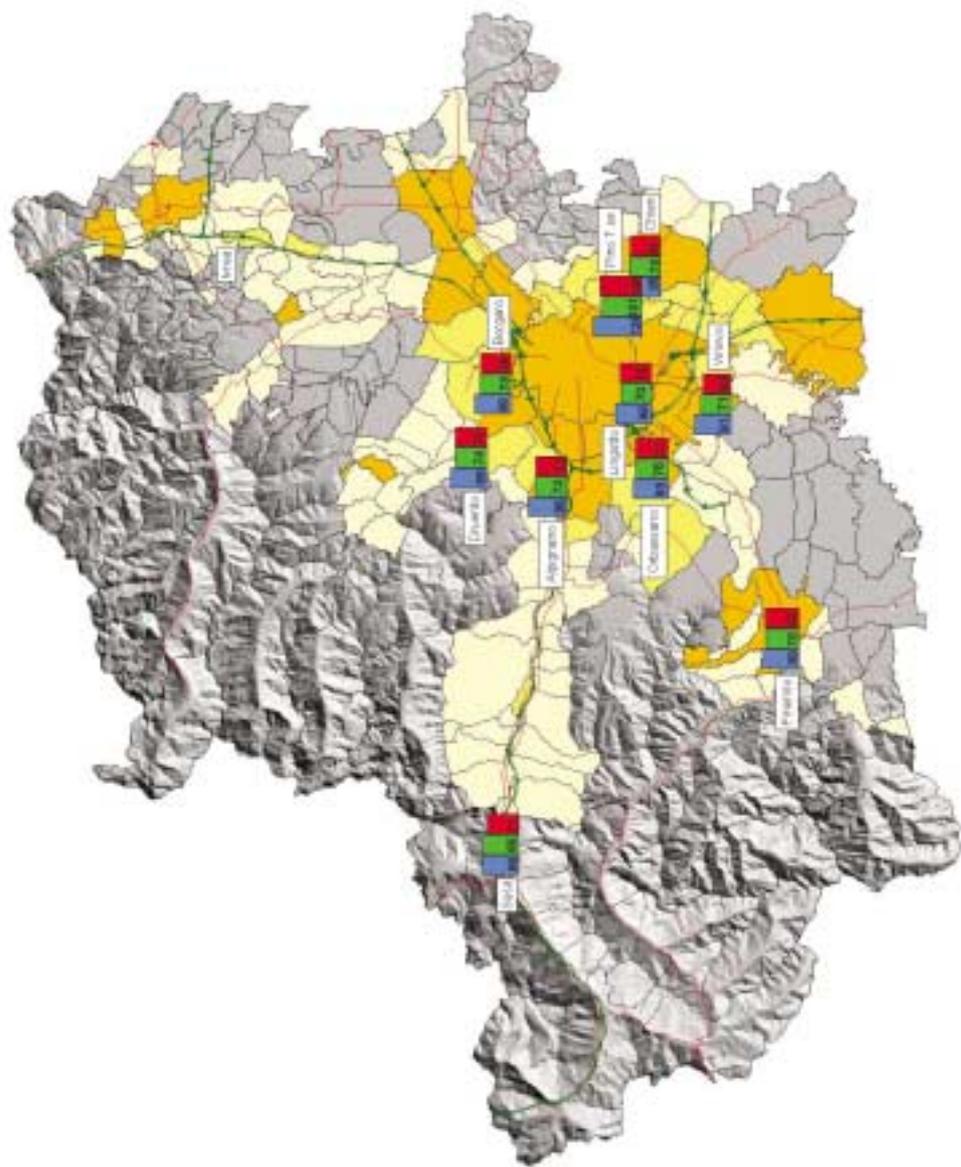


FIGURA 40: carta riportante il valore della media delle concentrazioni di O₃ misurate nei mesi estivi (maggio-settembre) negli anni 2003, 2004 e 2005.

DESCRIZIONE

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

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

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

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 fotoionizzazione. Dal 2 maggio 2005 è in funzione un analizzatore di benzene anche presso la stazione di rilevamento di Rivoli.

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 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da rispettare entro il 1/1/2010.

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, dal 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 2005 è stato registrato un valore medio annuo di 3,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre nell'anno precedente il valore era di 5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (figura 41).

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

Nel Comune di Rivoli la media dei valori rilevati dal 2 maggio al 31 dicembre 2005 è pari a 2,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, considerando lo stesso periodo la media presso Torino – Consolata è pari a 3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, per cui si può dedurre che i limiti sono ampiamente rispettati anche presso la stazione di Rivoli.

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.

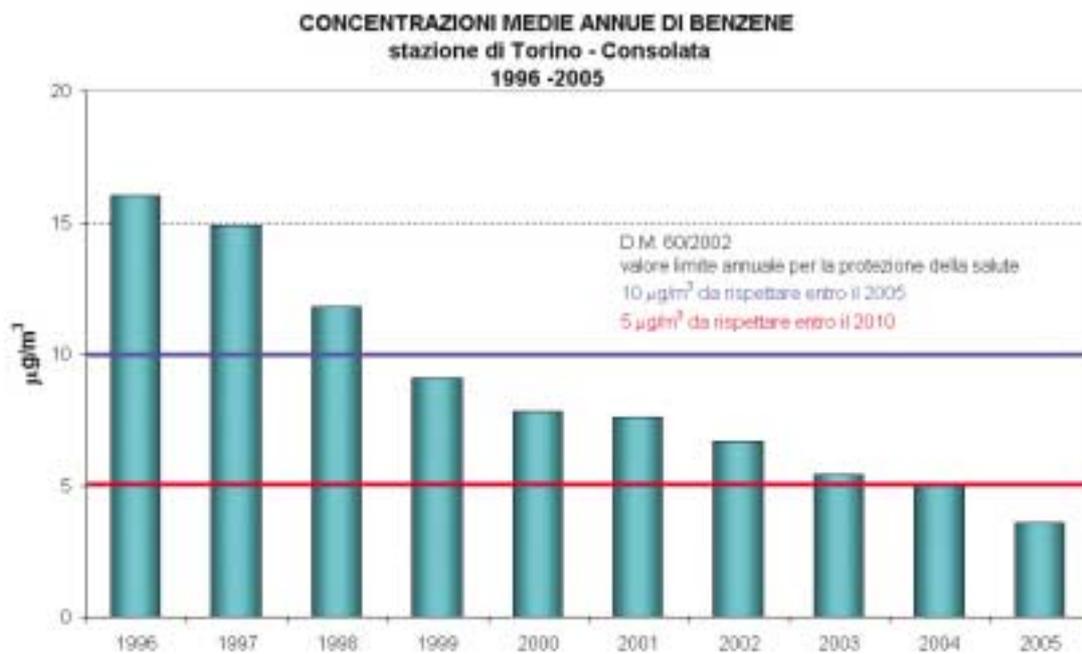


FIGURA 41: concentrazioni medie annue di benzene rilevate presso la stazione di Torino-Consolata negli anni 1996-2005.

DESCRIZIONE

Il Piombo è un metallo pesante che si presenta in natura, sia in composti inorganici che organici. La fonte principale era rappresentata dalle benzine tradizionali (super) in cui veniva impiegato come additivo sotto forma di composti metallo-organici (piombo tetraetile), usati come antidetonanti. Nei paesi in cui viene ancora utilizzata la benzina col piombo, il traffico può contribuire per l'80-90% della concentrazione atmosferica di questo inquinante.

In Europa le concentrazioni di piombo nell'aria nelle zone industriali e nelle aree urbane con alta densità di traffico sono diminuite costantemente in questi ultimi 15 anni, grazie alla riduzione delle emissioni industriali, all'eliminazione del piombo nella benzina e all'adozione di sistemi di raccolta e riciclaggio delle batterie per auto.

Tuttavia il piombo viene ancora utilizzato in medicina, nelle industrie siderurgiche ed in quelle delle vernici speciali. Il tempo di soggiorno delle particelle di Pb nell'aria varia secondo un certo numero di fattori, quali la dimensione delle particelle, le correnti del vento, la pioggia e l'altezza del punto di emissione. (Air Quality Guidelines for Europe 2000).

DANNI CAUSATI

Per il piombo è stato evidenziato un ampio spettro di effetti tossici, in quanto tale sostanza interferisce con numerosi sistemi enzimatici.

L'avvelenamento cronico da piombo (saturismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici. Il rischio di intossicazione da piombo è particolarmente grave nei bambini ed è determinato dal danno subclinico (piombemia < 25 mg/dl) con misconoscimento dello stato di intossicazione che può condurre a gravi alterazioni della crasi ematica e a grave ritardo mentale.

METODO DI MISURA

Il particolato sospeso PM10 presente in un volume noto di aria viene raccolto su filtri in fibra di vetro, i quali sono sottoposti a mineralizzazione mediante acido nitrico. Sulla soluzione ottenuta si determina la concentrazione del piombo mediante spettrofotometria di assorbimento atomico o di emissione ICP.

ESAME DEI DATI

I dati riportati mostrano come negli ultimi trenta anni si sia registrata una drastica diminuzione della concentrazione del piombo presente nell'aria. Dalla fine del 2001 è stata eliminata dal commercio la benzina super, principale fonte di questo inquinante, per cui la concentrazione del piombo nel particolato atmosferico non rappresenta più una preoccupazione essendo nettamente inferiore anche al limite definito dalla recente normativa comunitaria. Il limite annuale previsto dal DM n.60/2002 è pari a $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, negli ultimi anni le concentrazioni di piombo rilevate nel particolato atmosferico sono di un ordine di grandezza inferiore a tale limite. Nelle polveri campionate nella stazione di via Consolata nel 2005 è stata rilevata una concentrazione di piombo pari a $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$; lo stesso valore è stato trovato nelle stazioni di To-Gaidano, To-P.zza Rivoli, Ivrea Borgaro, Buttigliera, Susa, Pinerolo. Il valore più basso come media annuale è pari a $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rilevato nelle stazioni di Druento e Carmagnola, mentre il valore maggiore pari a $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è relativo alla stazione di To-ITIS Grassi. In quest'ultima stazione è stato rilevato il valore mensile più elevato, pari a $0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel mese di gennaio, che risulta comunque più basso del limite annuale, mentre a Buttigliera nei mesi di giugno e settembre sono stati registrati i valori inferiori pari a $0,004 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

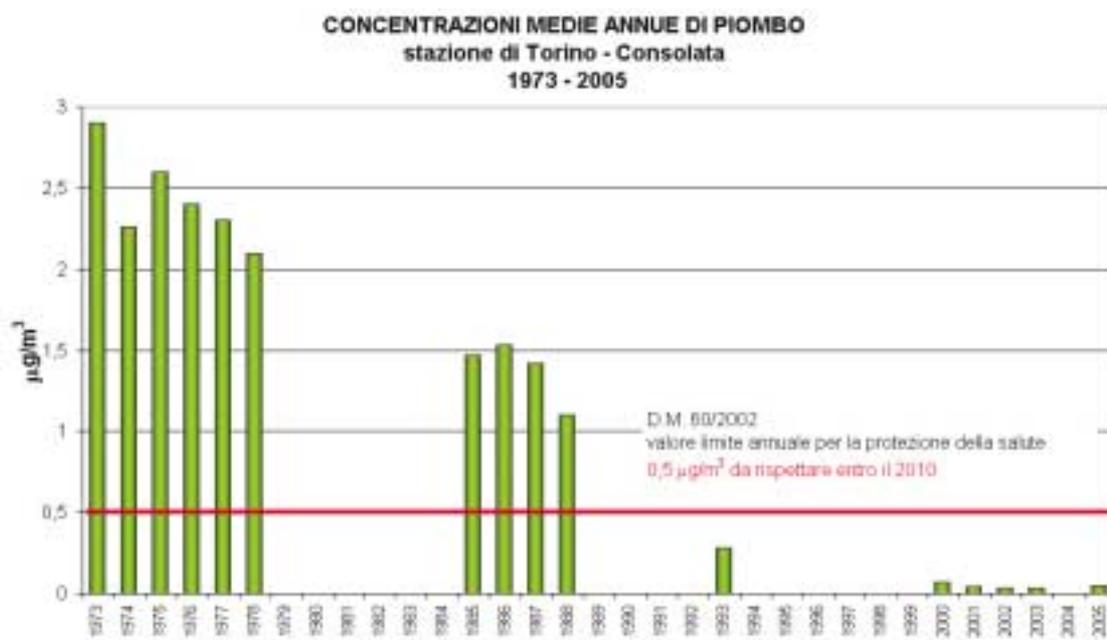


FIGURA 42: parametro piombo, medie annuali misurate presso la stazione di Torino – Consolata nel periodo 1973 – 2005.

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 PM10, 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 PM10.

Il DM 60/2002 ha inoltre indicato che venga misurata la concentrazione di polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 2,5 μm (PM2,5), per il quale attualmente non sono ancora previsti dei limiti normativi.

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

Il particolato totale e le frazioni PM10 e PM2,5 vengono misurati mediante raccolta su filtro per 24 ore in condizioni standardizzate e successiva determinazione gravimetrica (vale a dire per pesata) delle polveri filtrate. Nel caso della frazione PM10 e PM2,5 la testa della apparecchiatura di prelievo ha una particolare geometria definita in modo tale che sul filtro arrivino e siano trattenuate rispettivamente solo le particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 10 e ai 2,5 μm .

Nel 2005 sono stati acquistati 3 analizzatori di PM10 automatici cosiddetti "beta", nei quali la determinazione della massa di particolato avviene mediante la misurazione dell'attenuazione di basse radiazioni β prodotte da una sorgente radioattiva interna allo strumento. I raggi beta attraversano il filtro "bianco" e alla fine del ciclo di 24 ore il filtro campionato, la differenza nell'assorbimento dei raggi beta da parte del filtro è proporzionale alla concentrazione del PM10 campionato.

ESAME DEI DATI

Frazione PM10 e PM2,5

Il 2005 è stato l'anno in cui sono entrati ufficialmente in vigore i valori limite per il PM10 stabiliti dal DM 60/2002 e questo ha scatenato la notevole attenzione dei media e di conseguenza della popolazione, in particolare quella residente nelle aree urbane. Ma il problema si ripresenta ogni anno da quando viene misurato il parametro, e i valori di PM10 rilevati nel 2005 ripropongono la criticità dell'inquinante, sia nel numero di superamenti del valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana, sia nelle medie annuali dei valori misurati nelle varie stazioni di monitoraggio del territorio provinciale.

La norma stabilisce un limite di 24 ore per la protezione della salute umana ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e un numero massimo di superamenti di tale valore nel corso dell'anno, pari a 35. Le stazioni di monitoraggio della provincia di Torino sono state ubicate in siti adatti per stimare la massima esposizione della popolazione, ma anche in siti di "fondo" non direttamente soggetti a fonti primarie di emissione, in modo da valutare l'esposizione della popolazione in generale. Ebbene, anche in queste ultime, come quella nel Parco della Mandria a Druento, il numero di superamenti annuali è superiore a 35 e il valore medio annuale di PM10 si avvicina molto al valore limite (a Druento è $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a fronte del limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Questo fenomeno è dovuto al fatto che il PM10 non solo viene emesso direttamente dalle varie sorgenti quali il traffico veicolare, gli impianti di riscaldamento e gli impianti industriali, ma si forma anche grazie a reazioni che avvengono nell'atmosfera a partire dagli ossidi di azoto, di zolfo e dall'ammoniaca (precursori principali). Il particolato che si forma in questo modo (particolato secondario) è quello più fine ed ha un comportamento nell'atmosfera simile a quello dei gas, può quindi permanere nell'aria per lunghi periodi a meno che non si verificano precipitazioni meteoriche o fenomeni ventosi che lo disperdano.

Il PM10 secondario si genera a partire da un insieme di composti ed è formato da un "cocktail" di sostanze, e quindi per poterlo controllare è necessario agire su più fronti, intervenendo anche sui suoi precursori. Non bisogna poi dimenticare che se alcuni risultati nella riduzione del PM10 sono stati raggiunti in questi anni, intervenendo ad esempio sulle emissioni da traffico veicolare, grazie alle innovazioni nel trattamento dei gas di scarico, alla migliorata qualità dei carburanti e all'aumento di efficienza dei motori, parte del successo ottenuto è stato neutralizzato dalla mancata riduzione nei volumi di traffico circolante, poiché anche lo spostamento dei veicoli provoca particolato, per l'abrasione dei pneumatici, il risollevarsi delle polveri depositate sul manto stradale e l'usura dei freni e delle frizioni. Inoltre in questi ultimi anni è aumentata notevolmente la percentuale dei veicoli diesel immatricolati e questo carburante è quello maggiormente responsabile delle emissioni di PM10; attualmente, in percentuale, il consumo di gasolio sfiora il 60% del totale dei consumi di carburante, essendo cresciuto di un abbondante 4,2% rispetto ai dati 2002, mentre la benzina auto è scesa del 4,9% (dati Unione Petrolifera).

In figura 43 è rappresentato il numero di superamenti del limite di 24 ore avvenuti nell'anno 2005 per ogni stazione di rilevamento.

Nella città di Torino la media delle medie annuali è $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la media dei dati annuali nelle stazioni fuori città è $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il valore limite annuale per la protezione della salute umana è $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e questo è superato nella quasi totalità delle stazioni tranne in quelle di Susa (media annuale $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Druento-La Mandria ($36 \mu\text{g}/\text{m}^3$), come si può osservare in figura 44.

La maglia nera anche quest'anno tocca alla stazione situata presso l'ITIS Grassi di via Paolo Veronese, dove la media annuale è di $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il numero di superamenti del valore limite giornaliero è pari a 197, due in meno rispetto alla stazione in via Consolata dove sono stati 199, ma questo è dovuto ai problemi di funzionamento che il campionatore dell'ITIS Grassi ha avuto in quasi tutto il mese di marzo, quindi il numero di superamenti è leggermente sottostimato. I valori particolarmente elevati misurati presso la stazione To-Grassi sono dovuti al fatto che la zona è inte-

ressata da un attraversamento di traffico veicolare pesante, la cui alimentazione prevalente è il diesel.

Anche per la stazione di Torino-Piazza Rivoli il dato può essere sottostimato in quanto quest'anno, per problemi tecnici nel mese di giugno e luglio, il campionatore ha fornito solo il 77% di dati validi.

Nel corso del 2005 i mesi peggiori per quanto riguarda i valori medi di PM10 sono stati gennaio e dicembre, mentre in primavera-estate, sia a causa delle condizioni atmosferiche migliori dal punto di vista della dispersione atmosferica, della maggiore piovosità, sia per l'assenza del contributo degli impianti di riscaldamento domestici, il valore medio di PM10 risulta più che dimezzato. Nella città di Torino la situazione è maggiormente critica anche in questo periodo; nella stazione di Torino-Consolata il valore medio mensile è stato superiore a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ anche da aprile a giugno, mentre nella stazione di Torino - Grassi le medie mensili sono state superiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel mese di giugno e luglio, in un periodo in cui non è presente il riscaldamento domestico, ad ulteriore conferma che il traffico veicolare è la principale causa dell'inquinamento da PM10. Sul traffico si deve pertanto agire in maniera prioritaria, cercando di ridurre i volumi di traffico e incrementando le performance emissive del parco circolante.

In figura 45 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 esamina l'andamento negli anni delle concentrazioni di PM10 (figura 46) relativamente alle stazioni per le quali si hanno le serie storiche più lunghe (To - Consolata e TO - Grassi) non si rileva ancora un trend netto, negli ultimi 7 anni l'andamento è stato altalenante, molto probabilmente legato alle caratteristiche meteorologiche dei vari anni. L'andamento abbastanza stabile dei valori è confermato dalla serie storica degli ultimi 7 anni delle particelle sospese totali (PTS), misurato presso via Consolata a Torino.

In figura 48 è rappresentata una cartina riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di PM10 misurate nel triennio 2003-2005.

Da metà luglio 2005 è stato installato un campionatore di PM2,5 nella stazione di Torino - Lingotto. Il PM2,5 è la frazione di particolato sospeso con diametro aerodinamico inferiore ai $2,5 \mu\text{m}$, per la quale la normativa non ha ancora previsto dei limiti, ma ha dato indicazione di affiancare la sua misura a quella del PM10. Da vari studi risulta che il PM2,5 contiene i componenti a maggior valenza tossicologica, come gli idrocarburi policiclici aromatici e i metalli pesanti, mentre i solfati e i nitrati di ammonio costituiscono il 40 % del particolato raccolto (ARPA Lombardia - progetto PUMI "Il particolato fine dell'atmosfera urbana milanese"). Dai dati raccolti in questi mesi a Torino-Lingotto (agosto-dicembre 2005) risulta che la frazione di PM2,5 rappresenta in media il 62% del PM10 raccolto nella stazione di Torino-via Consolata. Nella figura 47 è visualizzabile l'andamento della media mensile di PM2,5, PM10 e PTS messi a confronto.

Quest'anno alle misure del PM10 con metodo gravimetrico si sono aggiunte misurazioni con analizzatori automatici basati sull'attenuazione dei raggi beta, che sono stati considerati equivalenti al metodo ufficiale gravimetrico. Gli analizzatori sono stati ubicati presso la stazione di Torino-Lingotto (da febbraio 2005), Borgaro (da novembre 2005) e Oulx (dicembre 2005). A Borgaro dove al campionatore automatico era affiancato quello gravimetrico è stato possibile confrontare i dati prodotti dai due strumenti ed è risultato che in media le concentrazioni rilevate dal campionatore beta sono inferiori e rappresentano l'87 % di quelle ottenute con il campionatore gravimetrico, per il periodo 25 novembre- 31 dicembre 2005, nel quale i due strumenti hanno funzionato contemporaneamente.

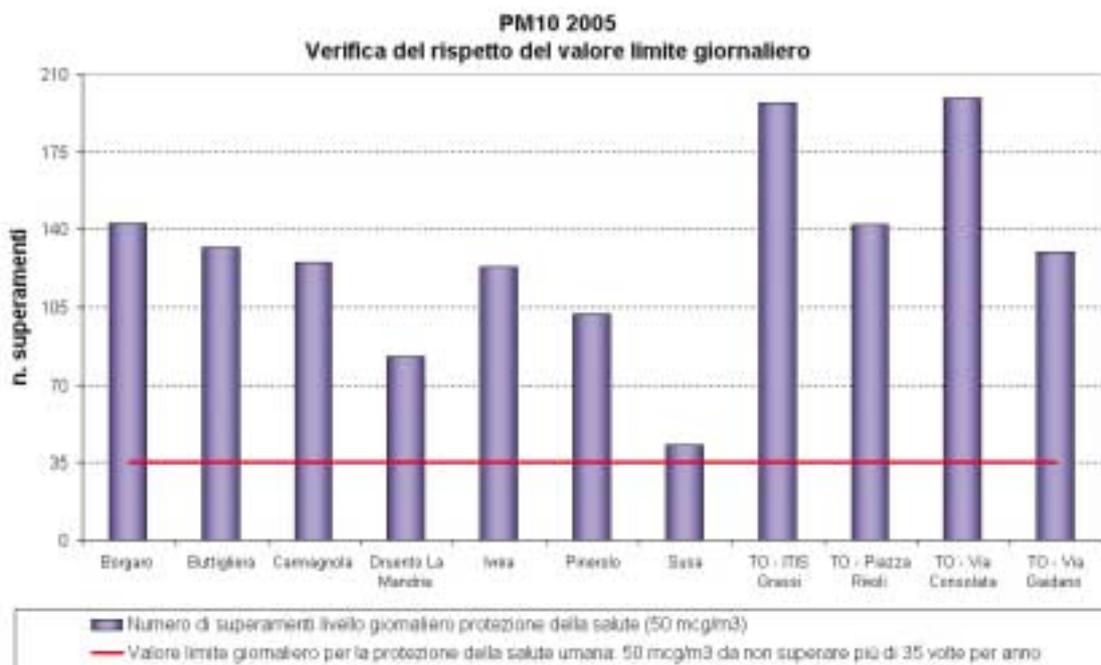


FIGURA 43: numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute (50 µg/m³ PM10 come media giornaliera).

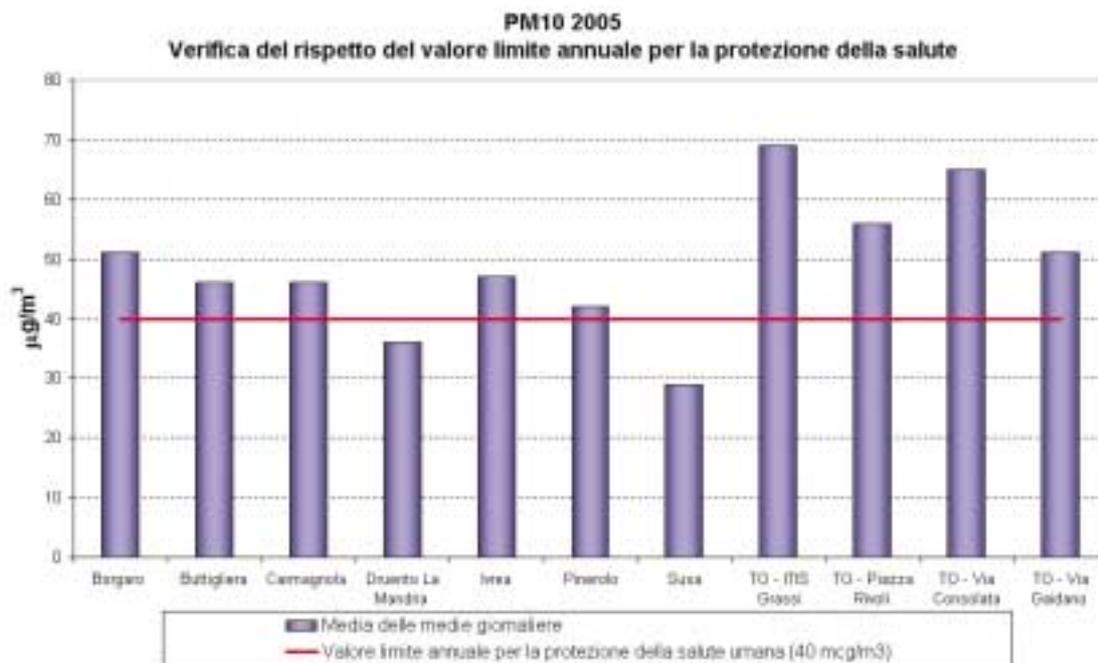


FIGURA 44: valore medio annuale misurato presso le stazioni di monitoraggio provinciali.

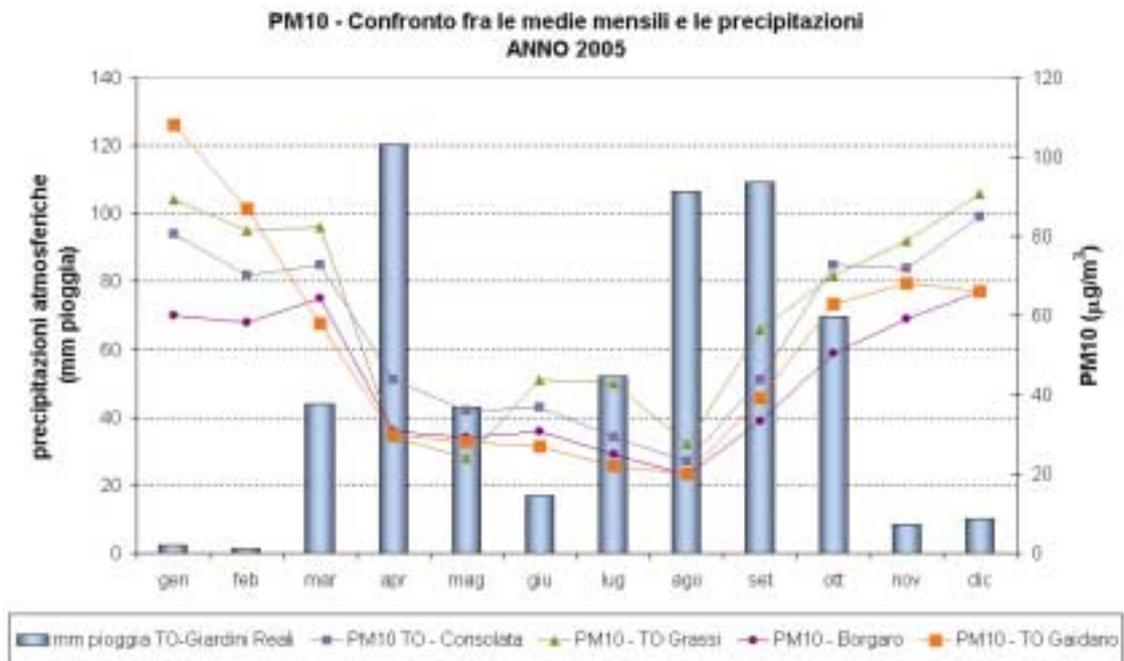


FIGURA 45: andamento delle concentrazioni di PM10 in alcune stazioni dell'area metropolitana nell'anno 2005 in funzione delle precipitazioni atmosferiche.

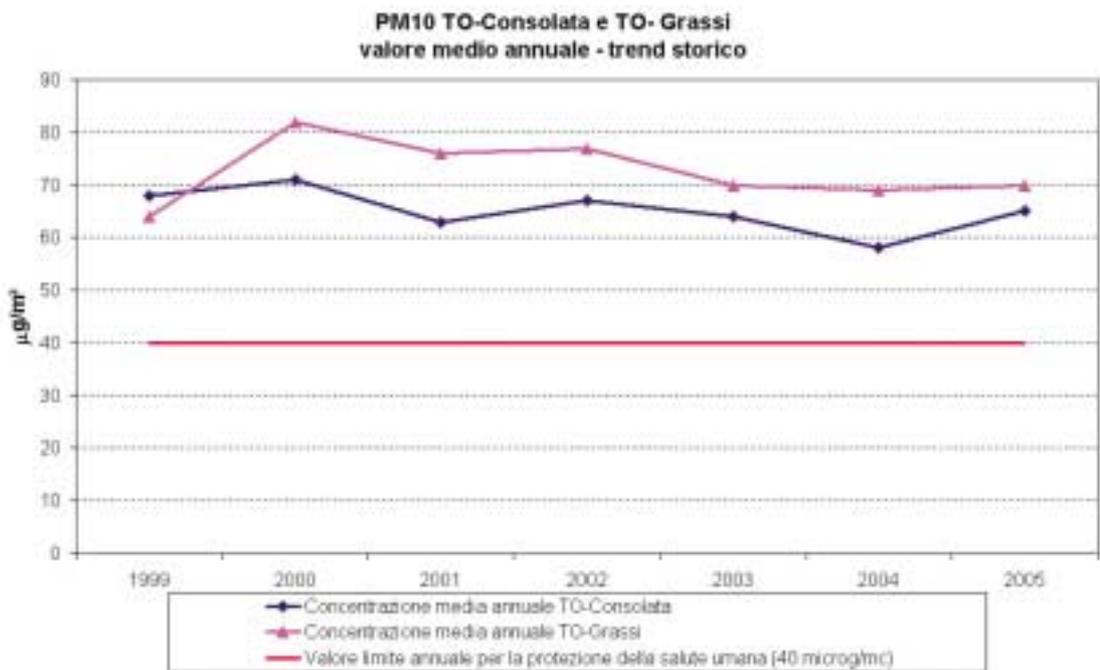


FIGURA 46: parametro PM10, concentrazioni medie annue rilevate nella città di Torino nel periodo 1999-2005.

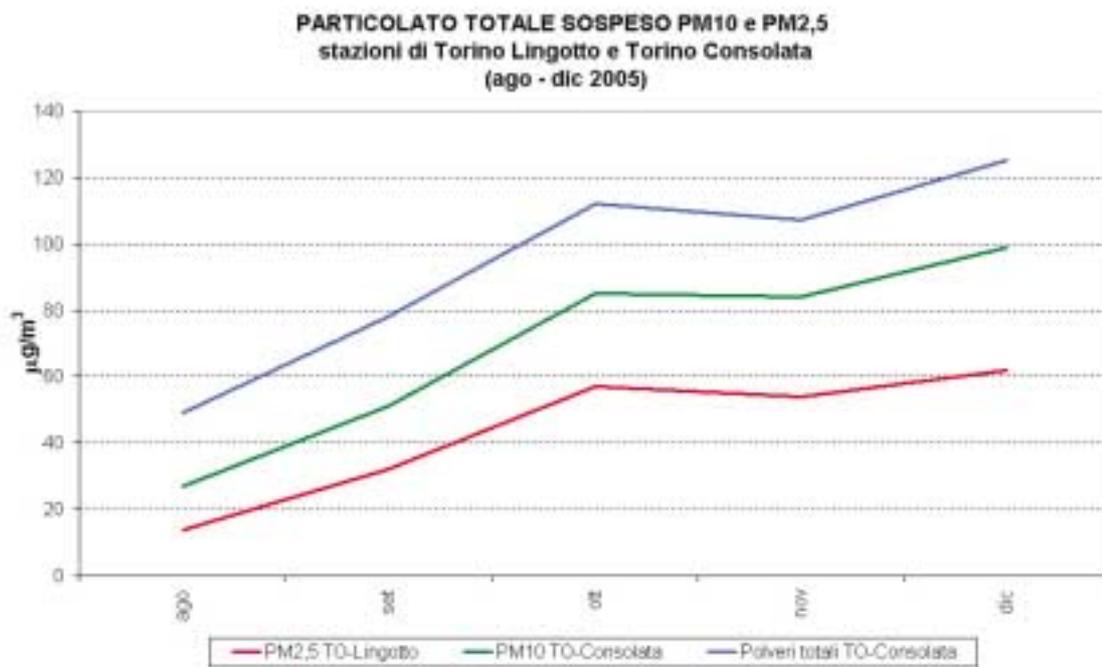


FIGURA 47: Concentrazioni mensili di PM2,5, PM10 e PTS nelle stazioni di Torino-Lingotto e Torino-Consolata.

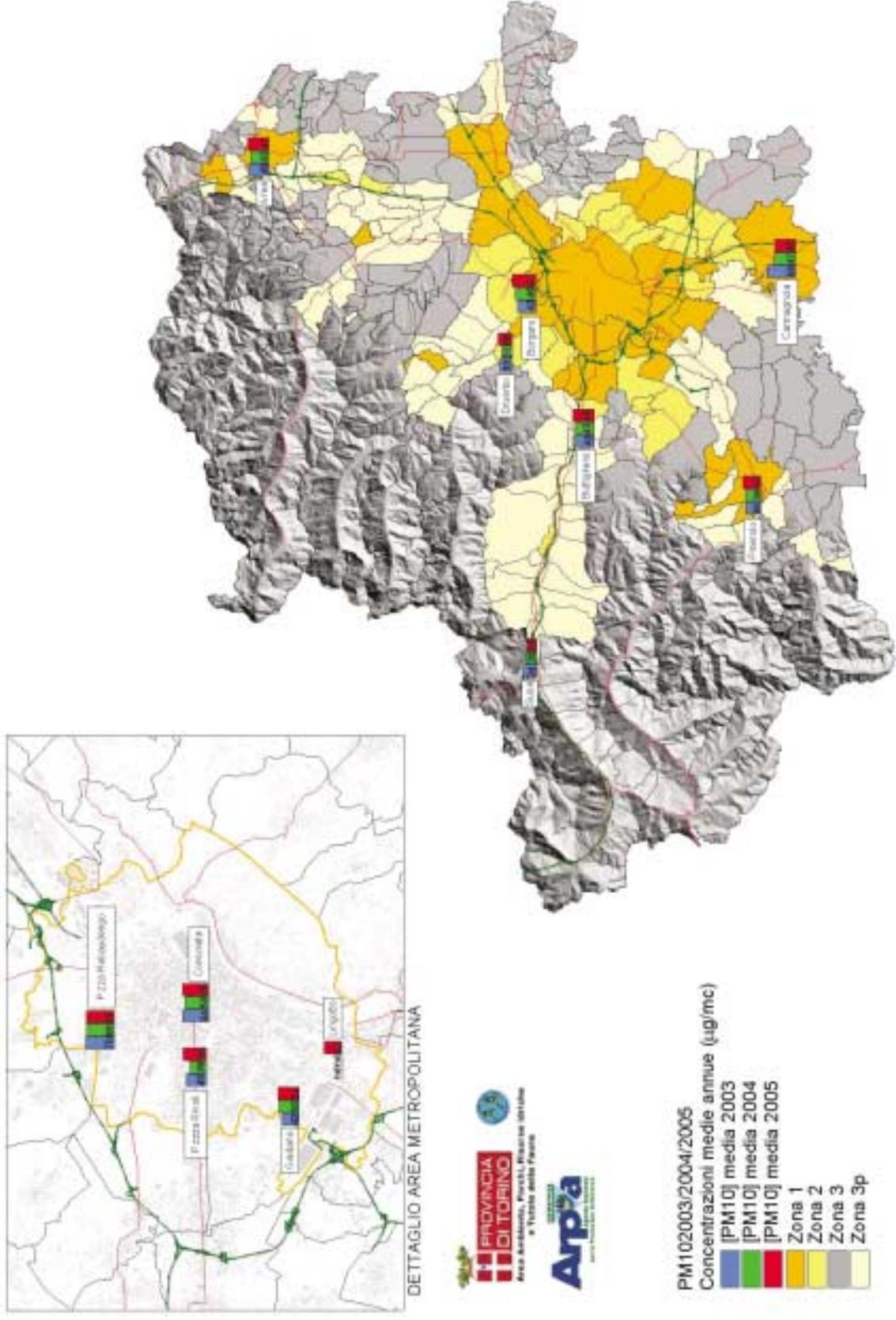


FIGURA 48: carta riportante i valori delle medie annuali delle concentrazioni di PM10 misurate negli anni 2003-2005.

PARTICELLE SOSPESSE TOTALI

Nel 2005 le particelle sospese totali sono state misurate esclusivamente presso la stazione di Torino- via Consolata, in quanto gli studi epidemiologici hanno evidenziato che la frazione più fine del particolato è quella più dannosa per la salute umana e l'attenzione normativa si è incentrata sulla frazione PM10. La misurazione continua ad essere effettuata poiché 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 PM10, che ne costituisce circa il 60-70%.

In figura 49 sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate negli ultimi 25 anni. Se paragoniamo i valori di polveri totali sospese che si registravano negli anni '80 rispetto ai valori che si misurano oggi, balza agli occhi il notevole decremento delle concentrazioni, ma se focalizziamo l'attenzione sui valori misurati negli ultimi anni, dal 1999 ad oggi, si può vedere come i valori siano stabili e non abbiano una tendenza netta al decremento, come confermato dall'andamento annuale del PM10.

La diminuzione registrata rispetto ai primi anni di rilevamento si è ottenuta grazie al trasferimento all'esterno dell'area metropolitana e alla chiusura di alcuni impianti industriali di notevole impatto ambientale, alla progressiva sostituzione 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 7 anni suggerisce la necessità di adottare nuove strategie per la riduzione ulteriore del particolato.

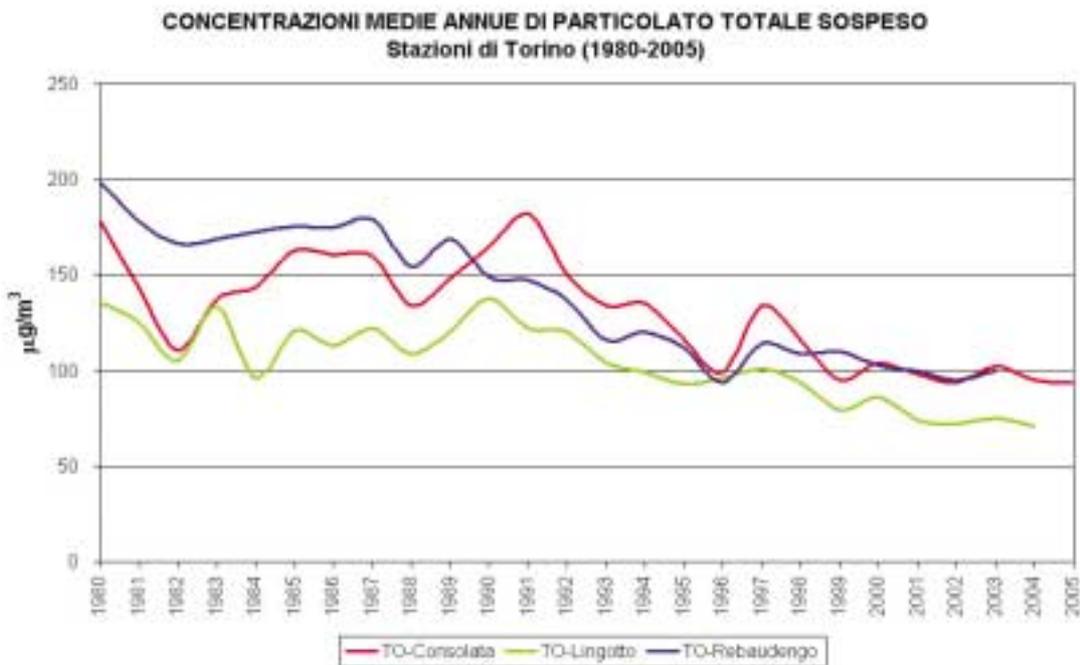


FIGURA 49: parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino dal 1980 al 2005.

PM10 STAZIONE di TO - CONSOLATA	Riepilogo annuale										Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic			
n° prelievi	363	357	341	353	331	356	141	31	28	31	29	31	30	31	30	30	30	30	31			
n° sup 50 µg/m ³	199	173	185	198	186	214	84	27	23	25	15	5	3	0	12	21	30	29	29			
Valore medio (µg/m ³)	65	58	64	67	63	71	68	94	82	85	51	42	43	34	27	51	85	84	99			
Valore minimo (µg/m ³)	11	9	12	7	17	8	15	37	30	23	17	15	28	11	12	14	20	51	41			
Valore massimo (µg/m ³)	174	191	165	243	179	222	200	153	158	168	102	75	66	63	43	96	152	134	174			

TABELLA 19: stazione di TO-Consolata, parametro PM10, valutazione statistica anno 2005.

PM10 STAZIONE di TO - GRASSI	Riepilogo annuale										Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic			
n° prelievi	320	327	314	348	352	333	155	31	27	7	25	27	30	30	28	30	28	28	29			
n° sup 50 µg/m ³	197	213	200	251	254	264	98	30	26	7	5	2	15	15	2	21	19	28	27			
Valore medio (µg/m ³)	70	69	70	77	76	82	64	104	95	96	34	28	51	50	32	66	82	92	106			
Valore minimo (µg/m ³)	4	9	5	10	13	10	13	47	47	51	6	6	27	19	4	13	24	60	40			
Valore massimo (µg/m ³)	187	219	173	256	197	222	215	167	177	127	97	69	71	93	59	131	169	158	187			

TABELLA 20: stazione di TO-Grassi, parametro PM10, valutazione statistica anno 2005.

PM10 STAZIONE di BORGARO	Riepilogo annuale										Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic			
n° prelievi	345	359	336	335	335	335	135	30	26	26	30	30	29	29	30	29	27	28	31			
n° sup 50 µg/m ³	143	130	103	125	125	125	67	25	19	21	7	3	3	0	0	7	15	21	22			
Valore medio (µg/m ³)	51	46	43	47	47	47	52	70	68	75	36	34	36	29	23	39	59	69	77			
Valore minimo (µg/m ³)	4	4	4	4	4	4	4	19	14	20	8	11	24	7	10	4	12	44	32			
Valore massimo (µg/m ³)	147	206	118	178	131	178	131	111	147	123	98	63	54	49	41	87	125	123	133			

TABELLA 21: stazione di Borgaro, parametro PM10, valutazione statistica anno 2005.

PM10 STAZIONE di TO - GAIDANO	Riepilogo annuale					Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
n° prelievi	341	313	349	196	30	28	31	30	28	29	30	31	30	29	28	17	
n° sup 50 µg/m³	130	118	102	50	26	22	16	4	1	1	0	0	8	17	23	12	
Valore medio (µg/m³)	51	50	42	36	108	87	58	30	28	27	22	20	39	63	68	66	
Valore minimo (µg/m³)	4	4	1	5	13	20	14	10	10	13	9	4	9	13	29	38	
Valore massimo (µg/m³)	192	291	162	107	174	192	118	78	52	53	48	42	80	123	116	94	

TABELLA 22: stazione di TO-Gaidano, parametro PM10, valutazione statistica anno 2005.

PM10 STAZIONE di TO - RIVOLI	Riepilogo annuale					Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
n° prelievi	280	253	328	212	31	28	31	19	26	-	7	27	30	31	30	20	
n° sup 50 µg/m³	142	65	129	73	26	20	20	5	0	-	0	1	9	20	27	14	
Valore medio (µg/m³)	54	39	49	44	81	66	62	42	23	-	36	22	44	72	79	67	
Valore minimo (µg/m³)	4	4	5	7	14	4	16	15	10	-	23	8	13	17	45	26	
Valore massimo (µg/m³)	141	138	140	132	132	128	105	108	43	-	46	60	90	141	131	128	

TABELLA 23: stazione di TO-Rivoli, parametro PM10, valutazione statistica anno 2005.

PM10 STAZIONE di BUTTIGLIERA	Riepilogo annuale					Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
n° prelievi	362	330	337	61	31	28	31	30	31	30	29	31	29	31	30	31	
n° sup 50 µg/m³	132	105	108	19	18	20	19	7	3	1	3	0	6	18	20	17	
Valore medio (µg/m³)	46	43	43	42	59	62	61	34	31	33	29	22	37	58	59	62	
Valore minimo (µg/m³)	4	5	4	8	16	11	11	4	11	15	7	5	5	6	36	16	
Valore massimo (µg/m³)	133	179	128	105	106	106	117	85	63	67	64	35	86	122	94	133	

TABELLA 24: stazione di Buttigliera, parametro PM10, valutazione statistica anno 2005.

PM10 STAZIONE di CARMAGNOLA	Riepilogo annuale					Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	2001	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	356	332	344	56	31	28	31	30	31	30	29	31	30	31	30	24	24
n° sup 50 µg/m ³	125	107	170	25	14	14	13	1	0	0	5	1	12	21	22	22	22
Valore medio (µg/m ³)	47	47	58	50	46	55	48	21	22	24	30	30	47	72	72	72	93
Valore minimo (µg/m ³)	4	4	8	13	11	17	13	4	8	13	4	12	11	4	40	40	43
Valore massimo (µg/m ³)	178	181	147	136	77	98	90	53	38	35	77	55	104	167	135	178	178

TABELLA 25: stazione di Carmagnola, parametro PM10, valutazione statistica anno 2005.

PM10 STAZIONE di DRUENTO	Riepilogo annuale					Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	2001	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	354	300	303	42	30	28	31	29	30	30	29	31	30	27	28	31	31
n° sup 50 µg/m ³	83	46	59	7	12	14	15	5	1	0	0	0	4	9	11	12	12
Valore medio (µg/m ³)	36	31	33	30	45	48	49	26	24	28	21	18	28	42	51	50	50
Valore minimo (µg/m ³)	4	4	4	7	13	4	10	5	7	18	7	6	5	7	20	12	12
Valore massimo (µg/m ³)	116	87	109	67	87	96	98	74	51	44	37	30	65	94	114	116	116

TABELLA 26: stazione di Druento, parametro PM10, valutazione statistica anno 2005.

PM10 STAZIONE di IVREA	Riepilogo annuale					Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	2001	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
n° prelievi	345	286	295	61	31	22	24	29	30	27	31	31	31	29	31	30	30
n° sup 50 µg/m ³	123	88	85	23	21	16	14	8	2	0	0	0	0	6	18	18	20
Valore medio (µg/m ³)	47	43	45	48	70	70	67	35	30	25	25	20	37	60	66	66	64
Valore minimo (µg/m ³)	4	4	4	5	4	4	16	6	12	4	8	4	4	9	11	35	16
Valore massimo (µg/m ³)	136	176	142	139	119	135	126	94	69	46	49	36	71	112	121	136	136

TABELLA 27: stazione di Ivrea, parametro PM10, valutazione statistica anno 2005.

PM10 STAZIONE di PINEROLO	Riepilogo annuale												Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic								
n° prelievi	337	330	347	54	31	28	31	30	22	29	30	31	30	26	28	21								
n° sup 50 µg/m³	102	77	84	14	13	15	20	6	4	1	1	0	7	14	10	11								
Valore medio (µg/m³)	42	38	38	36	52	51	63	33	32	31	25	20	37	52	47	61								
Valore minimo (µg/m³)	4	4	5	6	21	9	16	8	9	19	4	4	9	7	16	27								
Valore massimo (µg/m³)	128	171	124	91	99	95	128	80	56	51	51	40	86	124	93	112								

TABELLA 28: stazione di Pinerolo, parametro PM10, valutazione statistica anno 2005.

PM10 STAZIONE di SUSA	Riepilogo annuale												Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic								
n° prelievi	337	337	320	34	20	28	29	28	30	30	31	31	24	31	29	26								
n° sup 50 µg/m³	43	42	59	5	3	8	11	3	2	0	0	0	1	6	7	2								
Valore medio (µg/m³)	29	30	34	31	37	36	43	25	25	24	20	14	22	38	38	26								
Valore minimo (µg/m³)	4	4	4	5	9	4	11	4	3	4	4	3	4	9	16	4								
Valore massimo (µg/m³)	101	144	108	73	88	77	96	62	53	37	45	28	52	101	94	83								

TABELLA 29: stazione di Susa, parametro PM10, valutazione statistica anno 2005.

POLVERI TOTALI STAZIONE di TO - CONSOLATA	Riepilogo annuale												Anno 2005 - dettaglio mensile											
	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic				
n° prelievi	318	284	326	331	311	304	332	329	20	20	26	24	30	22	31	30	29	30	29	27				
n° sup liv. attenzione 150 µg/m³	33	32	47	42	39	51	43	68	3	5	5	2	0	0	0	0	0	9	1	8				
n° sup liv. allarme 300 µg/m³	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Valore medio (µg/m³)	95	95	102	94	98	104	95	115	116	122	113	89	79	81	71	49	78	112	107	125				
Valore minimo (µg/m³)	16	20	28	17	34	28	15	22	58	54	31	23	33	47	21	16	18	27	70	64				
Valore massimo (µg/m³)	225	218	220	296	234	268	334	170	211	225	160	119	119	105	139	75	133	194	166	190				
95° percentile	166	177	183	187	179	213	186	218	168	196	191	151	114	103	113	73	128	174	142	190				

TABELLA 30: stazione di TO-Consolata, parametro polveri totali, valutazione statistica anno 2005.

PM10 - Beta STAZIONE di TO - LINGOTTO	Riepilogo annuale	Anno 2005 - dettaglio mensile											
		2005	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov
n° prelievi	286	-	13	9	30	24	26	30	17	29	28	30	31
n° sup 50 µg/m³	98	-	60	60	30	27	25	24	0	0	4	17	25
Valore medio (µg/m³)	43	-	28	8	4	10	13	7	6	3	10	38	25
Valore minimo (µg/m³)	3	-	87	121	73	50	41	39	33	65	125	118	156
Valore massimo (µg/m³)	156	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELLA 31: stazione di TO-Lingotto, parametro PM10 beta, valutazione statistica anno 2005. NB: L'analizzatore è stato installato il 16/2/2005.

PM2,5 STAZIONE di TO - LINGOTTO	Riepilogo annuale	Anno 2005 - dettaglio mensile											
		2005	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov
n° prelievi	170	-	-	-	-	-	-	-	19	30	30	30	31
Valore medio (µg/m³)	40	-	-	-	-	-	-	-	21	14	32	57	62
Valore minimo (µg/m³)	4	-	-	-	-	-	-	-	10	4	5	10	17
Valore massimo (µg/m³)	142	-	-	-	-	-	-	-	35	33	77	126	142

TABELLA 32: stazione di TO-Lingotto, parametro PM2,5, valutazione statistica anno 2005. NB: Il campionatore è stato installato il 13/7/2005.

PM10 - Beta STAZIONE DI BORGARO	Riepilogo annuale	Anno 2005 - dettaglio mensile	
		nov-05	dic-05
n° prelievi	6	30	27
n° sup 50 µg/m³	6	21	5
Valore medio (µg/m³)	66	65	33
Valore minimo (µg/m³)	56	26	6
Valore massimo (µg/m³)	86	108	89

TABELLA 33: stazioni di Borgaro e Oulx, parametro PM10 beta - valutazione statistica anno 2005. NB: L'analizzatore di Borgaro è stato installato il 25/11/2005, quello di Oulx il 3/12/2005.

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 e 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, per ogni sito vengono effettuate due campagne di monitoraggio, una nel semestre freddo dell'anno e una in quello caldo, 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 2005 sono state realizzate campagne di rilevamento in 6 comuni della provincia, la localizzazione dei punti di monitoraggio è indicata in figura 50.

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 Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Provincia di Torino ed è scaricabile via internet all'indirizzo <http://www.provincia.torino.it/ambiente/inquinamento/aria/qualita/mezzo>.

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.

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 nel territorio provinciale e permettono agli amministratori comunali di valutare l'adozione di interventi al fine di migliorare la qualità dell'aria del proprio territorio.

Nel corso del 2005, quasi tutte le richieste provenienti dai Comuni sono state motivate dall'esigenza di conoscere la qualità dell'aria in punti caratterizzati da elevate emissioni veicolari, soprattutto per valutare l'opportunità di adottare interventi quali limitazioni del traffico e modificazioni della viabilità.

Nel Comune di San Sebastiano da Po è stata condotta la campagna estiva, relativa al monitoraggio iniziato l'anno precedente, per valutare il contributo della Centrale Edipower di Chivasso sulla qualità dell'aria del territorio circostante. Tale attività è stata definita nell'ambito 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.

In occasione della chiusura del Traforo del Frejus nel Comune di Bardonecchia, a seguito di un incendio nel tunnel, è stata condotta una campagna di monitoraggio per valutare la qualità dell'aria in assenza di traffico stradale; la campagna è stata ripetuta nel mese di ottobre 2005 quando sono state ripristinate le funzionalità del Traforo.

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.

Il PM10 è un inquinante tipico del periodo invernale, ed infatti i valori più elevati sono stati rilevati durante le campagne invernali condotte nei Comuni di Villastellone e Villar Perosa, dove vi sono state percentuali di superamento del valore limite per la protezione della salute umana, dell'87% e del 65% dei dati validi, rispettivamente. Tuttavia anche durante le campagne primave-

rili ed autunnali vi sono stati superamenti significativi per il parametro polveri fini, ed in alcuni casi si sono registrati sforamenti anche in estate.

Durante le campagne invernali di Villastellone e Villar Perosa si sono registrati valori di benzene pari a 6,5 e 5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, che appaiono superiori al valore limite di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da raggiungere entro il 2010, tuttavia le campagne sono durate circa 30 giorni, mentre il limite è previsto su base annuale. Mediando i valori invernali con quelli rilevati durante i periodi estivi negli stessi siti, si ottengono valori pari a 4,6 e 4,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, rispettivamente; si può quindi dedurre che il limite su base annuale sia rispettato.

Le campagne di monitoraggio condotte durante il periodo estivo sono state caratterizzate da superamenti dei valori limite previsti per l'ozono: il valore bersaglio per la protezione della salute – 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media su 8 ore – è stato superato 51 volte a Bardonecchia e 33 volte a San Sebastiano da Po, tali superamenti si sono verificati, rispettivamente, durante 10 e 8 giorni di monitoraggio. La normativa vigente, prevede che il limite non venga superato per più di 25 giorni per anno civile, come media su 3 anni, per cui, considerando la brevità dei monitoraggi condotti con il Laboratorio Mobile, si può dedurre che tale limite su base annuale non sia rispettato, confermando la problematicità di questo inquinante su tutto il territorio provinciale e regionale. Sforamenti, seppure meno frequenti, si sono registrati anche durante la campagna primaverile di Villar Perosa e durante il monitoraggio condotto nel comune di Mathi nel mese di settembre.

Un'analisi a parte, merita la campagna di monitoraggio effettuata lungo l'autostrada Torino – Frejus. In occasione dell'incidente avvenuto all'interno del traforo autostradale del Frejus, il 4 giugno 2005, si è ritenuto opportuno cogliere l'occasione del periodo di sospensione forzata del traffico per ottenere dati misurati di confronto della contaminazione dell'aria altrimenti difficilmente ottenibili, effettuando un'indagine di ampio respiro che prevedesse l'acquisizione di dati in diverse condizioni stagionali e di traffico. Nel periodo giugno - luglio è stato posizionato il Laboratorio Mobile della Provincia di Torino nel Comune di Barbonecchia, presso il piazzale antistante l'imbocco del tunnel; in parallelo, nel mese di luglio è stato posizionato il Laboratorio Mobile della Provincia di Alessandria, presso la barriera di Salbertrand. Nel Comune di Bardonecchia il monitoraggio è stato ripetuto nel periodo autunnale, quando è stata riaperta la viabilità del tunnel.

Durante la prima campagna di monitoraggio la SITAF, società che gestisce il tratto autostradale lungo l'asse viario da Bardonecchia per alcuni chilometri verso Salbertrand. I lavori possono aver comportato un innalzamento dei valori di alcuni inquinanti rispetto ai valori presunti di fondo. Soprattutto per i livelli di ossidi di azoto, si sono osservati, durante la chiusura del tunnel ed in corrispondenza delle attività cantieristiche presso il tunnel, dei valori medi superiori a quelli rilevati dalle centraline metropolitane durante lo stesso periodo, tuttavia non è stato superato il valore limite orario per la protezione della salute di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante il monitoraggio autunnale invece le concentrazioni sono state maggiormente critiche poiché le condizioni di traffico veicolare sono state più intense, in seguito alla riapertura del traforo, e la concentrazione massima oraria è stata di 198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vicina al limite. In Bardonecchia nel periodo della campagna autunnale si sono registrati per il parametro PM10, 10 superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute, pari a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per tutti gli altri inquinanti non vi sono stati superamenti dei limiti, ma con il tunnel del Frejus in funzione e in virtù delle mutate condizioni meteorologiche si sono registrati aumenti delle concentrazioni di tutti gli inquinanti da traffico veicolare. L'apporto di inquinanti legato alla riapertura del tunnel al traffico veicolare è mitigato dalla conformazione orografica del sito in cui è situato l'imboccatura del tunnel (inizio valle di Rochemolles) dove vi è un regime dei venti con ciclicità giornaliera che contribuisce alla pulizia della valle.

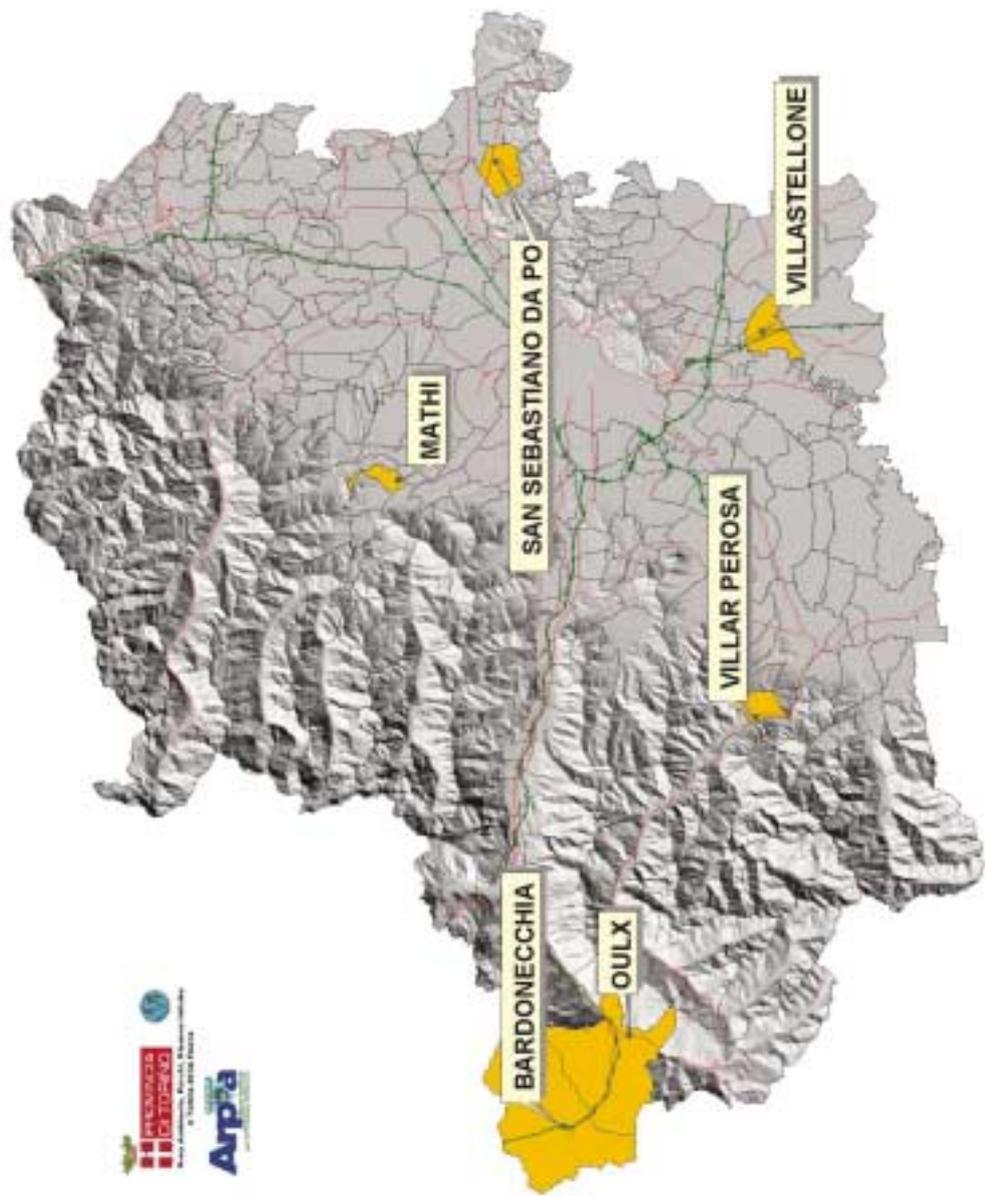


FIGURA 50: campagne di monitoraggio effettuate con il laboratorio mobile nell'anno 2005.

LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI VILLASTELLONE



Periodo di monitoraggio: 14 Gennaio – 13 Febbraio 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	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	
SO ₂	DM 60/2002	89	31 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0	0	0	26 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0
NO ₂	DM 60/2002	100	16 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0						
CO	DM 60/2002	81	150 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0			141 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0
PM10	DM 60/2002	100	4,5 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0						
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	99	144 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	27	87						
			102 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	0	0	111 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	111 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³
C ₆ H ₆	DM 60/2002	93	6,5 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

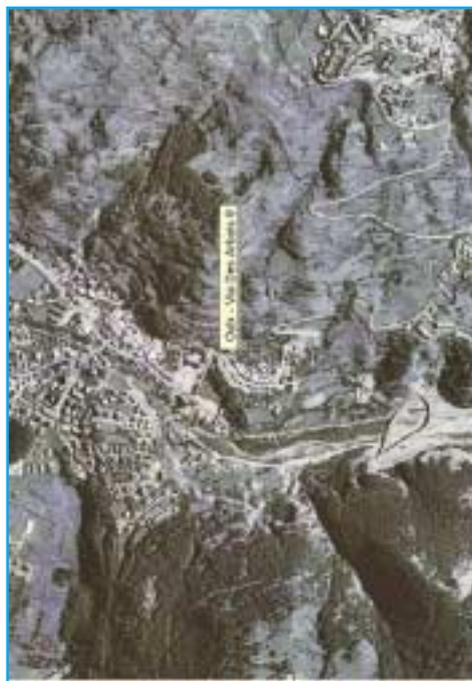
(4) Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

(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 51: Comune di Villastellone – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.

LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI OULX



Periodo di monitoraggio: 14 Febbraio - 15 Marzo 2005

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione della salute umana			Soglia di Informazione			Soglia di allarme				
			Valore medio del periodo	Valore massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio	Valore massimo	Valore di riferimento	n°	%	
SO ₂	DM 60/2002	89	18 µg/m ³⁽¹⁾ 14 µg/m ³⁽²⁾	350 µg/m ³ 125 µg/m ³	200 µg/m ³	0	0	0	0	17 µg/m ³⁽³⁾	500 µg/m ³	0	0
NO ₂	DM 60/2002	89	14,3 µg/m ³⁽¹⁾	200 µg/m ³	200 µg/m ³⁽⁶⁾	0	0	0	0	120 µg/m ³⁽³⁾	400 µg/m ³	0	0
CO	DM 60/2002	79	2,4 mg/m ³⁽⁴⁾	10 mg/m ³	10 mg/m ³⁽⁶⁾	0	0	0	0				
PM10	DM 60/2002	100	109 µg/m ³⁽²⁾	50 µg/m ³⁽²⁾	50 µg/m ³⁽²⁾	14	48	0	0	114 µg/m ³⁽¹⁾	180 µg/m ³	0	0
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	89	105 µg/m ³⁽⁴⁾	120 µg/m ³	120 µg/m ³	0 ⁽⁵⁾	0	0	0	114 µg/m ³⁽¹⁾	240 µg/m ³	0	0
C ₆ H ₆	DM 60/2002	62	3,7 µg/m ³⁽⁶⁾	5 µg/m ³⁽⁷⁾	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 52: Comune di Oulx – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.

LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI MATHI



Periodo di monitoraggio: 22 Marzo - 18 Aprile 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	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	
SO ₂	DM 60/2002	99	13 µg/m ^{3 (1)}	8 µg/m ^{3 (2)}	350 µg/m ³	0	0	0	11 µg/m ^{3 (3)}	500 µg/m ³	0	0
NO ₂	DM 60/2002	100	96 µg/m ^{3 (1)}	200 µg/m ³	125 µg/m ³	0	0	0	179 µg/m ^{3 (3)}	400 µg/m ³	0	0
CO	DM 60/2002	99	0.8 mg/m ^{3 (4)}	10 mg/m ^{3 (4)}	10 mg/m ^{3 (4)}	0	0	0				
PM ₁₀	DM 60/2002	100	128 µg/m ^{3 (2)}	50 µg/m ^{3 (2)}	50 µg/m ^{3 (2)}	8	28					
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	100	115 µg/m ^{3 (4)}	120 µg/m ³	120 µg/m ³	0	0	122 µg/m ^{3 (1)}	180 µg/m ³	0	0	0
C _a L ₆	DM 60/2002	55	2,9 µg/m ^{3 (6)}	5 µg/m ^{3 (7)}		0 ⁽⁵⁾	0					

Periodo di monitoraggio: 1 - 28 Settembre 2005

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione della salute umana			Soglia di Informazione			Soglia di allarme			
			Valore medio del periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	Valore medio massimo	Valore di riferimento	Valore medio massimo	Valore di riferimento	Valore medio massimo	n°	%
SO ₂	DM 60/2002	97		6 µg/m ³⁽¹⁾ 3 µg/m ³⁽²⁾	350 µg/m ³ 125 µg/m ³	0 0	0 0		5 µg/m ³⁽³⁾	500 µg/m ³	0	0
NO ₂	DM 60/2002	99		57 µg/m ³⁽¹⁾	200 µg/m ³	0	0		52 µg/m ³⁽³⁾		0	0
CO	DM 60/2002	99		0,6 mg/m ³⁽⁴⁾	10 mg/m ³⁽⁴⁾	0	0					
PM10	DM 60/2002	100		84 µg/m ³⁽²⁾	50 µg/m ³⁽²⁾	10	36					
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	95		138 µg/m ³⁽⁴⁾	120 µg/m ³	13	2	174 µg/m ³⁽¹⁾	180 µg/m ³	240 µg/m ³⁽¹⁾	0	0
C ₆ H ₆	DM 60/2002	98	1,8 µg/m ³⁽⁶⁾		5 µg/m ³⁽⁷⁾	3 ⁽⁵⁾	11					

* 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

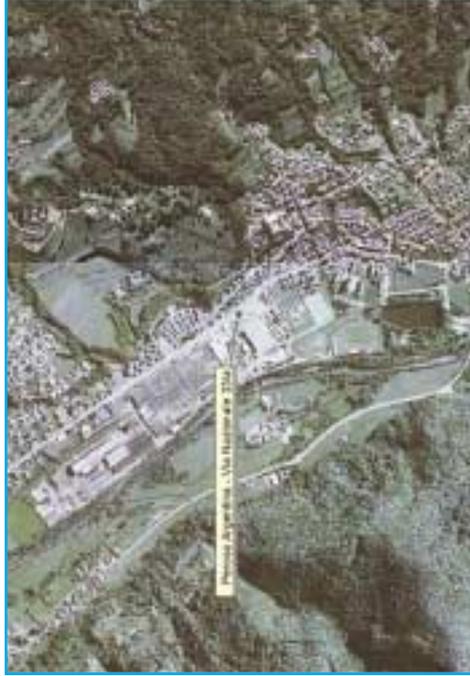
⁽⁴⁾Concentrazione media giornaliera su 8 ore (calcolata con la media mobile trascinata, per ogni ora, sulle 8 ore precedenti)

⁽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 53: Comune di Mathi – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.

LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI VILLAR PEROSA



Periodo di monitoraggio: 27 Aprile - 25 Maggio 2005

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione della salute umana			Soglia di Informazione			Soglia di allarme		
			Valore medio del periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%
SO ₂	DM 60/2002	98	17 µg/m ³⁽¹⁾	6 µg/m ³⁽²⁾	350 µg/m ³	0	0	9 µg/m ³⁽³⁾	500 µg/m ³	0	0
NO ₂	DM 60/2002	82	222 µg/m ³⁽¹⁾	125 µg/m ³	200 µg/m ³	2	0,3	198 µg/m ³⁽³⁾	400 µg/m ³	0	0
CO	DM 60/2002	95	1,5 mg/m ³⁽⁴⁾	10 mg/m ³⁽⁶⁾	10 mg/m ³⁽⁶⁾	0	0				
PM10	DM 60/2002	97	56 µg/m ³⁽²⁾	50 µg/m ³⁽²⁾	50 µg/m ³⁽²⁾	5	18				
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	99	128 µg/m ³⁽⁴⁾	120 µg/m ³	120 µg/m ³	12	2	144 µg/m ³⁽¹⁾	180 µg/m ³	0	0
C ₆ H ₆	DM 60/2002	86	2,4 µg/m ³⁽⁶⁾	5 µg/m ³⁽⁷⁾	5 µg/m ³⁽⁷⁾	3 ⁽⁵⁾	10				

Periodo di monitoraggio: 22 Dicembre 2005 – 25 Gennaio 2006

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di Informazione				Soglia di allarme			
			Valore medio del periodo	Valore medio massimo	Valore di riferimento	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%
SO ₂	DM 60/2002	71		10 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0			9 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0	
NO ₂	DM 60/2002	82		5 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0							
CO	DM 60/2002	81		97 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0			92 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0	
PM10	DM 60/2002	91		1,9 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0							
O ₃	D.Lgs. 183	81		119 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	21	65							
	del 21/05/04			43 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	0	0	60 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	60 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	
C ₆ H ₆	DM 60/2002	71	5,9 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 54: Comune di Villar Perosa – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.

Periodo di monitoraggio: 11 Ottobre – 8 Novembre 2005

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione della salute umana			Soglia di Informazione			Soglia di allarme						
			Valore medio del periodo	Valore massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%
SO ₂	DM 60/2002	74	9 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	125 µg/m ³	0	0	8 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0	0	0		
NO ₂	DM 60/2002	74	6 µg/m ³ (2)	200 µg/m ³	200 µg/m ³	0	0	119 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0	0	0		
CO	DM 60/2002	71	1 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (6)	10 mg/m ³ (6)	0	0								
PM10	DM 60/2002	86	78 µg/m ³ (5)	50 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	10	40								
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	72	46 µg/m ³ (6)	120 µg/m ³	120 µg/m ³	0	0	56 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	56 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0
C ₆ H ₆	DM 60/2002	60	1,6 µg/m ³ (6)	5 µg/m ³ (7)	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 55: Comune di Bardonecchia, Traforo del Frejus – Sito di monitoraggio e statistica relativa ai principali parametri chimici.

LABORATORIO MOBILE - COMUNE DI SAN SEBASTIANO DA PO



Periodo di monitoraggio: 8 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 del periodo	Valore massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%		
SO ₂	DM 60/2002	99	21 µg/m ³⁽¹⁾ 13 µg/m ³⁽²⁾	21 µg/m ³⁽¹⁾ 125 µg/m ³	350 µg/m ³ 125 µg/m ³	0	0	0	0	0	0	0	
NO ₂	DM 60/2002	100	121 µg/m ³⁽¹⁾	200 µg/m ³	200 µg/m ³⁽⁴⁾	0	0	0	0	0	0	0	
CO	DM 60/2002	98	2,2 mg/m ³⁽⁴⁾	10 mg/m ³⁽⁴⁾	10 mg/m ³⁽⁴⁾	0	0	0	0	0	0	0	
PM10	DM 60/2002	81	105 µg/m ³⁽²⁾	50 µg/m ³⁽²⁾	50 µg/m ³⁽²⁾	22	76	0	0	0	0	0	
O ₃	D.Lgs. 183 del 21/05/04	99	52 µg/m ³⁽⁴⁾	120 µg/m ³	120 µg/m ³	0	0	67 µg/m ³⁽¹⁾	180 µg/m ³	0	0	0	0
C ₆ H ₆	DM 60/2002	92	4,9 µg/m ³⁽⁶⁾	5 µg/m ³⁽⁷⁾	5 µg/m ³⁽⁷⁾	0	0	0	0	0	0	0	

Periodo di monitoraggio: 11 Ottobre – 8 Novembre 2005

Inquinante	Riferimenti normativi	Dati validi %	Valore limite per la protezione della salute umana				Soglia di Informazione				Soglia di allarme						
			Valore medio del periodo	Valore massimo	Valore di riferimento	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%	Valore medio massimo	Valore di riferimento	n°	%			
SO ₂	DM 60/2002	99		10 µg/m ³ (1)	350 µg/m ³	0	0							8 µg/m ³ (3)	500 µg/m ³	0	0
NO ₂	DM 60/2002	99		5 µg/m ³ (2)	125 µg/m ³	0	0							32 µg/m ³ (3)	400 µg/m ³	0	0
CO	DM 60/2002	99		36 µg/m ³ (1)	200 µg/m ³	0	0										
PM10	DM 60/2002	98		0,6 mg/m ³ (4)	10 mg/m ³ (4)	0	0										
O ₃	D.Lgs. 183	100		55 µg/m ³ (2)	50 µg/m ³ (2)	3	8										
	del 21/05/04			149 µg/m ³ (4)	120 µg/m ³	33	3	155 µg/m ³ (1)	180 µg/m ³	0	0	0	0	155 µg/m ³ (1)	240 µg/m ³	0	0
C ₆ H ₆	DM 60/2002	84	1,3 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 56: 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; esaminandole congiuntamente è infatti possibile caratterizzare le condizioni meteorologiche e climatiche del territorio interessato e valutare i fenomeni di diffusione degli inquinanti.

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 120 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 createsi a seguito degli eventi alluvionali che hanno ripetutamente colpito il Piemonte, o di controllo di fenomeni in fase evolutiva.

A partire dall'anno 2002 sono stati avviati i lavori volti all'ottimizzazione delle risorse di monitoraggio disponibili sul territorio piemontese, mediante l'integrazione tra la rete di telerilevamento Meteoidrografica di Arpa Piemonte e la rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria (S.R.Q.A.). Per garantire un adeguato supporto alla validazione dei dati chimici e quindi alle valutazioni di qualità dell'aria, si è provveduto al potenziamento dei sistemi di rilevazione dei parametri meteorologici per le province di Asti, Novara, Vercelli ed Alessandria.

Inoltre è stata integrata la dotazione sensoristica di alcune stazioni della rete Meteoidrografica (Carmagnola, Torino Caselle) con sensori di radiazione globale e di radiazione netta, particolarmente importanti per ottenere stime accurate dei principali parametri rappresentativi della turbolenza degli strati bassi dell'atmosfera.

Nel città di Torino sono stati ripristinati i siti di Torino Consolata e di Torino Alenia, già appartenenti alla rete del sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria (S.R.Q.A.), mediante aggiornamento della dotazione sensoristica ed integrazione operativa tra le stazioni della rete Meteoidrografica, rispettivamente in data 18/12/2003 e 31/05/2005.

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.

In ambiente di alta montagna, le stazioni aggiungono alla normale configurazione i sensori di altezza della neve (hs) e temperatura del manto nevoso (ts). I dati così rilevati si integrano a quelli raccolti dalla rete nivometrica manuale, fornendo indicazioni relative ad aree non presidiate e di particolare interesse.

Nella figura 57 è rappresentata la collocazione geografica delle centraline meteorologiche nella provincia di Torino.

L'elenco delle stazioni meteorologiche automatiche e dei parametri misurati sono disponibili sul sito di ARPA Piemonte all'indirizzo:

http://www.arpa.piemonte.it/upload/dl/Rischi_naturali/Monitoraggio_idrometeorologico/stazioni_automatiche.pdf

RETE METEORIDROGRAFICA ARPA PIEMONTE NELLA PROVINCIA DI TORINO



FIGURA 57: disposizione delle stazioni meteorologiche di monitoraggio.

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).

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 valo-

re 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. 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 58 con le relative ripartizioni in classi di velocità. Le elaborazioni grafiche relative alle stazioni esterne alla città di Torino sono state riportate nelle figure 59 e 60.

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 59 e 60).

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, che tipicamente hanno un andamento ciclico diurno.

Oltre alle rappresentazioni grafiche, per ogni stazione sono riportate in tabella 36 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 Arpa – Area Previsione e Monitoraggio Ambientale e presso l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Provincia di Torino.

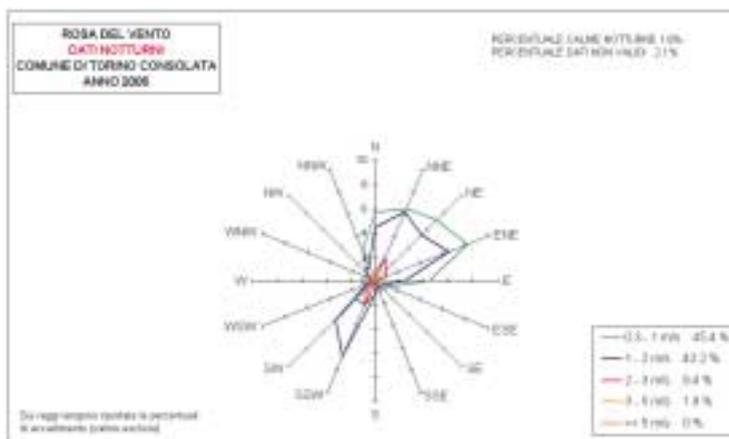
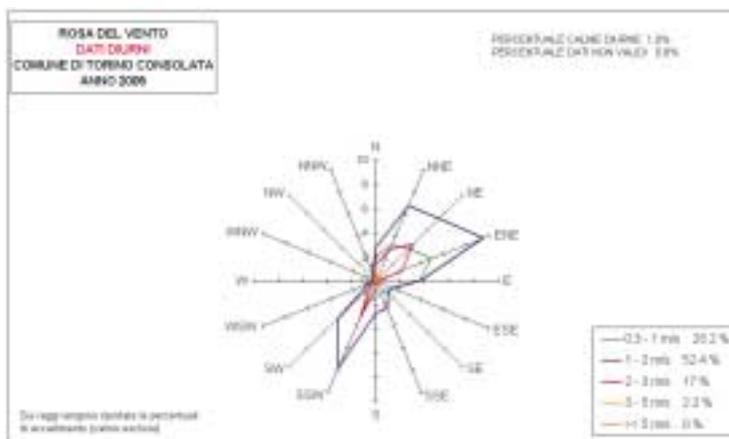
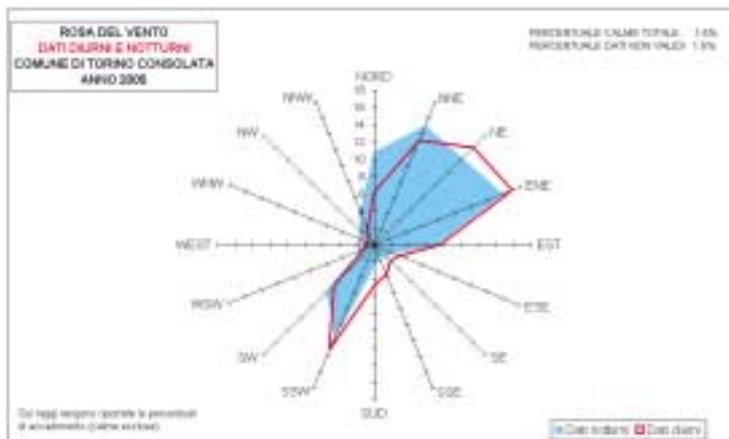


FIGURA 58: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione Torino Consolata.

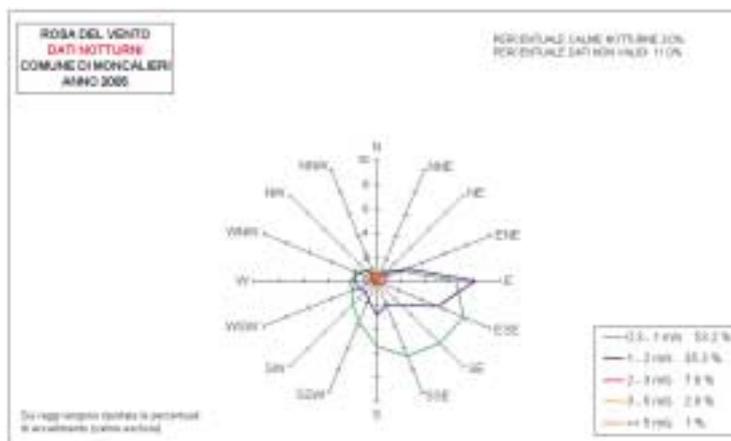
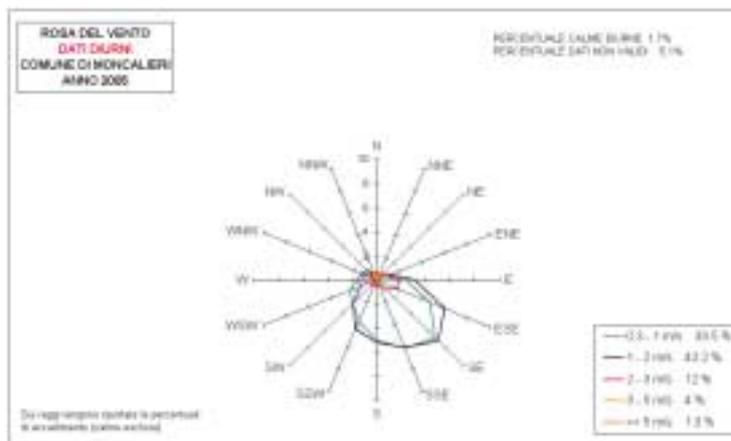
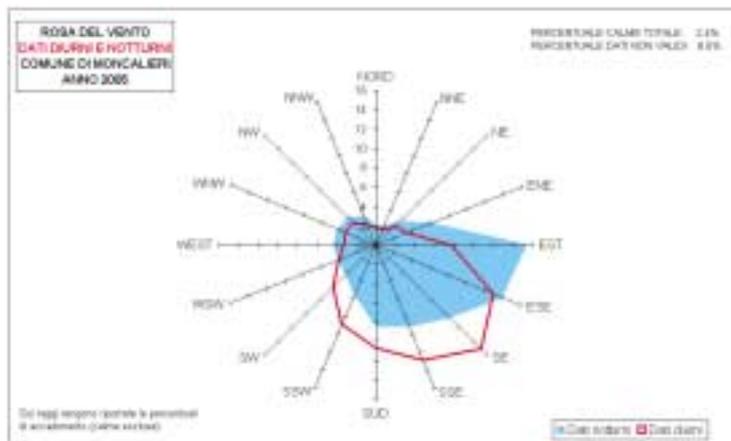


FIGURA 59: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione di Moncalieri.

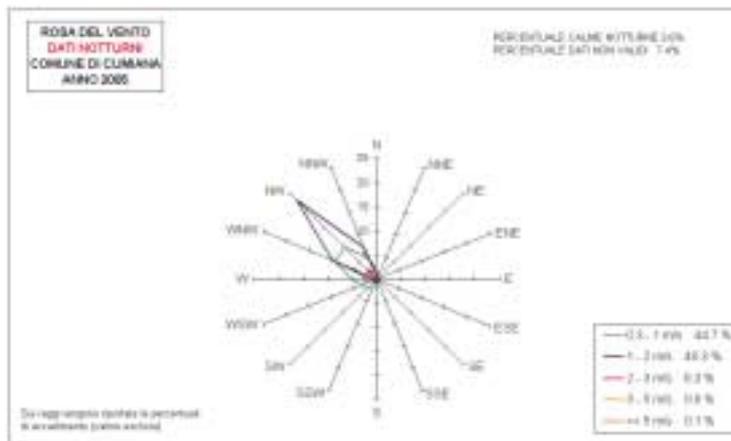
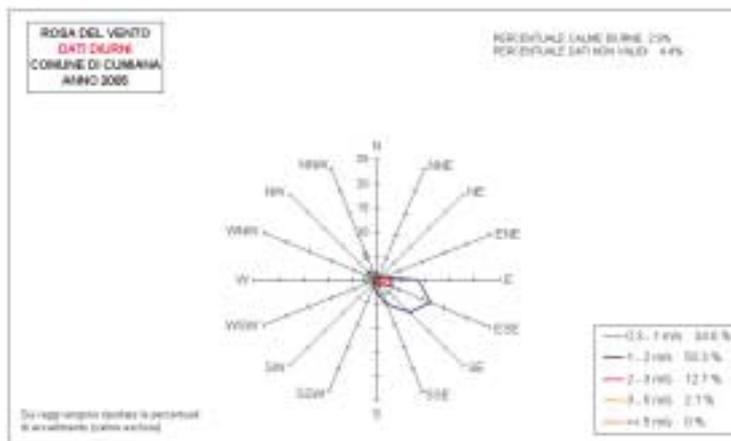
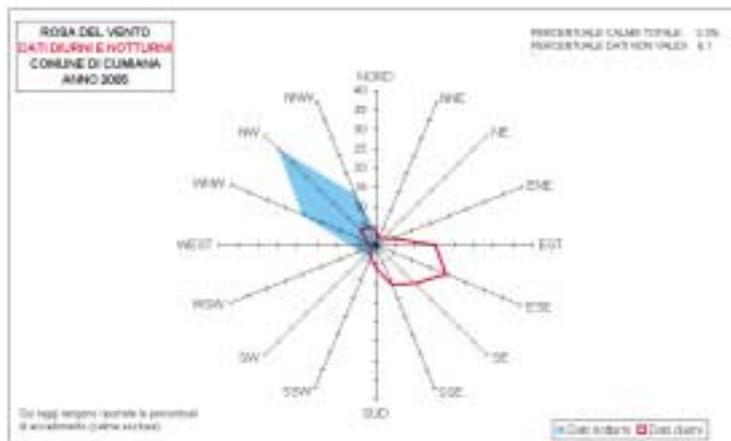


FIGURA 60: rose dei venti diurne e notturne registrate nella stazione di Cumiana.

STAZIONE DI TORINO - CONSOLATA
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2005

	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0,3 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2005	93,5	2,7	4,6	1,2	0,7
FEBBRAIO 2005	98,5	2,1	7,6	1,3	0,9
MARZO 2005	99,2	1,2	3,6	1,2	0,6
APRILE 2005	99,3	1,0	5,2	1,4	0,7
MAGGIO 2005	99,5	0,0	5,1	1,4	0,7
GIUGNO 2005	100,0	1,3	4,3	1,5	0,7
LUGLIO 2005	100,0	0,5	4,3	1,5	0,7
AGOSTO 2005	99,7	0,7	4,0	1,4	0,6
SETTEMBRE 2005	97,4	1,3	3,9	1,1	0,6
OTTOBRE 2005	98,0	1,2	3,8	1,0	0,5
NOVEMBRE 2005	99,2	2,1	3,0	1,1	0,5
DICEMBRE 2005	97,6	3,5	4,3	1,1	0,7

* Calme di vento escluse

TABELLA 34: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Torino-Consolata nel 2005.

STAZIONE DI MONCALIERI - BAUDUCCHI
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2005

	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0,3 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2005	82,9	3,0	10,7	1,2	1,5
FEBBRAIO 2005	90,9	1,9	11,3	1,5	1,6
MARZO 2005	92,7	1,1	5,7	1,2	0,7
APRILE 2005	96,4	1,9	7,2	1,5	1,0
MAGGIO 2005	95,7	1,3	7,5	1,5	1,0
GIUGNO 2005	94,0	1,0	4,7	1,4	0,8
LUGLIO 2005	96,1	3,1	6,2	1,3	0,8
AGOSTO 2005	96,1	2,8	4,7	1,2	0,7
SETTEMBRE 2005	91,9	2,2	5,1	1,1	0,7
OTTOBRE 2005	83,6	2,4	5,1	1,0	0,7
NOVEMBRE 2005	87,1	2,5	4,9	0,9	0,6
DICEMBRE 2005	90,3	3,1	7,0	1,0	0,9

* Calme di vento escluse

TABELLA 35: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Moncalieri - Bauducchi nel 2005.

STAZIONE DI CUMIANA
PARAMETRO: VELOCITÀ VENTO - 2005

	NUMERO DATI VALIDI (%)	CALME % (misure < 0,3 m/s)	VALORE MASSIMO ORARIO (m/s)	VELOCITÀ MEDIA * (m/s)	DEVIAZIONE STANDARD * (m/s)
GENNAIO 2005	92,3	6,7	6,0	1,1	0,8
FEBBRAIO 2005	97,2	2,8	6,4	1,3	0,8
MARZO 2005	95,0	3,0	3,9	1,3	0,7
APRILE 2005	94,6	2,8	4,4	1,4	0,8
MAGGIO 2005	96,9	1,9	3,8	1,3	0,6
GIUGNO 2005	97,6	1,5	3,2	1,2	0,5
LUGLIO 2005	97,8	1,1	3,5	1,3	0,6
AGOSTO 2005	98,3	1,6	3,8	1,3	0,6
SETTEMBRE 2005	94,9	1,9	4,6	1,1	0,6
OTTOBRE 2005	85,3	3,4	3,5	1,0	0,5
NOVEMBRE 2005	84,6	4,3	4,7	0,9	0,5
DICEMBRE 2005	92,1	5,9	4,1	0,9	0,6

* Calme di vento escluse

TABELLA 36: elaborazione dei dati anemologici rilevati nella stazione di Cumiana nel 2005.

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 2005 nelle stazioni di Torino-Consolata e Pino Torinese, appartenenti alla Rete Meteorografica dell'Arpa 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 61-64).

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-Giardini Reali.

Nel caso dell'umidità relativa, sono state riportate in un unico prospetto tabellare (tabella 37) 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 un'unica tabella (tabella 38) 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 65), 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'Arpa – Area Previsione e Monitoraggio Ambientale e presso l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Provincia di Torino.

**STAZIONE DI TORINO GIARDINI REALI
PARAMETRO: PRESSIONE ATMOSFERICA - 2005**

	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 2005	97	973	1008	975	1006	991
FEBBRAIO 2005	100	964	1005	969	1004	985
MARZO 2005	100	969	1001	973	1000	986
APRILE 2005	99	966	1000	969	998	983
MAGGIO 2005	100	972	993	975	991	984
GIUGNO 2005	100	973	996	976	993	985
LUGLIO 2005	100	969	990	973	988	981
AGOSTO 2005	100	974	997	979	995	986
SETTEMBRE 2005	100	975	996	977	995	989
OTTOBRE 2005	100	983	1001	984	999	993
NOVEMBRE 2005	97	967	1004	968	1002	989
DICEMBRE 2005	94	967	1006	970	1004	988

**PRESSIONE ATMOSFERICA
ANDAMENTO VALORI MINIMO - MEDIO - MASSIMO MENSILI
STAZIONE DI TORINO GIARDINI REALI - ANNO 2005**

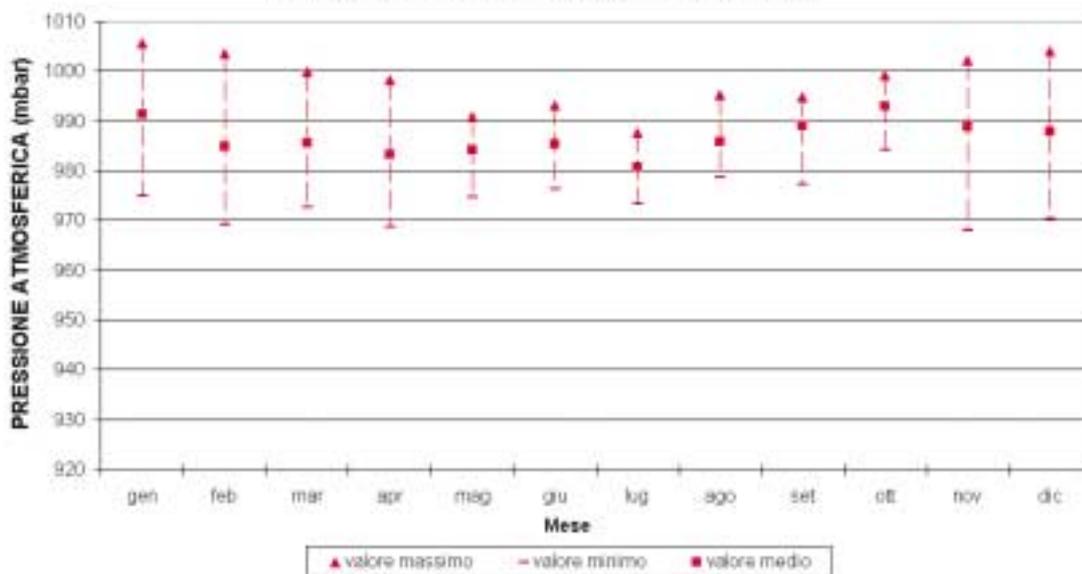


FIGURA 61: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Torino-Giardini Reali nell'anno 2005.

**STAZIONE DI PINO TORINESE
PARAMETRO: PRESSIONE ATMOSFERICA - 2005**

	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 2005	97	929	962	930	961	946
FEBBRAIO 2005	100	921	959	926	958	940
MARZO 2005	100	927	958	929	957	942
APRILE 2005	100	924	956	927	955	941
MAGGIO 2005	100	932	952	934	951	943
GIUGNO 2005	100	935	953	937	952	945
LUGLIO 2005	100	935	949	938	948	943
AGOSTO 2005	100	934	953	937	952	943
SETTEMBRE 2005	100	933	952	935	952	946
OTTOBRE 2005	100	938	956	940	955	949
NOVEMBRE 2005	100	922	958	924	957	944
DICEMBRE 2005	100	923	960	925	958	942

**PRESSIONE ATMOSFERICA
ANDAMENTO VALORI MINIMO - MEDIO - MASSIMO MENSILI
STAZIONE DI PINO TORINESE - ANNO 2005**

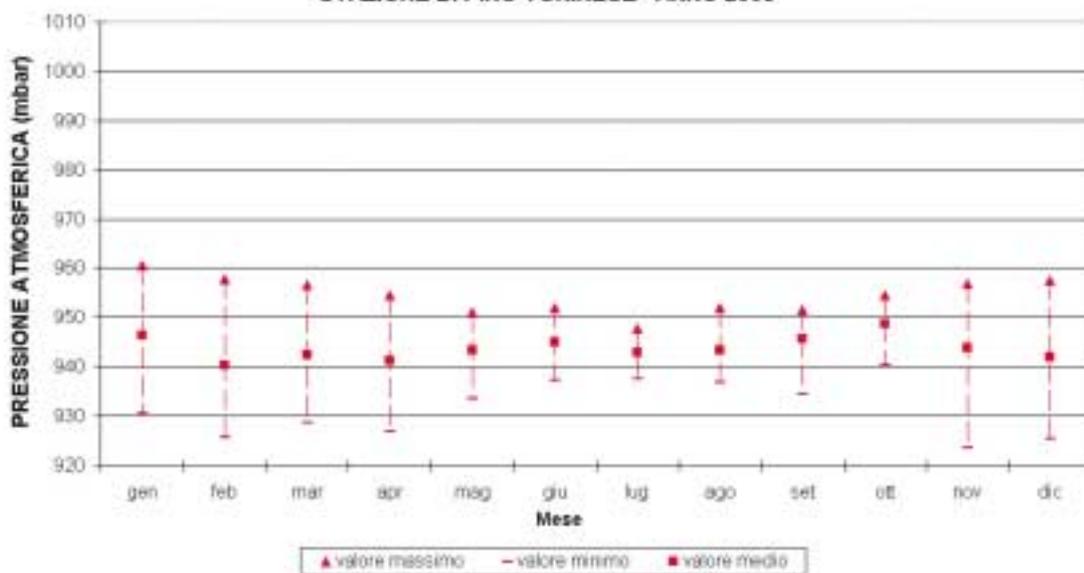


FIGURA 62: elaborazione dei dati della pressione atmosferica rilevati nella stazione di Pino Torinese nell'anno 2005.

STAZIONE DI TORINO - CONSOLATA
PARAMETRO: TEMPERATURA - 2005

	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (°C)	VALORE MASSIMO ORARIO (°C)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MEDIO MENSILE (°C)
GENNAIO 2005	97	-5	20	-2	14	4
FEBBRAIO 2005	100	-3	15	-1	10	4
MARZO 2005	100	-6	27	-2	18	10
APRILE 2005	100	5	26	7	21	13
MAGGIO 2005	100	10	33	13	27	20
GIUGNO 2005	100	13	36	17	30	24
LUGLIO 2005	100	15	34	19	29	25
AGOSTO 2005	100	15	31	17	25	23
SETTEMBRE 2005	100	13	32	14	26	19
OTTOBRE 2005	100	9	22	11	17	14
NOVEMBRE 2005	100	-2	19	0	14	8
DICEMBRE 2005	100	-4	12	-1	8	3

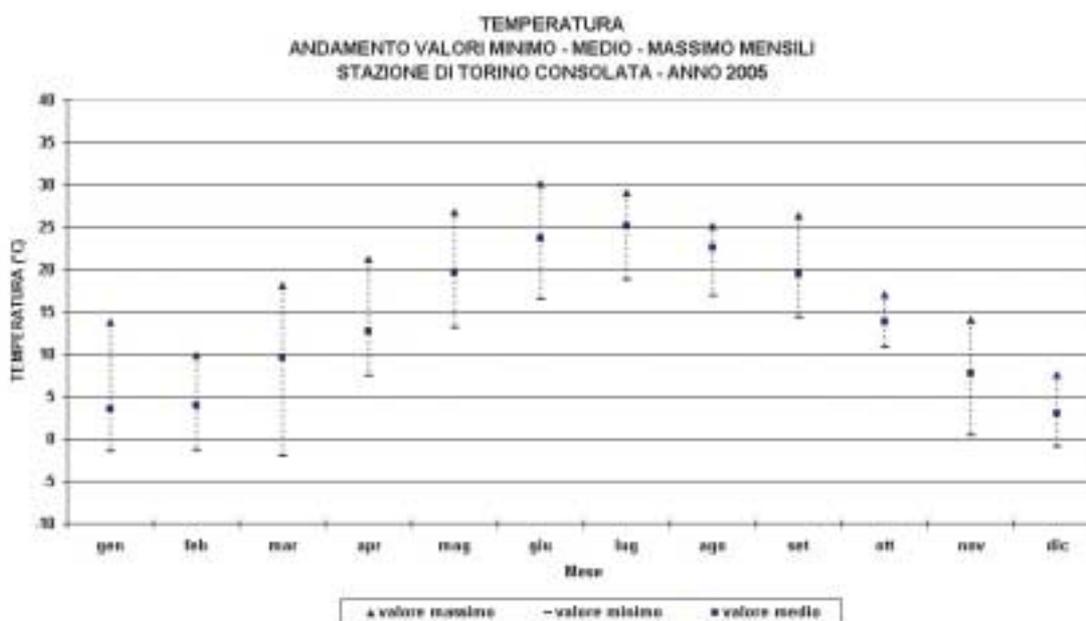


FIGURA 63: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Torino-Consolata nell'anno 2005.

**STAZIONE DI PINO TORINESE
PARAMETRO: TEMPERATURA - 2005**

	NUMERO DATI VALIDI (%)	VALORE MINIMO ORARIO (°C)	VALORE MASSIMO ORARIO (°C)	VALORE MINIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MASSIMO DELLA MEDIA GIORNALIERA (°C)	VALORE MEDIO MENSILE (°C)
GENNAIO 2005	97	-7	17	-4	13	3
FEBBRAIO 2005	100	-6	12	-5	9	2
MARZO 2005	100	-8	23	-6	18	7
APRILE 2005	100	2	23	4	18	10
MAGGIO 2005	100	7	28	9	24	17
GIUGNO 2005	100	11	33	14	28	21
LUGLIO 2005	100	11	31	15	27	22
AGOSTO 2005	100	12	28	13	23	20
SETTEMBRE 2005	100	10	28	11	24	17
OTTOBRE 2005	100	6	18	8	14	11
NOVEMBRE 2005	100	-4	15	-2	12	6
DICEMBRE 2005	100	-5	13	-3	8	2

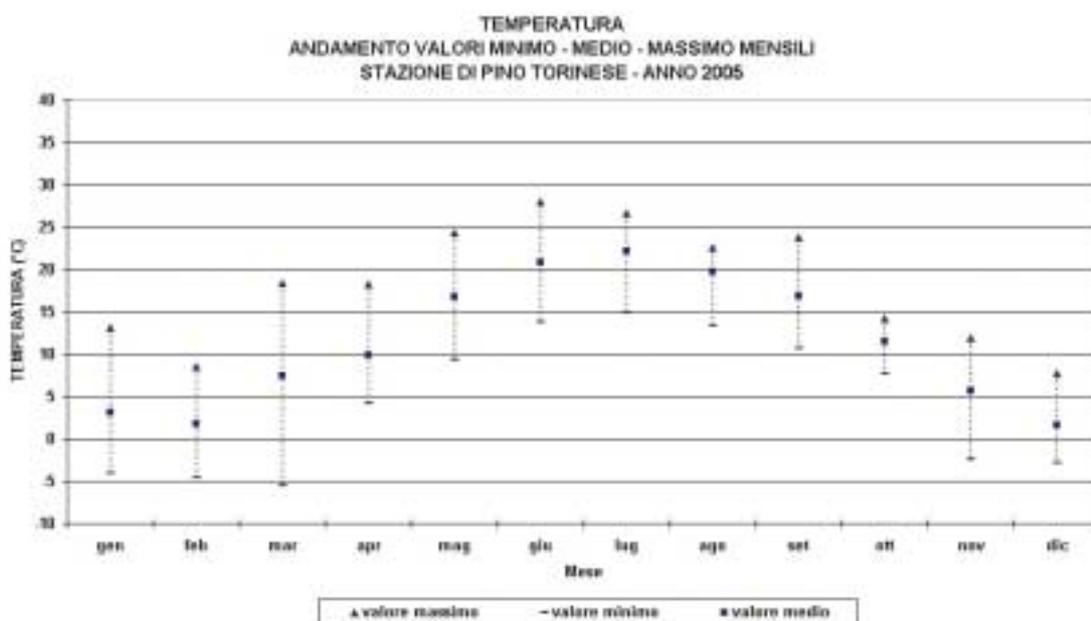


FIGURA 64: elaborazione dei dati della temperatura rilevati nella stazione di Pino Torinese nell'anno.

STAZIONI DI TORINO - CONSOLATA - PINO TORINESE
PARAMETRO: UMIDITÀ RELATIVA - 2005

	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 2005	97	21	89	60	97	19	99	58
FEBBRAIO 2005	100	19	78	50	100	18	94	57
MARZO 2005	100	25	91	55	100	24	99	63
APRILE 2005	100	39	91	64	100	36	99	70
MAGGIO 2005	100	24	75	53	100	29	91	60
GIUGNO 2005	100	38	87	55	100	45	99	63
LUGLIO 2005	100	26	61	49	100	30	87	56
AGOSTO 2005	100	29	79	57	100	30	99	64
SETTEMBRE 2005	100	60	87	72	100	58	99	80
OTTOBRE 2005	100	63	92	79	100	58	99	81
NOVEMBRE 2005	100	52	94	77	100	30	99	76
DICEMBRE 2005	100	32	92	67	100	19	99	58

TABELLA 37: elaborazione dei dati dell'umidità relativa rilevati nelle stazioni di Torino-Consolata e Pino Torinese nell'anno 2005.

STAZIONI DI TORINO – CONSOLATA – PINO TORINESE
PARAMETRO: PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE - 2005

	STAZIONE DI TORINO – CONSOLATA				STAZIONE DI PINO TORINESE			
	NUMERO DATI VALIDI (%)	PRESENZA DI PRECIPITAZIONI (N. GIORNI)	PRECIPITAZIONE GIORNALIERA: VALORE MASSIMO (MM)	PRECIPITAZIONI TOTALI NEL MESE (MM)	NUMERO DATI VALIDI (%)	PRESENZA DI PRECIPITAZIONI (N. GIORNI)	PRECIPITAZIONE GIORNALIERA: VALORE MASSIMO (MM)	PRECIPITAZIONI TOTALI NEL MESE (MM)
GENNAIO 2005	100	1	1	1	100	0	1	1
FEBBRAIO 2005	100	2	2	4	100	1	1	2
MARZO 2005	100	5	23	38	100	4	14	35
APRILE 2005	100	11	45	126	100	9	35	100
MAGGIO 2005	100	6	15	41	100	6	25	53
GIUGNO 2005	100	4	11	19	100	2	5	7
LUGLIO 2005	100	5	21	47	100	6	17	65
AGOSTO 2005	100	7	87	109	100	8	41	99
SETTEMBRE 2005	100	12	33	124	100	10	42	125
OTTOBRE 2005	100	7	17	67	100	7	13	60
NOVEMBRE 2005	100	3	4	8	100	4	4	14
DICEMBRE 2005	100	3	4	9	100	2	2	5

TABELLA 38: elaborazione dei dati delle precipitazioni atmosferiche rilevati nelle stazioni di Torino-Consolata e Pino Torinese nell'anno 2005.

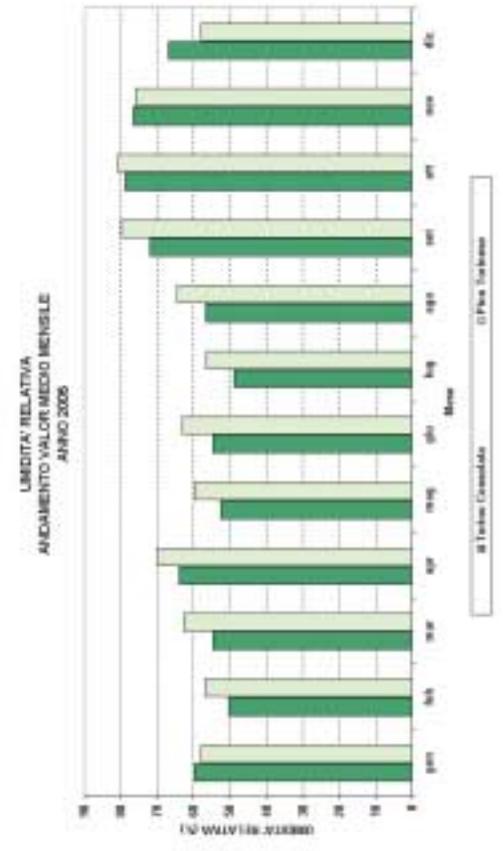
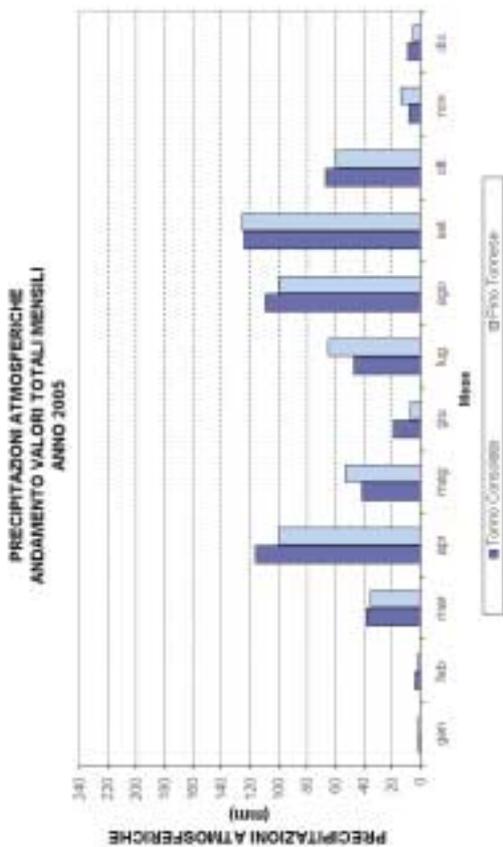
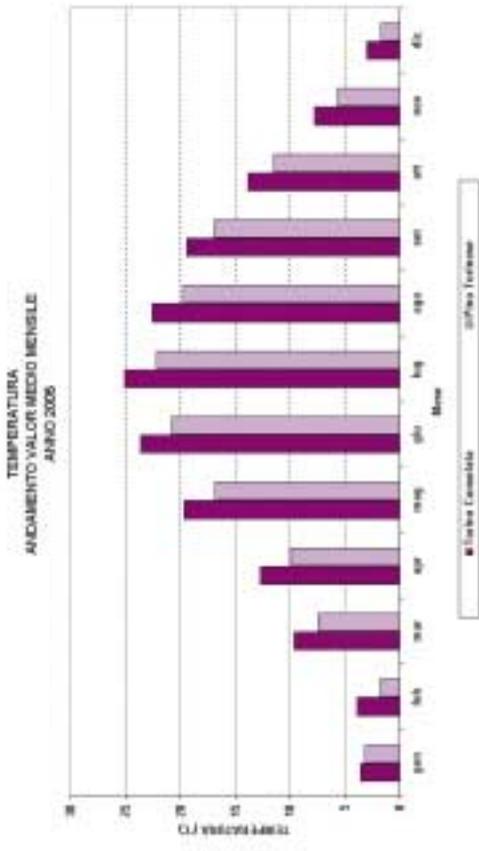
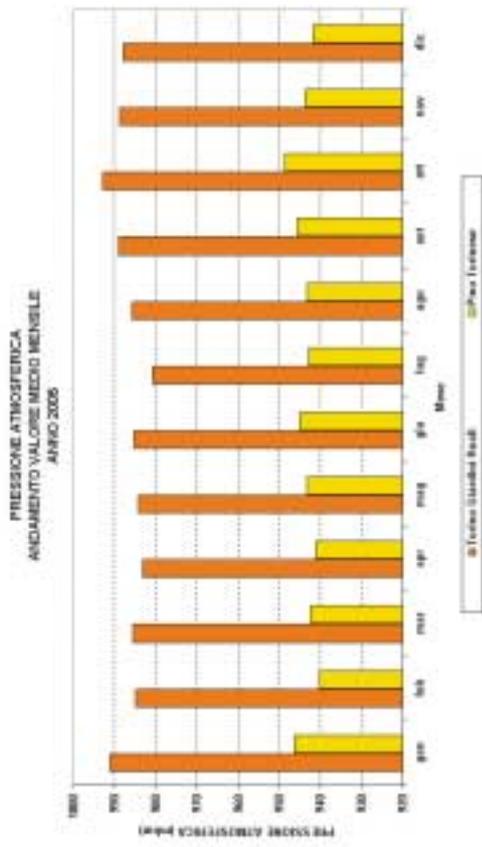


FIGURA 65: confronto fra le stazioni di Torino e Pino Torinese: parametri pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa e precipitazioni atmosferiche.

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 39, 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	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 39: 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 66 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.

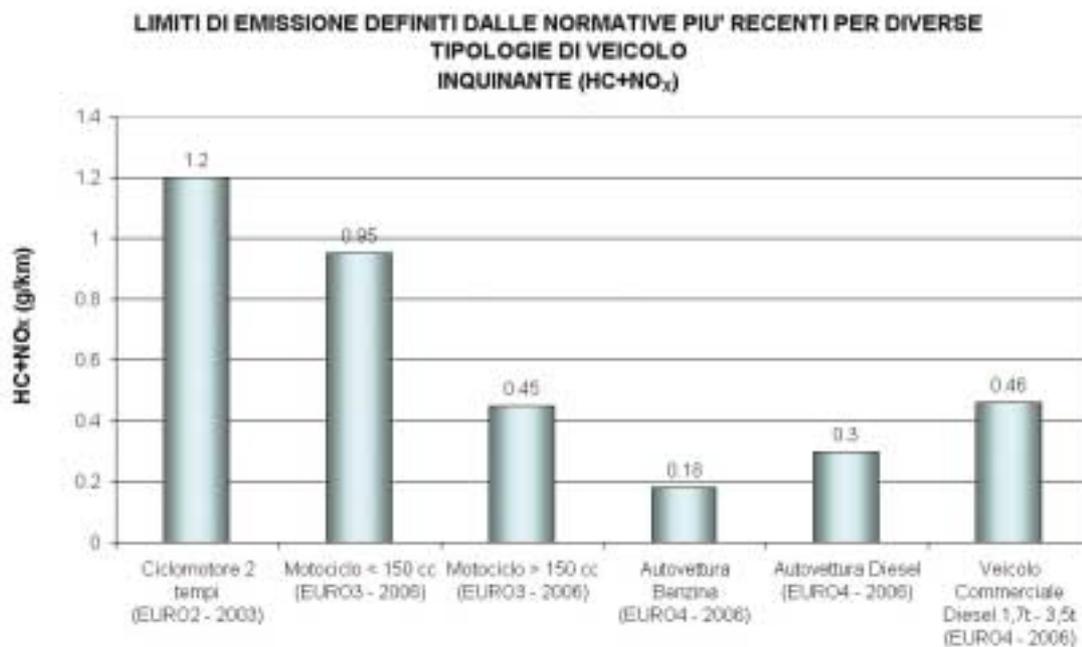


FIGURA 66: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

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 1,7 t 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 temperatura², ma la smentiscono per i ciclomotori. Uno studio del centro ricerche dell'unione europea³ conclude, infatti, che un 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.

² 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

³ 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)

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 PM10 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 g/km⁴. Questa quantità è circa 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 totale⁵. Alla formazione di questa porzione di particolato contribuiscono in misura paragonabile 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 di inquinanti precursori 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^{6,7,2} 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 PM10 tra l'85% e il 99%, ottenendo dei valori di emissione inferiori anche alle normative previste per i prossimi anni.

Di seguito viene riportato come esempio (tabella 40) 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 catalizzati, uno che rispetta limiti Euro3 ed ha una combustione magra (rapporto aria combustibi-

⁴ Berdowski, J.J.M., Mulder, W., Veldt, C., Visschedijk, A.J.H., Zandveld, P.Y.J. (1996) Particulate matter emissions (PM10 - PM2.5 - PM0.1) in Europe in 1990 and 1993, report no. TNO-MEP - R 96/472. TNO-MEP, Apeldoorn, The Netherlands.

⁵ 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.

⁶ 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.

⁷ 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

le maggiore di 1) e uno che rispetta i limiti Euro4 ed ha un rapporto aria combustibile stechiometrico⁷.

	NOx (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 40: emissioni di autobus diesel con e senza filtro antiparticolato (FAP) e metano⁷

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 alimentazione⁸, anche garantendo l'esenzione di questi veicoli dai provvedimenti di blocco del traffico⁹.

IL PARCO VEICOLARE IN PROVINCIA DI TORINO

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

I dati forniti dall'AcI sono riassunti nei grafici e nelle tabelle delle pagine seguenti (tabelle 41-44 e figure 67-70).

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

- Nel 2004 si assiste per la prima volta alla diminuzione del numero di autovetture immatricolate (tabella 41, figura 67) in Provincia di Torino (-47000 veicoli, -3,4%). Questo calo è dovuto soprattutto all'alto numero di autovetture rottamate; alcuni di coloro che hanno scelto di rottamare un vecchio veicolo hanno scelto di non rimpiazzarlo con uno nuovo. Non è semplice indagare le

⁸ 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.

⁹ 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.

ragioni di questo fenomeno: una causa potrebbe essere la politica di blocco delle auto non ecologiche attuata nell'area metropolitana torinese, oppure, più semplicemente, la ragione predominante potrebbe essere il periodo di contrazione economica attraversato dal nostro territorio.

- Le autovetture con omologazione ambientale pre-Euro (anteriori al 1993) sono un quinto del totale e la loro costante diminuzione potrebbe causarne la scomparsa nei prossimi 4 o 5 anni. Gli autoveicoli Euro1 sono il 16% del totale, ma sono ormai veicoli con un'anzianità superiore a 9 anni e i sistemi di abbattimento degli inquinanti di cui sono dotati potrebbero essere scarsamente attivi. La rottamazione delle autovetture Euro1 procede con lentezza (17700 veicoli nel 2004 e 15000 negli anni precedenti) e questa tipologia di veicoli potrebbe rimanere una quota consistente del parco veicolare per ancora molti anni. Nell'adozione dei provvedimenti di limitazione del traffico si dovrà valutare se equiparare i veicoli Euro1 con quelli pre-Euro.
- I veicoli alimentati a gasolio stanno assorbendo quote crescenti di mercato, tale crescita è stata notevole dal 1998 ed è in fase di accelerazione (tabella 42, figura 68). Sebbene i limiti di emissione del particolato imposti dalla normativa europea sono sempre più bassi, i veicoli diesel hanno comunque un'emissione di particolato primario molto più alta di quelli a benzina e la diffusione di queste autovetture potrebbe avere un impatto negativo sulla qualità dell'aria. I filtri anti particolato cui si è accennato nella sezione precedente potrebbero contenere notevolmente il problema, ma attualmente ne sono dotate poche vetture della fascia di prezzo più alta, ed esse rappresentano una quota minoritaria del mercato.
- I veicoli commerciali leggeri sono in calo dal 2001 (tabella 43, figura 69). In questa categoria la quota di mezzi pre-Euro è ancora abbastanza alta (35%) e una porzione abbondante di essi (34489 su 39932) è a gasolio. Poiché il numero di veicoli commerciali pre-Euro diesel è maggiore del numero di autovetture pre-Euro diesel potrebbe essere opportuno intervenire in futuro per limitare le emissioni di questa classe di veicoli.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Autoveicoli "pre-EURO"	numero	952822	839360	759740	693927	605057	531224	459598	399715	284407
	%	74,2	64,7	57,2	50,8	44,1	38,2	32,8	28,1	20,7
Autoveicoli "EURO1"	numero	329246	330828	319204	306038	291369	276725	262380	247184	229505
	%	25,6	25,5	24,0	22,4	21,3	19,9	18,7	17,4	16,7
Autoveicoli "EURO2"	numero	0	126102	249138	365928	473639	458530	436821	423236	408803
	%	0,0	9,7	18,7	26,8	34,6	33,0	31,2	29,8	29,7
Autoveicoli "EURO3-4"	numero	0	0	0	0	0	122983	238417	350093	450396
	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	17,0	24,6	32,8

TABELLA 41: parco veicolare immatricolato in Provincia di Torino dal 1996 al 2004, suddiviso per tipo di omologazione ambientale.

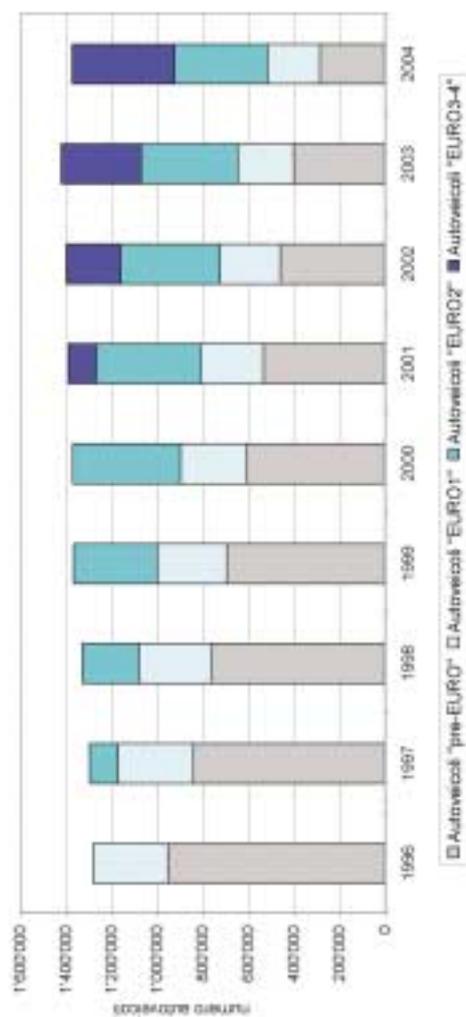


FIGURA 67: autovetture immatricolate in provincia di Torino – Omologazione ambientale.

	1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004	
Autovetture Benzina	numero	1145599	1148292	1163661	1177041	1151455	1136373	1119278	1102878	1022830								
	%	89,2	88,5	87,6	86,1	84,0	81,7	80,0	77,5	74,4								
Autovetture Gasolio	numero	103858	114110	129032	154257	183929	217856	248328	292064	327323								
	%	8,1	8,8	9,7	11,3	13,4	15,7	17,7	20,5	23,8								
Autovetture GPL	numero	33600	34105	35074	33986	34007	33909	30033	25944	23241								
	%	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,1	1,8	1,7								
Autovetture Metano	numero	826	875	924	1014	1059	1695	1635	1384	1468								
	%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1								

TABELLA 42: Autovetture immatricolate in Provincia di Torino dal 1996 al 2004, suddivise per combustibile di alimentazione.

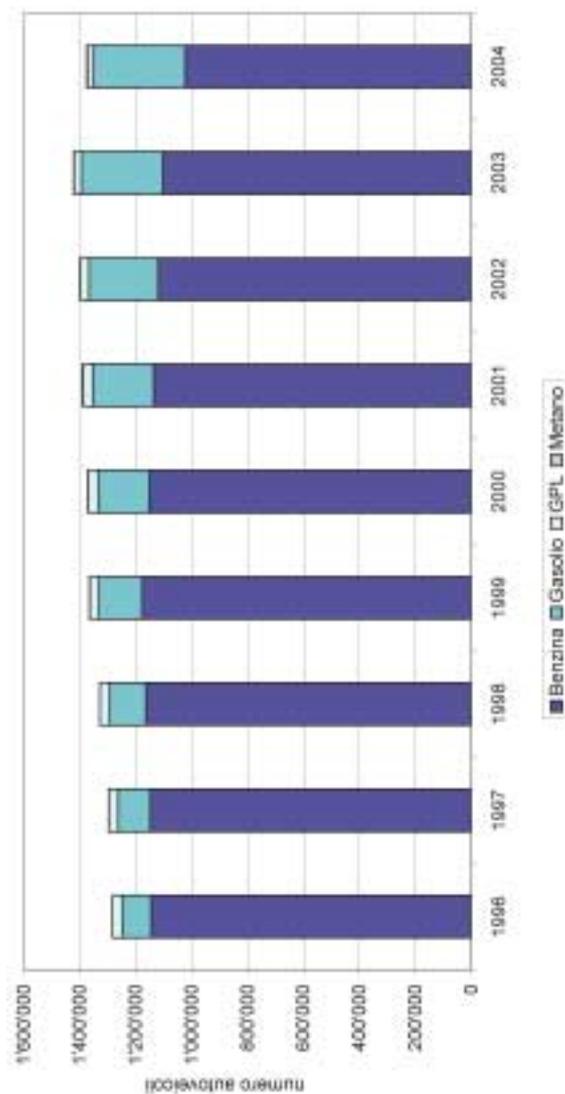


FIGURA 68: autovetture immatricolate in Provincia di Torino – combustibile di alimentazione.

	2000		2001		2002		2003		2004	
Autocarri <3,5 t "pre-EURO"	numero	7784	71004	60014	49030	39932				
	%	62,2	56,2	48,4	42,5	35,0				
Autocarri <3,5 t "EURO1"	numero	30772	30169	29255	23056	21123				
93/59/EEC	%	24,6	23,9	23,6	20,0	18,5				
Autocarri <3,5 t "EURO2"	numero	16652	21977	23032	22281	21767				
96/69/EEC	%	13,3	17,4	18,6	19,3	19,1				
Autocarri <3,5 t "EURO3-4"	numero	0	3298	11769	21091	31244				
98/69/EEC	%	0,0	2,6	9,5	18,3	27,4				

TABELLA 43: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

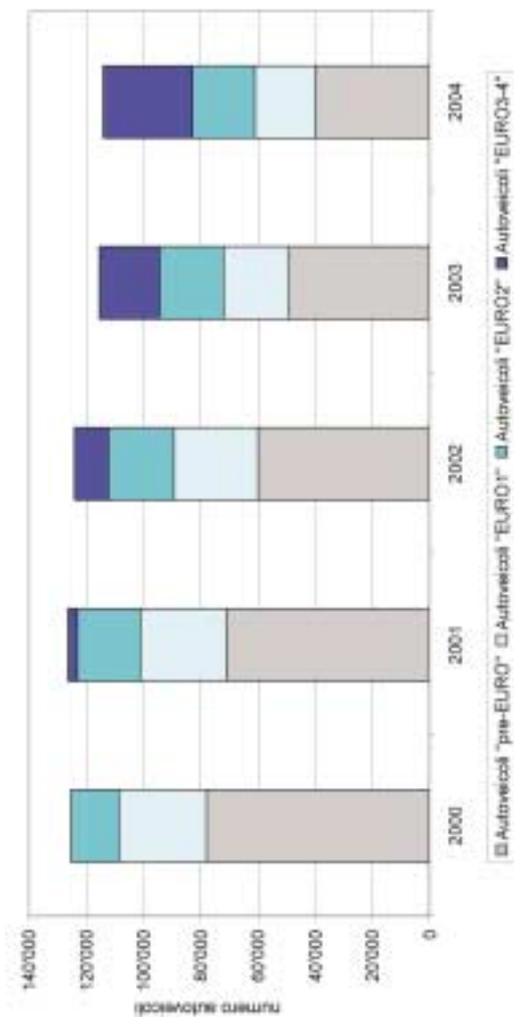


FIGURA 69: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino – Omologazione ambientale.

	2000		2001		2002		2003		2004	
Autocarri <3,5 t Benzina	numero	40667	36987	30322	17088	12940				
	%	32,4	29,2	24,4	14,8	11,3				
Autocarri <3,5 t Gasolio	numero	84684	89501	93816	98438	101177				
	%	67,6	70,8	75,6	85,2	88,7				

TABELLA 44: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino, suddivisi per combustibile di alimentazione.

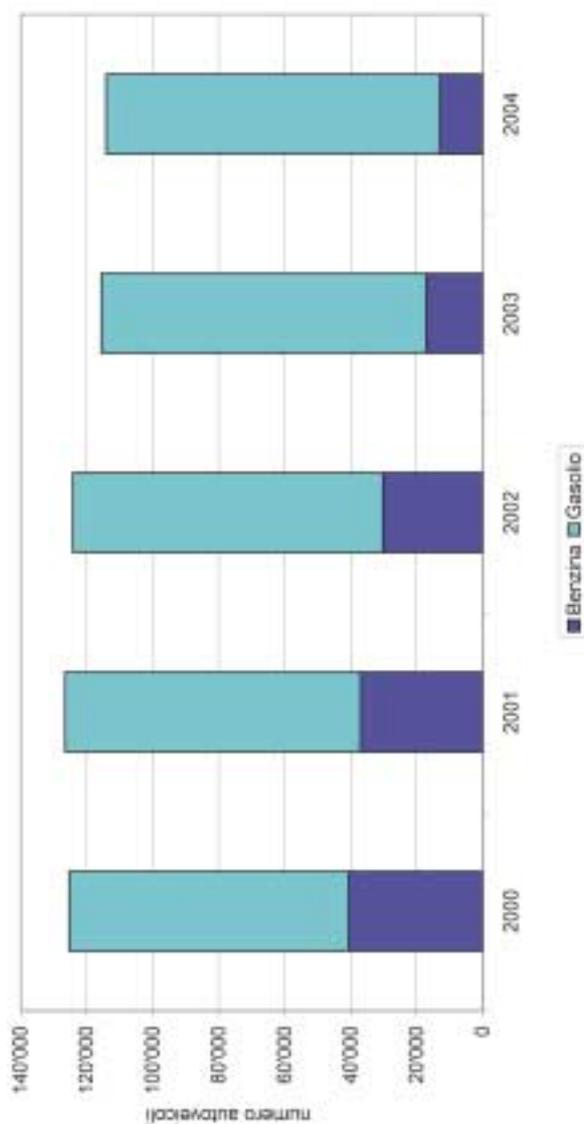


FIGURA 70: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati in Provincia di Torino - Combustibile di alimentazione

INTRODUZIONE

La Provincia di Torino ha promosso e sviluppato con la collaborazione della società ARIANET S.r.l. uno studio della qualità dell'aria in una porzione limitata del territorio localizzata intorno al Comune di Carmagnola 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 e dalle campagne di misura effettuate con mezzo mobile;
- simulazione degli effetti sulla qualità dell'aria di scenari di interesse specifico, legati alla variazione dei flussi di traffico sulla rete stradale a seguito di possibili interventi infrastrutturali.

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 di Torino e la Regione Piemonte in particolare:

- la ricostruzione per l'area di interesse, da parte della Provincia di Torino, dei flussi veicolari delle diverse categorie di veicoli sulla rete viaria primaria della Provincia, per lo scenario di riferimento e quelli futuri di interesse;
- l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera;
- i campi meteorologici orari ricostruiti da parte di ARPA Piemonte sull'intera regione e su porzioni di territorio più limitate.

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

- l'area di interesse primario, di 18 x 16 km (figura 71): comprende il Comune di Carmagnola, quelli confinanti e situati sulle direttrici principali di traffico;
- il contesto provinciale, di 132 x 108 km (figura 72): comprende l'insieme delle sorgenti emissive non di diretta competenza dei comuni di cui sopra, ma che possono ugualmente influenzare la qualità dell'aria “locale” in maniera significativa.

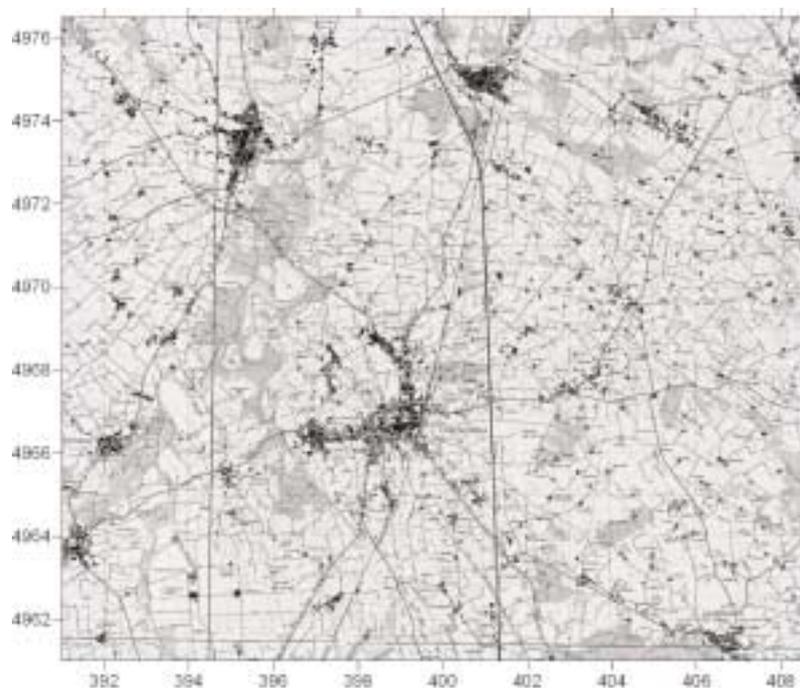


FIGURA 71: area di interesse primario (“dominio A”).

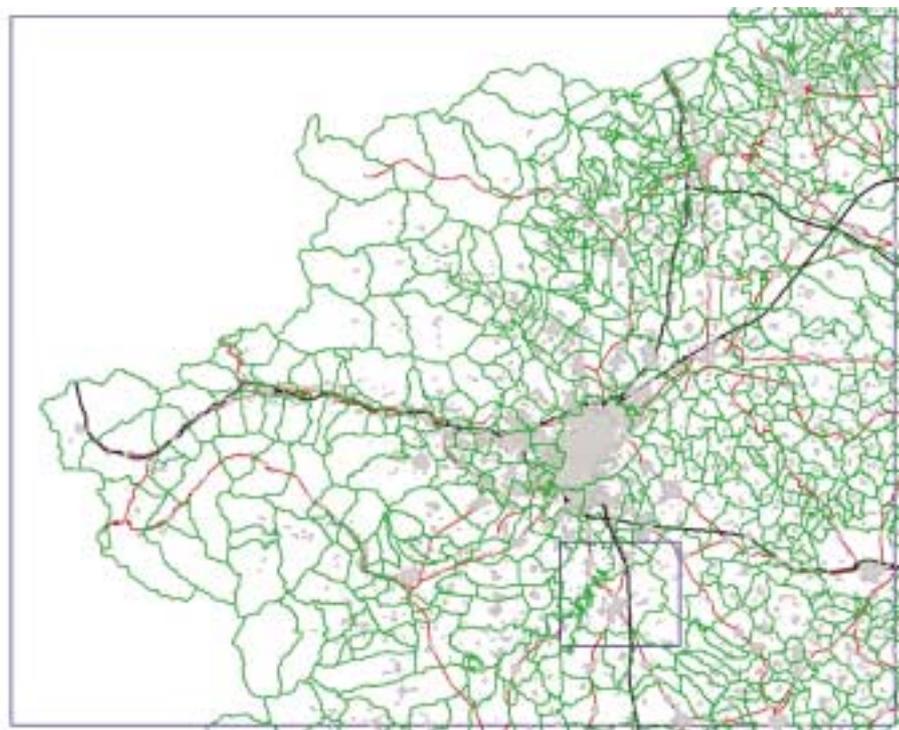


FIGURA 72: localizzazione dei domini di indagine A e B (“provinciale” e “locale”, innestati l’uno dentro all’altro).

Per ciascun dominio è stato adottato un grigliato orizzontale 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: 250 m per il dominio “locale” (figura 73) e 2 km per il dominio provinciale (figura 74).

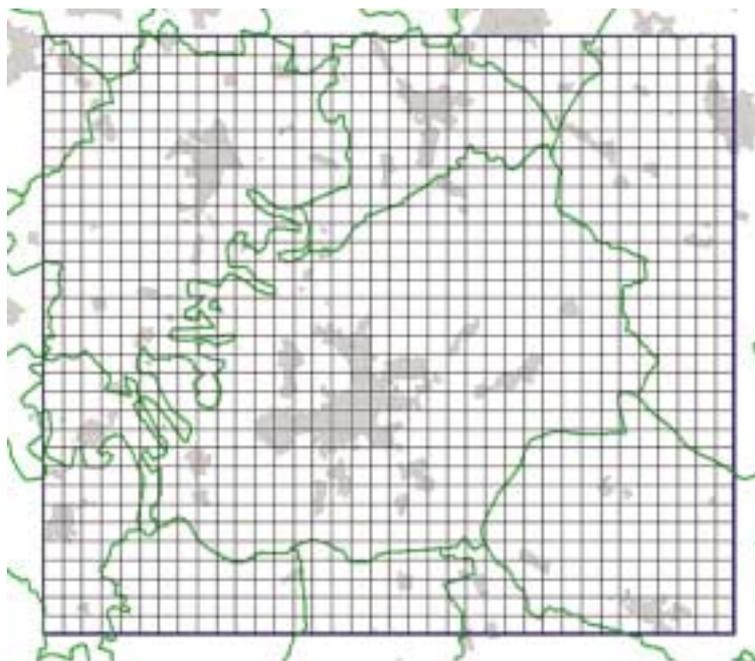


FIGURA 73: dominio A: grigliato di simulazione (250 m di risoluzione).

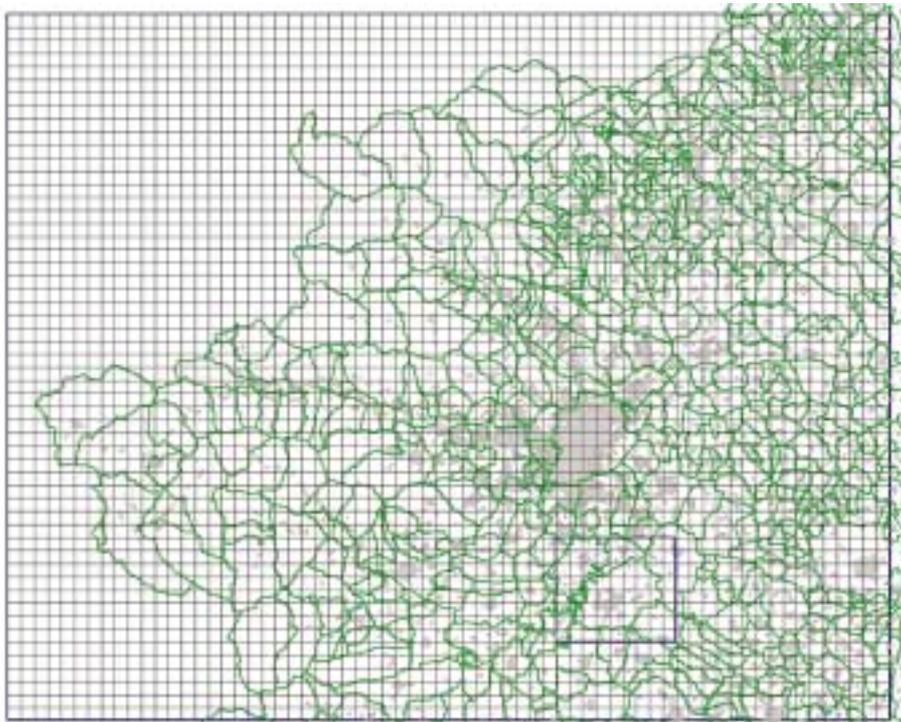


FIGURA 74: dominio B: grigliato di simulazione (2 km di risoluzione).

Il lavoro si articola nelle seguenti fasi:

- messa a punto del quadro emissivo (NO_x e PM_{10} , considerati alla stregua di traccianti inerti) su base oraria sulle due griglie di calcolo, sulla base delle emissioni da traffico stimate a partire dai risultati di un modello di assegnazione del traffico in possesso della Provincia e dei dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera;
- analisi ed utilizzo delle simulazioni diagnostiche su base oraria dei campi meteorologici tridimensionali (vento e temperatura) e dei campi delle variabili turbolente su entrambi i domini, realizzati da ARPA Piemonte;
- stima spazializzata sul territorio, realizzata mediante simulazioni di un episodio mediante un modello Lagrangiano tridimensionale, del contributo di diverse sorgenti, così raggruppate:
 - sorgenti industriali poste all'interno del dominio "locale";
 - traffico sulla rete "locale", con particolare attenzione ai tratti autostradali;
 - sorgenti "diffuse" sul territorio;
- stima del contributo delle sorgenti poste al di fuori del dominio "locale", tramite simulazione con un codice euleriano tridimensionale della dispersione degli inquinanti sui domini "locale" e "provinciale";
- simulazione su un intero mese, con il medesimo codice euleriano, delle mappe di concentrazioni su base oraria degli inquinanti di interesse, individuando le possibili aree interessate da superamenti dei parametri di legge;
- verifica della simulazione in punti specifici a fronte dei dati rilevati dalle centraline della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Provincia;
- stima per via modellistica degli effetti sulla qualità dell'aria dei diversi scenari di traffico futuri ipotizzati per l'area di Carmagnola.

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.

Su tale base vengono dunque poi simulate le conseguenze sulla qualità dell'aria degli scenari futuri di particolare interesse.

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

QUADRO EMISSIVO

La Provincia ha fornito la ricostruzione dei flussi veicolari delle diverse categorie per uno scenario di riferimento; a partire da tali flussi, dalle caratteristiche del parco circolante e dei carburanti 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.

I dati emissivi relativi agli altri settori di attività, provengono dall'inventario regionale piemontese INEMAR 2001, il cui dettaglio è a livello comunale.

La metodologia adottata per stimare il contributo del traffico veicolare è descritta nei paragrafi seguenti.

Sorgenti da traffico sulla rete locale

Il modello di assegnazione della domanda di mobilità sulla rete extraurbana

Per il calcolo delle emissioni da traffico il Servizio Qualità dell'Aria della Provincia di Torino ha ricostruito le caratteristiche del traffico stradale del dominio locale e di quello provinciale; in particolare ha stimato il flusso di veicoli e la velocità media di percorrenza per ciascun arco stradale e per ciascuna direzione di percorrenza con l'ausilio del software MT Model sviluppato dalla società CSST.

Il modello consente la stima del traffico privato su una rete stradale nella fascia oraria 8:00-9:00 e permette di valutare le variazioni del traffico in seguito al cambiamento delle caratteristiche della rete stradale (nuove strade...) o delle necessità degli utenti (dismissione di alcuni insediamenti, creazione di nuovi poli attrattori...).

Per stimare correttamente le caratteristiche del traffico stradale il software necessita come input delle seguenti informazioni:

- la domanda di mobilità codificata in una matrice origine/destinazione
- le caratteristiche della rete stradale
- i flussi di traffico di alcune strade.

La domanda di mobilità è stata stimata dal CSST sulla base del censimento ISTAT 2001

Le caratteristiche di ogni arco della rete stradale sono state oggetto di campagne di rilievo effettuate dal CSST e dal servizio Qualità dell'Aria della Provincia di Torino.

I dati di traffico delle strade principali della Provincia di Torino (figura 75) sono stati rilevati dal Servizio Grandi Infrastrutture della Provincia di Torino, dal CSST, o forniti dai gestori della rete autostradale. Per studiare con più precisione la qualità dell'aria nell'area di Carmagnola i rilievi di traffico in questa zona sono stati più fitti. In aggiunta alle fonti usate per il resto della provincia sono stati necessari alcuni dati di traffico misurati dal settore acustico dell'ARPA e dal Servizio Qualità dell'Aria della Provincia di Torino. In alcuni punti di rilievo le misure dei flussi di traffico di CSST e dell'ARPA sono stati rispettivamente di 12 ore e di una settimana e oltre alla ricostruzione dei dati di input del modello, hanno consentito la valutazione delle emissioni da traffico sull'intero periodo di studio.

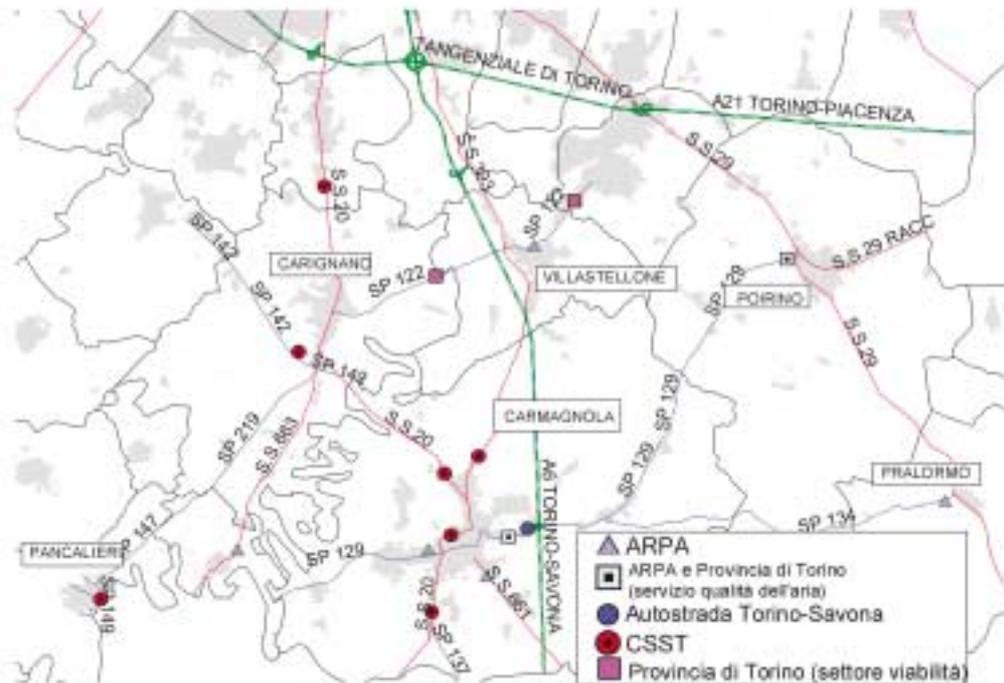


FIGURA 75: rilievi di traffico nell'area di Carmagnola usati in input al modello MTModel.

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

Preliminarmente è stato necessario dunque effettuare l'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 della domanda di mobilità extraurbana e dalla cartografia stradale sono stati associati gli archi “virtuali” con i rispettivi tracciati reali. In figura 76 è presentato l'intero dominio.

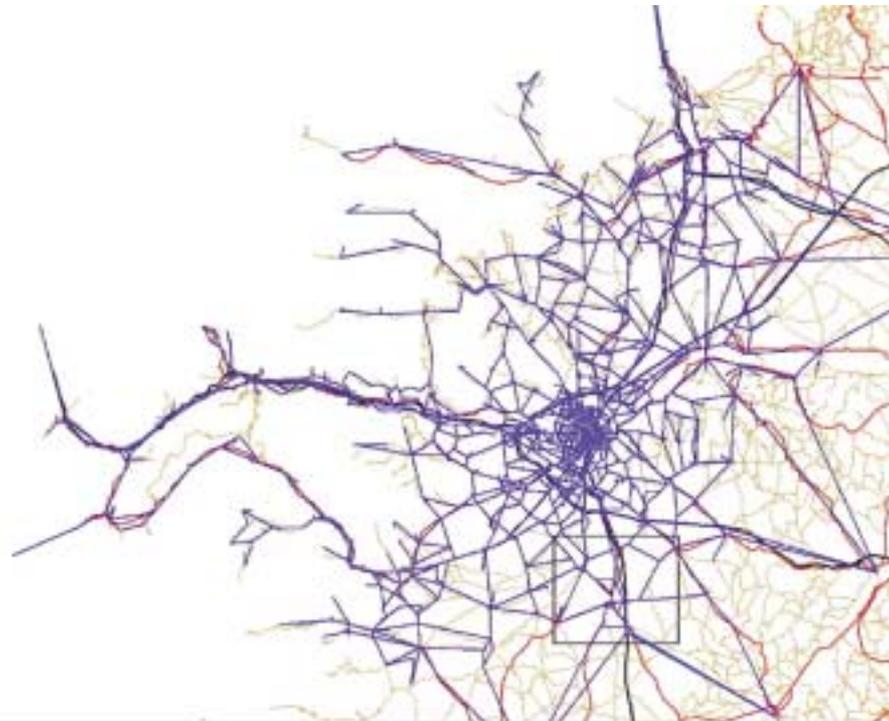


FIGURA 76: sovrapposizione degli archi virtuali (in blu) alle strade presenti nell'area in esame (in rosso).

Al termine di tale operazione è stato poi effettuato un pre-trattamento degli elementi cartografici polilineari, al fine di ottenere associazioni arco-polilinea utili alla predisposizione di un layer GIS (in formato MIF/MID) per il calcolo delle emissioni da traffico stradale mediante il programma TREFIC (Nanni et al. 2005), rimuovendo le eventuali incongruenze presenti.

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 sulle strade della rete ottenuta in base a quanto esposto precedentemente 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).

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, aggiornati al 2004. La ripartizione in categorie COPERT (la cui distinta è presentata nella tabella 45) 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.

Poiché i volumi di traffico ottenuti dal modello di assegnazione sono forniti come “veicoli totali”, sono stati calcolati i flussi sui singoli archi stradali nelle quattro macrocategorie, in base alla ripar-

tizzazione presente nel parco veicolare e, solo nel caso delle autostrade, tenendo conto del maggior numero di veicoli pesanti circolanti rispetto al totale.

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

TABELLA 45: categorie di veicoli stradali considerati nella metodologia COPERT III.

Risultati del calcolo delle emissioni stradali

I valori emissivi ottenuti con TREFIC per gli ossidi di azoto e il particolato fine sono complessivamente confrontabili con quelli relativi al traffico presenti in INEMAR.

Da un punto di vista generale si può rilevare come il grafo in questione consideri primariamente strade extraurbane ed autostrade, tranne nel caso del Comune di Torino, dove il grafo risulta essere rappresentativo di buona parte del traffico urbano. Nelle simulazioni si è pertanto ritenuto opportuno inserire le emissioni della città di Torino prodotte da TREFIC sulla base dei flussi stimati sugli archi stradali urbani; a queste sono state aggiunte (come "diffuse") le emissioni ottenute dalla differenza tra INEMAR e TREFIC, per mantenere la coerenza con i valori riportati dal-

l'inventario regionale.

Le emissioni calcolate con TREFIC sono riassunte, per quanto riguarda ossidi di azoto e particolato, nella tabella 46 in cui vengono mostrati i diversi apporti derivanti dalle quattro macrocategorie di veicoli nell'ora di punta.

	NO _x	PM10
Auto	1909	112
Leggeri	387	49
Pesanti	2311	182
Moto	50	14
TOTALE	4657	357

TABELLA 46: emissioni veicolari relative all'ora di punta (dalle 8 alle 9) sul complesso della rete provinciale, espresse in kg/h.

Altre sorgenti

L'inventario regionale INEMAR 2001 è la fonte dei valori delle emissioni non legate al traffico stradale extraurbano ed autostradale.

Un discorso a parte è da farsi per il traffico urbano, settore per il quale le emissioni inserite sono quelle derivate dall'inventario regionale (e considerate dunque come emissioni "diffuse").

In figura 77 si mostra la distribuzione su base comunale delle emissioni di NO_x dovute al complesso di tali sorgenti sul dominio locale: Carmagnola risulta essere la fonte di maggior rilevanza all'interno del dominio "locale", mentre il contesto su scala più ampia (figura 78) mostra la netta preponderanza delle sorgenti nell'area metropolitana torinese, di un ordine di grandezza più elevate di quelle presenti all'interno del dominio locale. Questo aspetto fornisce un'ulteriore motivazione a favore di uno studio modellistico su due domini innestati, in modo tale da tenere in conto e stimare, nella ricostruzione delle concentrazioni di inquinanti nell'area di Carmagnola, il contributo delle sorgenti dell'intera Provincia.

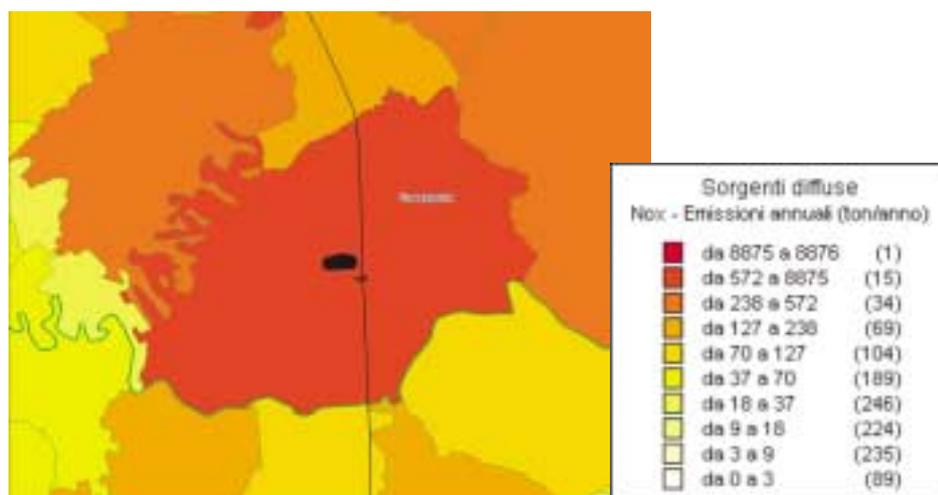


FIGURA 77: dominio "locale": emissioni di NO_x relative a tutte le sorgenti (Fonte dati: Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera – Regione Piemonte).

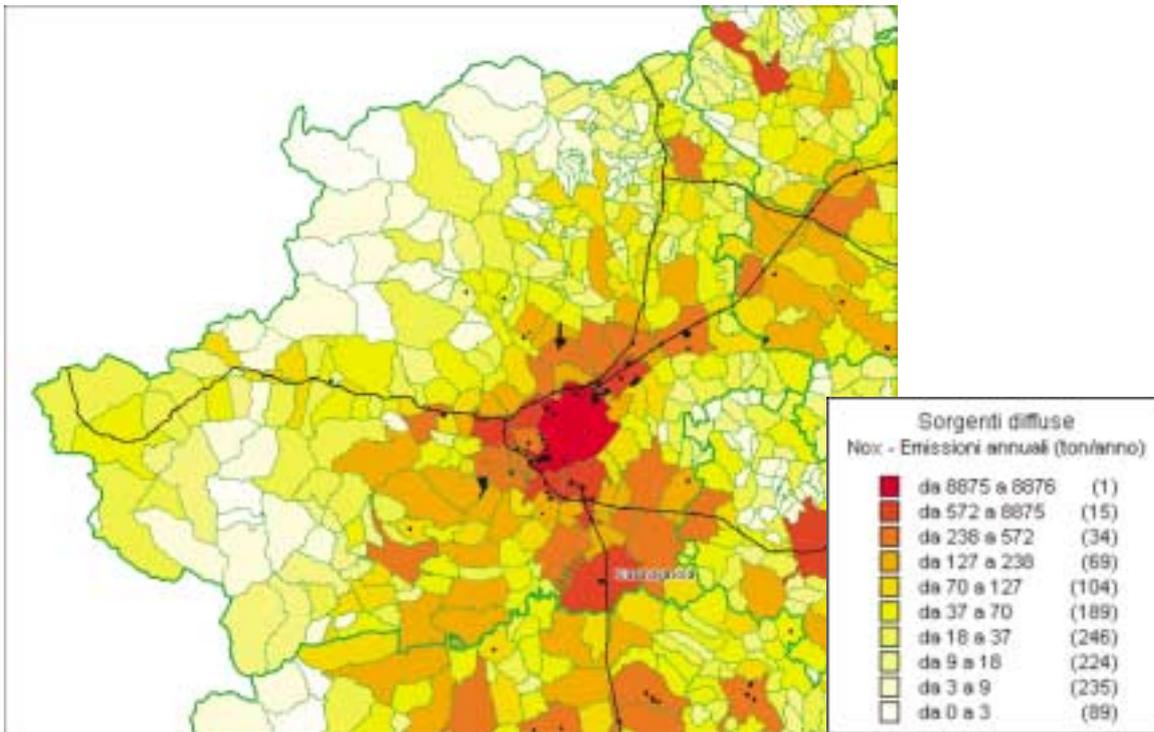


FIGURA 78: dominio provinciale: emissioni di NO_x relative a tutte le sorgenti presenti sul territorio (Fonte dati: Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera – Regione Piemonte).

Focalizzando l'attenzione sull'area di Carmagnola, per le emissioni di NO_x risulta predominante il contributo del traffico stradale (figura 79), che sovrasta di gran lunga quello dato dai mezzi agricoli (macrosettore 8, in giallo, ben rappresentato anche nei comuni circostanti) e dal riscaldamento domestico (macrosettore 2, in rosso nei diagrammi a torta).

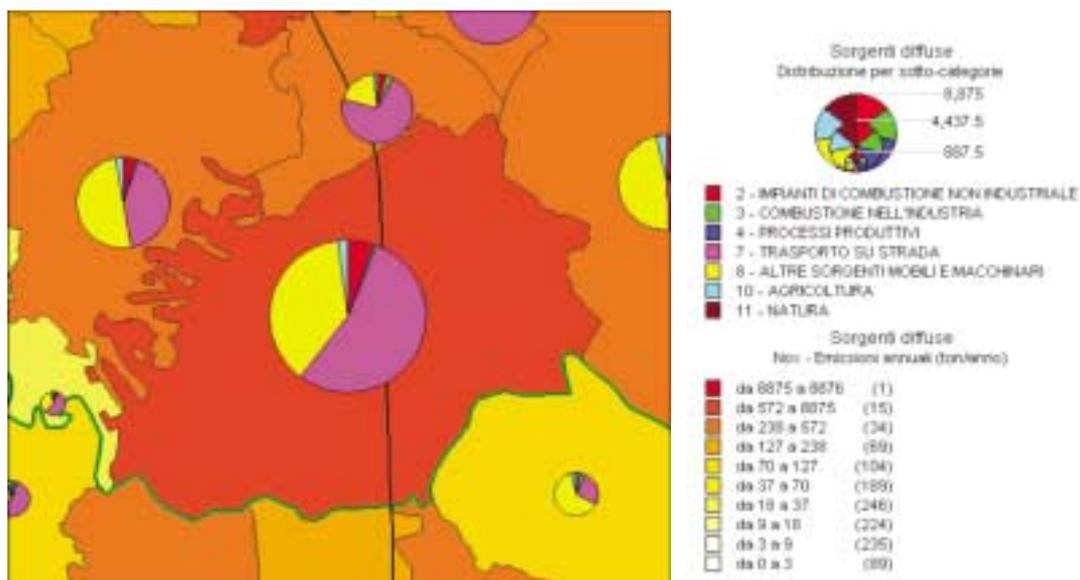


FIGURA 79: dominio "locale", sorgenti diffuse: contributo dei diversi macrosettori alle emissioni annuali di NO_x (Fonte dati: Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera – Regione Piemonte).

La ripartizione dei contributi alle emissioni di PM10 (figura 80) presenta caratteristiche molto simili rispetto a quella degli 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 55% (nel caso del Comune di Carmagnola).

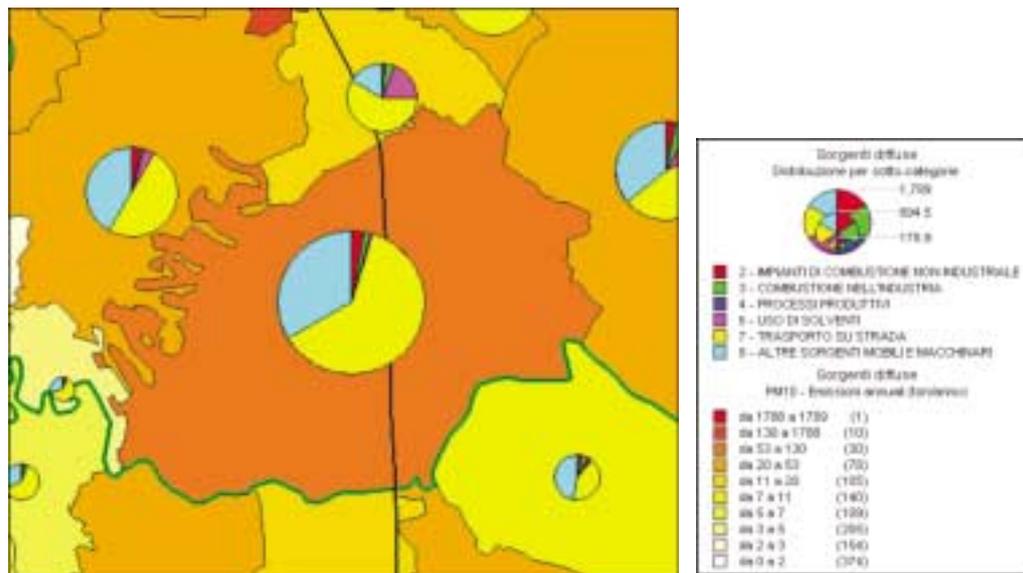


FIGURA 80: dominio "locale", sorgenti diffuse: contributo dei diversi macrosettori alle emissioni annuali di PM10 (Fonte dati: Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera Regione Piemonte).

Nell'esame delle figure 79 e 80 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 17 camini all'interno del dominio piccolo di simulazione) ed i dati utilizzati provengono da tale inventario nel caso della società Fenice e dalla dichiarazione INES 2004 per l'impianto della TEKSID.

Per la loro posizione (mostrata in figura 81) risulta evidente come il contributo delle sorgenti puntuali in termini emissivi possa essere localmente importante, rispetto a quanto classificato come "diffuso".

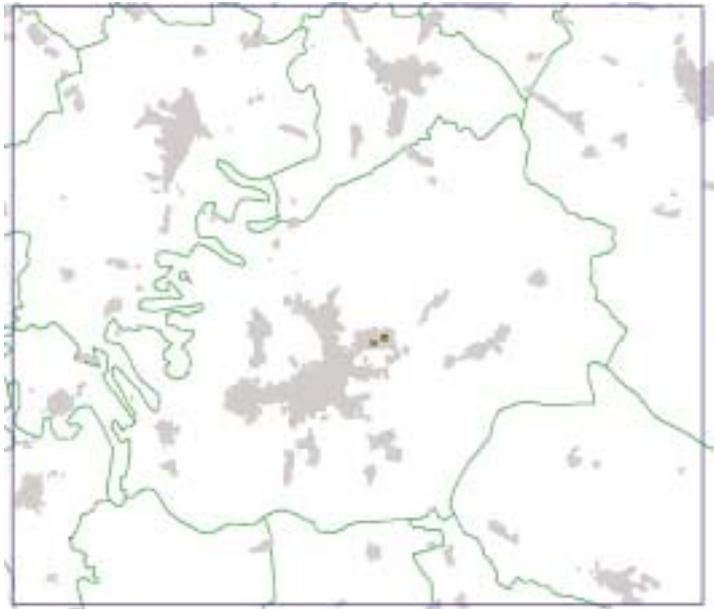


FIGURA 81: posizione delle sorgenti puntuali sul dominio “locale”.

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 nei paragrafi precedenti. Su entrambi i domini di calcolo, si è utilizzato 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.

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.

A partire dai dati di tale ‘inventario integrato’ si è dunque proceduto alla predisposizione dell’input al modello. I codici utilizzati per le simulazioni necessitano di un input su base oraria per tutti i periodi di simulazione (un mese per il codice Euleriano, 5 giorni per il codice Lagrangiano nel caso in oggetto); nel caso del codice Lagrangiano, è possibile assegnare emissioni relative a sorgenti “puntuali”, “lineari” ed “areali” (sotto forma di insiemi di celle); nel caso del codice Euleriano le sorgenti “lineari” ed “areali” vanno entrambe riportate alla griglia di calcolo. 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; Calori e Radice, 2004), gestiti attraverso la shell EMMA (Calori, 2003). La figura 82 riassume il procedimento seguito.

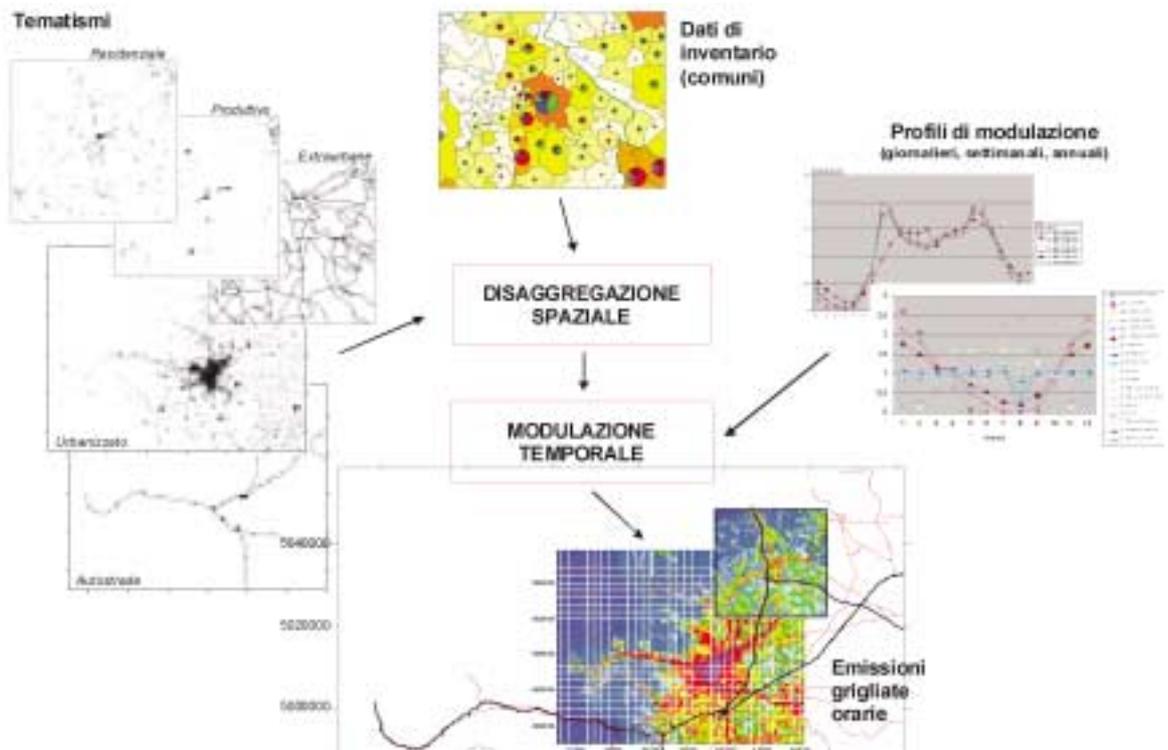


FIGURA 82: sorgenti diffuse: predisposizione dell'input emissivo

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 tematismo 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 (figure 73 e 74), con risoluzione di 500 m (dominio "locale") e di 2 km (dominio provinciale). Un esempio del procedimento è mostrato in figura 83 per le aree edificate. Nella figura 84 sono invece mostrati, come esempio di risultato del processo di disaggregazione spaziale sulla griglia di calcolo, le emissioni medie di ossidi di azoto sul dominio "locale". Sono evidenti gli effetti della distribuzione delle aree abitate e l'influenza delle principali vie di comunicazione.

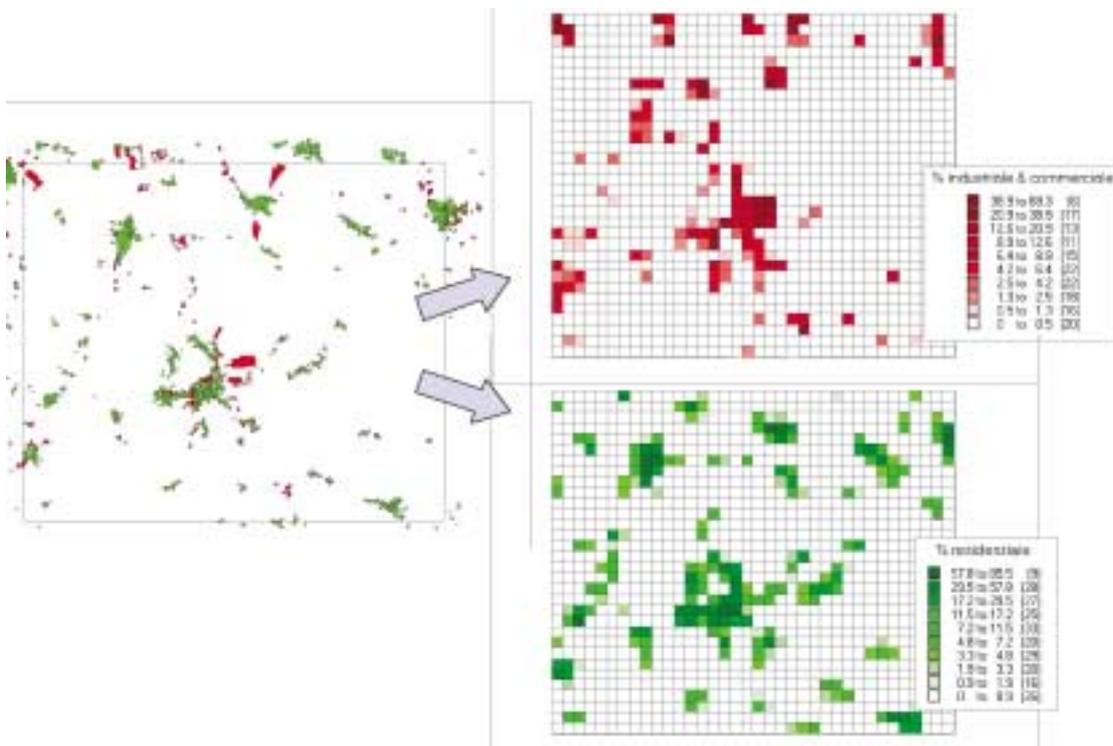


FIGURA 83: esempio di layer per la disaggregazione delle emissioni “diffuse”: aree edificate secondo la CTR grigliate a 250 m sul dominio “locale”.

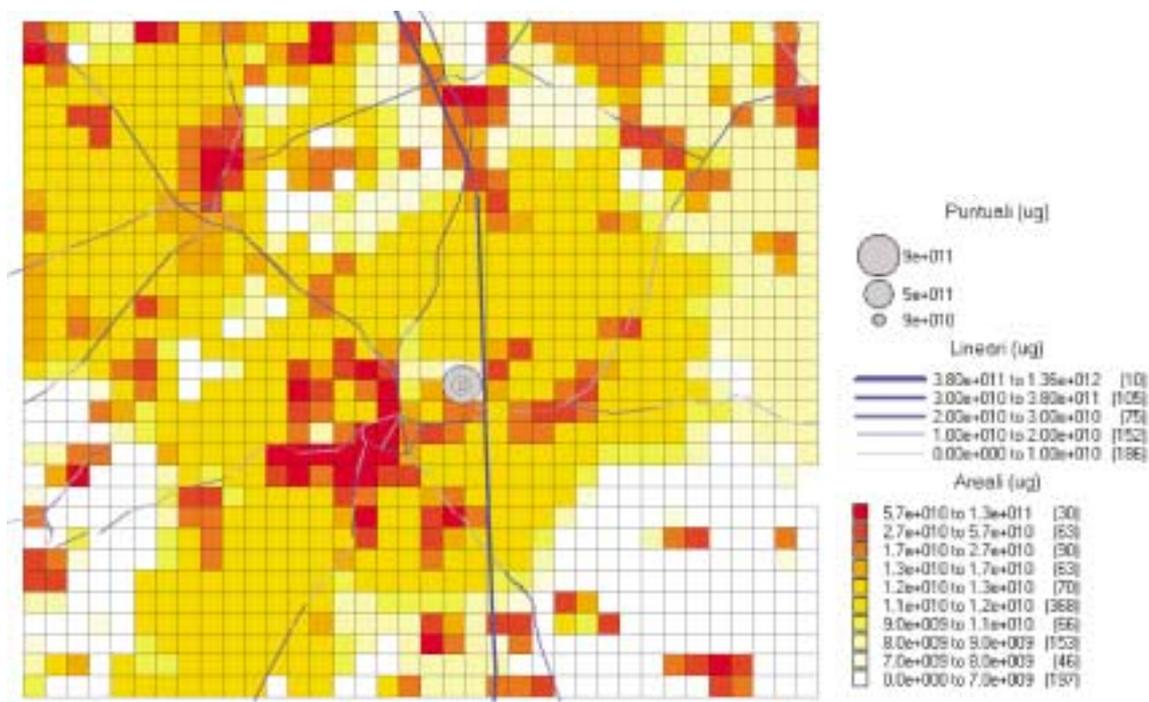


FIGURA 84: distribuzione media delle emissioni di NOx sul dominio “locale” [g su 5 giorni].

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 e giornaliera. Per ciò che riguarda il traffico, i profili di modulazione sono stati così ricavati:

- modulazioni settimanali: sono state calcolate in base ai dati raccolti a Villastellone e Lombriasco, ottenendo due diversi profili per il sabato e la domenica e mantenendo la distinzione tra veicoli leggeri e pesanti
- modulazioni giornaliere (figura 85): sono state prodotte incrociando i dati di Villastellone e Lombriasco (che coprono tutta la giornata) e quelli provenienti dalle stazioni sulle strade provinciali e regionali (dati "CSST", relativi all'intervallo tra le 7 e le 20), al fine di ottenere un profilo il più rappresentativo possibile. (I profili relativi alla parte centrale della giornata, in cui cioè si ha una doppia disponibilità di valori, risultano essere pressoché analoghi).

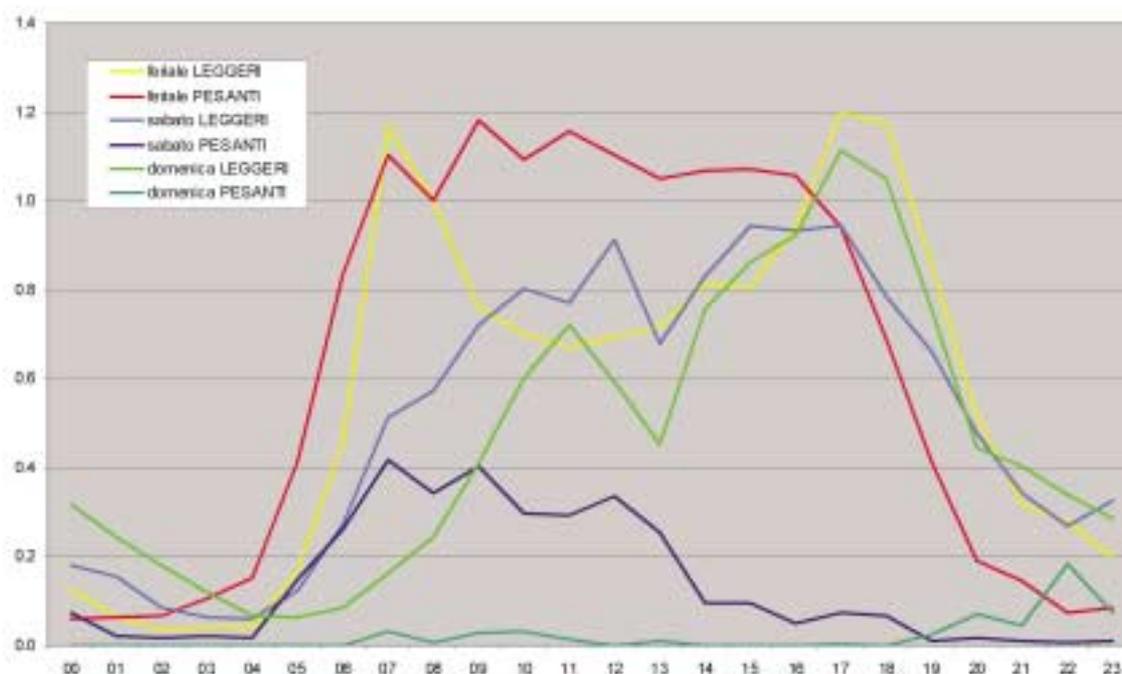


FIGURA 85: modulazioni giornaliere per il traffico veicolare.

In particolare, per le emissioni dalla rete stradale sono stati ricavati i profili distinti per veicoli 'leggeri' e 'pesanti'

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.

Scenari Emissivi

Il quadro emissivo descritto finora è stato utilizzato come base di riferimento rispetto alla quale valutare l'incidenza di scenari emissivi futuri (sulle emissioni e quindi sulla qualità dell'aria). Gli scenari considerati sono relativi alla possibile realizzazione di nuovi assi viari nel territorio circostante Carmagnola (circonvallazione NE e S; figura 86).

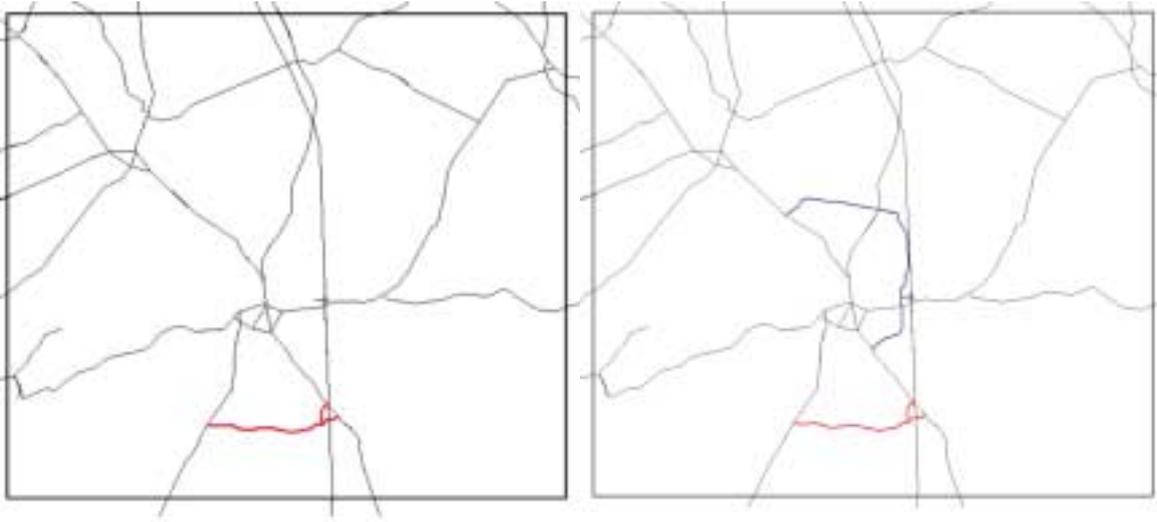


FIGURA 86: area di interesse primario (dominio "locale"), con in evidenza la tangenziale Sud (in rosso) ed la circonvallazione NE (in blu).

Per tali scenari è stata effettuata con MT-Model una stima dei flussi di veicoli attesi sulla rete viaria a seguito degli interventi infrastrutturali in questione. Nelle figure seguenti (87 - 89) sono evidenziati i flussi veicolari orari (relativi alle ore 8) ricostruiti dal modello di traffico in corrispondenza degli archi circostanti Carmagnola, sia per il caso attuale che per i due scenari.

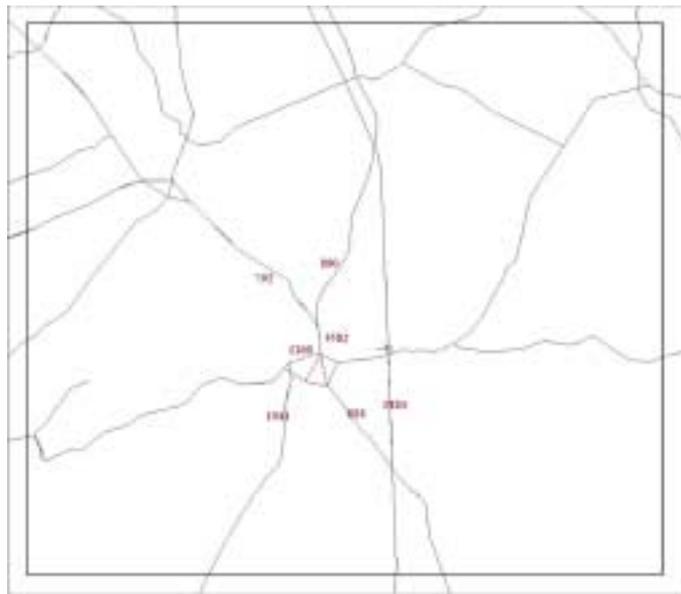


FIGURA 87: scenario attuale.

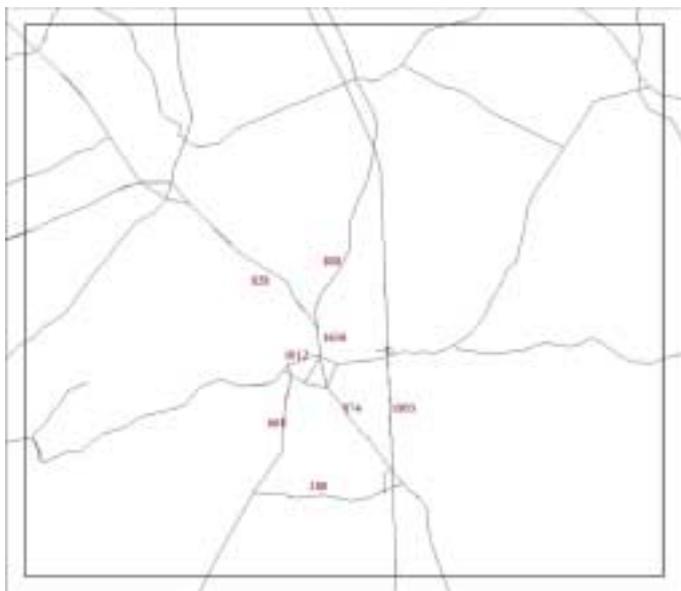


FIGURA 88: scenario 2, a seguito della costruzione della Tangenziale Sud.

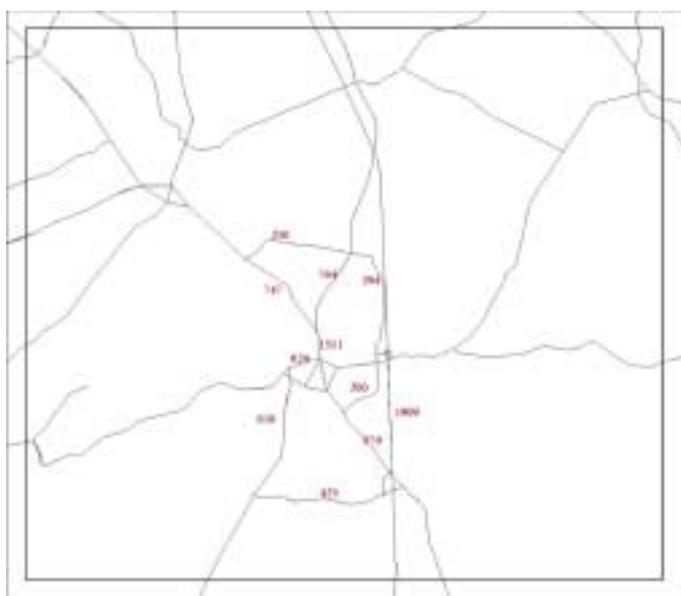


FIGURA 89: scenario 3, a seguito della costruzione della Tangenziale Nord-Est.

Si osserva come, a seguito della costruzione di nuovi assi viari, i flussi attesi diminuiscano nella parte ovest del dominio per aumentare invece nella parte orientale; in particolare risultano alleggeriti gli archi relativi alla città di Carmagnola, con probabili conseguenze positive sulla qualità dell'aria. Tali conseguenze sono state stimate per via modellistica, come riportato più oltre.

SIMULAZIONI MODELLISTICHE DI DISPERSIONE

Domini di Simulazione

Per i due domini di indagine, uno “locale” centrato intorno all’area urbana di Carmagnola ed uno “provinciale” comprendente tutti i comuni della provincia di Torino, sono stati adottati i grigliati di calcolo con le seguenti caratteristiche:

Dominio A (“locale”)

Estensione: 8 km x 16 km
Risoluzione: 250 metri
Coordinate X, Y del punto SW (UTM fuso 32): (391000, 4961000) m
Numero punti griglia lungo X e Y: 73 x 65

Dominio B (“provinciale”)

Estensione: 132 km x 108 km
Risoluzione: 2 km
Coordinate X, Y del punto SW (UTM fuso 32): (309000, 4949000) m
Numero punti griglia lungo X e Y: 67 x 55

L’estensione verticale del dominio di simulazione è pari a 11000 m s.l.m. nel caso del codice lagrangiano e 4500 m al di sopra dell’orografia nel caso del codice euleriano.

Simulazioni Effettuate

Nel periodo compreso tra il 16 Aprile 2003 ed il 13 Maggio 2003 ARPA Piemonte ha condotto una campagna sperimentale per il monitoraggio della qualità dell’aria mediante un laboratorio mobile situato in Piazza Garavella, adiacente la chiesa della Misericordia, nel centro storico della città di Carmagnola.

La dotazione strumentale del laboratorio mobile consente di monitorare in continuo parametri sia meteorologici che chimici. A seguito di un’attenta analisi dei dati raccolti durante la campagna di monitoraggio, è stato individuato un episodio della durata di 5 giorni (dal 4 all’8 Maggio 2003) nei quali sono riscontrabili valori di concentrazione al suolo di inquinanti (in particolare NO_x e PM10) particolarmente elevati (figura 90). Su tale episodio è stata realizzata la maggior parte delle simulazioni, effettuate con il codice lagrangiano SPRAY (Tinarelli, 2001; EEA MDS, 2005) e con il codice euleriano FARM (Calori e Silibello, 2005; EEA MDS, 2005).

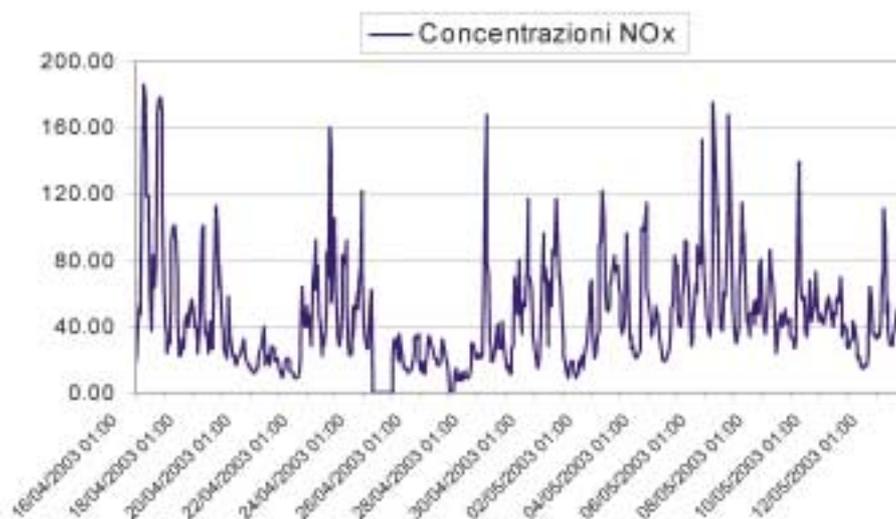


FIGURA 90: andamento delle concentrazioni orarie di NO_x misurate dal mezzo mobile per l’intero periodo che va dal 16 Aprile al 13 Maggio 2003.

Per quanto riguarda lo scenario emissivo “di riferimento”, sono state effettuate le seguenti simulazioni:

- simulazione, mediante l’utilizzo del codice tridimensionale Lagrangiano a particelle SPRAY, dell’episodio che va dalle ore 00:00 del 4 Maggio alle ore 00:00 del 9 Maggio 2003 sul dominio “locale”, ad una risoluzione orizzontale di 250 metri;
- simulazione, mediante l’utilizzo del codice tridimensionale euleriano FARM, del medesimo episodio (4-8 Maggio 2003) sul dominio A ad una risoluzione orizzontale di 500 metri;
- simulazione, mediante l’utilizzo del codice tridimensionale euleriano FARM, del medesimo episodio (4-8 Maggio 2003) sul dominio A ad una risoluzione orizzontale di 500 metri e contemporaneamente sul dominio B ad una risoluzione di 2 chilometri, secondo una procedura che viene denominata di *nesting*.

Per quanto riguarda l’ultima simulazione, 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”; 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.

Ulteriori simulazioni sono state infine effettuate per la stima dell’effetto sulle concentrazioni degli scenari emissivi futuri considerati, utilizzando il codice SPRAY sul medesimo episodio (4-8 Maggio 2003), in modo analogo a quanto effettuato per lo scenario emissivo “di riferimento”.

Ricostruzione meteorologica

ARPA Piemonte ha fornito per questo studio tutti i dati di input meteorologico necessari ai modelli utilizzati nelle diverse simulazioni. Sono stati utilizzati il codice MINERVE 7.0 (ARIA Technologies, 2001) per la ricostruzione diagnostica dei campi di vento su terreno complesso ed il codice SurfPro 2.0 (Silibello et al., 2003) per la ricostruzione dei campi di turbolenza.

Per l’intero periodo che va dal 15 Aprile al 15 Maggio 2003 e per entrambi i domini di simulazione, sono stati ricostruiti i campi tridimensionali di vento e temperatura ed inoltre i campi bidimensionali delle seguenti variabili che descrivono le caratteristiche della turbolenza:

- velocità di frizione u^*
- lunghezza di Monin-Obukhov
- altezza dello strato limite H_{mix}
- velocità convettiva di scala w^*

Questi campi vengono utilizzati dai codici di dispersione SPRAY e FARM, insieme ai campi di vento e temperatura, per generare, mediante opportune parametrizzazioni dipendenti dalla stabilità atmosferica le variabili di turbolenza necessarie ai codici.

Ad titolo di esempio, nella figura 91 sono riportati il campi di vento generati da MINERVE vicino al suolo alle ore 09:00 del giorno 06/05/2003, mentre nella figura 92 sono riportati i campi di vento generati da MINERVE vicino al suolo alle ore 14:00 del giorno 06/05/2003.

I campi delle grandezze di scala della turbolenza atmosferica sono stimati tramite il 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.

In figura 93 è riportata la rugosità superficiale sul dominio A, stimata a partire dall’uso del suolo della base dati europea CORINE per la stagione invernale. La figura 94 e la figura 95 riportano invece esempi di campi di radiazione globale e altezza di rimescolamento calcolati per il giorno 06/05/2003 rispettivamente alle ore 09:00 ed alle ore 14:00.

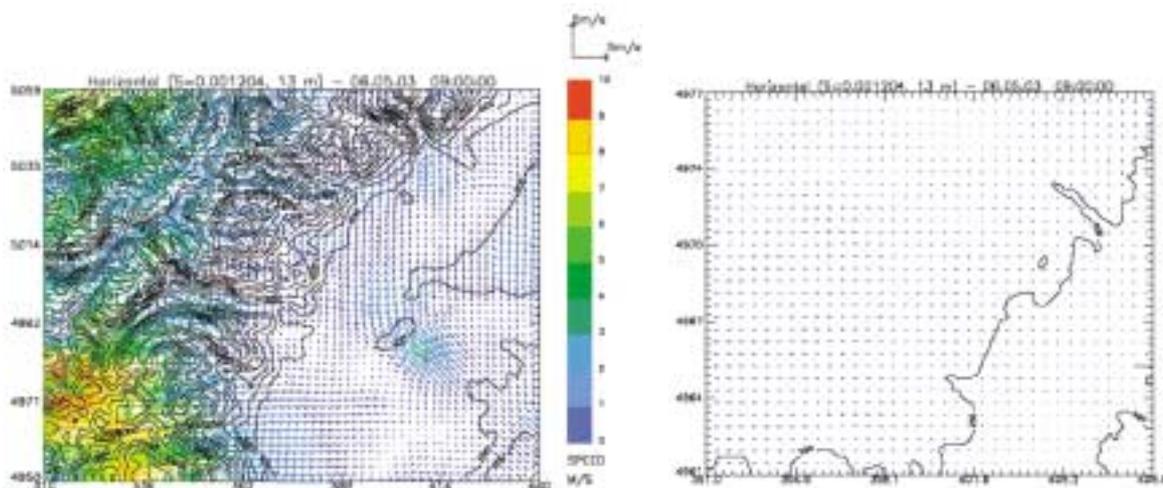


FIGURA 91: campo di vento in prossimità del suolo calcolato per il giorno 06/05/2003 alle ore 09:00 sul dominio “provinciale” (sinistra) e “locale” (destra).

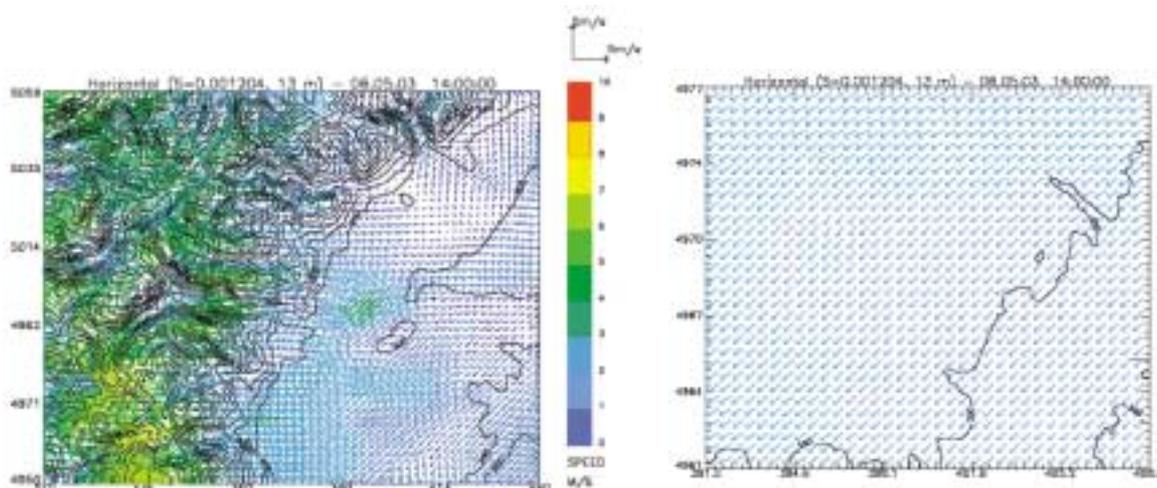


FIGURA 92: campo di vento in prossimità del suolo calcolato per il giorno 06/05/2003 alle ore 14:00 sul dominio “provinciale” (sinistra) e “locale” (destra).

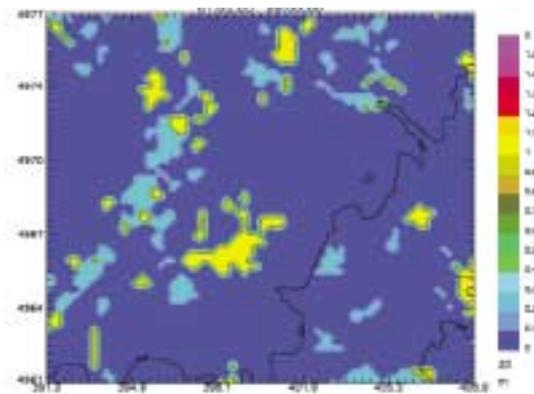


FIGURA 93: rugosità superficiale sul dominio “locale”. Valori ottenuti a partire dalla classe prevalente del CORINE Land Cover.

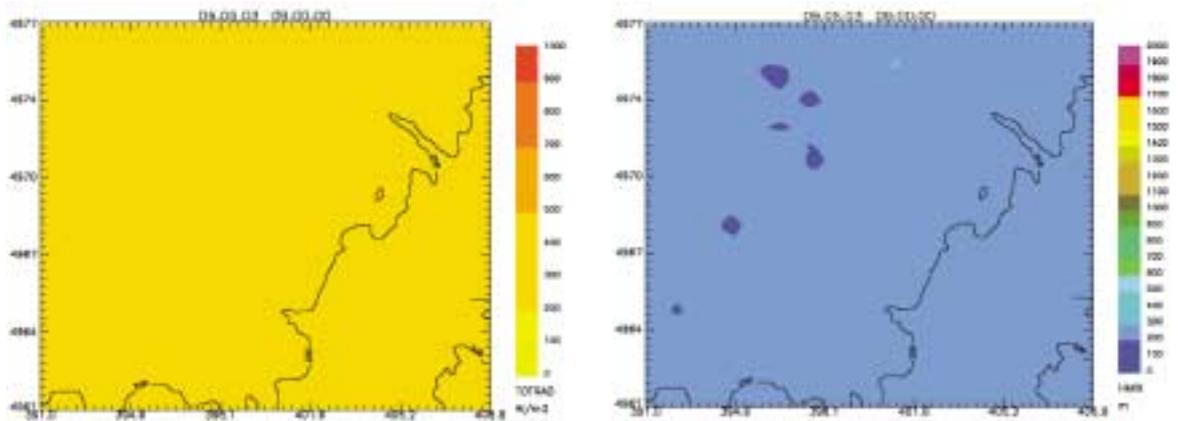


FIGURA 94: radiazione globale (sinistra) ed altezza di rimescolamento (destra), in $W\ m^{-2}$, calcolati sul dominio "locale" per il giorno 06/05/2003 alle ore 09:00.

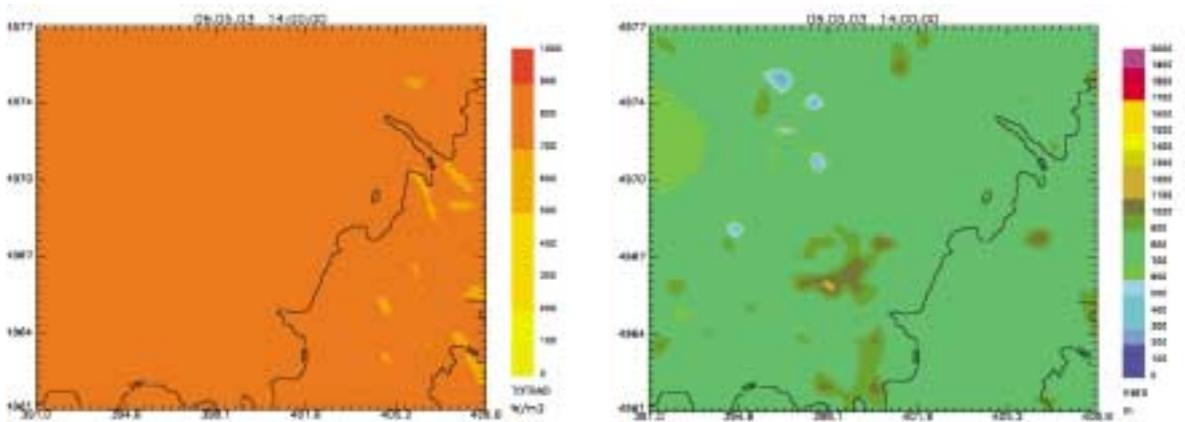


FIGURA 95: radiazione globale (sinistra) ed altezza di rimescolamento (destra), in metri, calcolati sul dominio "locale" per il giorno 06/05/2003 alle ore 14:00.

RISULTATI

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i risultati delle simulazioni modellistiche relative allo scenario “di riferimento” e a quelli futuri presi in esame. Per lo scenario “di riferimento”, che ha lo scopo di riprodurre, per quanto possibile, le concentrazioni in aria risultanti dall’insieme delle sorgenti emissive allo stato attuale, i risultati delle simulazioni sono stati dapprima confrontati con i valori sperimentali rilevati in Carmagnola. Su tale scenario sono poi stati stimati i contributi dei principali gruppi di sorgenti. Infine sono stati simulati gli effetti sulle concentrazioni dei flussi veicolari previsti a seguito della possibile costruzione di nuovi assi viari nella zona di Carmagnola.

Scenario attuale

A titolo di esempio, nella figura 96 è riportato il campo di concentrazione al suolo medio orario di NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) relativo al giorno 06/05/2003, ore 09:00, calcolato da SPRAY alla risoluzione orizzontale di 250 m e dovuto al complesso delle emissioni presenti all’interno del dominio di calcolo. Il campo di vento corrispondente è mostrato in figura 91. Come si vede, durante tale ora il vento è debole sull’intero dominio (inferiore a 1 m/s): osservando il campo di concentrazione si riescono dunque a distinguere chiaramente le principali arterie di traffico e le aree urbane.

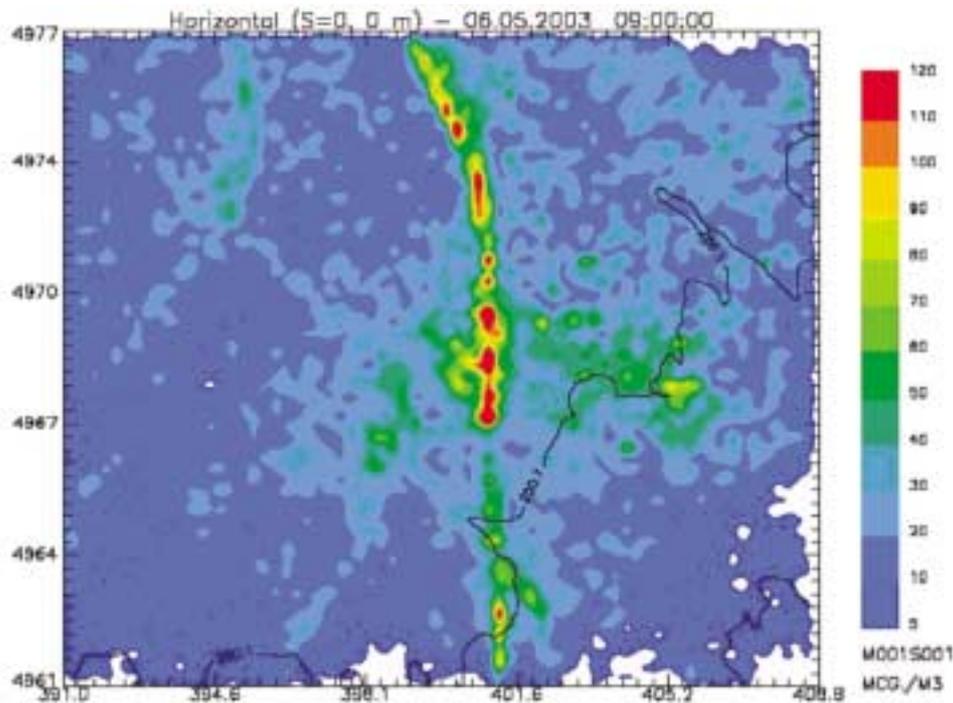


FIGURA 96: campo di concentrazione al suolo di NO_x simulato da SPRAY alle ore 09:00 del 06/05/2003.

Confronti con i dati sperimentali

In questo paragrafo vengono illustrati, per l’episodio simulato relativo allo scenario attuale, i confronti, in corrispondenza della posizione del mezzo mobile utilizzato durante la campagna sperimentale di raccolta dati, fra i valori di concentrazione oraria al suolo di NO_x stimati dai diversi modelli ed i valori misurati dal mezzo stesso.

I confronti qui presentati mettono in corrispondenza i valori di concentrazione oraria al suolo di NO_x rilevati dal mezzo mobile durante la campagna sperimentale di raccolta dati in Carmagnola con gli analoghi valori stimati dai diversi modelli nello stesso punto per lo scenario emissivo attua-

le. Nel confronto è importante valutare sia la rispondenza dei valori assoluti (con particolare attenzione ai picchi misurati dalla centralina), sia l'accordo tra gli andamenti temporali delle concentrazioni stesse.

In figura 97 è mostrato il confronto tra i valori di concentrazione oraria di NO_x misurati ed i valori calcolati da SPRAY. Si nota innanzitutto come il sistema modellistico riproduca l'andamento generale dei valori misurati: sia le periodicità giornaliere determinate da fattori emissivi e meteorologici, sia i valori più elevati nel periodo centrale dell'episodio considerato. Il valore assoluto delle concentrazioni simulate è invece quasi sempre inferiore alle concentrazioni misurate, dato che la simulazione tiene conto solamente delle emissioni derivanti dalle sorgenti presenti all'interno del dominio di calcolo.

In figura sono inoltre messi in evidenza i contributi di ciascuna tipologia di sorgente simulata: sorgenti "puntuali" (verde chiaro), "lineari" (viola) ed "areali" (azzurro). Nel punto in considerazione il contributo prevalente, in media pari a circa i due terzi delle concentrazioni simulate, sembra essere riconducibile alle sorgenti diffuse di tipo "areale"; le sorgenti "lineari" contribuiscono invece in media per il 30%, mentre il contributo di quelle "puntuali" è di un ordine di grandezza inferiore, eccetto negli istanti in cui i singoli pennacchi investono direttamente il punto in esame. Va ricordato come la distinzione tra le diverse tipologie di sorgenti dipenda anche dalla possibilità di descrizione delle diverse attività in funzione dei dati disponibili; il traffico veicolare, ad esempio, ricade sia nelle sorgenti "lineari" (per la parte descritta direttamente tramite i flussi veicolari sui principali assi viari), sia in quelle "areali" (per la parte che compete ai flussi sugli assi minori, prevalentemente nei centri abitati).

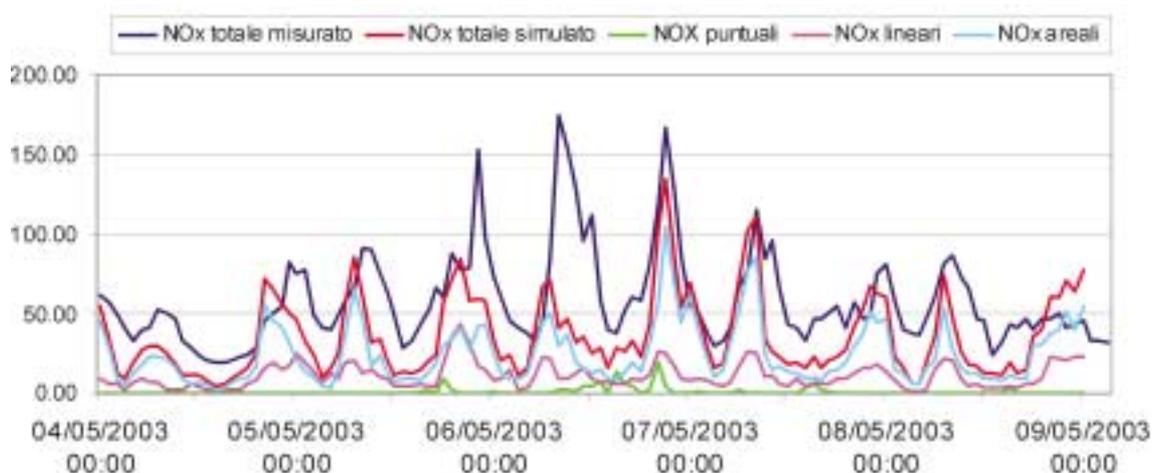


FIGURA 96: campo di concentrazione al suolo di NO_x simulato da SPRAY alle ore 09:00 del 06/05/2003.

In figura 98 è mostrato invece il confronto tra i valori di concentrazione oraria di NO_x misurati e quelli calcolati tramite le altre configurazioni modellistiche: oltre a quelli generati da SPRAY, sono riportati i valori calcolati da FARM in corrispondenza del medesimo punto alle due diverse risoluzioni (2 km per il dominio B, "provinciale", e 500 m per il dominio A, "locale"; quest'ultimo considerato sia senza che con il *nesting*). Innanzitutto si nota in generale una buona corrispondenza tra gli output dei due modelli, alimentati dalla medesima meteorologia e dalle medesime emissioni (almeno per quel che riguarda il dominio locale). Confrontando i valori relativi alle due configurazioni di FARM, come è lecito aspettarsi si nota come ad una maggior risoluzione (500 m) corrispondano valori più elevati di concentrazione di NO_x calcolati. Ciò lo si può concordemente osservare anche nelle simulazioni condotte con SPRAY, condotte a risoluzione doppia (250 m). La

media sull'intero periodo calcolata da SPRAY per la concentrazione di NO_x è infatti pari a 36,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre la media sull'intero periodo calcolata da FARM (con *nesting*) è pari a 27,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Inoltre i valori calcolati da SPRAY descrivono meglio i principali picchi di concentrazione rilevati dal mezzo mobile (ad esempio quello relativo alle ore 21:00 del giorno 06/05/2003). Nonostante ciò, si nota anche come in alcuni casi i valori calcolati da FARM sul dominio "locale" siano più elevati dei valori calcolati da SPRAY, nonostante quest'ultimo abbia risoluzione maggiore. Ciò è giustificato dal fatto che, grazie alla tecnica del *nesting*, FARM è in grado di tener conto dei contributi delle sorgenti poste sulla più vasta area della Provincia, dunque "al di fuori" del dominio di calcolo sul quale agisce SPRAY.

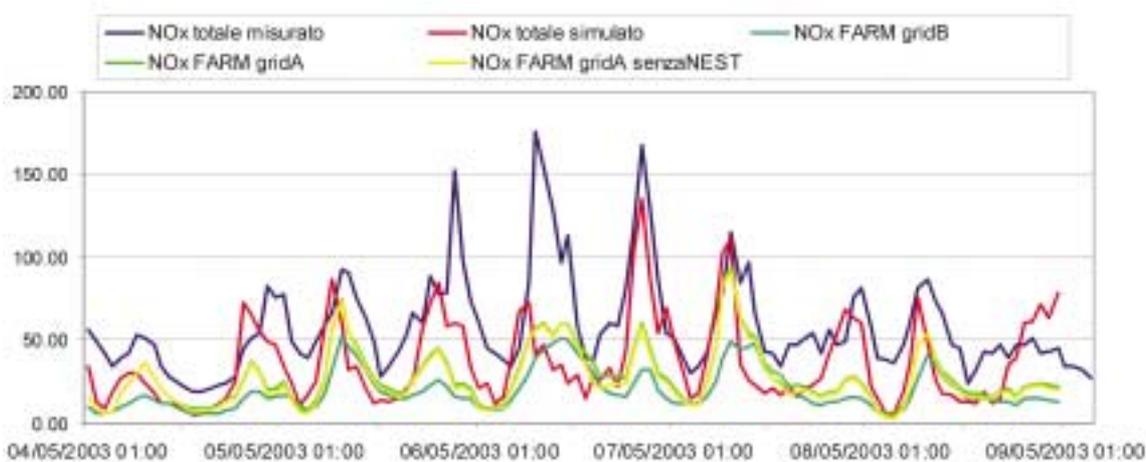


FIGURA 98: confronto fra le concentrazioni di NO_x al suolo misurate dal mezzo mobile (blu) ed i valori calcolati per il periodo 04-08/05/2003: da SPRAY (rosso) e da FARM, per il dominio "provinciale" a risoluzione 2 km (verde scuro) e per il dominio "locale" a risoluzione 500 m con *nesting* (verde chiaro) e senza *nesting* (giallo).

Distribuzione delle concentrazioni al suolo

I modelli utilizzati nelle diverse simulazioni sono in grado di generare il campo di concentrazione al suolo in ogni punto del dominio di calcolo. Le mappe di concentrazione al suolo permettono di avere una valutazione dell'estensione spaziale dell'impatto dovuto alle emissioni delle sorgenti simulate ed una stima dei valori massimi e medi di concentrazione sull'intero dominio. Vengono qui riportate, per l'episodio 3-8 Maggio 2003, le mappe di concentrazione al suolo di NO_x ottenute dalle simulazioni effettuate sia con SPRAY che con FARM (quest'ultimo utilizzando la procedura di *nesting*).

La figura 99 mostra la mappa della distribuzione delle medie delle concentrazioni orarie di NO_x calcolate da FARM sul dominio provinciale (risoluzione 2 km) durante l'episodio di 5 giorni selezionato per la simulazione. 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. Ciò concorda con le valutazioni effettuate in precedenza su base annuale (Calori *et al.*, 2004; Provincia di Torino, 2004).

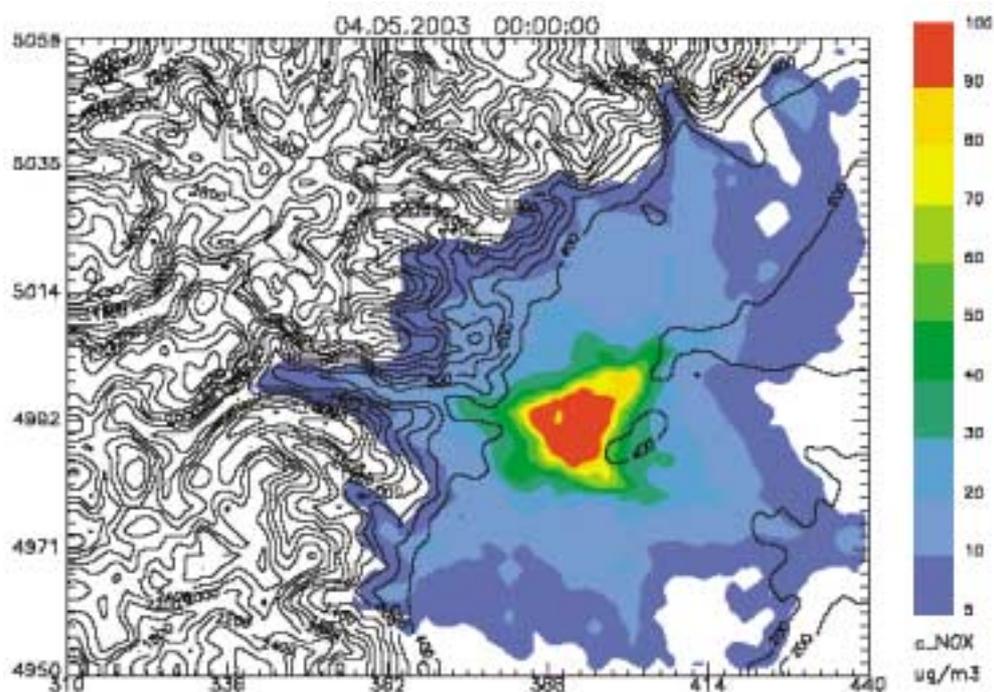


FIGURA 99: mappa delle concentrazioni medie al suolo di NO_x sul dominio provinciale per il periodo di 5 giorni simulato (4–8 Maggio 2003).

In figura 100 è rappresentata invece la distribuzione sul dominio “locale”, così come simulata alla risoluzione inferiore (2 km), ed 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 Carmagnola e dei principali assi stradali

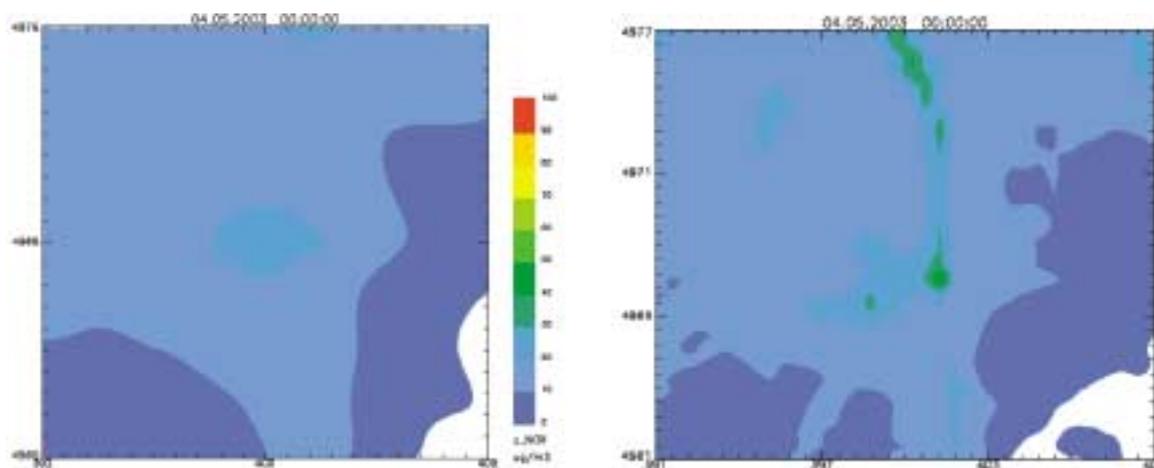


FIGURA 100: mappa delle concentrazioni medie al suolo di NO_x simulate da FARM sul dominio “locale”, viste alla risoluzione di 2 km (a sinistra) e di 500 m (a destra).

La figura 101 mostra il confronto tra le mappe della media delle concentrazioni orarie di NO_x calcolate da FARM (risoluzione 500 m) e da SPRAY (risoluzione 250 m) sul dominio locale per il periodo che va dal 4 all'8 Maggio 2003. In figura 102 è illustrato invece il confronto fra i valori massimi orari di concentrazione calcolati dai due modelli sull'intero periodo di simulazione. Si nota in primo luogo come l'aumento della risoluzione nel passaggio da FARM a SPRAY consenta di individuare in maniera maggiormente dettagliata le aree con le concentrazioni elevate. Sono infatti evidenti, oltre al tracciato dell'autostrada, anche gli altri principali assi stradali presenti all'interno del dominio ed anche i contorni dell'area urbana di Carmagnola appaiono meglio definiti. D'altro canto si può anche osservare come, grazie alla tecnica di *nesting*, FARM sia in grado di tener conto delle emissioni esistenti all'esterno del dominio di simulazione. Ciò si manifesta come un contributo di *background* che non è visibile negli output di SPRAY. Una stima del contributo delle sorgenti poste al di fuori del dominio "locale" è riportata oltre.

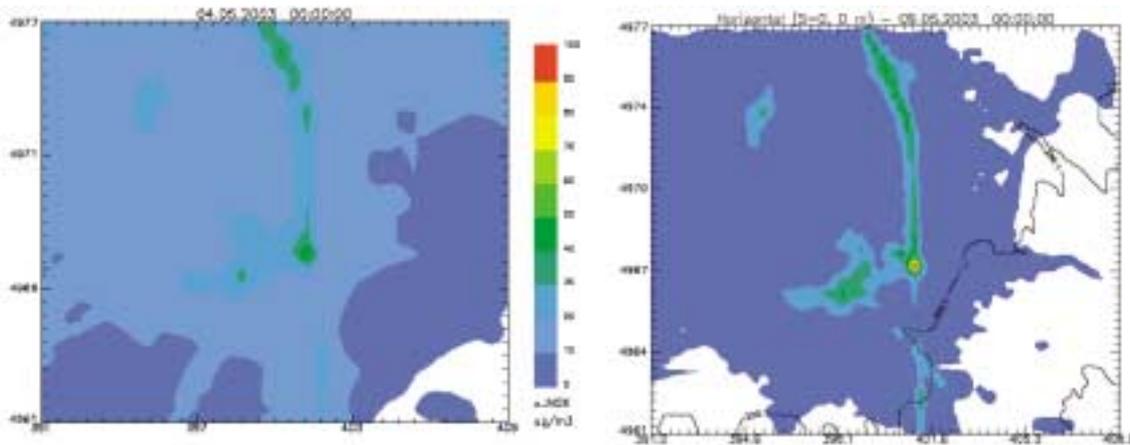


FIGURA 101: mappa delle concentrazioni medie al suolo di NO_x sul dominio "locale", calcolate da FARM (sinistra, 500 m di risoluzione) e da SPRAY (destra, 250 m di risoluzione) per il periodo di 5 giorni simulato (4–8 Maggio 2003).

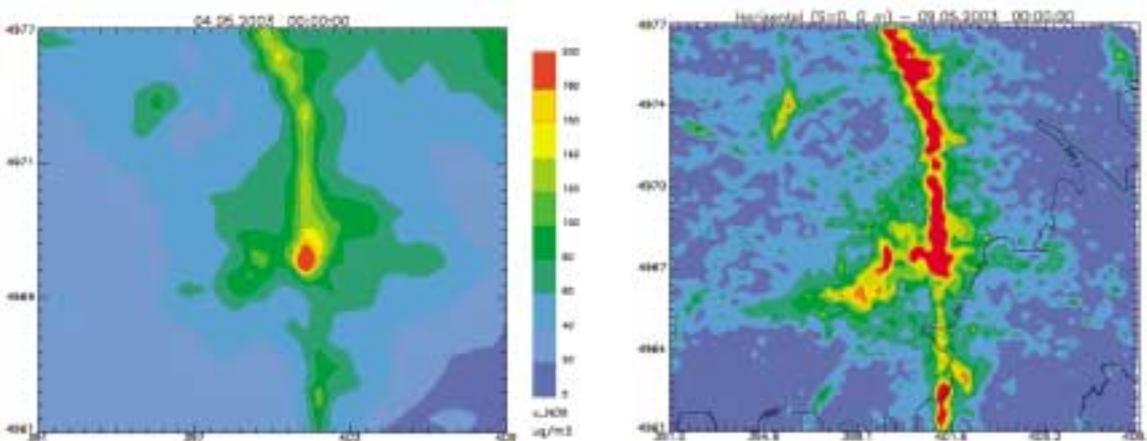


FIGURA 102: mappe dei valori massimi orari di concentrazione al suolo di NO_x sul dominio "locale", calcolate da FARM (sinistra, 500 m di risoluzione) e da SPRAY (destra, 250 m di risoluzione) per il periodo di 5 giorni simulato (4–8 Maggio 2003).

Contributi delle diverse sorgenti “locali”

Nelle figure 103 e 104 sono mostrati i contributi relativi alle differenti tipologie di sorgenti emissive considerate, ripartite in “puntuali”, “lineari” e “diffuse”. Il contributo riconducibile alle sorgenti “puntuali” è legato alla presenza, nell’area industriale situata ad est dell’abitato di Carmagnola (figura 81), della Teksid e della Fenice, localizzate al centro del dominio di calcolo. Per quanto riguarda le sorgenti “lineari” il contributo maggiore è dovuto al traffico autostradale, con un massimo localizzato in corrispondenza dello svincolo di Carmagnola, e valori generalmente più elevati nel tratto verso Torino rispetto a quello verso Savona, a causa dei diversi flussi veicolari. Il contributo dovuto alle emissioni generate da sorgenti “areali” gravita invece perlopiù intorno ai centri abitati.

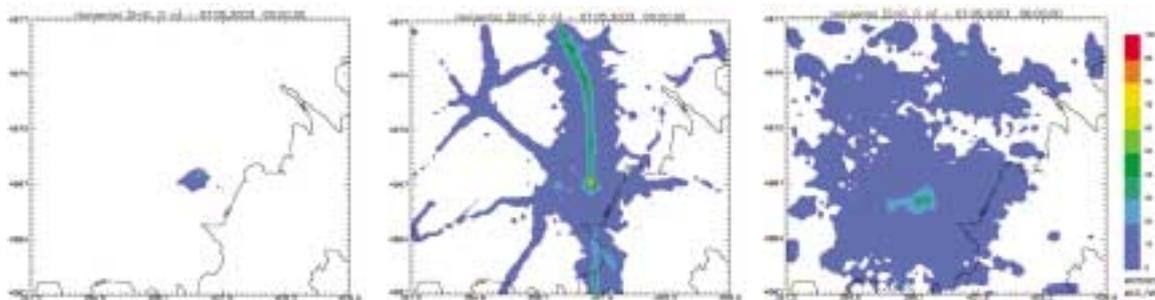


FIGURA 103: mappa della concentrazione media al suolo di NO_x sul dominio “locale”; a partire da sinistra: contributo di sorgenti “puntuali”, “lineari” ed “areali”.

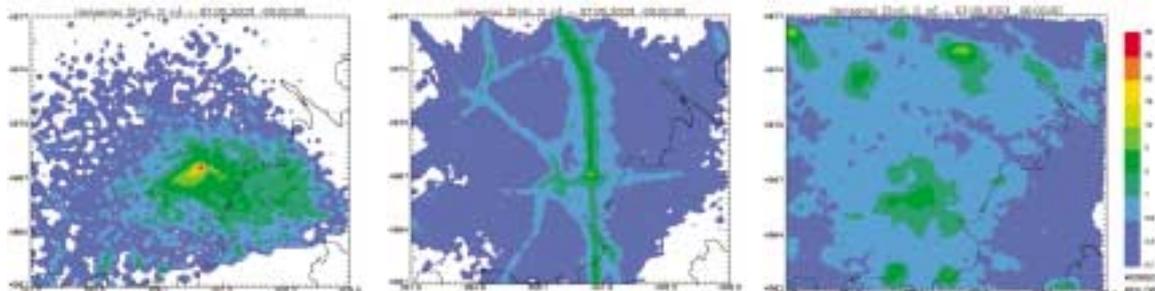


FIGURA 104: mappa della concentrazione media al suolo di PM10 primario sul dominio “locale”; a partire da sinistra: contributo di sorgenti “puntuali”, “lineari” ed “areali”.

Come già accennato, le emissioni delle sorgenti areali diverse da quelle originate dal traffico della rete principale, derivano dall’Inventario Regionale delle Emissioni; escludendo dunque il riscaldamento (inattivo nel periodo considerato) ed il traffico veicolare di strade extraurbane ed autostrade (direttamente rappresentato sulla rete stradale) le rimanenti emissioni di ossidi di azoto e di PM10 primario del macrosettore 7 (quindi relative al solo traffico urbano) rappresentano, rispettivamente, il 43% e poco meno del 30% del totale. Il macrosettore 8 (altre sorgenti mobili, in massima parte macchine agricole) raggiunge invece il 49% del totale dei NO_x e il 40% per quanto riguarda il PM10. L’assenza del macrosettore relativo al riscaldamento domestico aumenta il contributo percentuale di tali attività, che sarebbero comunque le dominanti nell’area in esame anche nella stagione invernale. Nelle figure 105 e 106 sono rappresentati i contributi percentuali delle diverse tipologie di sorgenti. Si osserva come le sorgenti puntuali abbiano un peso relativo maggiore per il PM10 (con un contributo superiore al 70% del totale ad una distanza di circa 2 km) di quanto non facciano per gli ossidi di azoto, di cui rappresenta il 60% nella zona del punto di emis-

sione, mentre sul resto del dominio si attesta su una percentuale per lo più compresa tra il 10 ed il 20% del totale.

Per quanto riguarda le sorgenti lineari il contributo alle concentrazioni totali di NO_x si attesta quasi ovunque oltre il 20% e raggiunge valori tra il 70 e l'80% sull'intero tratto autostradale. Il contributo relativo al particolato risulta essere invece meno marcato, scendendo in alcuni tratti di autostrada fino al 40%.

Il contributo delle sorgenti areali infine presenta un *pattern* complementare a quanto detto fin'ora; in particolare nella zona centrale del dominio i contributi per il PM_{10} risultano più bassi di quelli relativi agli ossidi di azoto, proprio a causa della dominanza in quella zona delle emissioni dell'impianto industriale.

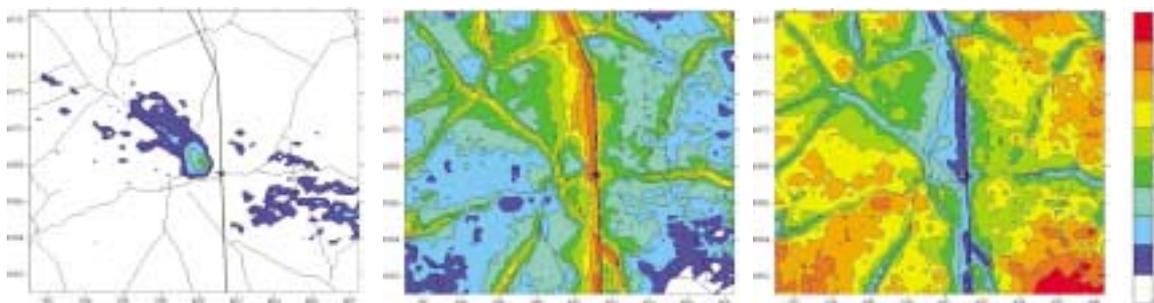


FIGURA 105: mappa dei contributi percentuali alle concentrazioni medie al suolo di NO_x da parte delle diverse tipologie di sorgenti, a partire da sinistra: contributo delle sorgenti "puntuali", "lineari" ed "areali".

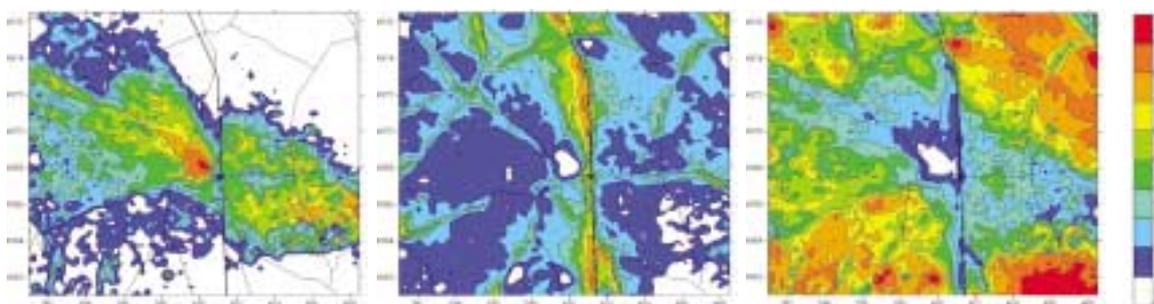


FIGURA 106: mappa dei contributi percentuali alle concentrazioni medie al suolo di PM_{10} primario da parte delle diverse tipologie di sorgenti, a partire da sinistra: contributo delle sorgenti "puntuali", "lineari" ed "areali".

Contributo del resto delle sorgenti provinciali

Per stimare sul dominio "locale" il *background* dovuto alle sorgenti poste nel resto della Provincia, visibile negli output di FARM rispetto a quelli di SPRAY, si è effettuata una simulazione specifica con FARM solamente sul dominio "locale", confrontando poi i risultati con quelli ottenuti sul medesimo dominio utilizzando il *nesting* all'interno del dominio "provinciale". Le simulazioni sono state effettuate su un periodo della durata di 30 giorni (15 Aprile – 15 Maggio 2003). In tal modo è possibile ridurre l'influenza di una situazione meteorologica specifica (legata ad una simulazione di pochi giorni) sui valori di concentrazione calcolati, conferendo ai risultati maggiore significatività dal punto di vista statistico. In figura 107 sono messe a confronto le mappe di concentrazione di NO_x calcolate senza e con la procedura di *nesting* all'interno del dominio "provinciale". Si nota, grazie ai contributi delle sorgenti esterne al dominio, un generale incremento delle

medie calcolate sul dominio; in particolare il massimo passa da $53,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $63,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In figura 108 la differenza tra le due mappe è illustrata in termini assoluti e percentuali.

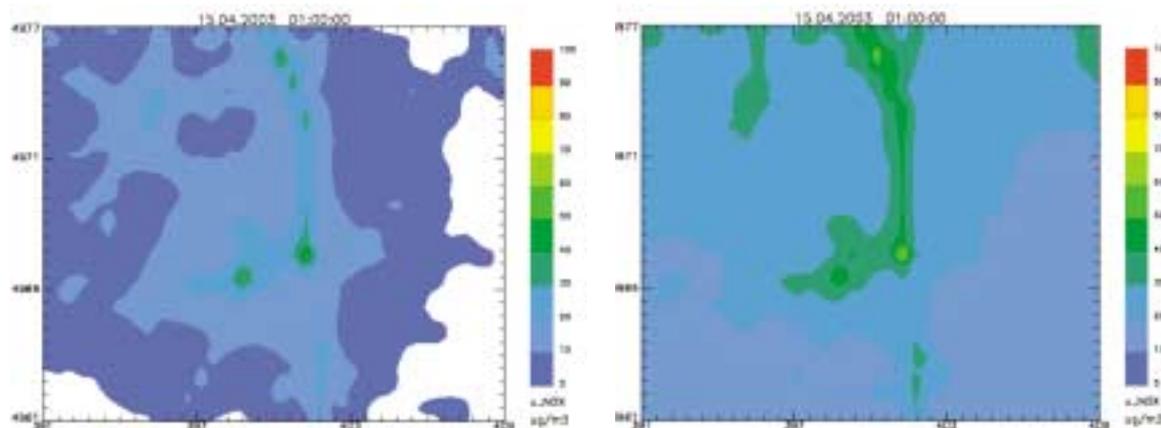


FIGURA 107: mappa delle concentrazioni medie al suolo di NO_x sul dominio “locale”, calcolate da FARM (500 m di risoluzione), senza (sinistra) e con (destra) il contributo delle sorgenti poste nel resto della Provincia per il periodo di 30 giorni considerato (15 Aprile – 15 Maggio 2003).

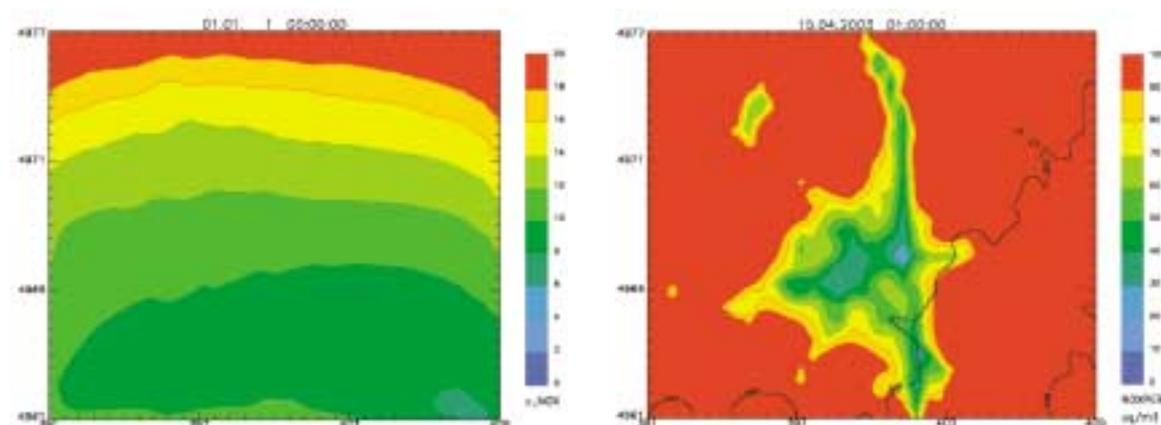


FIGURA 108: contributo sul dominio “locale” delle sorgenti poste nel resto della Provincia alle concentrazioni medie di NO_x per il periodo mensile considerato (15 Aprile – 15 Maggio 2003): in valore assoluto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$; a sinistra) e come incremento percentuale (a destra).

In prossimità di Carmagnola la differenza assoluta si attesta attorno ai $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per raggiungere valori massimi attorno a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella parte superiore del dominio, che risente maggiormente dell’influenza dell’area metropolitana torinese. In termini relativi il contributo delle sorgenti “locali” alle concentrazioni di NO_x è dominante nella zona centrale del dominio, nell’intorno dell’abitato di Carmagnola e in corrispondenza dell’autostrada; allontanandosi progressivamente, aumenta invece il contributo delle sorgenti circostanti, in genere dominante a ca. 2-3 km dal centro abitato e a ca. 1 km dall’autostrada.

Particolato secondario

Le simulazioni effettuate con entrambi i codici utilizzati (SPRAY e FARM), considerano gli inquinanti come sostanze “inerti”, non soggette in prima approssimazione ad alcuna reazione chimica. Nel caso del particolato ciò corrisponde a rappresentare la sola componente primaria, trascurando

quella di origine secondaria che si forma in atmosfera come risultato di complesse reazioni di trasformazione multifase dei composti primari emessi dalle sorgenti anche in forma gassosa. Per completare il quadro dei diversi contributi alle concentrazioni di particolato nell'area di interesse sono stati mutuati alcuni risultati prodotti nell'ambito del Progetto MINNI (Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione Internazionale sui temi dell'inquinamento atmosferico - Ministero dell'Ambiente ed ENEA), cui ARIANET ha contribuito. Nell'ambito di tale progetto sono state condotte delle valutazioni modellistiche annuali su scala nazionale, nonché uno zoom sul bacino padano a risoluzione 4 km per un periodo invernale ed uno estivo dell'anno 1999, entrambe condotte utilizzando il codice FARM nella sua configurazione più completa, che prende in considerazione la chimica in fase gassosa con la formazione di composti secondari e la dinamica del particolato. Le concentrazioni di PM simulate in tale contesto costituiscono dunque una stima sia della componente primaria sia di quella secondaria, originate dal complesso delle sorgenti poste sul territorio nazionale e nei paesi limitrofi. In figura 109 è riportata una mappa di stima della frazione secondaria del PM10, ricavata sulla Provincia di Torino a partire dai risultati delle simulazioni sopra citate.

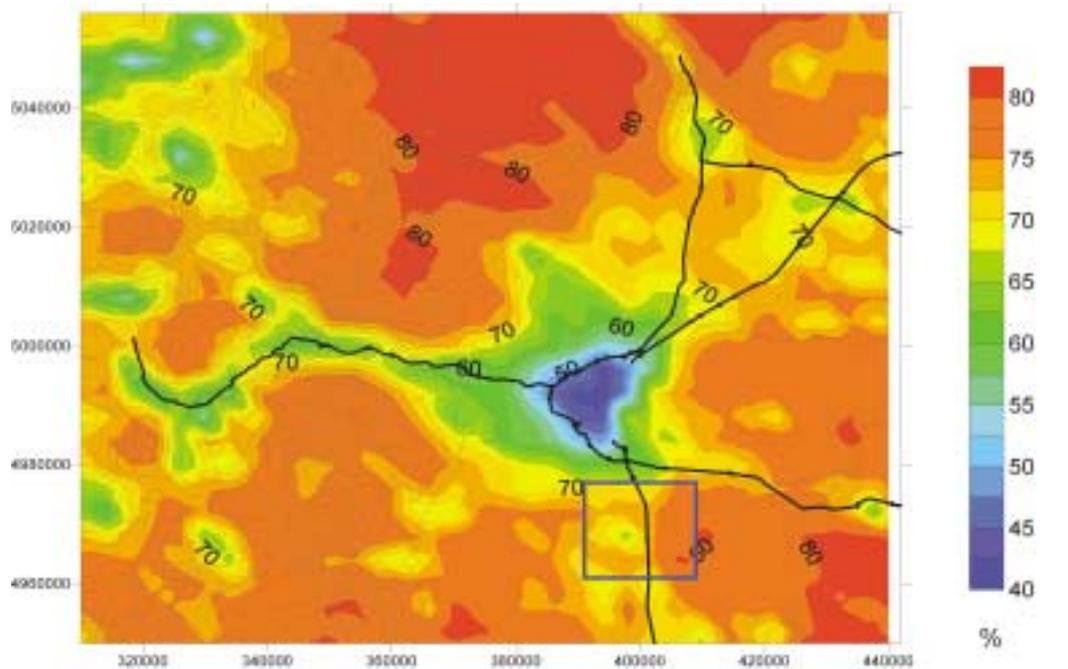


FIGURA 109: frazione secondaria nelle concentrazioni di PM10 sul territorio provinciale, stimate a partire dai risultati del Progetto MINNI; in blu è evidenziato il dominio "locale" centrato su Carmagnola considerato in questo studio.

E' evidente come la componente secondaria costituisca una frazione importante del particolato atmosferico, variabile da un minimo del 40% in prossimità delle maggiori sorgenti, fino ad oltre l'80 in aree più "remote". Nel dominio "locale" considerato in questo studio la frazione primaria contribuisce per circa un quarto alle concentrazioni di PM10 (circa un terzo in corrispondenza di Carmagnola).

In figura 110 è riportata la stima della distribuzione delle concentrazioni di PM10 sul dominio "locale" risultante dalla combinazione delle simulazioni effettuate: le concentrazioni di componente primaria (simulate da FARM tenendo conto sia delle sorgenti locali, sia di quelle del resto

della Provincia) riscalate in prima approssimazione con il contributo dato dalla componente secondaria (figura 109). I valori risultanti nei pressi dell'abitato, pur ottenuti combinando informazioni relative ad un periodo diverso, risultano compatibili con i valori medi rilevati nel periodo 16 Aprile – 12 Maggio 2003 dal campionatore del mezzo mobile (43,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e da quello della stazione di Carmagnola (49,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

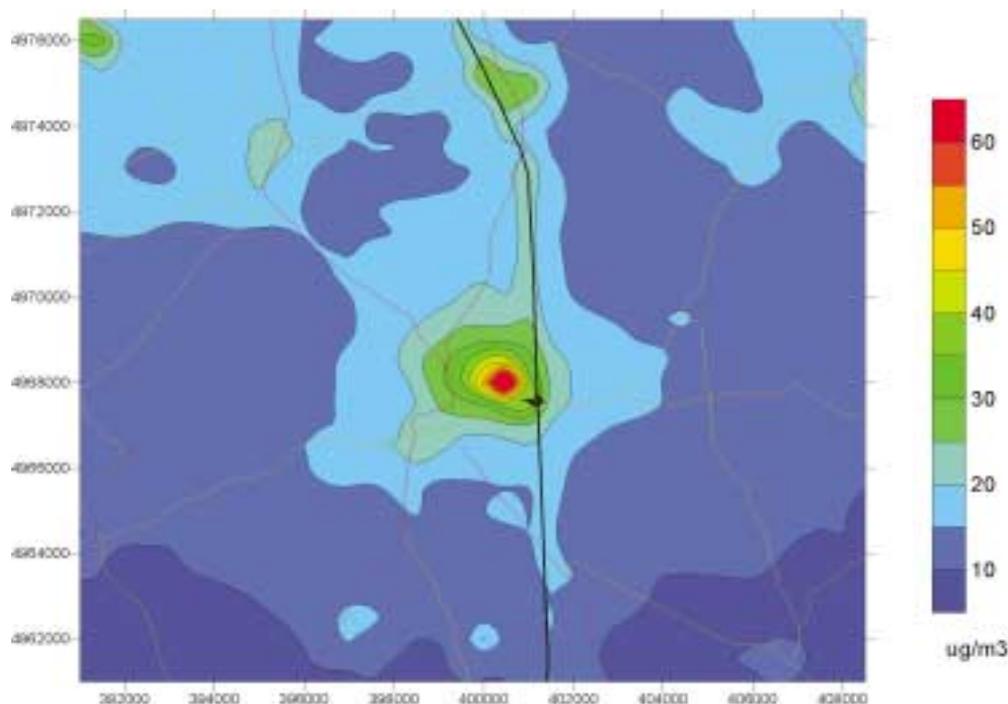


FIGURA 110: stima della concentrazioni complessive di PM10 sul dominio "locale".

Impatto di scenari emissivi futuri sulle concentrazioni

In una fase successiva, la ricostruzione delle concentrazioni ambientali nell'area di interesse finora discussa è stata utilizzata come base di riferimento per una stima degli impatti derivanti dalla possibile realizzazione di nuovi tratti stradali intorno a Carmagnola. I nuovi flussi veicolari sulla rete stradale previsti con l'ausilio del modello di traffico sono stati quindi "tradotti" in termini emissivi; tali emissioni, considerate come variazione rispetto al quadro attuale, sono state quindi utilizzate in input ad ulteriori simulazioni di dispersione, i cui output sono stati confrontati con quelli relativi alla situazione "di riferimento". Il confronto è stato condotto sulle concentrazioni al suolo di NO_x , proprio in virtù dell'importanza relativa delle sorgenti lineari sul totale delle concentrazioni di tale inquinante (vedi figure 104 e 105).

Scenario 2: costruzione della Tangenziale Sud

Le stesse simulazioni viste per lo scenario attuale sono state dunque effettuate per lo scenario in cui si ipotizza la costruzione della Tangenziale a Sud di Carmagnola (vedi figura 86). La figura 111 mostra le mappe delle differenze di concentrazioni medie al suolo di NO_x sul dominio "locale", calcolate tra lo "scenario 2" e quello "di riferimento". L'impatto dello scenario è positivo o negativo a seconda della zona considerata, con le zone di massima variazione in corrispondenza dei principali assi stradali su cui sono previsti i cambiamenti di flusso più rilevanti. Nell'analisi della mappa, così come in quelle successive, si tenga conto della relativa brevità del periodo di simulazione considerato (un episodio di 5 giorni), cosa che contribuisce a dar luogo a variazioni a

piccola scala dei *pattern* di impatto. Incrementi medi di concentrazione superiori a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si registrano nelle vicinanze della nuova tangenziale e dell'autostrada; nella zona a sud del casello gli incrementi raggiungono i $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In corrispondenza dell'abitato di Carmagnola si verifica invece una diminuzione, dell'ordine dei $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, legata ad un alleggerimento dei flussi sugli archi stradali che lo attraversano (SS 20, SS 393 e SP 661).

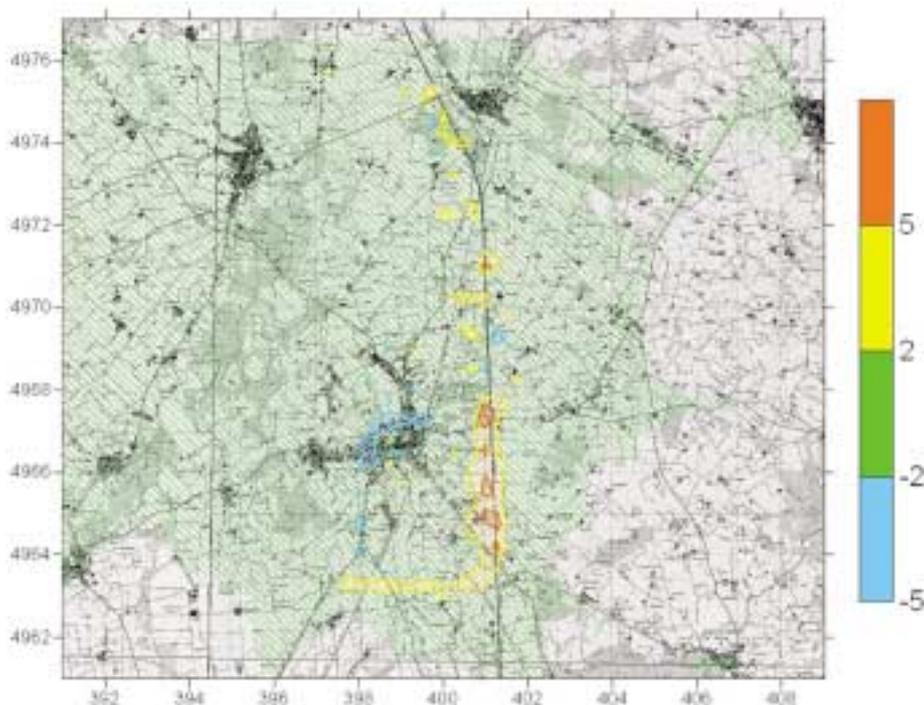


FIGURA 111: mappa delle differenze delle concentrazioni medie al suolo di NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sul dominio "locale", calcolate tra lo "scenario 2" e quello "di riferimento".

Scenario 3: costruzione della Tangenziale Nord-Est

Ulteriori simulazioni sono state condotte in corrispondenza dell'ipotesi di costruzione dei tratti orientale e settentrionale di tangenziale (vedi figura 86). Le corrispondenti variazioni delle concentrazioni medie di NO_x , calcolate rispetto allo "scenario 2", sono riportate in figura 112. Le variazioni risultano più modeste rispetto a quelle provocate dalla Tangenziale Sud ("scenario 2") nei confronti dello scenario "di riferimento". Le variazioni di entrambi i segni superano di poco i $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con incrementi in prossimità dei nuovi tratti stradali e lievi decrementi nell'intorno dell'abitato.

Le variazioni complessive rispetto allo scenario "di riferimento" risultanti dall'ipotesi di costruzione di entrambi i tratti di tangenziale (Sud e Nord-Est) sono riportate in figura 113. Come da attendersi dalle valutazioni riportate finora, l'effetto risultante corrisponde ad un beneficio per il centro abitato di Carmagnola, legato al trasferimento ai nuovi archi stradali di parte dei flussi di traffico di attraversamento ed un conseguenziale incremento delle concentrazioni nelle zone circostanti.

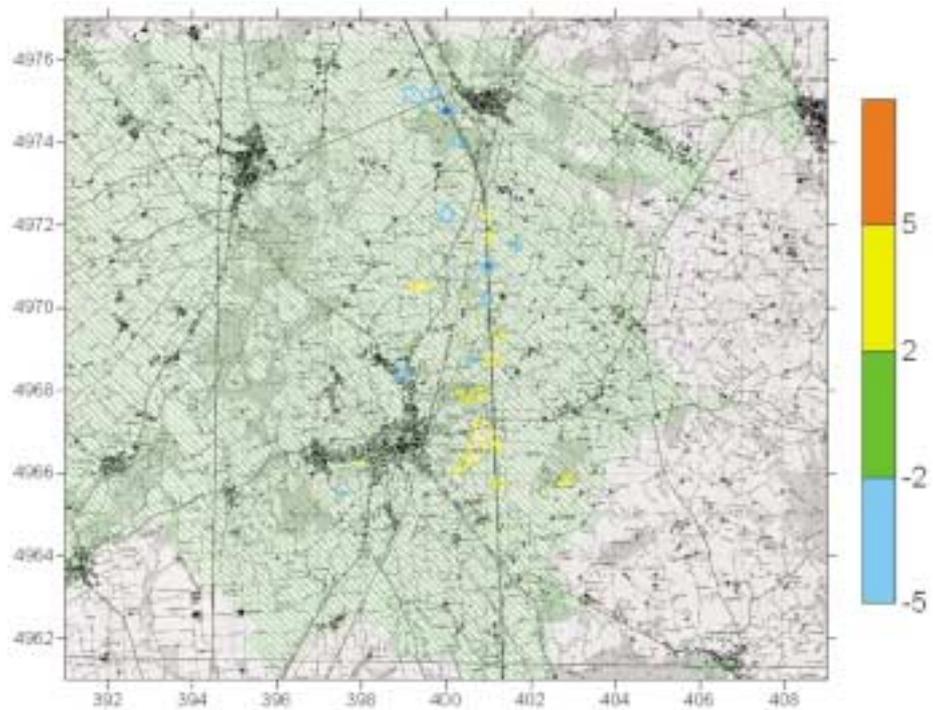


FIGURA 112: mappa delle differenze delle concentrazioni medie al suolo di NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sul dominio "locale", calcolate tra lo "scenario 3" e lo "scenario 2".

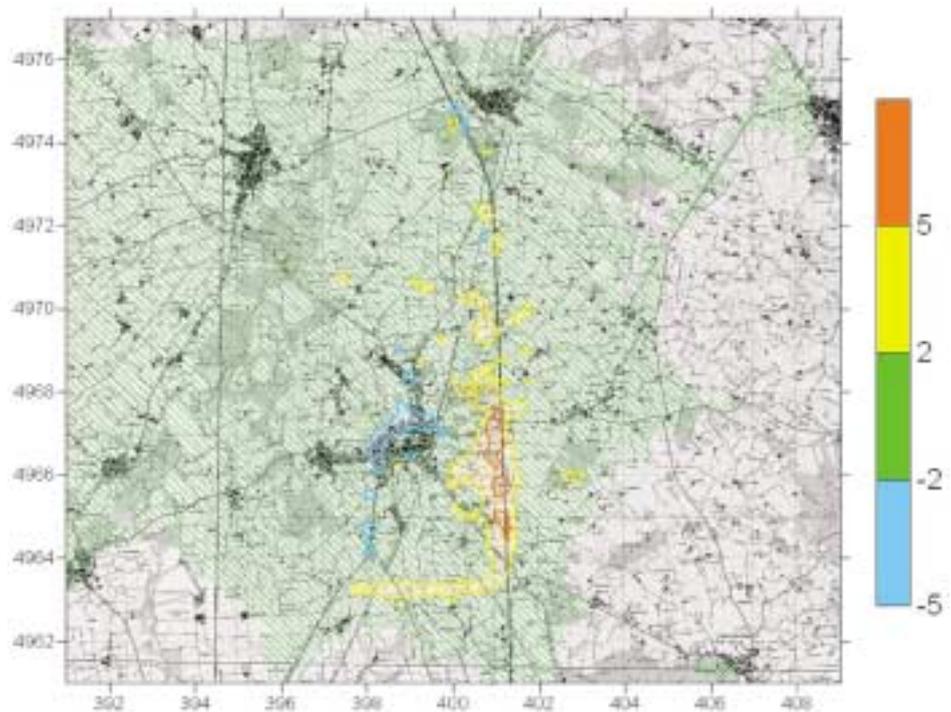


FIGURA 113: mappa delle differenze di concentrazioni medie al suolo di NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sul dominio "locale", calcolate tra lo "scenario 3" e quello "di riferimento".

CONCLUSIONI

Lo studio effettuato sulla qualità dell'aria nell'area di Carmagnola costituisce un consolidamento delle esperienze modellistiche maturate in precedenza in ambito provinciale. Esso si è avvalso delle basi di dati (meteorologiche, emissive e di qualità dell'aria) disponibili presso gli organismi provinciali e regionali, accrescendo il grado di confidenza del sistema modellistico complessivo (traffico, emissioni, meteorologia e dispersione) già utilizzato per l'Eporediese (Provincia di Torino, 2004). Le simulazioni della dispersione degli inquinanti atmosferici nell'area di interesse sono state alimentate per gli aspetti emissivi a partire dalle ricostruzioni dei flussi veicolari effettuate tramite un modello di traffico, integrate per gli altri settori con i dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni, e per gli aspetti meteorologici da una ricostruzione diagnostica tridimensionale. I risultati delle simulazioni, dopo un positivo riscontro con i valori sperimentali rilevati in Carmagnola (postazione fissa della rete provinciale e mezzo mobile ARPA), hanno consentito una mappatura dell'impatto delle sorgenti sul territorio, ad integrazione dell'informazione "puntuale" fornita dalle misure. Sono stati infine stimati gli impatti sulla qualità dell'aria risultanti dalle variazioni dei flussi veicolari previste a seguito della possibile realizzazione delle tangenziali Sud e Nord-Est di Carmagnola. Entrambi gli assi viari, alleggerendo i flussi di attraversamento, provocano una diminuzione delle concentrazioni in corrispondenza del centro abitato ed un conseguenziale aumento nelle aree circostanti i nuovi tracciati. Quanto all'importanza reciproca dei due nuovi tratti, l'incidenza maggiore sull'abitato risulta legata alle variazioni causate dal tratto Sud.

Il testo e le elaborazioni contenuti nel presente capitolo sono a cura dei Dott.ri Paola Radice, Tommaso Pittini, Giuseppe Calori, Gianni Tinarelli (Arianet S.r.l.).

Si ringrazia ENEA, Unità Tecnico Scientifica Protezione e Sviluppo dell'Ambiente e del Territorio, Tecnologie Ambientali, per la fornitura dei dati di concentrazione di particolato secondario provenienti dalle simulazioni a scala nazionale effettuate nell'ambito del progetto MINNI (Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione internazionale sui temi dell'Inquinamento atmosferico). Per informazioni sul progetto: Dr. Gabriele Zanini, zanini@bologna.enea.it.

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., Finardi S., Nanni A., Radice P. (2004) Studio della qualità dell'aria nell'area Eporediese - Relazione finale. ARIANET R2004.18, Milano, Dicembre 2004.
- Calori G., Radice P. (2004) Emission Manager – Reference guide. ARIANET R2004.29, Milano, Novembre 2004.
- Calori G., Silibello C. (2005) FARM (Flexible Air quality Regional Model) Model formulation and user manual – Version 2.4. ARIANET R2005.07, Milano, April 2005.
- EEA MDS (2005) Model Documentation System. European Environment Agency, European Topic Centre on Air and Climate Change, <http://pandora.meng.auth.gr/mds/mds.php>.
- IIASA (2001) "RAINS-Europe Homepage". <http://www.iiasa.ac.at/~rains/home.html>
- Nanni A., Radice P., Piersanti A. (2005) ARIANET TREFIC ("Traffic Emission Factor Improved Calculation") User manual - Version 4.0. ARIANET R2005.02, Milano, Gennaio 2005.
- 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 (2005) Uno sguardo all'aria - 2004. Provincia di Torino ed ARPA Piemonte, Torino, Giugno 2005.
- Silibello C., Finardi S., Calori G. (2003) SURFPRO (SURrface-atmosphere interFace PROcessor) - User's guide. ARIANET R2003.14, Milano, Settembre 2003.
- Tinarelli G. (2001) SPRAY 3.0 - General Description and User's Guide. ARIANET R2001.11, Milano.

