

PROVINCIA DI MODENA
ASSESSORATO TUTELA AMBIENTE
DIFESA DEL SUOLO
E PROTEZIONE CIVILE

AGENZIA REGIONALE PER LA
PREVENZIONE E L'AMBIENTE
EMILIA ROMAGNA
SEZIONE PROVINCIALE DI MODENA

LA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI MODENA

**17^a Relazione annuale
2007**

Comitato di Gestione Rete di Monitoraggio Qualità dell'Aria della Provincia di Modena

Coordinamento:

Sesti Daniela

Giovanni Rompianesi

Responsabile Servizio Sistemi Ambientali - Arpa Emilia Romagna Sezione Provinciale di Modena

Direttore Area Ambiente e Sviluppo Sostenibile - Provincia di Modena

Relazione a cura di: Luisa Guerra

Servizio Sistemi Ambientali - Arpa Emilia Romagna Sezione Provinciale di Modena

Testi ed elaborazione dati:

Antonella Anceschi, Carla Barbieri
Patrizia Tedeschini, Antonella Sterni

Servizio Sistemi Ambientali - Arpa Emilia Romagna Sezione Provinciale di Modena

Copertina e stampa:

U.O. Grafica e Centro Stampa
Provincia di Modena

Foto di copertina: Giancarlo Nannini

Modena, settembre 2008

INDICE

PRESENTAZIONE

PRESENTAZIONE	0
1 INTRODUZIONE	1
2 SINTESI METEOROLOGICA DELL'ANNO 2007.....	3
2.1 Precipitazioni	5
2.2 Altezza di rimescolamento e stabilità	6
2.3 Intensità e direzione del vento	10
2.4 Temperatura	13
3 LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	15
4 SINTESI DEI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA NEGLI AGGLOMERATI.....	18
4.1 Ossidi di Azoto	18
4.2 Polveri inalabili - PM10	21
4.3 Polveri Totali Sospese	25
4.4 Monossido di Carbonio.....	27
4.5 Benzene	30
4.6 Ozono.....	32
5 METALLI	36
6 PM2,5.....	39
7 LE CAMPAGNE DI MONITORAGGIO DEGLI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA).....	43
8 MUTAGENESI AMBIENTALE	48
9 VALUTAZIONE DEI DATI DELLA RETE RIDEP.....	53
10 POLLINI E SPORE AERODISPERSE.....	55
11 BIOMONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	64
ALLEGATO: I COMUNI IN DETTAGLIO – ANALISI DEI DATI RILEVATI	76

PRESENTAZIONE

La recente direttiva della Comunità Europea sulla qualità dell'aria, pubblicata nel giugno 2008, introduce importanti novità quali l'introduzione della misura del PM_{2,5} e la possibilità per gli Stati Membri in cui vengono superati i limiti per il PM₁₀ di ottenere deroghe.

L'introduzione della misura del PM_{2,5}, attualmente già effettuata dalla Rete Provinciale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria, rappresenta la volontà comune da parte dei Paesi europei di ampliare ulteriormente la conoscenza sullo stato della qualità dell'aria al fine di tutelare sempre più la salute dei cittadini

La possibilità di ottenere deroghe sui limiti per il PM₁₀, valida solo per zone in cui sussistano comprovate condizioni particolarmente sfavorevoli dal punto di vista climatico, geografico e di apporto di inquinanti transfrontalieri, è subordinata alla dimostrazione dell'attuazione da parte degli Stati interessati di tutte le misure necessarie per fronteggiare il problema dell'inquinamento da polveri fini.

Ritenendo che l'area vasta della Pianura Padana presenti tali caratteristiche sfavorevoli, ed auspicando che l'Italia recepisca la direttiva quanto prima, l'attuazione di misure concrete quali ad esempio quelle previste nel Piano di Tutela della Qualità dell'Aria approvato nel marzo 2007 dalla Provincia di Modena, rappresenta quindi non solo un impegno nei confronti dei cittadini per migliorare la situazione locale relativa all'inquinamento atmosferico, ma anche un'occasione importante per poter proseguire nel reperimento dei fondi necessari alla realizzazione dei progetti e dei programmi contenuti nel Piano.

La qualità dell'aria in Provincia di Modena infatti, in base ai dati contenuti nella presente relazione, sta migliorando, anche se gli obiettivi europei inducono ulteriori sforzi e grande impegno da parte di tutte le componenti sociali ed economiche interessate.

Alberto Caldana

Assessore all'Ambiente e allo Sviluppo Sostenibile
della Provincia di Modena

1 INTRODUZIONE

L'inquinamento atmosferico è causato principalmente dall'immissione in atmosfera di sostanze chimiche di ogni tipo generate dalle attività umane: produzione di energia elettrica, attività industriali, riscaldamento e trasporto su gomma costituiscono le sorgenti più rilevanti di inquinamento atmosferico.

La rete di monitoraggio rappresenta un anello importante nella catena della conoscenza del destino degli inquinanti emessi in atmosfera. L'analisi dei dati di monitoraggio consente infatti di conoscere gli andamenti temporali degli inquinanti, le loro concentrazioni e le tendenze in atto, oltre a contribuire alla valutazione della loro distribuzione.

In questa relazione vengono raccolti i dati rilevati dalla rete di Monitoraggio della Provincia di Modena nel 2007 e questi vengono confrontati con quelli degli anni precedenti per trarre indicazione sui trend evolutivi in atto a supporto delle politiche di gestione della qualità dell'aria.

L'analisi dei dati viene effettuata tenendo conto della zonizzazione del territorio provinciale approvata dalla Provincia di Modena con delibera n. 23 del 11/02/2004, la quale, come previsto dal DL 4/8/99, suddivide il territorio in base al rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme, secondo lo schema seguente:

- **Zona A:** territorio dove c'è il rischio di superamento del valore limite e/o delle soglie di allarme. In queste zone occorre predisporre **piani e programmi a lungo termine**.
- **Zona B:** territorio dove i valori della qualità dell'aria sono inferiori al valore limite. In questo caso è necessario adottare **piani di mantenimento**.
- **Agglomerati:** porzione di zona A dove è particolarmente elevato il rischio di superamento del valore limite e/o delle soglie di allarme. Per gli agglomerati occorre predisporre **piani di azione a breve termine**.

La suddivisione in zone e agglomerati della nostra provincia è riportata in Figura 1.1.

Per i dettagli sul percorso che ha portato a questa suddivisione si rimanda ai documenti del Piano di Risanamento e Tutela della Qualità dell'aria della Provincia di Modena (Quadro conoscitivo, Documento preliminare e Valsat), approvato il 29/3/2007.

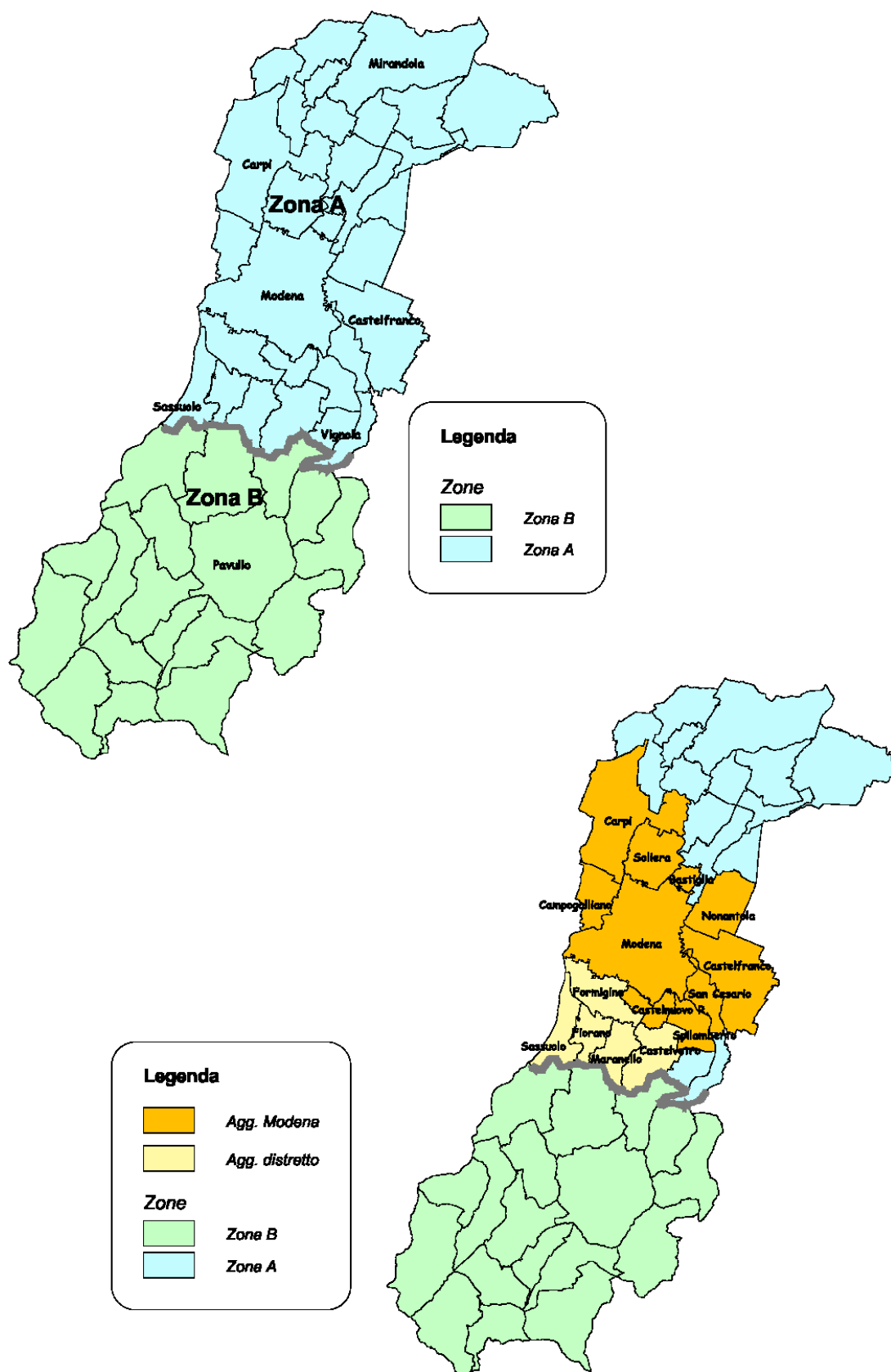


Figura 1.1: Zonizzazione Provinciale

2 SINTESI METEOROLOGICA DELL'ANNO 2007

I processi meteorologici influenzano in modo vario e complesso l'inquinamento atmosferico: all'interno dell'atmosfera gli inquinanti vengono dispersi e subiscono varie trasformazioni del loro stato fisico e chimico. In particolare, gli episodi di inquinamento sono regolati sia da processi meteorologici a scala regionale, sia da quelli che avvengono all'interno dello strato di atmosfera direttamente sopra la superficie, detto strato limite atmosferico (atmospheric boundary layer)¹.

Per quanto riguarda i fenomeni a scala regionale risultano particolarmente rilevanti i fenomeni di stagnazione della massa d'aria chimica². Le masse d'aria vengono create quando l'aria diviene stagnante su una determinata regione d'origine (oceano, mare, continente o bacino aerologico) e di conseguenza assume caratteristiche tipiche di quella regione (ad es. aria calda e umida oceanica, fredda e secca continentale). Accade così che l'aria che risiede per un certo periodo sull'area padana (ricca di industrie, ad elevato traffico ed intensa attività umana) si arricchisce di sostanze inquinanti quali ossidi di azoto e composti organici volatili che, oltre a produrre direttamente inquinamento, rappresentano potenziali precursori dell'inquinamento da ozono. Al contrario, una massa d'aria proveniente dal mare, dove non sono presenti sorgenti inquinanti significative, sarà relativamente povera di inquinanti.

I processi meteorologici a scala locale sono responsabili del grado di rimescolamento e quindi di diluizione dell'inquinante dopo il suo rilascio; tali processi si verificano principalmente nello strato limite atmosferico e dipendono sia da fenomeni di turbolenza meccanica che termica, legate rispettivamente al gradiente di vento e al bilancio di calore in prossimità alla superficie.

In particolare, le grandezze meteorologiche tipiche dello strato limite che influenzano maggiormente i processi di trasporto, trasformazione chimica e deposizione degli inquinanti sono:

- le precipitazioni responsabili dei processi di deposizione e rimozione umida degli inquinanti in atmosfera;
- l'altezza di rimescolamento, che può essere definita come l'altezza dello strato adiacente alla superficie all'interno della quale un inquinante viene disperso verticalmente per turbolenza avente origine meccanica (vento) o termica (temperatura); per sorgenti al suolo altezze di rimescolamento elevate producono una diluizione di inquinanti, mentre per rilasci in quota (camini) l'altezza dell'emissione rispetto a quella dello strato rimescolato determina il modo con cui il pennacchio diffonde, quindi l'eventuale ricaduta al suolo degli inquinanti. La turbolenza dello strato limite si può descrivere anche mediante le classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner; condizioni di stabilità coincidono con ridotte altezze di rimescolamento e viceversa.
- l'intensità del vento che allontana più o meno rapidamente gli inquinanti dalle zone di rilascio e la sua direzionalità che determina verso quale direzione gli inquinanti vengono trasportati; importante è anche la frequenza delle calme di vento (velocità minori di 1 m/s) che producono un ristagno di inquinanti in prossimità della sorgente.
- le temperature che, se sufficientemente elevate, facilitano i processi di rimescolamento turbolento in prossimità della superficie, facilitando la rimozione di inquinanti; temperature molto elevate favoriscono però la formazione di ozono e di inquinanti secondari.

¹ Lo strato limite atmosferico è quella parte di atmosfera (approssimativamente che va dalla superficie fino ad un paio di chilometri di quota) influenzata direttamente dalle interazioni con la superficie terrestre.

² In meteorologia una massa d'aria è una regione d'aria di dimensioni variabili, che mostra caratteristiche simili di temperatura, umidità e stabilità verticale.

Le grandezze meteorologiche sopra descritte provengono sia dalle misure rilevate nelle stazioni che costituiscono la rete meteorologica regionale gestita dal Servizio Idro-Meteorologico di ARPA (SIM), che dalle elaborazioni del preprocessore meteorologico CALMET³, che stima le grandezze caratteristiche dello strato limite sulla base delle variabili puntuali misurate nelle stazioni meteo e delle caratteristiche della superficie (orografia, uso del suolo, rugosità).

Per l'analisi dei dati sono state scelte alcune stazioni meteorologiche, che sono rappresentative delle tre aree omogenee in cui si può suddividere il nostro territorio (Figura 2.1):

- 1) pianura settentrionale: stazioni di Mirandola (Rete Agrmet Climat, attiva dal 27/05/04) e Finale Emilia (Rete Locale, attiva dal 05/07/88);
- 2) pianura centrale: stazione urbana di Modena, che rappresenta una delle dieci stazioni della rete meteorologica urbana della regione Emilia Romagna (attiva dal 11/05/2004) ed elaborazioni CALMET in un punto localizzato presso la stazione;
- 3) pedecollina: stazioni di Formigine (Rete Agrmet Climat, attiva dal 20/05/04) e Vignola (Rete Locale, attiva dal 22/07/98) ed elaborazioni CALMET in un punto localizzato nel Comune di Sassuolo.

Non è stata presa in considerazione la zona appenninica in quanto, oltre ad avere una scarsa copertura di stazioni meteo, presenta caratteristiche di particolare complessità del terreno (valli e rilievi) che ne rendono complicato lo studio dettagliato da un punto di vista meteoroclimatico.

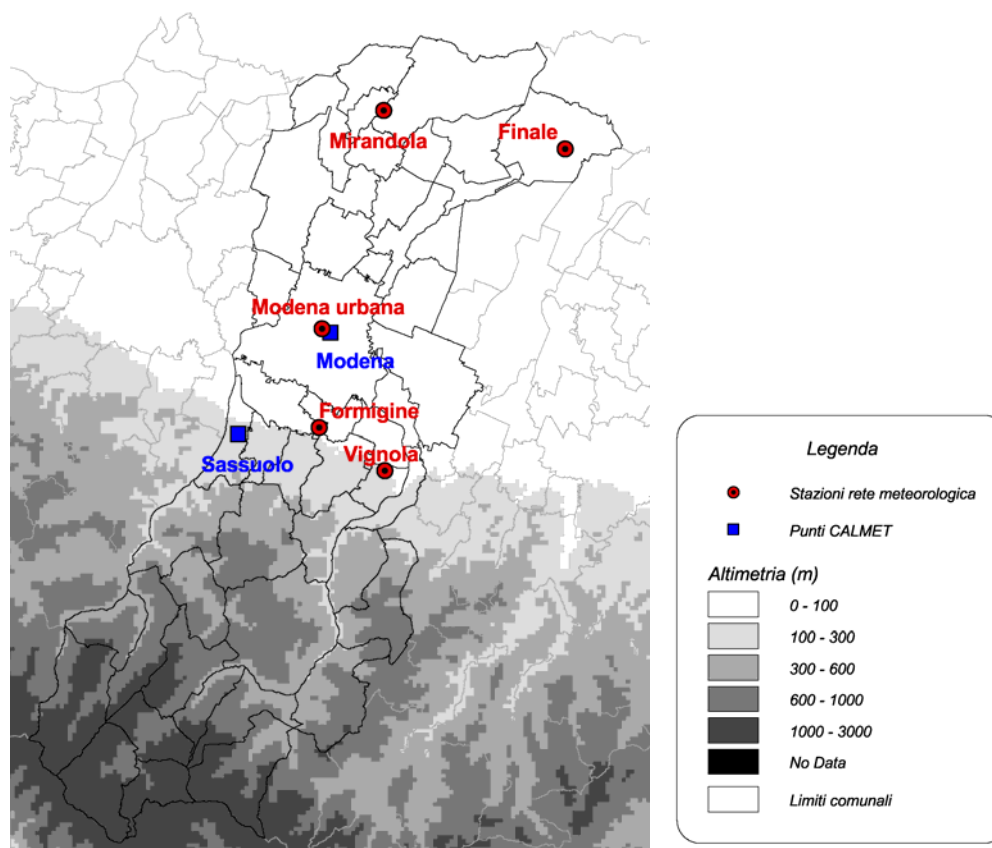


Figura 2.1– Stazioni meteorologiche e punti CALMET

³ Il preprocessore meteorologico CALMET viene appositamente implementato presso ARPA-SIM; ricostruisce il campo tridimensionale di vento e temperature e bidimensionale delle grandezze caratteristiche dello strato limite atmosferico (altezza di rimescolamento, classi di stabilità) e della turbolenza (lunghezza di Monin-Obukhov, velocità di attrito, velocità convettiva di scala).

2.1 Precipitazioni

Nella Figura 2.2 viene riportato l'andamento mensile delle precipitazioni misurate; si osserva una certa disuniformità nei vari mesi dell'anno, evidente in tutte e tre le aree: i mesi più piovosi sono risultati marzo, maggio-giugno e soprattutto ottobre. Rispetto a questi episodi, Modena ha evidenziato una maggior piovosità a giugno rispetto all'area pedecollinare e della pianura settentrionale, mentre ad ottobre le precipitazioni sono state più intense a Vignola, generalmente meno piovosa negli altri periodi dell'anno.

Per effettuare un confronto di piovosità negli ultimi anni (2002-2007, vedi Figura 2.3) sono stati utilizzati anche i dati misurati in stazioni diverse da quelle prese come riferimento (causa disponibilità o meno del dato), ma appartenenti alla stessa area omogenea (pianura settentrionale, pianura centrale e pedecollina). Si osserva che, dal 2002 al 2007, la pianura settentrionale è stata caratterizzata da minori precipitazioni, ad eccezione del 2006, anno in cui è risultata l'area più piovosa. Generalmente, l'area più piovosa, risulta la pianura centrale.

Per meglio evidenziare la piovosità complessiva del territorio, nel grafico è stata riportata anche la somma del dato annuo misurato nelle tre stazioni: emerge che il 2004 è stato l'anno più piovoso, il 2006 quello meno piovoso. Il 2007, rispetto al 2006, ha visto un incremento delle precipitazioni nella fascia pedecollinare e nella pianura centrale, mentre è stato un anno più secco nella pianura settentrionale.

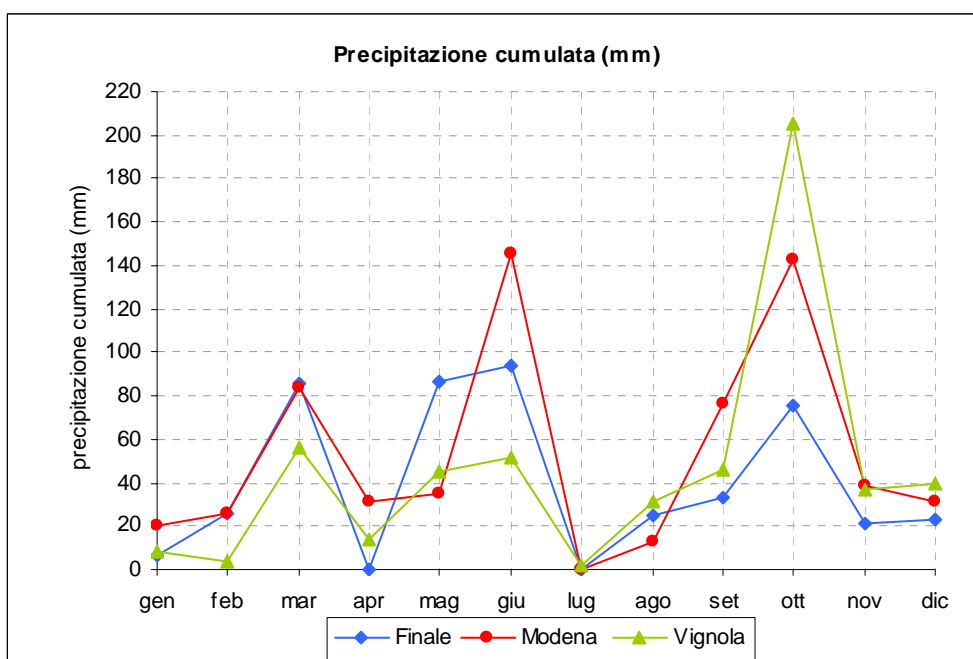


Figura 2.2- Andamento mensile della precipitazione cumulata in mm di pioggia (dati misurati)

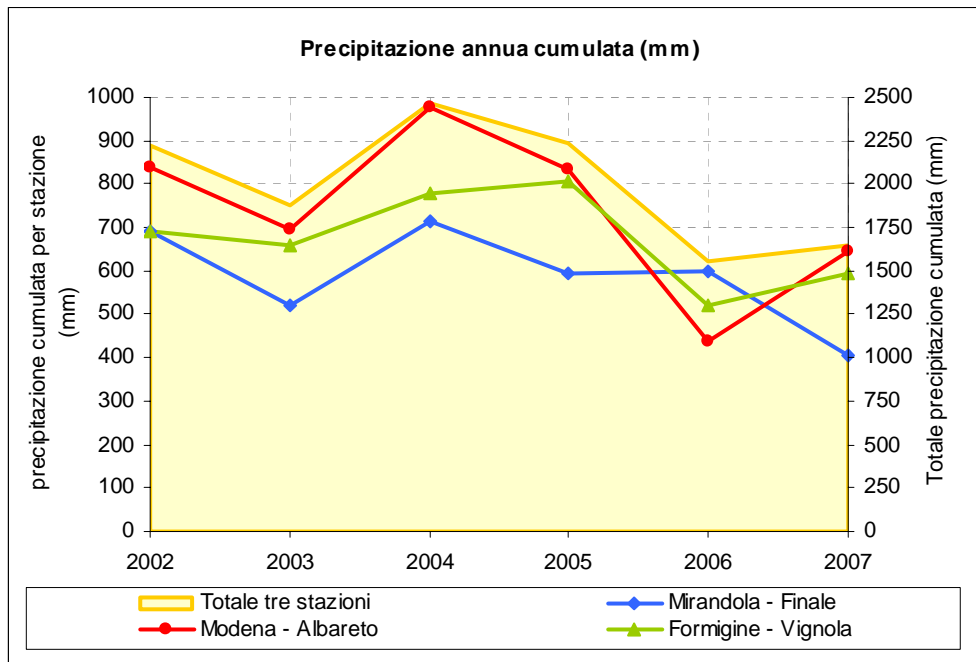


Figura 2.3– Precipitazione annua cumulata in mm di pioggia e totale annuo nelle stazioni prese come riferimento (dati misurati)

2.2 Altezza di rimescolamento e stabilità

Lo strato rimescolato, il cui spessore è appunto l'altezza di rimescolamento (H), presenta una variabilità sia giornaliera che stagionale. Inizia a svilupparsi all'alba, quando il suolo si riscalda per effetto dell'irraggiamento solare (Figura 2.4), cresce nel corso della mattina e raggiunge la sua massima altezza nel pomeriggio (fino a 2000 m in una giornata di sole estiva, qualche centinaio di metri in una giornata invernale fredda e nuvolosa). Al tramonto, diminuisce l'irraggiamento solare ed i moti convettivi turbolenti si smorzano; dopo il tramonto il suolo cessa di ricevere energia dal sole e comincia a raffreddarsi, così come l'aria a contatto con esso; si genera in questo modo una situazione di inversione termica cioè uno strato di aria fredda al di sotto di uno di aria più calda, situazione che produce condizioni di stabilità, quindi assenza di rimescolamento.

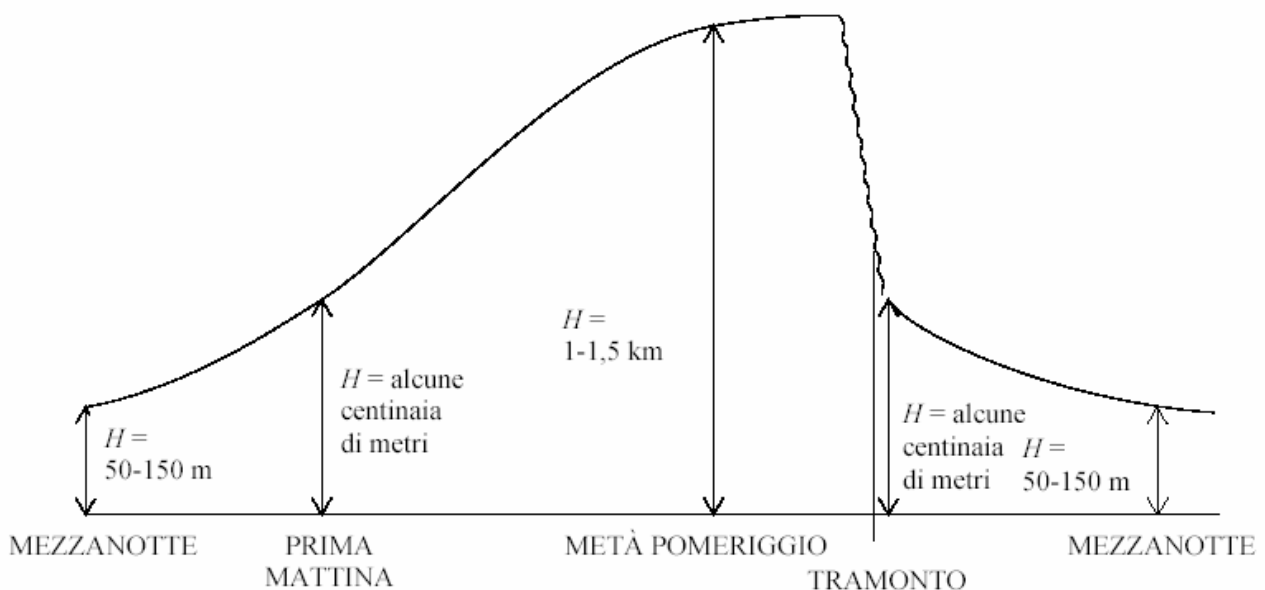


Figura 2.4– Andamento giornaliero dell'altezza di rimescolamento (i valori sono tipici dei mesi estivi)

La Figura 2.6 riporta la variazione stagionale, nei quattro trimestri dell'anno (inverno, primavera, estate, autunno) nelle ore di massimo ed in quelle di minimo (considerate come le 14 del pomeriggio e le 2 di notte). Si osservano variazioni stagionali soprattutto per quanto riguarda i valori massimi: in estate l'altezza di rimescolamento nelle ore pomeridiane raggiunge i 2000 metri, mentre in inverno non supera i 700-800 metri. Nelle ore notturne, invece, l'altezza di rimescolamento presenta sempre valori molto contenuti (minori di 300 metri). Per quanto riguarda la variabilità di questo parametro sul territorio provinciale, si nota una disuniformità soprattutto sui periodi notturni, dove la pianura settentrionale presenta valori inferiori rispetto alla pianura centrale, che a sua volta è generalmente caratterizzata da altezze di rimescolamento simili alla pedecollina ma più contenute rispetto alla fascia collinare-appenninica.

La Figura 2.5, che confronta i dati CALMET ricavati per il punto di Modena e per quello di Sassuolo, conferma l'andamento stagionale appena commentato e la sostanziale omogeneità in termini di altezza di rimescolamento tra le due postazioni.

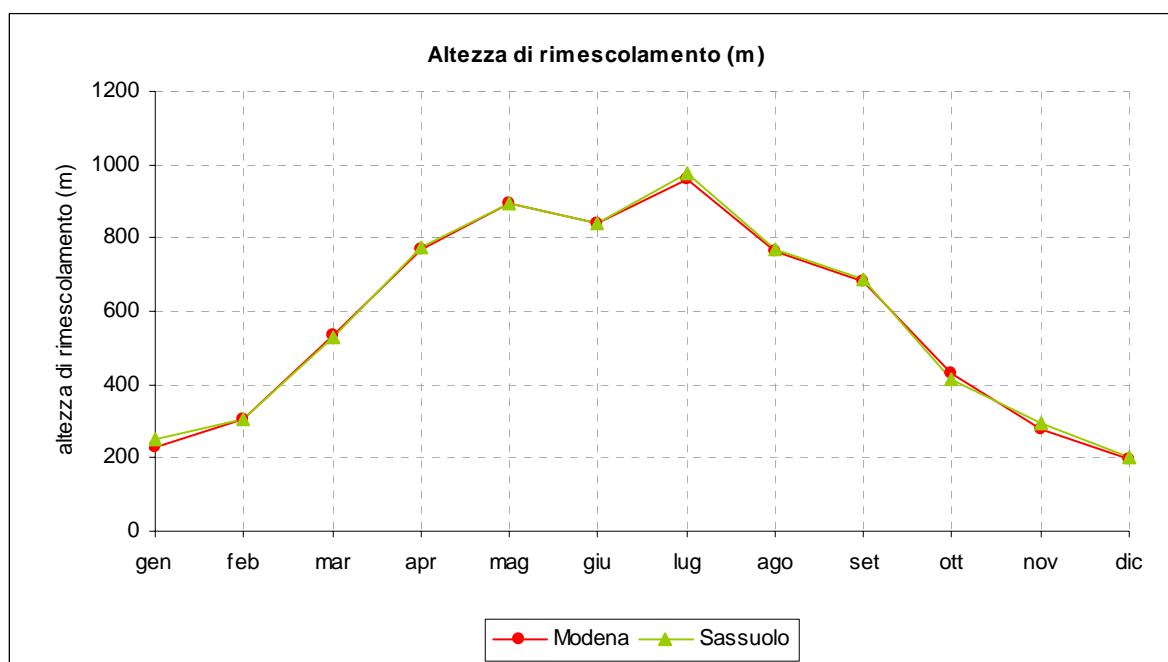


Figura 2.5- Andamento mensile dell'altezza di rimescolamento media (dati CALMET)

Valori elevati di altezza di rimescolamento sono indicatori di uno strato limite instabile in quanto sede di flussi turbolenti; quindi, la percentuale di condizioni stabili in ogni trimestre dell'anno (Figura 2.7) ha andamento stagionale "opposto" rispetto a quello dell'altezza di rimescolamento: maggior percentuale di condizioni stabili in autunno/inverno, minor stabilità in primavera/estate. Per quanto riguarda la distribuzione sul territorio provinciale, è evidente come la stabilità diminuisca nel passaggio tra la zona della pianura settentrionale, progredendo verso la pianura centrale e la prima pedecollina fino ad arrivare alla fascia appenninica, caratterizzata da situazioni di maggior instabilità rispetto al resto del territorio.

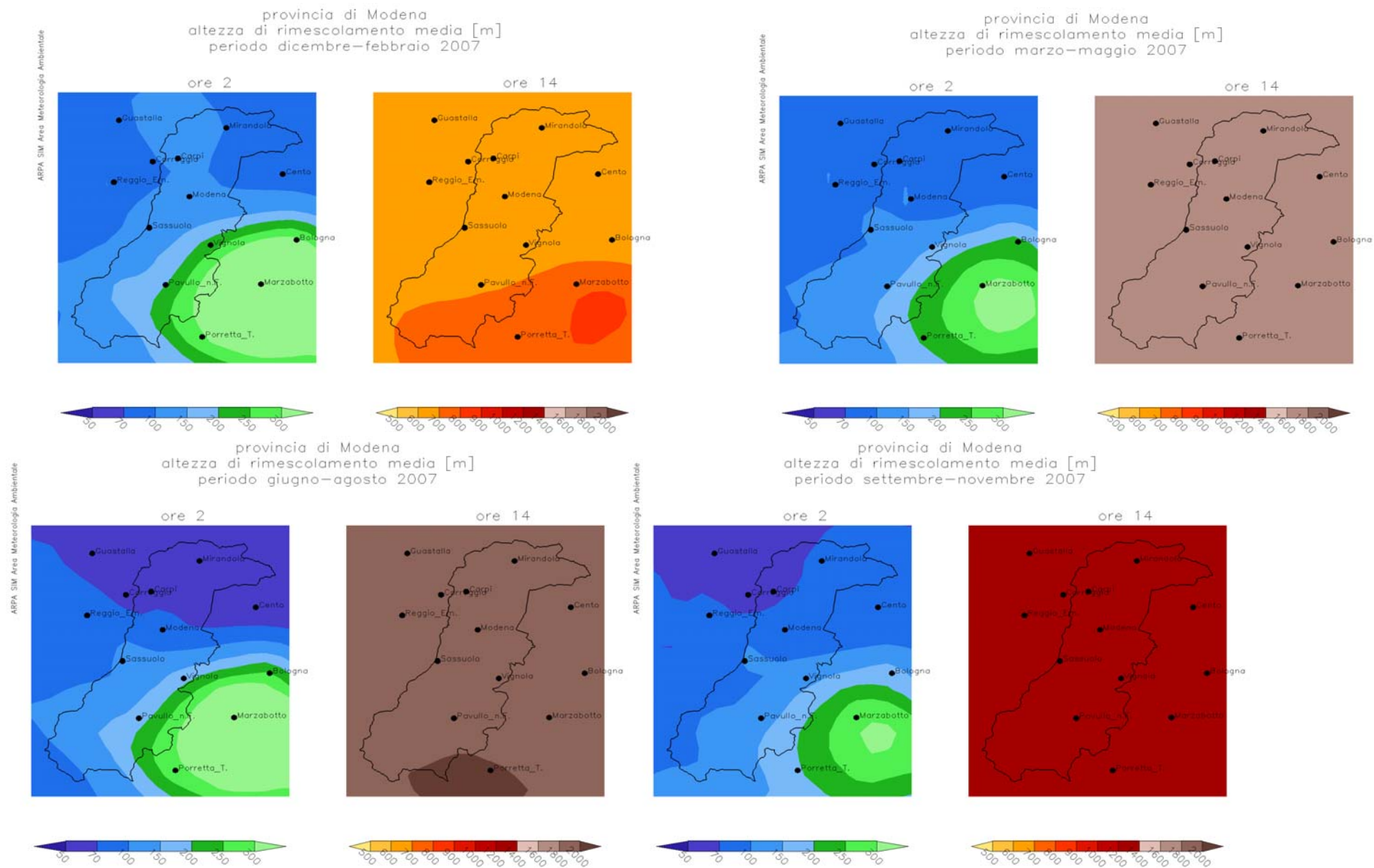
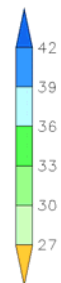
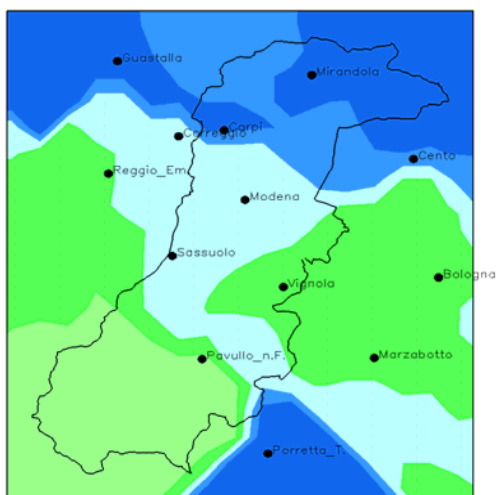
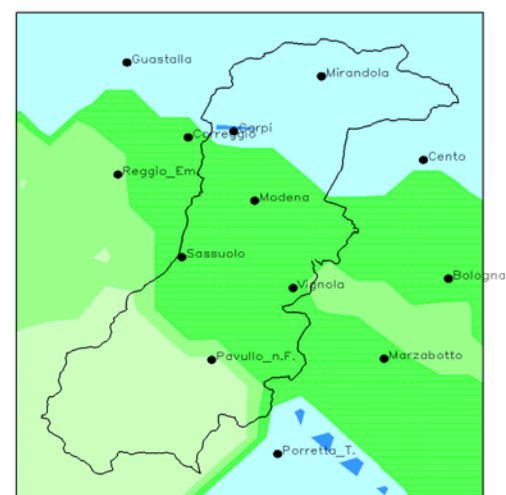


Figura 2.6– Altezza di rimescolamento media nei quattro trimestri dell'anno sul territorio provinciale (dati CALMET)

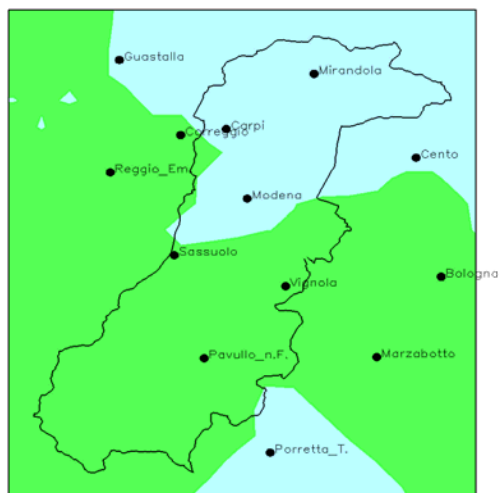
provincia di Modena
percentuale di condizioni stabili
periodo dicembre–febbraio 2006



provincia di Modena
percentuale di condizioni stabili
periodo marzo–maggio 2006



provincia di Modena
percentuale di condizioni stabili
periodo giugno–agosto 2006



provincia di Modena
percentuale di condizioni stabili
periodo settembre–novembre 2006

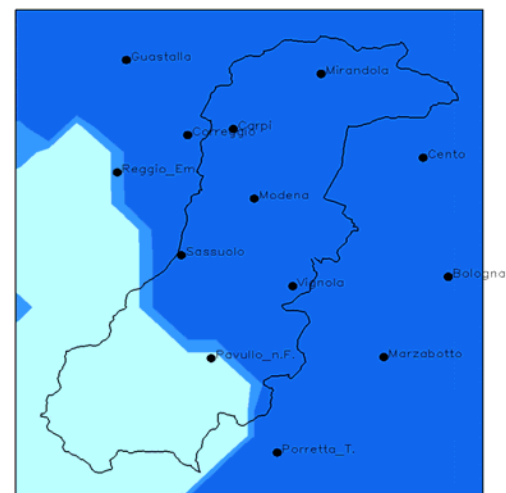


Figura 2.7–Percentuale di condizioni stabili nei quattro trimestri dell'anno sul territorio provinciale (dati CALMET)

2.3 Intensità e direzione del vento

Per ognuna delle tre aree omogenee in cui è stato suddiviso il territorio provinciale, per l'anno 2007, sono disponibili i dati misurati dell'andamento annuale di velocità e direzione del vento.

In particolare, le tre stazioni prese come riferimento, presentano le seguenti caratteristiche:

Area	Stazione	Quota anemometro (rispetto al suolo)
Pianura settentrionale	Finale Emilia	10 metri
Pianura centrale	Modena urbana	37 metri
Pedecollina	Vignola	10 metri

La stazione di Modena, appartenente alla rete meteorologica urbana dell'Emilia Romagna, è posizionata sopra il tetto dell'edificio di via Santi n.40, ad una quota più elevata rispetto alle collocazioni standard, nel tentativo di rispondere alla necessità di misure anemometriche non influenzate dalle disomogeneità morfometriche del terreno, tipiche delle aree urbane.

In Figura 2.8 la velocità media mensile del vento, misurata nelle tre stazioni, viene confrontata con quella stimata da CALMET a 10 metri nei punti di Modena e Sassuolo.

Si osserva un andamento stagionale che presenta dei picchi nei mesi di marzo e maggio sia nelle stazioni che nei dati di CALMET, mentre l'incremento rilevato a luglio, non viene riprodotto dal preprocessore meteorologico (i dati CALMET seguono abbastanza bene le misure nel primo semestre dell'anno ma sono meno corrispondenti nel secondo). L'andamento della velocità del vento è piuttosto simile nelle tre aree indagate con la differenza sostanziale che i dati registrati nella stazione urbana di Modena, essendo l'anemometro ad una quota superiore rispetto agli altri, sono più elevati, in accordo con un profilo verticale del vento nello strato superficiale che va approssimativamente con il logaritmo della quota.

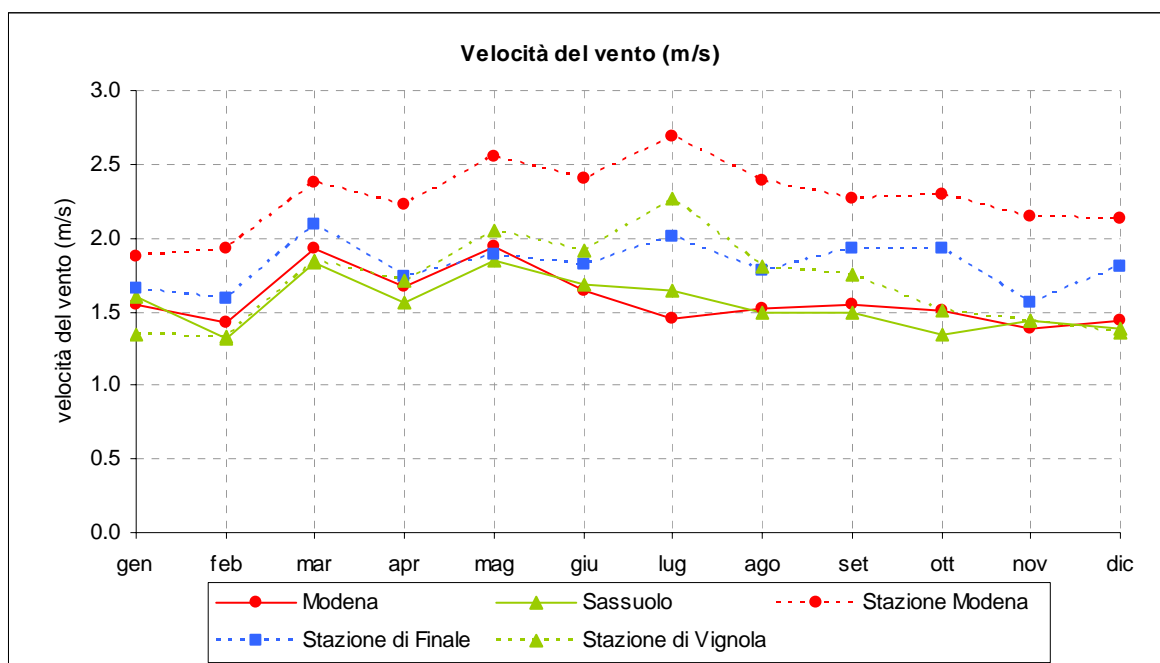


Figura 2.8– Andamento mensile della velocità media del vento misurata nelle stazioni e stimata da CALMET (dati misurati e dati CALMET)

La velocità oraria del vento e la direzione di provenienza rilevate nelle stazioni di Finale, Modena e Vignola sono rappresentate nelle rosa dei venti di Figura 2.9. I valori orari sono prevalentemente compresi tra i 1 e 4 m/s, con rari picchi oltre i 7 m/s; la percentuale di calme di vento (velocità inferiore a 1 m/s) è dell'ordine del 30% a Finale e Vignola, del 15% a Modena.

Le direzioni prevalenti di provenienza variano a seconda dell'area in esame; nella pianura settentrionale e in quella centrale emerge una direttrice Est-Ovest e direzioni prevalenti di provenienza Nord-Est e Ovest-Sud-Ovest a Finale e Ovest-Nord-Ovest a Modena; nell'area pedecollinare è evidente la componente da Sud-Ovest legata alle brezze monte-valle.

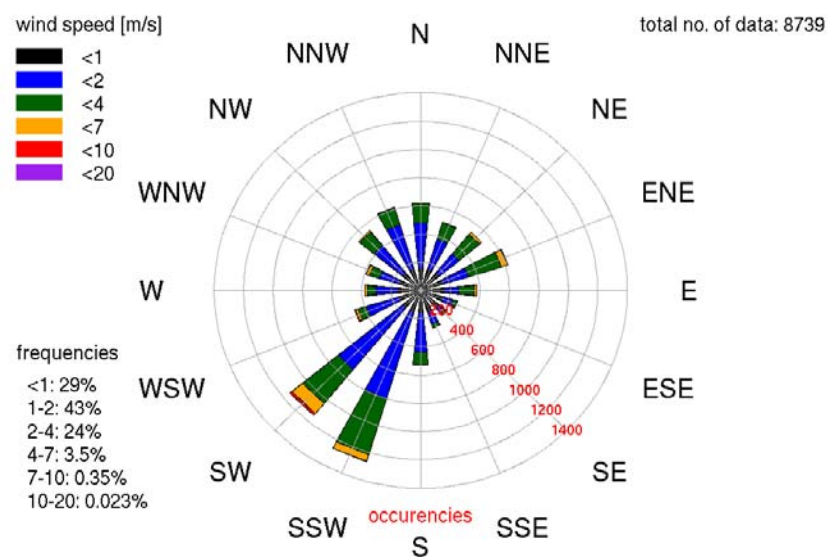
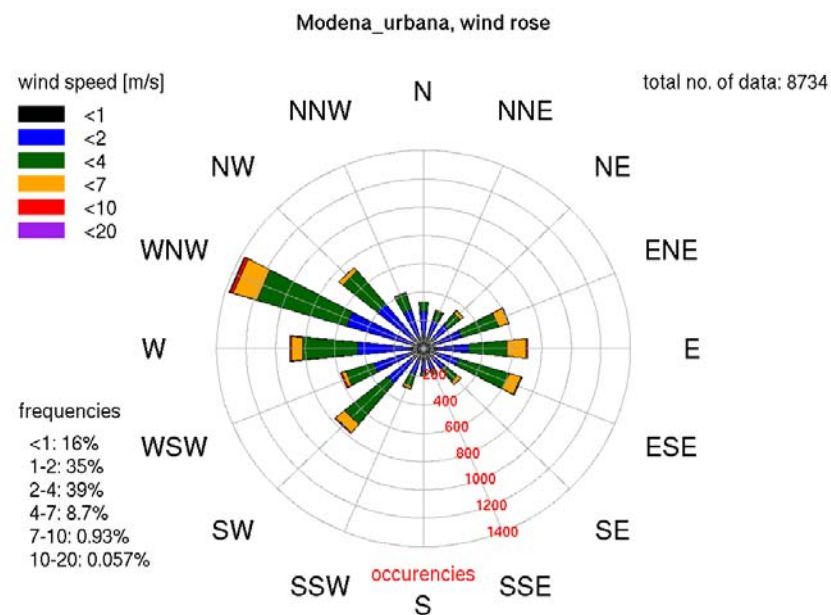
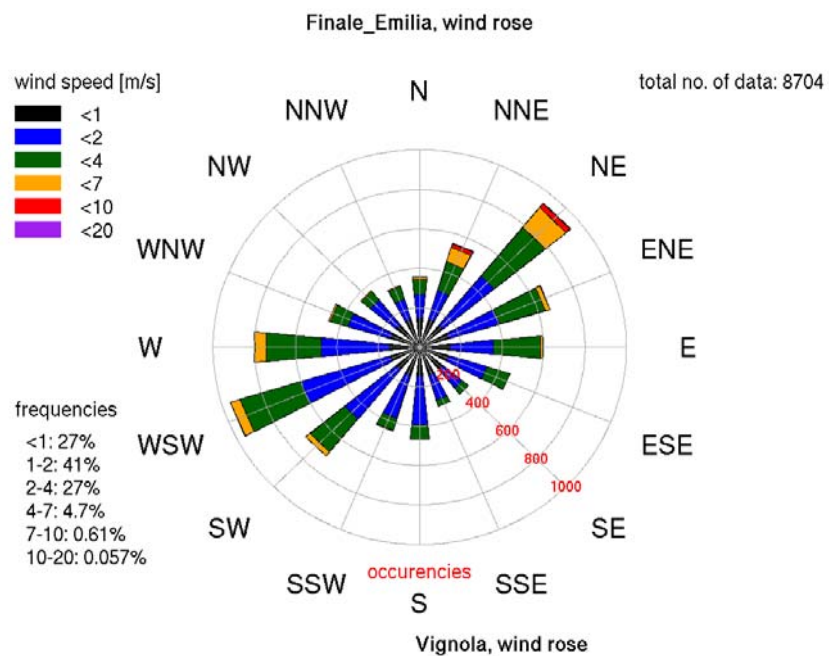


Figura 2.9– Rosa dei venti (dati misurati)

2.4 Temperatura

La temperatura media mensile rilevata nelle tre stazioni meteo (Figura 2.10) mostra un andamento stagionale in cui luglio risulta il mese più caldo (temperatura media mensile oltre i 25°C) e dicembre quello più freddo (con temperature di 2-3 °C). Sia dall'andamento stagionale che dalle medie annue, si osserva come la stazione urbana di Modena presenti valori dell'ordine di circa 1°C superiori rispetto a quelli registrati a Finale e a Vignola; questo aspetto conferma la presenza sulla città di Modena dell'effetto dell'isola di calore urbana⁴.

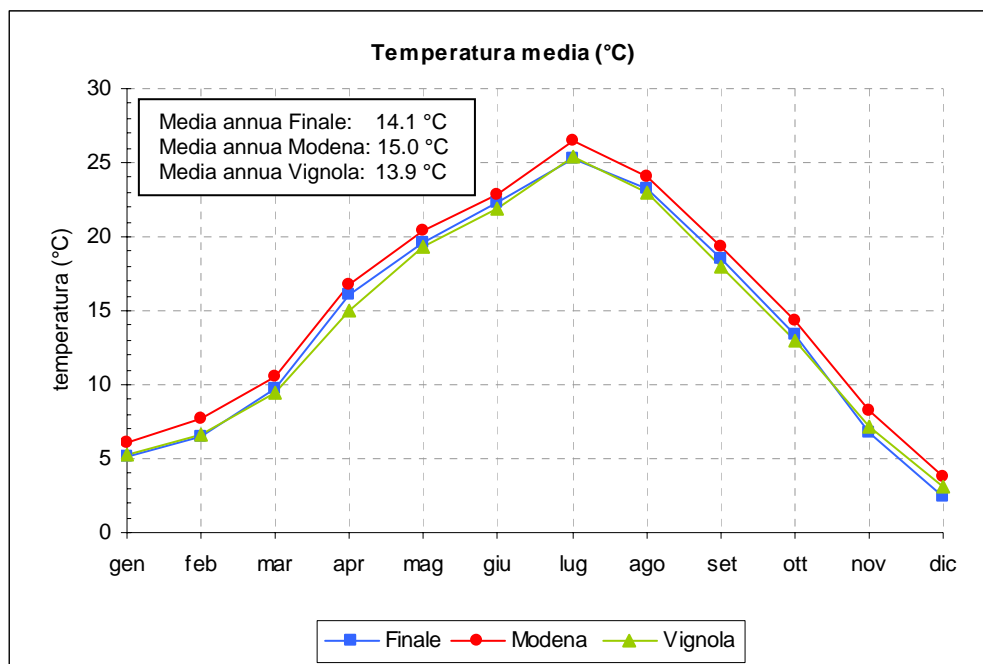


Figura 2.10- Temperatura media mensile misurata nelle stazioni meteorologiche (dati misurati)

L'andamento stagionale delle temperature massime registrate nei diversi mesi (Figura 2.11) mostra che da maggio a settembre si sono verificati valori superiori ai 29°C, temperatura considerata come favorevole alla formazione di ozono. Si evidenzia una discrepanza tra le tre aree nel mese di gennaio: il 19 gennaio 2007 si è verificata una giornata con temperature oltre i 25°C a Modena e Vignola (episodio di föhn) , mentre a Finale Emilia la temperatura era di 15.4 °C.

L'isola di calore sulla città di Modena, già evidenziata dall'andamento delle temperature medie, trova conferma dal confronto tra l'andamento dei massimi (Figura 2.11) e dei minimi (Figura 2.12) mensili. L'isola di calore diurna è meno intensa (e il fatto che le massime nei tre punti siano pressoché analoghe lo conferma) rispetto a quella notturna; l'isola di calore, infatti, si sviluppa gradualmente nel tardo pomeriggio e in serata, e raggiunge la sua massima intensità nel corso della notte. Questo succede perché le aree rurali si raffreddano più velocemente rispetto alla città, sviluppando una inversione termica che stabilizza lo strato limite; l'area urbana in seguito anche al fatto che costituisce una sorgente aggiuntiva di energia (calore antropogenico) conserva una turbolenza residua che attenua o annulla la stabilità atmosferica degli strati più bassi, e dà luogo ad una sorta di strato rimescolato notturno⁵.

⁴ Con il termine di isola di calore urbana si identificano le differenze di temperatura tra un'area urbana (più calda) e le aree non urbane che la circondano.

⁵ Gli effetti dell'isola di calore notturna sulla qualità dell'aria possono essere rilevanti, ma non è noto a priori se siano positivi o negativi. La presenza di uno strato turbolento rimescolato notturno, sovrastato da una inversione termica in quota, diluisce l'effetto locale delle emissioni inquinanti distribuendole su tutta

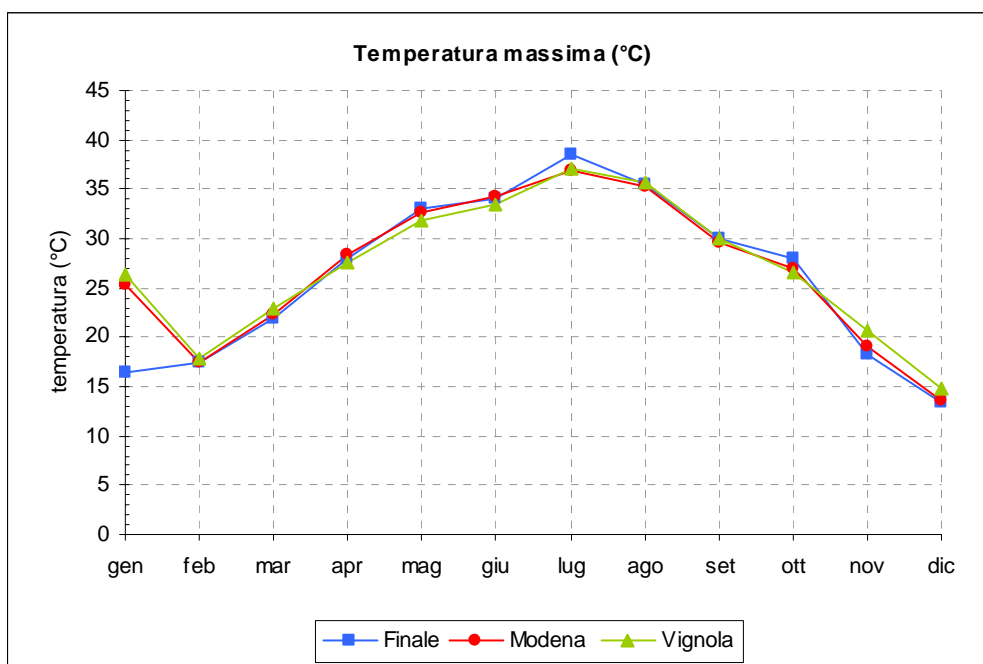


Figura 2.11–Temperatura massima mensile misurata nelle stazioni meteorologiche (dati misurati)

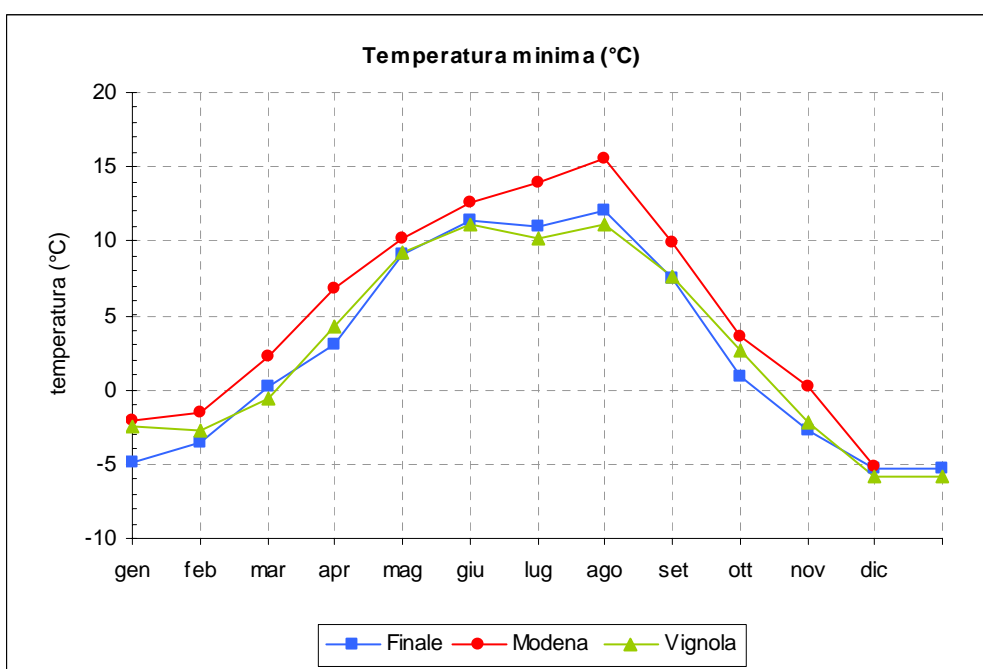


Figura 2.12–Temperatura minima mensile misurata nelle stazioni meteorologiche (dati misurati)

l'aria urbana, ma può così favorire le reazioni chimiche che danno luogo alla formazione del particolato secondario. Inoltre, quando di notte il pennacchio del camino di una industria raggiunge lo strato turbolento della città, rapidamente i fumi, che fino a quel momento rimanevano confinati in quota, vengono rimescolati fino alla superficie (fenomeno della fumigazione). Le circolazioni indotte dall'isola di calore possono richiamare dalla campagna dell'aria più pulita, ma possono anche far convergere verso il centro della città l'aria inquinata di aree industriali o arterie stradali periferiche.

3 LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Il sistema di rilevazione automatico della qualità dell'aria nella Provincia di Modena ha seguito nel corso degli anni l'evoluzione tecnologica degli apparati di misura, l'approfondimento delle conoscenze sulle sorgenti di emissione, nonché lo sviluppo normativo.

Storicamente, il monitoraggio in continuo è iniziato nel 1973 con la rilevazione del biossido di zolfo nella città di Modena; tale inquinante, oggi non più significativo, era, con le polveri totali sospese, l'unico considerato in bibliografia e con serie storiche di dati tali da permettere confronti.

Successivamente, la rete è stata estesa al comprensorio di Sassuolo per la rilevazione dell'inquinamento determinato dal comparto produttivo ceramico, nonché ampliata, interessando anche i maggiori centri abitati della Provincia e prevedendo un maggior numero di parametri da monitorare (CO, NO, NO₂, O₃, Polveri, ecc.). La normativa ha poi imposto il monitoraggio di altri inquinanti, quali PM₁₀ e benzene che sono stati aggiunti nelle rete a partire dal 1998. Dal 2001 è iniziato il monitoraggio delle polveri PM_{2,5} principalmente per una valutazione della genotossicità di questa frazione di particolato, tramite il test di Mutagenesi.

Ad oggi sono operative 8 stazioni fisse posizionate nella Zona A, una rilocabile e un mezzo mobile dotati nell'insieme degli analizzatori riportati in Tab. n° 3.1, dove viene riassunta la struttura complessiva della rete suddivisa in base alla zonizzazione vigente in Provincia di Modena. La collocazione delle stazioni fisse è riportata in Figura 3.1.

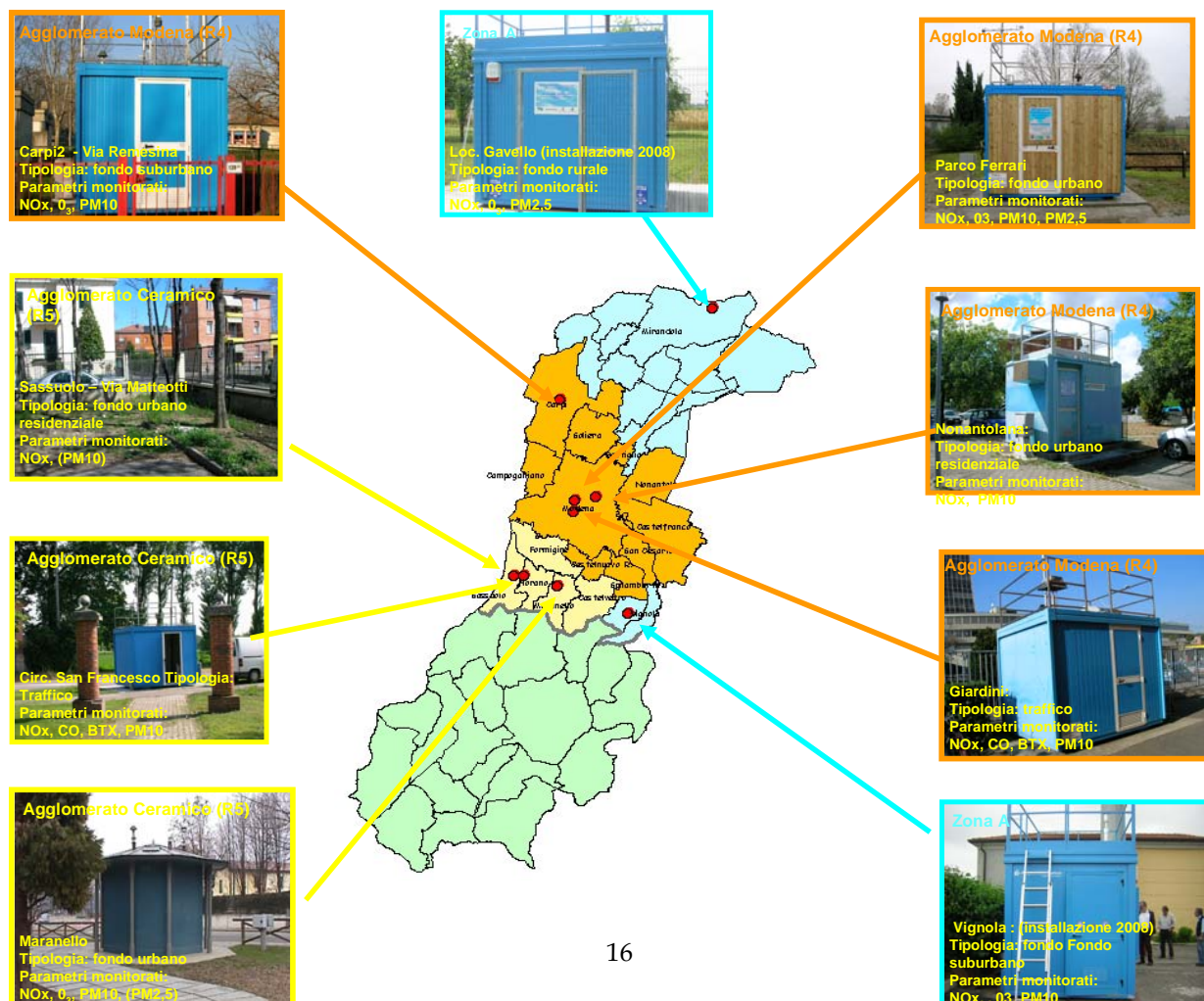


Figura 3.1: Stazioni di monitoraggio nelle zone e negli agglomerati

Stazione		Indirizzo	Tipologia della stazione	Parametri monitorati
Zona A				
Agg. Modena	Mo-Giardini	Via Giardini, Modena	Traffico	NO _x , CO, PM ₁₀ , BTX, PTS
	Mo-Nonantolana	Via Cimone, Modena	Fondo urbano residenziale	NO _x , CO, O ₃ , SO ₂ , PTS, PM ₁₀ , PM _{2.5} , BTX
	Mo-Parco Ferrari	Parco Ferrari, Modena	Fondo urbano	NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , meteo
	Carpi 2	Via Remesina	Fondo Suburbano	NO _x , CO, PM ₁₀ , O ₃
Agg. Distretto Ceramico	Sassuolo	Via Radici in Piano	Traffico	NO _x , CO, PTS, BTX
	Spezzano 2	Via Molino, Spezzano	Fondo urbano residenziale/ Traffico	NO _x , CO, PM ₁₀
	Circ. San Francesco	Via Circ. San Francesco, Fiorano	Traffico	NO _x , CO, BTX, PM ₁₀
	Maranello	Area Parco 2	Fondo Urbano	NO _x , O ₃ , PM ₁₀
	Staz.Rilocabile HERA		Traffico/ Fondo urbano residenziale	NO _x , CO, O ₃ , PM ₁₀ , meteo
Mirandola		S. S. 12 / Via Alighieri	Fondo urbano/ Traffico	NO _x , CO, O ₃ , meteo
Mezzo Mobile HERA			Fondo urbano/ Traffico	SO ₂ , NO _x , CO, PM ₁₀ , O ₃ meteo

Tab. n° 3.1: la struttura della rete provinciale nel 2007

Questa configurazione, che ha visto una riduzione del numero di stazioni negli ultimi 2 anni, è il risultato del progetto di adeguamento della rete regionale di qualità dell'aria, iniziato nel 2006, con l'obiettivo di renderla conforme alle recenti disposizioni comunitarie, di fornire una lettura omogenea e integrata del territorio, e di garantire la coerenza tra le varie reti regionali e la rete europea, assicurando una informazione più qualificata per i cittadini.



La configurazione finale, convalidata a livello Regionale dal Comitato di Indirizzo (ultima modifica 23 ottobre 2007) , ed approvata a livello locale, è quella riportata nella tabella seguente:

	Nome Stazione	Indirizzo (Via, Loc. , Comune)	Tipologia della stazione	Parametri monitorati
Zona A	Vignola	Via Barella, Vignola	Fondo suburbano	NO _x , O ₃ , PM ₁₀
	Gavello	Via Gazzi, . (Gavello) Mirandola	Fondo rurale	NO _x O ₃ , PM _{2,5}
Agg. Modena	Mo-Giardini	Via Giardini, Modena	Traffico	NO _x , CO, PM ₁₀ , BTX, PTS
	Mo-Nonantolana	Via Cimone, Modena	Fondo urbano residenziale	NO _x , PTS, PM ₁₀
	Mo-Parco Ferrari	Parco Ferrari, Modena	Fondo urbano	NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , meteo
	Carpi 2	Via Remesina, Carpi	Fondo suburbano	NO _x , PM ₁₀ , O ₃
Agg. Distretto Ceramico	Sassuolo	Via Matteotti, Sassuolo	Fondo urbano residenziale	NO _x PM ₁₀
	Circ. San Francesco	Circ. San Francesco, Fiorano Modenese	Traffico	NO _x , CO, BTX, PM ₁₀
	Maranello	Area Parco 2, Maranello	Fondo urbano	NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5}
Zona B	Febbio	Villa Minozzo, Reggio Emilia	Fondo remoto	NO _x , O ₃ , PM ₁₀
Mezzo Mobile Hera	Mobile			NO _x , CO, PM ₁₀ , O ₃ , SO ₂ , meteo
Mezzo Mobile Arpa/Provincia	Mobile			NO _x , CO, PM ₁₀ , O ₃ , meteo

Tab. n° 3.2: la struttura della rete provinciale nel 2007

Durante l'anno 2007, sono state effettuate le seguenti modifiche alla configurazione della rete di monitoraggio:

- **Analizzatori BTX:** in linea con quanto definito a livello regionale, nel corso del 2007 sono stati mantenuti questi analizzatori solo nelle stazioni da traffico veicolare; pertanto l'analizzatore presente a Carpi 2 è stato trasferito a Giardini mentre quello presente a Maranello è stato installato a Circ. San Francesco
- **Analizzatori di Monossido di Carbonio (CO):** in linea con quanto definito a livello regionale, nel corso del 2007 sono stati dismessi gli analizzatori di Monossido di Carbonio nelle stazioni di Stazioni Maranello e MO - Parco Ferrari, perché non più significativo il monitoraggio in stazioni di fondo urbano, lontane dalle fonti emissive
- **Analizzatori Polveri PM_{2,5}:** nel mese di novembre 2007 è stato installato un analizzatore di Polveri PM_{2,5} nella stazione di Fondo di Parco Ferrari; la diffusione dei dati, per accordi Regionale è avvenuta in aprile 2008.
- **Circ. San Francesco:** rilocalizzazione della stazione di Spezzano2 a maggio 2007 con trasferimento degli analizzatori a Circ. San Francesco attivata nello stesso mese.
- **Nonantolana:** a fine gennaio 2007 è stato disattivato l'analizzatore di Ozono nonché installato un analizzatore di Biossido di Zolfo, unico rilevatore presente sulla Rete di Monitoraggio in quanto i livelli di questo inquinante in atmosfera si sono sensibilmente ridotti in questi ultimi anni e sono ormai prossimi alla soglia di rilevabilità strumentale.

4 SINTESI DEI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA NEGLI AGGLOMERATI

In questo capitolo viene proposta una sintesi dei dati di qualità dell'aria rilevati negli agglomerati nell'anno 2007 e una analisi delle tendenze evolutive in atto.

Per favorire una migliore lettura dei grafici, si è scelto di rappresentare gli andamenti medi rilevati nelle due aree, mediando i dati orari di tutte le stazioni ivi presenti. Questo ad eccezione della valutazione del rispetto della normativa, per cui vengono considerati i dati delle singole stazioni. Per quanto riguarda l'analisi dei trend negli anni, oltre alle concentrazioni medie, si è inserito nei grafici anche il valore minimo e massimo dell'Agglomerato, ossia la stazione che ha rilevato il dato più basso e quella invece con il dato più alto.

Si è ritenuto di non rappresentare in questo capitolo i dati relativi alla Zona A, in quanto sostanzialmente caratterizzata dalle stesse stazioni presenti negli agglomerati ad eccezione di Mirandola, che si aggiunge alla precedenti, ma che non modifica sostanzialmente gli andamenti rappresentati.

4.1 Ossidi di Azoto

Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono 4 nell'agglomerato di Modena, (Giardini, Nonantolana, Parco Ferrari, e Carpi 2) e 3 in quello del Distretto Ceramico (Spezzano 2 fino a maggio 2007, Circ. San Francesco, Maranello, Sassuolo); la stazione di Spezzano2 è stata rilocata a maggio 2007 in una nuova postazione da traffico sita in Circ. San Francesco.

Nella valutazione dell'andamento medio dell'Agglomerato di Distretto è stata inserita anche la Rilocabile SAT che, sebbene esegua monitoraggi in Comuni diversi come meglio specificato nel capitolo dedicato, è comunque rappresentativa della situazione nell'area del Distretto Ceramico.

Caratteristiche principali: Esistono numerose specie chimiche di ossidi di azoto (NO_x), ma quella di maggior interesse dal punto di vista della salute umana e dell'ambiente è il biossido di azoto (NO₂). Il biossido di azoto è un inquinante prevalentemente secondario che viene prodotto da una complessa serie di reazioni chimiche che coinvolgono anche l'ozono (O₃).

Dal punto di vista ambientale, assorbe la radiazione solare influenzando la trasparenza e la visibilità atmosferica, determina il potere ossidante dell'atmosfera, infine, gioca una funzione chiave nel determinare le concentrazioni di O₃.

Le concentrazioni di NO₂ in atmosfera dipendono dalla velocità di immissione di NO₂ e del reagente NO, dalle velocità di conversione di NO in NO₂ e di NO₂ in NO₃ e dalla meteorologia.

NO si forma sempre quando viene usata l'aria come comburente ad alta temperatura; l'ulteriore ossidazione di NO durante la combustione produce NO₂. Gli ossidi di azoto sono presenti nei gas di scarico delle automobili ed in particolare negli autoveicoli diesel: la concentrazione di NO_x negli scarichi è più elevata in condizioni di traffico veloce e motore ad alto numero di giri, rispetto alle condizioni di decelerazione e motore al minimo.

Obiettivi imposti dalla Normativa per la protezione della salute umana:

NO2	Periodo di mediazione	Entrata in vigore (19/7/99)	Dal 01/01/04	Dal 01/01/05	Dal 01/01/06	Dal 01/01/07	Dal 1/1/2010
		Valore limite aumentato del margine di tolleranza (MDT)					VALORE LIMITE
Valore limite orario	24 ore	300	260	250	240	230	200
		Max 18 ore in un anno					
Valore limite annuale	Anno civile	60	52	50	48	46	40

Tab. n° 4.1 - Obiettivi imposti dal DM 60/2002

Andamenti temporali nel 2007:

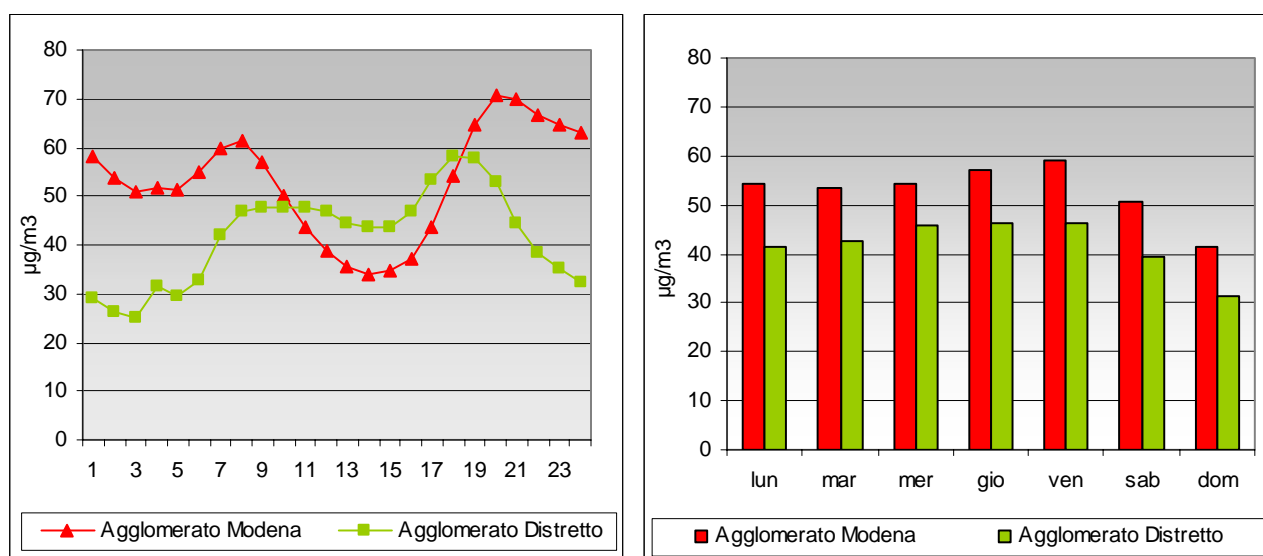


Figura 4.1: NO₂ - giorno tipico e settimana tipica annuale

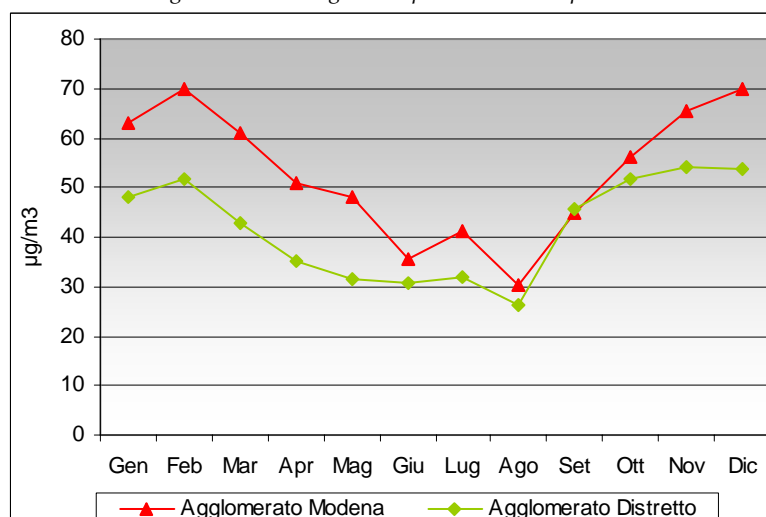


Figura 4.2: NO₂ - concentrazioni medie mensili

Gli andamenti temporali mostrano concentrazioni superiori nell'Agglomerato di Modena, rispetto a quelle del Distretto. Questa differenza si conferma anche quest'anno, nonostante sia cambiata la tipologia delle stazioni che concorrono al dato medio. E' quindi presumibile che tale differenza sia dovuta ai diversi contributi emissivi e soprattutto al maggior rimescolamento dell'atmosfera che caratterizza la meteorologia dell'area pedecollinare.

Le medie mensili evidenziano la variabilità stagionale di questo inquinante con una criticità maggiore nei mesi invernali, caratterizzati da condizioni meteorologiche più stabili, ed un calo nel periodo estivo, in particolare in agosto quando le attività subiscono una consistente riduzione; analogamente, il grafico della settimana tipica annuale registra il calo delle concentrazioni nel fine settimana. Per quanto riguarda il grafico del giorno tipico, il calo delle concentrazioni nelle ore centrali della giornata risulta evidente solo per l'Agglomerato di Modena, mentre nel Comprensorio Ceramico i livelli si mantengono costanti a causa di una differente tipologia di traffico che, nel secondo caso, è maggiormente legato ad una mobilità di tipo commerciale /produttivo.

I superamenti nel 2007

NO2	Agglomerato di Modena		
	Media oraria (n° superamenti)		Media annuale (µg/m3)
	VL	di cui >VL+MDT	
Giardini	6	1	62
Nonantolana	10	4	51
Parco Ferrari	6	0	56
Carpi 2	3	2	44

NO2	Agglomerato del Distretto Ceramico		
	Media Oraria (n° superamenti)		Media annuale (µg/m3)
	VL	di cui >VL+MDT	
Sassuolo	0	0	49
Maranello	0	0	41

≤ VL
 > VL
 > VL+MDT

Tab. n° 4.2: Verifica rispetto dei valori limite e dei valori limite aumentati del margine di tolleranza

Dall'esame della Tab. n° 4.2, emerge la criticità di questo inquinante relativamente al rispetto della media annuale, che risulta superiore al VL in tutte le stazioni dell'Agglomerato di Modena e del Distretto; si registrano alcuni superamenti del limite orario (200 µg/m³), comunque inferiori ai 18 consentiti.

Il trend delle concentrazioni

Dall'esame dei grafici di Figura 4.3 emerge un lieve calo delle concentrazioni medie annuali nell'Agglomerato di Modena, a conferma del trend in calo a partire dal 2004; per quanto riguarda l'Agglomerato del Distretto, si assiste ad una sostanziale stazionarietà delle concentrazioni e livelli lievemente più bassi rispetto all'Agglomerato di Modena.

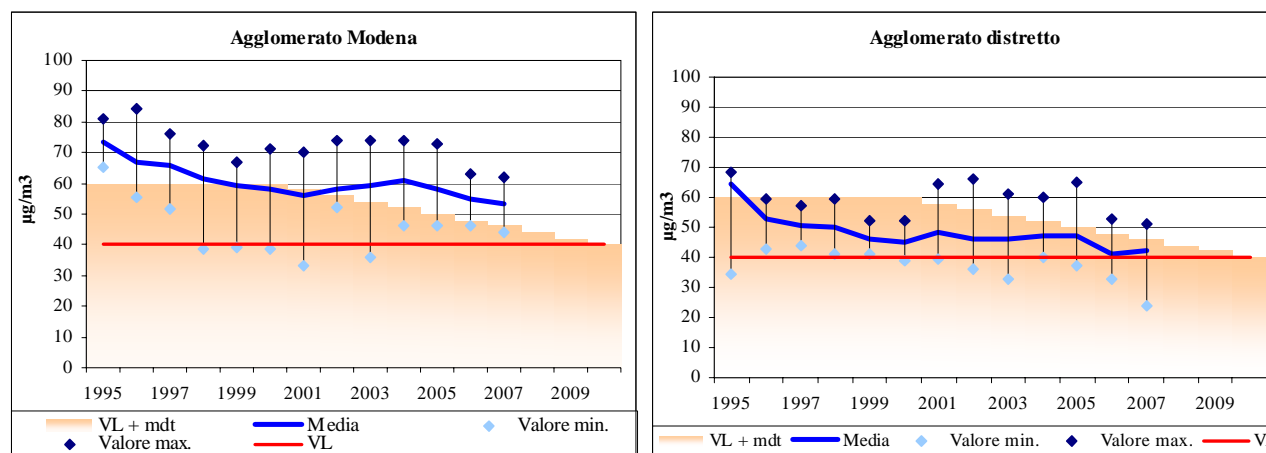


Figura 4.3: NO₂ – trend della media annuale - confronto con VL e VL + MDT

4.2 Polveri inalabili - PM₁₀

Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono 4 nell'Agglomerato di Modena, (Nonantolana, Giardini, Parco Ferrari e Carpi 2) e 2 nel Distretto Ceramico (Circ. San Francesco/Spezzano 2 e Maranello); la stazione di Spezzano2 è stata rilocata a maggio 2007 in una nuova postazione da traffico sita in Circ. San Francesco.

Nella valutazione dell'andamento medio dell'Agglomerato di Distretto è stata inserita anche la Rilocabile SAT per il periodo in cui è stata utilizzata in quest'area (fino ad inizio settembre 2007).

L'analizzatore di polveri della stazione di Spezzano 2 è stato trasferito, come gli altri strumenti, a Circ. San Francesco a maggio 2007; pertanto pur concorrendo entrambe le stazioni al dato dell'agglomerato, non hanno un numero di dati sufficienti per le elaborazioni annuali previste dalla normativa che fissa un'efficienza superiore al 90%.

Caratteristiche principali:

Il materiale particolato sospeso è una miscela complessa di sostanze organiche ed inorganiche che si presentano in fase liquida e solida con composizione chimica variabile in funzione della granulometria e della sorgente che le ha prodotte. Le dimensioni delle particelle variano in un intervallo che va da qualche nanometro a decine di micrometri. Le differenze chimico-fisiche più importanti rendono possibile una prima classificazione fra la frazione "grossolana" (particelle con diametro aerodinamico superiore a 2,5 µm) e quella "fine" (particelle con diametro aerodinamico uguale o inferiore a 2,5 µm (PM_{2,5})). Questa differenziazione dipende sostanzialmente dalla diversa genesi delle polveri.

La classe di particelle "fini" è formata in massima parte da particelle secondarie (che sono i prodotti di alcune reazioni chimiche atmosferiche), e da particelle primarie prodotte dalle reazioni di combustione e dalla condensazione di sostanze altobollenti che derivano da svariati processi chimici di origine naturale o antropica.

La classe di particelle più grandi (con diametro superiore a 2,5 µm) è costituita da materiali cristallini, materiale polverulento prodotto e/o risollevato da terra dal traffico, materiali in polvere prodotti da industrie. Le particelle con diametro superiore a 2,5 µm a loro volta vengono ulteriormente classificate in una frazione inalabile, con diametro inferiore a 10µm, di cui fanno parte quelle particelle che hanno capacità di penetrare nelle vie respiratorie, e quelle di diametro superiore.

Le diverse origini delle particelle si riflettono nella composizione chimica delle stesse: le polveri fini, ricche di particelle secondarie, sono composte sostanzialmente da ioni nitrato, solfato, ammonio, carbonio organico ed elementare; di contro, questi composti costituiscono solo il 10-20% della frazione grossolana, la quale comprende, per un 50% della sua massa, alluminio, silicio, zolfo, potassio, calcio e ferro.

Obiettivi imposti dalla Normativa per la protezione della salute umana:

PM10	Indicatore	In vigore dal 19/7/99	Dal 01/01/01	Dal 01/01/02	Dal 01/01/03	Dal 01/01/04	Dal 1/1/2005
		Valore limite aumentato del margine di tolleranza (MDT)					VALORE LIMITE
Valore limite di 24 ore	24 ore	75	70	65	60	55	50
		Massimo 35 giorni in un anno					
Valore limite annuale	Anno civile	48	46,4	44,8	43,2	41,6	40

Tab. n° 4.3- Obiettivi imposti dal DM 60/2002

Andamenti temporali nel 2007

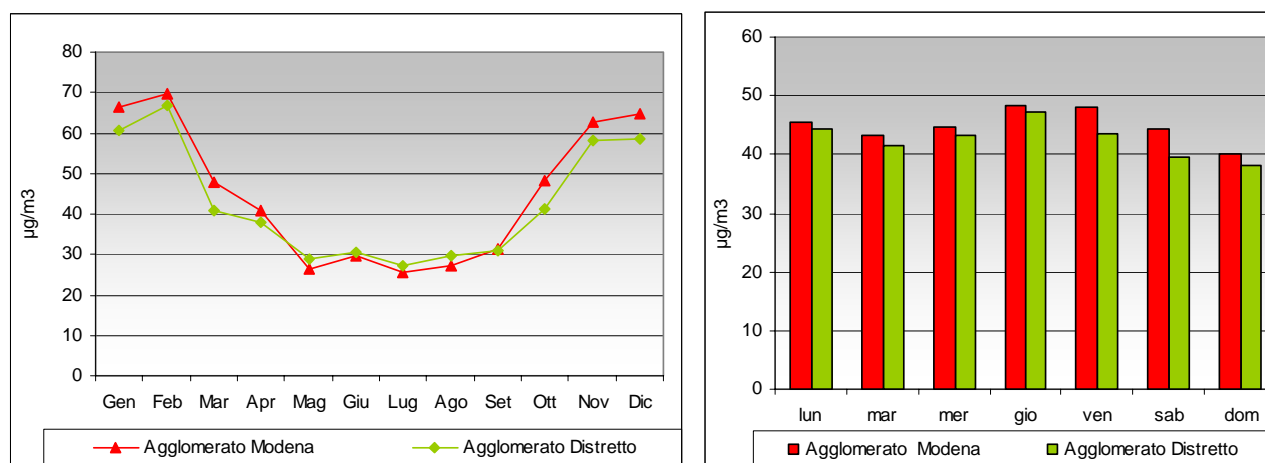


Figura 4.4: PM10 - mese tipico e settimana tipica annuale

L'esame degli andamenti temporali evidenzia concentrazioni simili in entrambi gli Agglomerati; in particolare, nel grafico della settimana tipica si nota un iniziale aumento delle concentrazioni che raggiungono il valore massimo nella giornata di giovedì in entrambi gli Agglomerati, a cui segue la diminuzione nel fine settimana dovuta al calo generalizzato delle attività. Le concentrazioni medie mensili seguono l'andamento di un inquinante invernale tipicamente, con valori contenuti nel periodo primaverile/estivo.

I superamenti nel 2007

PM10	Agglomerato di Modena	
	Media giornaliera (n° superamenti)	Media annuale (µg/m³)
	VL	
Giardini	120	48
Nonantolana	120	45
Parco Ferrari	96	41
Carpi 2	114	44

PM10	Agglomerato del Distretto Ceramico	
	Media giornaliera (n° superamenti)	Media annuale (µg/m³)
	VL	
Maranello	82	40
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> ≤ VL > VL </div>		

Tab. n° 4.4: Verifica rispetto dei valori limite

La criticità a carico di questo inquinante emerge in particolare per gli eventi acuti legati ai superamenti delle medie giornaliere, ed in misura minore per le medie annuali. La Tab. n° 4.4 evidenzia, infatti, il superamento del valore limite definito sulla media giornaliera in tutte le stazioni, mentre la media annuale risulta rispettata solo a Maranello.

Gli episodi di superamento sono strettamente legati alla meteorologia, come si evince dal discreto accordo tra il numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10⁶ (elaborazioni Servizio Idrometeorologico) e il numero di superamenti mensili registrati nel 2007 nelle stazioni di Modena e del Distretto Ceramico(

Figura 4.5).

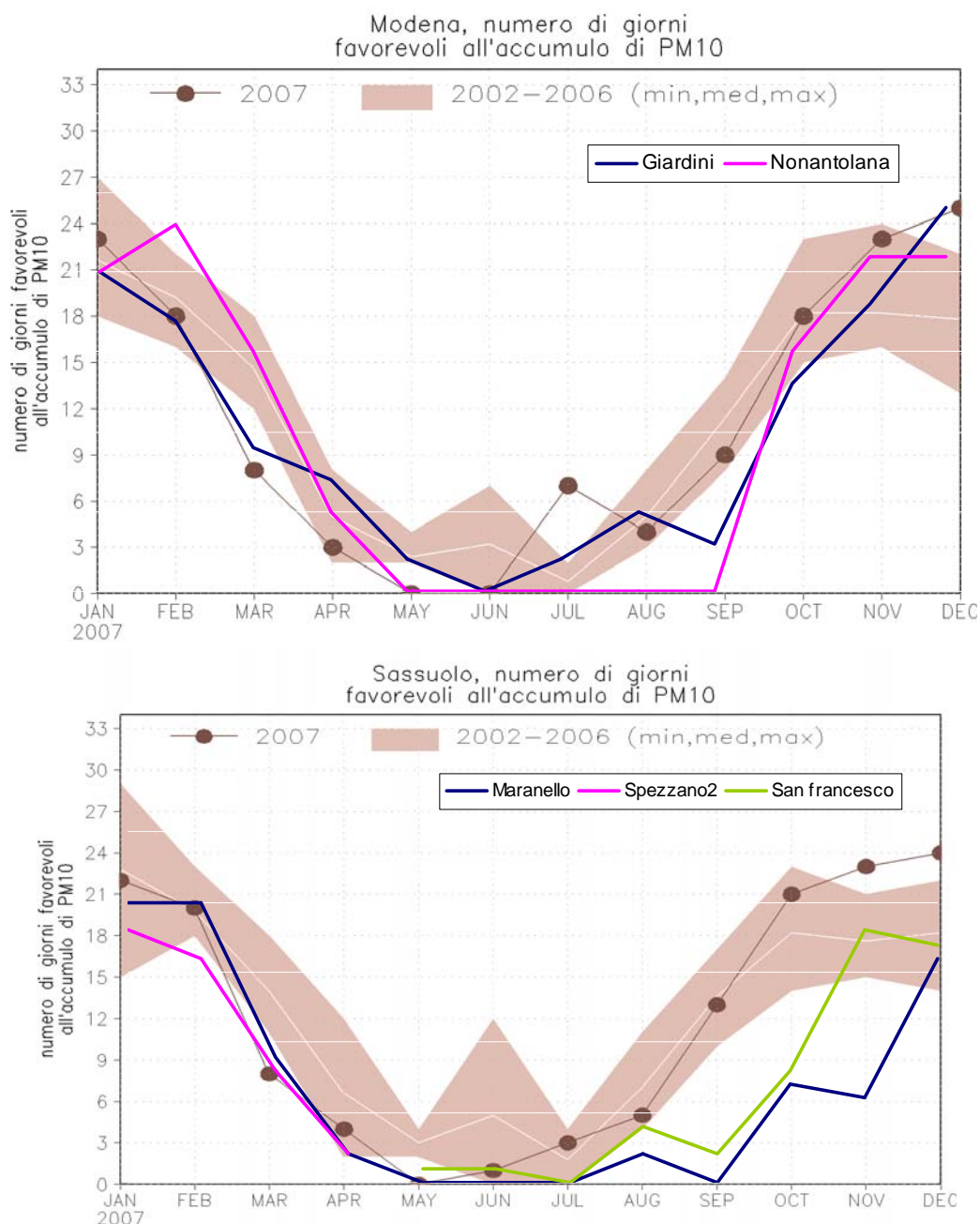


Figura 4.5: Numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 nel 2007 e variabilità negli anni 2002 – 2006, confrontati con il numero di superamenti registrati nel 2007 a Modena e nell'area del Distretto Ceramico

⁶ Sono definite giornate "favorevoli all'accumulo di PM10", le giornate senza pioggia (precipitazione < 0.3 mm) in cui l'indice di ventilazione (definito come il prodotto dell'altezza di rimescolamento media giornaliera e dell'intensità media giornaliera del vento) è inferiore a 800 m²/s.

Il trend delle concentrazioni

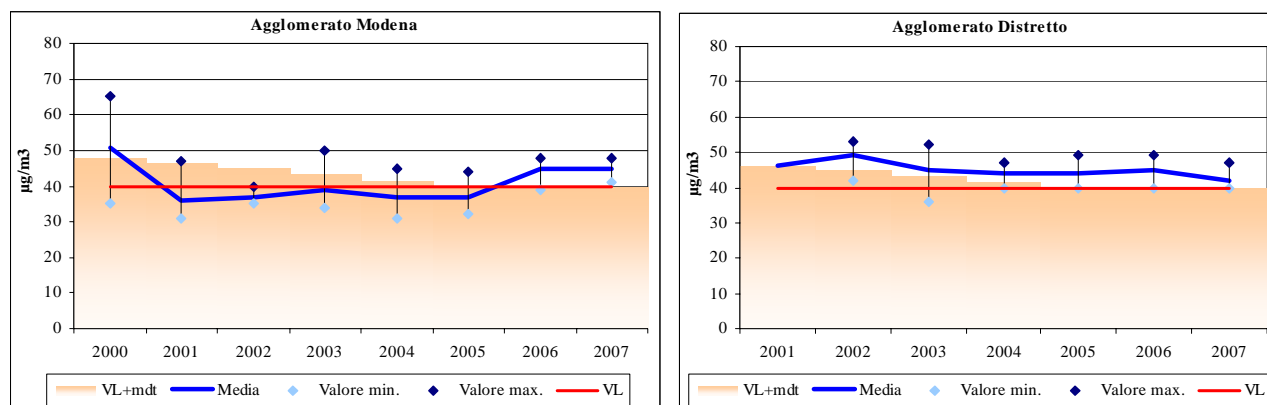


Figura 4.6: PM10 – trend della media annuale - confronto con VL e VL+MDT

Le concentrazioni rilevate nel 2007 si mantengono sostanzialmente stazionarie per l'Agglomerato di Modena, mentre per l'area del Distretto Ceramico si assiste ad un lieve calo delle concentrazioni che rimangono comunque superiori ai $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$; tale tendenza sarà da valutare nei prossimi anni quando la ricollocazione delle stazioni sarà completata.

4.3 Polveri Totali Sospese

Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono tre, di cui due nell'Agglomerato di Modena (Giardini e Nonantolana) e 1 in quello del Distretto Ceramico (Sassuolo). La tipologia delle stazioni è simile per Giardini e Sassuolo, definite urbane da traffico, mentre Nonantolana è classificata di fondo urbano, anche se comunque risulta influenzata dal traffico veicolare della omonima strada da cui è posta a circa 90 m.

Caratteristiche principali:

Per quanto riguarda le caratteristiche delle Polveri Totali Sospese, si rimanda a quanto precedentemente descritto per il PM10.

Obiettivi imposti dalla Normativa:

Con l'entrata in vigore nel 2005 del limite previsto dal DM 60/02 per il PM10, risultano abrogati contestualmente gli standard di qualità previsti dal DPCM/83 per le PTS. Il monitoraggio è volto quindi al mantenimento delle conoscenze su questo inquinante in relazione al suo rapporto con la frazione PM10.

Andamenti temporali nel 2007

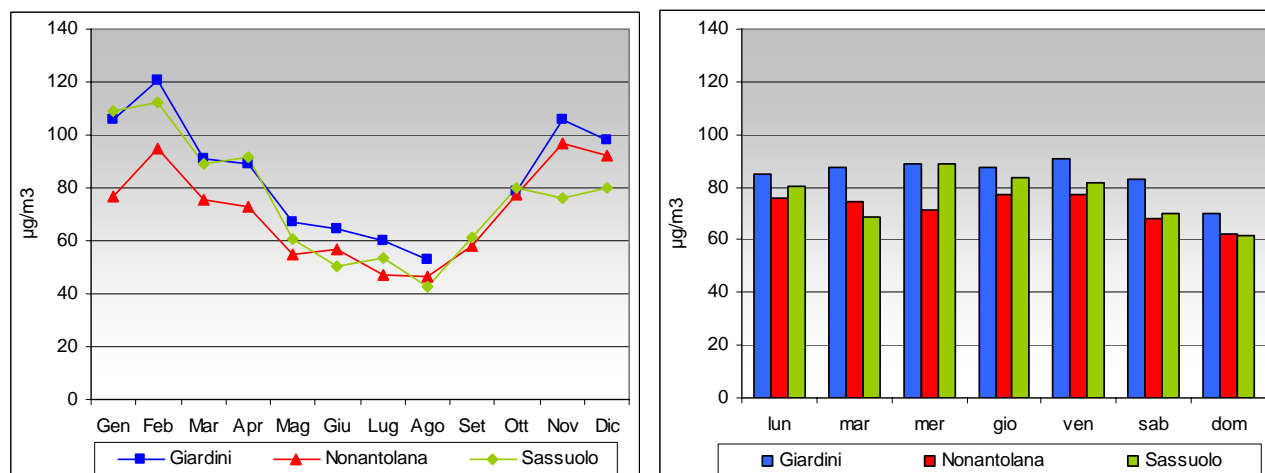


Figura 4.7: PTS - medie mensili e settimana tipica annuale

Gli andamenti temporali evidenziano valori simili in tutte le stazioni, con una leggera prevalenza della stazione di Giardini.

A causa di problemi strumentali, non è stato possibile fornire il dato relativo al mese di settembre della stazione di Giardini.

Non è stato riportato il giorno tipico in quanto gli analizzatori di polveri totali forniscono solo un dato giornaliero.

Il trend delle concentrazioni

L'andamento delle concentrazioni conferma il calo dei livelli di polveri totali registrato dalla metà degli anni 90; negli ultimi anni, le concentrazioni si mantengono sostanzialmente stazionarie.

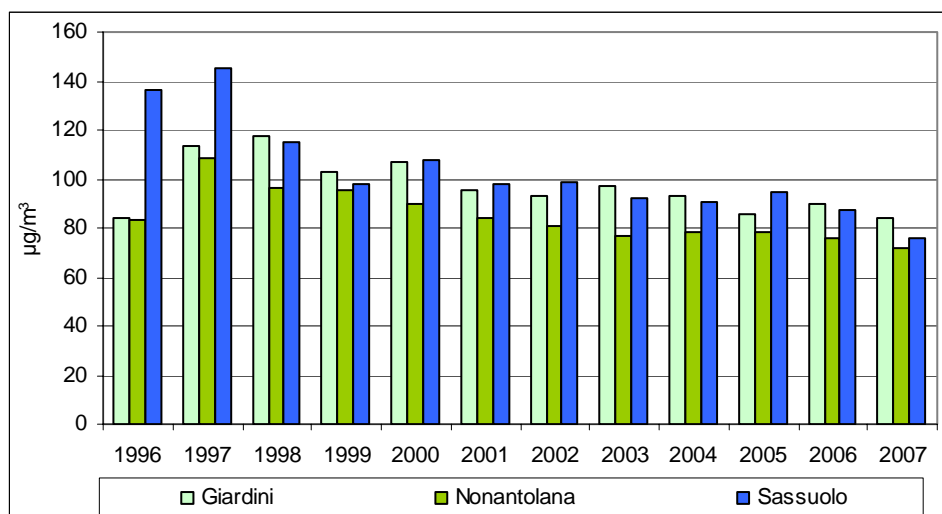


Figura 4.8: PTS - trend delle concentrazioni medie annuali

4.4 Monossido di Carbonio

Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono 3 nell'Agglomerato di Modena, (Giardini, Nonantolana, Carpi2) e 2 nel Distretto Ceramico (Circ. San Francesco/ Spezzano 2, Sassuolo).

Nella valutazione dell'andamento medio dell'Agglomerato di Distretto è stata inserita anche la Rilocabile SAT che, sebbene esegua monitoraggi in Comuni diversi come meglio specificato nel capitolo dedicato, è comunque rappresentativa della situazione nell'area del Distretto Ceramico.

Le stazioni di Spezzano2 e Circ. San Francesco sono state rispettivamente disattivate ed attivate a maggio 2007, quindi, pur concorrendo al dato medio dell'agglomerato, non hanno un numero di dati sufficienti per le elaborazioni annuali previste dalla normativa (efficienza inferiore al 90%).

Caratteristiche principali: Il monossido di carbonio è un gas inodore, insapore ed incolore, poco solubile in acqua, che si produce nelle reazioni di combustione in difetto di ossigeno dei composti contenenti carbonio. In eccesso di ossigeno la combustione procede invece con la formazione di biossido di carbonio, composto non velenoso. La principale sorgente antropogenica di questo inquinante in ambito urbano è la combustione della benzina nel motore a scoppio, nel quale non si riesce ad ottenere la condizione ottimale per la completa ossidazione del carbonio. A differenza degli ossidi di azoto, per il CO le massime emissioni dal motore si verificano in condizioni di motore al minimo, in decelerazione e in fase di avviamento a freddo.

Nelle aree urbane in prossimità delle strade la concentrazione di CO varia in funzione della distanza dal ciglio stradale, mantenendosi più alta dal lato sottovento del "canyon stradale" e smorzandosi velocemente dal suolo verso gli strati più alti.

Le concentrazioni di questo inquinante sono notevolmente diminuite dai primi anni 90 grazie al rinnovo del parco autoveicolare e all'introduzione delle marmitte catalitiche.

Obiettivi imposti dalla Normativa per la protezione della salute umana:

CO	Periodo di mediazione	Entrata in vigore (13/12/00)	Dal 01/01/03	Dal 01/01/04	Dal 1/1/2005
		Valore limite aumentato del margine di tolleranza (MDT)			VALORE LIMITE
Valore limite	Media massima* giornaliera su 8 ore	16	14	12	10

* individuata esaminando le medie mobili su 8 ore calcolate in base ai dati orari e aggiornate ogni ora

Tab. n° 4.5 Obiettivi imposti dal DM 60/2002

Andamenti temporali nel 2007

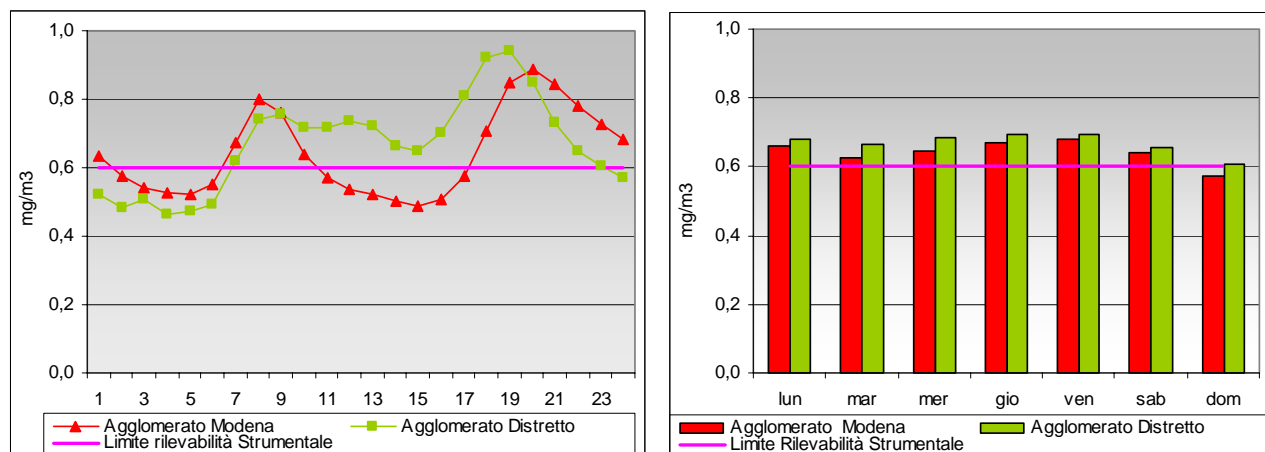


Figura 4.9: CO - giorno tipico e settimana tipica annuale

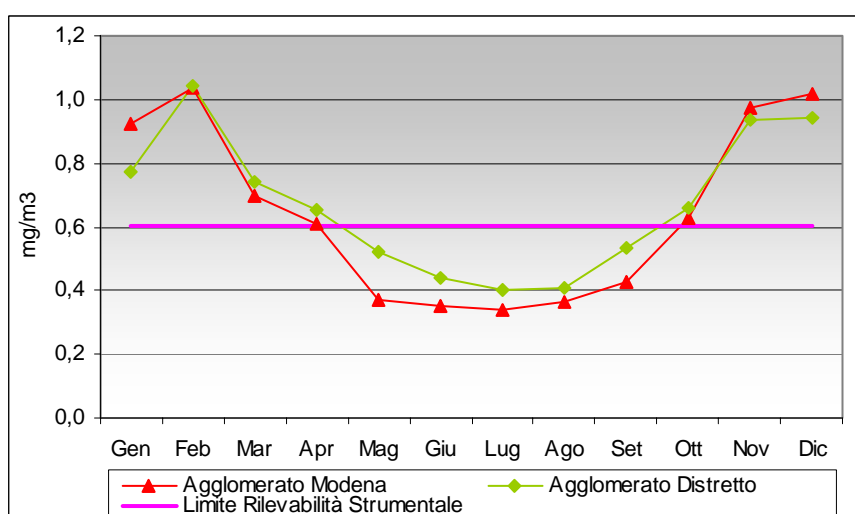


Figura 4.10: CO - concentrazioni medie mensili

Gli andamenti temporali mostrano concentrazioni leggermente superiori nel Distretto Ceramico rispetto all'Agglomerato di Modena; relativamente al grafico del giorno tipico il calo delle concentrazioni nelle ore centrali della giornata risulta evidente solo per l'Agglomerato di Modena, mentre nel Comprensorio Ceramico i livelli si mantengono costanti con un andamento già evidenziato in precedenza per il Biossido d'Azoto. La settimana tipica non evidenzia variazioni significative nelle diverse giornate, così come le medie mensili si mostrano simili nei due Agglomerati con variabilità stagionali analoghe agli altri inquinanti esaminati nei capitoli precedenti.

Occorre sottolineare che le concentrazioni di Monossido di Carbonio sono comunque prossime alla sensibilità strumentale.

I superamenti nel 2007

Nel 2007 non si sono registrati superamenti del valore limite.

CO	Agglomerato di Modena
	Max Media su 8 ore (mg/m ³)
Giardini	2.5
Nonantolana	3.9
Carpi2	3.1

CO	Agglomerato Distretto
	Max Media su 8 ore (mg/m ³)
Sassuolo	2.5
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> ≤ VL > VL </div>	

Tab. n° 4.6 CO: verifica del rispetto dei Limiti Normativi

Il trend delle concentrazioni

Come già evidenziato in precedenza, i livelli ambientali di questo inquinante risultano ormai molto contenuti e prossimi al limite di rilevabilità strumentale.

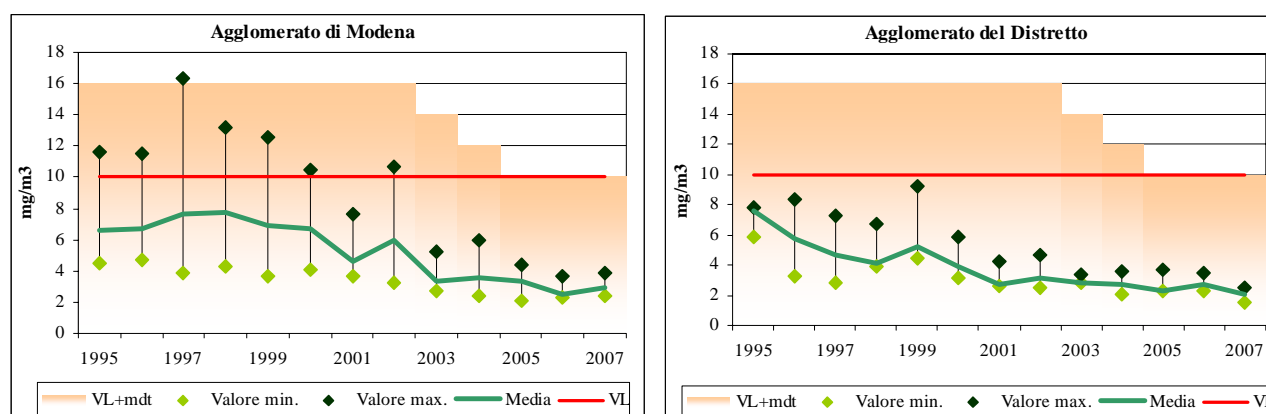


Figura 4.11: CO – trend della massima media mobile su 8 ore - confronto con il VL e il VL+MDT

4.5 Benzene

Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono 2 nell'agglomerato di Modena (Nonantolana e Giardini) e 2 in quello del distretto Ceramico (Circ. San Francesco /Maranello e Sassuolo).

L'analizzatore di Maranello è stato disattivato a maggio 2007 per essere trasferito a Circ. San Francesco, pertanto pur concorrendo entrambe le postazioni al dato dell'Agglomerato, i valori non sono stati utilizzati per il confronto normativo in quanto insufficienti per le elaborazioni annuali (efficienza inferiore al 90%).

Caratteristiche principali: Il benzene (C₆H₆) è il composto organico aromatico più semplice.

Si presenta come liquido incolore, volatile anche a temperatura ambiente, dal caratteristico odore pungente. La presenza di questo inquinante in atmosfera è dovuta quasi esclusivamente alle attività umane. La sorgente più importante in ambito urbano è senza dubbio il traffico cittadino, in quanto i motori a scoppio utilizzano benzina che contiene benzene come antidetonante, al posto del piombo tetraetile utilizzato in precedenza. In Italia, la benzina contiene benzene in una frazione non superiore all' 1% in volume (dal 1/7/98); per ridurne le emissioni non è sufficiente impiegare benzina con basso tenore di benzene, ma occorre anche l'uso di marmitte catalitiche, in quanto questo inquinante si può formare anche durante la combustione incompleta degli altri composti organici presenti nel carburante.

Obiettivi imposti dalla Normativa:

Benzene	Periodo di mediazione	Entrata in vigore (13/12/00)	Dal 01/01/06	Dal 01/01/07	Dal 01/01/08	Dal 01/01/09	Dal 1/1/2010
		Valore limite aumentato del margine di tolleranza (MDT)					VALORE LIMITE
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	10	9	8	7	6	5

Tab. n° 4.7: Obiettivi imposti dal DM 60/2002

Andamenti temporali nel 2007

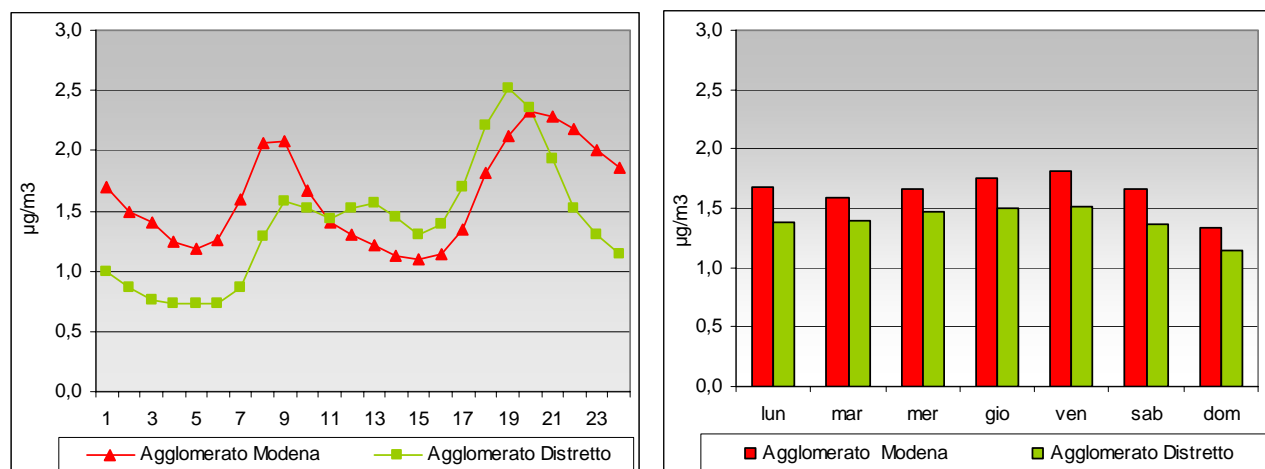


Figura 4.12: Benzene - giorno tipico e settimana tipica annuale

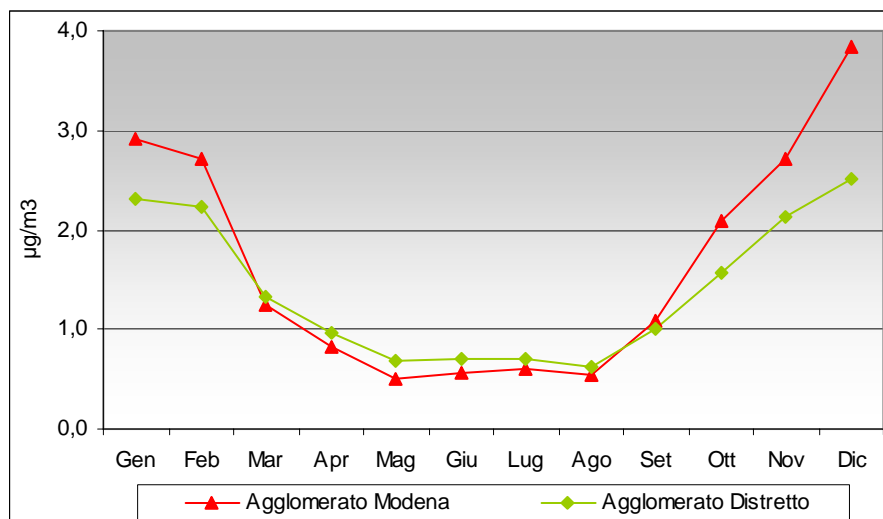


Figura 4.13: Benzene - concentrazioni medie mensili

Il giorno tipico è caratterizzato dalla presenza di due picchi nelle ore di maggior flusso veicolare, più marcati per l'Agglomerato di Modena dove i livelli sono leggermente più elevati.

Questo diverso andamento può essere legato sia ad una diversa meteorologia, sia alla diversa tipologia di traffico che caratterizza le due aree.

I superamenti nel 2007

Benzene	Agglomerato di Modena
	Media annuale (µg/m³)
Giardini	1.4
Nonantolana	1.7

Benzene	Agglomerato Distretto
	Media annuale (µg/m³)
Sassuolo	1.4

Tab. n° 4.8 Benzene : verifica del rispetto dei Limiti Normativi

Non si riscontrano superamenti dei limiti normativi.

Il trend delle concentrazioni:

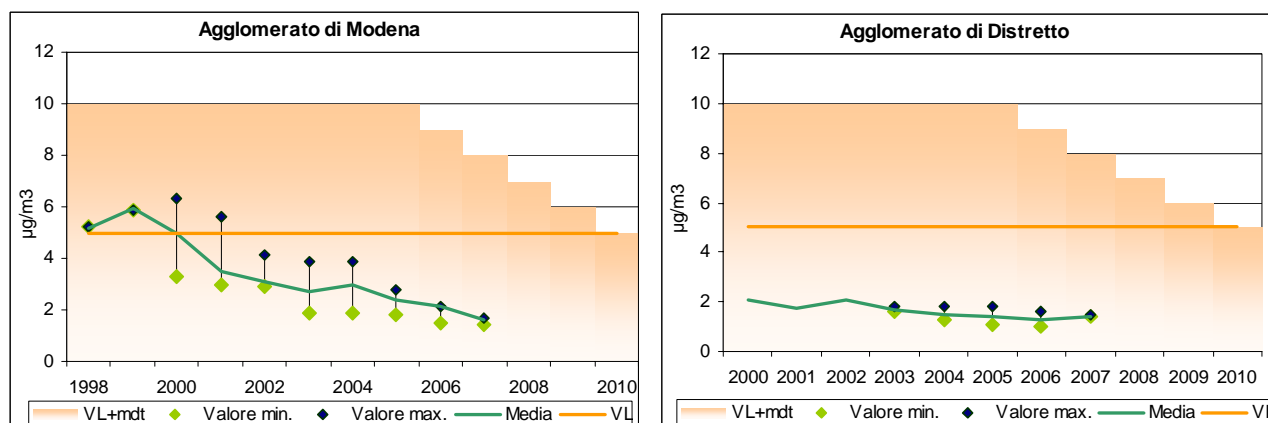


Figura 4.14: Benzene – trend della media annuale -confronto con VL e VL + MDT

L'esame dei grafici di Figura 4.14 conferma il trend in calo di questo inquinante, particolarmente evidente nell'Agglomerato di Modena, che da qualche anno si attesta su valori analoghi al Distretto Ceramico; tutte le stazioni hanno rispettato l'obiettivo previsto per il 2010.

4.6 Ozono

Siti di misura: Le stazioni che misurano questo inquinante sono 2 nell'Agglomerato di Modena (Parco Ferrari e Carpi²) e 1 in quello del Distretto Ceramico (Maranello).

Nella valutazione dell'andamento medio dell'Agglomerato di Distretto è stata inserita anche la Rilocabile SAT che, sebbene esegua monitoraggi in Comuni diversi, come meglio specificato nel capitolo dedicato, è comunque rappresentativa della situazione nell'area del Distretto Ceramico.

Caratteristiche principali: L'ozono troposferico è un inquinante secondario di tipo fotochimico, ossia non viene emesso direttamente dalla sorgente, ma si produce in atmosfera a partire da precursori primari e dall'azione della radiazione solare.

I principali precursori dell'ozono di origine antropica sono gli ossidi di azoto e le molecole incombuste di idrocarburi emessi dagli scarichi dei veicoli a combustione interna. Anche i solventi e altri composti organici volatili (COV) partecipano alla produzione di ozono.

Affinché questo composto si formi a livello del suolo con velocità apprezzabili, devono essere soddisfatte alcune condizioni:

- le sorgenti dei precursori devono emettere alte quantità di ossido di azoto, idrocarburi ed altri COV (ad esempio una situazione di alto traffico cittadino);
- alta temperatura e irraggiamento solare;
- l'aria deve rimanere relativamente poco rimescolata affinché i reagenti non siano diluiti.

Le più alte concentrazioni di ozono si registrano nelle ore di massimo irraggiamento solare dei mesi estivi, proprio perché alcune delle reazioni per la produzione di questo inquinante hanno la radiazione come ingrediente fondamentale.

L'ozono è un composto altamente ossidante ed aggressivo e per questa sua natura chimica non permane a lungo in atmosfera, sebbene possa essere trasportato anche a grande distanza dalle masse d'aria in movimento. In effetti, nelle aree urbane, dove è maggiore l'inquinamento atmosferico, l'ozono si forma e reagisce con elevata rapidità (i composti primari che partecipano alla sua formazione sono gli stessi che possono causarne una rapida distruzione). Se l'ozono prodotto in area urbana viene rimosso fisicamente per trasporto verso aree suburbane e rurali, dove acquista un tempo di vita superiore a causa del minore inquinamento da NO, può accumularsi raggiungendo valori di concentrazione superiori a quelli urbani. C'è inoltre da aggiungere che nelle aree caratterizzate da forte presenza di vegetazione vi è la produzione naturale di alcheni (pinene, limonene, isoprene) che sono fra i più reattivi precursori di ozono.

Obiettivi imposti dalla Normativa (DL n° 183/04):

Soglie di informazione e di allarme		
Soglia di informazione	Media di 1 ora	180 µg/m ³
Soglia di allarme	Media di 1 ora	240 µg/m ³

Tab. n° 4.9: Soglie di informazione e di allarme

Valori di riferimento per la protezione della salute umana		
Valore bersaglio per il 2010	Media massima giornaliera su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni
Obiettivo a lungo termine (anno di riferimento 2020)	Media massima giornaliera su 8 ore nell'arco dell'anno civile	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare nell'arco di un anno civile

Tab. n° 4.10: Salute Umana - Valore bersaglio (VB) e obiettivo a lungo termine (OLT)

Valori di riferimento per la protezione della vegetazione		
Valore bersaglio per il 2010	AOT40 calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ come media su 5 anni
Obiettivo a lungo termine (anno di riferimento 2020)	AOT40 calcolato sulla base dei valori di un'ora da maggio a luglio	6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$

Tab. n° 4.11: Vegetazione - Valore bersaglio (VB) e obiettivo a lungo termine (OLT)

AOT40: per AOT40 s'intende la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale.

Andamenti temporali nel 2007

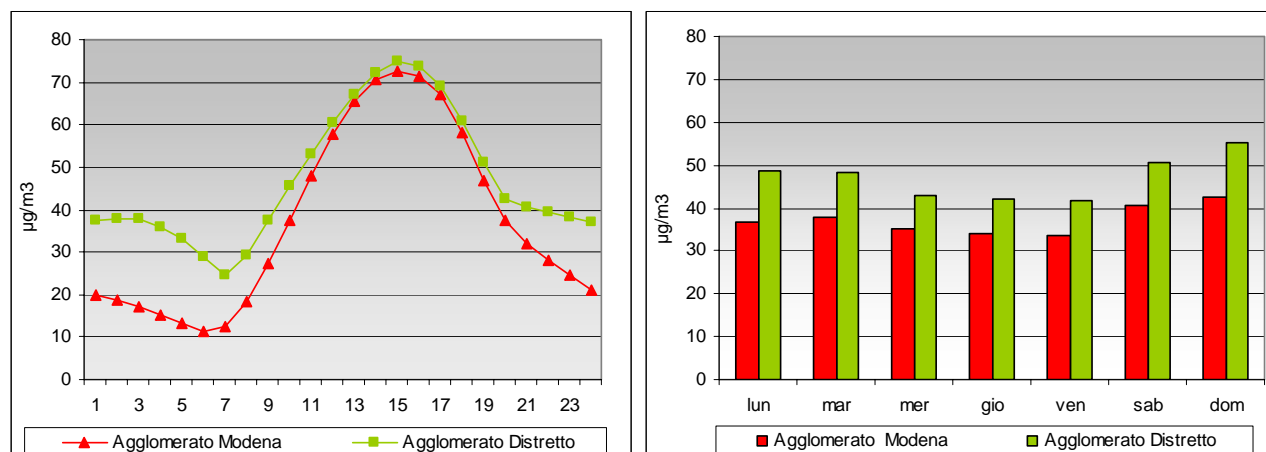


Figura 4.15: O3 - giorno tipico e settimana tipica annuale

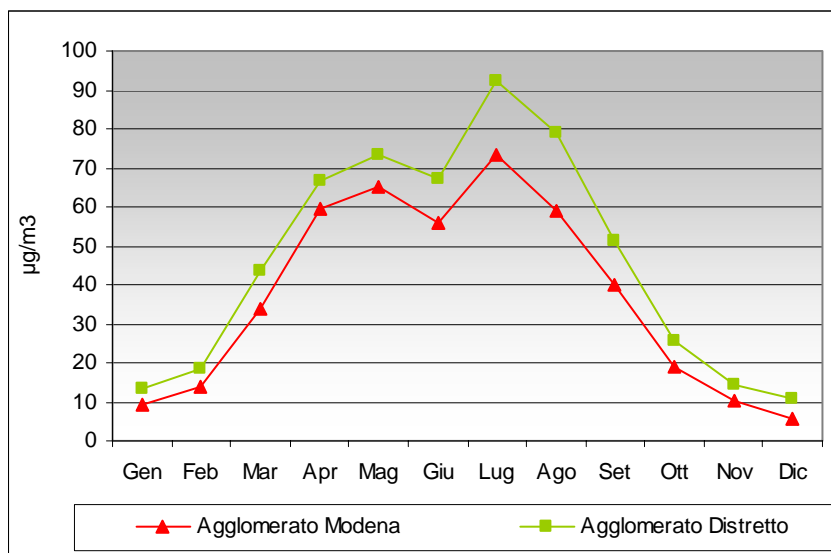


Figura 4.16: O3 - concentrazioni medie mensili

Gli andamenti temporali sono tipici di un inquinante di origine fotochimica, con valori più elevati nelle stagioni e nelle ore di massimo irraggiamento solare; il grafico del mese tipico, pur rispettando questo andamento, ha registrato nel mese di giugno un calo delle concentrazioni legato alle particolari condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato il periodo, in particolare nella prima quindicina del mese contraddistinta da tempo fortemente perturbato e precipitazioni anche a carattere temporalesco. Il grafico della settimana tipica evidenzia un leggero aumento dei valori nelle giornate di sabato e domenica, determinato dalla minor presenza in atmosfera d'inquinanti primari.

I superamenti nel 2007

O3	Agglomerato di Modena		
	N°superamenti soglia di informazione (180 µg/m3)		N°superamenti soglia di allarme (240 µg/m3)
	N° giorni	N° ore	
Parco Ferrari	2	8	0
Carpi 2	7	25	0

O3	Agglomerato del Distretto Ceramico		
	N°superamenti soglia di informazione (180 µg/m3)		N°superamenti soglia di allarme (240 µg/m3)
	N°giorni	N°ore	
Maranello	8	31	0

	Max media mobile 8 h (µg/m3)		AOT40 (µg/m3*h)	
	N°superamenti anno 2007 (OLT = 120 µg/m3)	N°superamenti media anni 05/06/07 (VB=120µg/m3 max 25 superamenti)	anno 2007 (OLT = 6000 µg/m3)	AOT40 media su 5 anni 2003 - 2007 (VB = 18000 µg/m3)
Parco Ferrari	49	n.d.	24992	n.d.
Carpi 2	36	n.d.	22702	n.d.
Maranello	63	58	29096	34497
VB: Valore bersaglio per la protezione della salute umana OLT: Obiettivo al lungo termine per la protezione della salute umana			VB: Valore bersaglio per la protezione della vegetazione OLT: Obiettivo al lungo termine per la protezione della vegetazione	

Tab. n° 4.12: verifica del rispetto dei limiti normativi

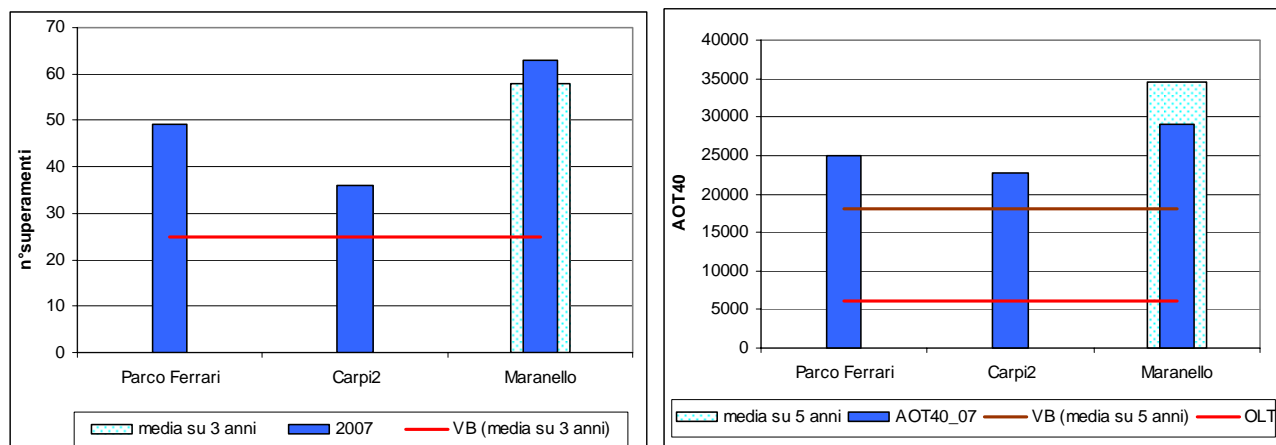


Figura 4.17: O3 - n° superamenti dei valori medi su 8 ore definiti per la protezione della salute umana e AOT40 per la protezione della vegetazione

L'analisi dei dati, non evidenzia superamenti della soglia di allarme, ma risultano critici i livelli in relazione al valore bersaglio e all'obiettivo a lungo termine, sia per la protezione della salute umana, che della vegetazione.

Il trend delle concentrazioni

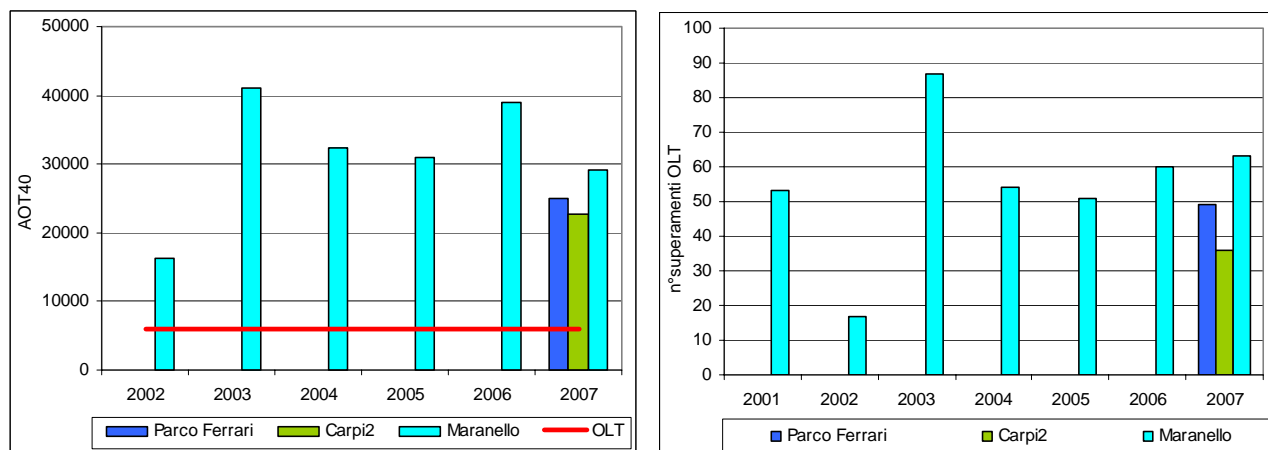


Figura 4.18: O3 - trend degli indicatori fissati dalla normativa per la protezione della salute umana e della vegetazione

La valutazione dei trend delle concentrazioni è stata effettuata considerando l'AOT40 e il numero dei superamenti della massima media mobile delle 8 ore.

La variabilità negli anni degli indicatori selezionati appare principalmente legata alla meteorologia che ha caratterizzato la stagione estiva; nel 2002, i mesi di luglio e agosto sono stati particolarmente piovosi, mentre, nel 2003, l'estate è stata estremamente afosa con temperature particolarmente elevate. Questo andamento meteorologico è evidente nei grafici precedentemente riportati.

Allo stato attuale, i grafici evidenziano livelli di ozono ancora troppo elevati rispetto agli obiettivi fissati dalla normativa e tali livelli non mostrano trend in atto tali da far presupporre un avvicinamento a tali valori.

5 METALLI

I metalli pesanti sono contaminanti che, pur presenti in bassissime concentrazioni nell'ambiente, possono comportare una vasta gamma di effetti negativi sull'ambiente e sull'uomo, soprattutto a causa della loro spiccata tendenza ad accumularsi nei tessuti animali e vegetali.

Le sorgenti naturali di metalli comprendono le eruzioni vulcaniche e la combustione di biomassa; tuttavia, le fonti prevalenti sono antropiche.

Durante i processi di combustione ad alta temperatura, di carburanti fossili, alcuni elementi, particolarmente volatili, come l'arsenico, il cadmio, il manganese, il piombo, il nickel, l'antimonio, il selenio e lo zinco, possono volatilizzare e quando la temperatura diminuisce, condensano sulla superficie delle ceneri in sospensione: le dimensioni delle particelle a cui sono associati e la loro composizione chimica, dipende fortemente dalla tipologia della sorgente di emissione.

Obiettivi imposti dalla Normativa per la protezione della salute umana:

Piombo	Periodo di mediazione	In vigore dal 19/7/99	Dal 01/01/01	Dal 01/01/02	Dal 01/01/03	Dal 01/01/04	Dal 1/1/2005
		Valore limite aumentato del margine di tolleranza (MDT)					VALORE LIMITE
Valore limite annuale	Anno civile	1.00	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5 µg/m ³

Tab. n° 5.1 Obiettivi imposti dal DM 60/2002

Valori obiettivo - Direttiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15/12/2004 (non ancora recepita in Italia):

		Periodo di mediazione	Valore obiettivo in vigore dal 31/12/2012
Cadmio	Valore obiettivo	Anno civile	0.005 µg/m ³
Arsenico	Valore obiettivo	Anno civile	0.006 µg/m ³
Nichel	Valore obiettivo	Anno civile	0.020 µg/m ³

Tab. n° 5.2:valori obiettivo secondo la Direttiva Europea 2004/107/CE

Siti di misura

Le stazioni in cui il particolato raccolto su filtro viene analizzato per la determinazione dei metalli sono Nonantolana e Giardini nell'agglomerato di Modena e Maranello nell'agglomerato Distretto Ceramico.

I metalli vengono determinati sulle polveri totali nelle stazioni di Giardini e Nonantolana e sulla frazione PM10 nella stazione di Maranello.

I metalli analizzati sono :

Piombo, Cadmio, Nichel, Arsenico, Rame, Manganese, Cromo, Cobalto.

Le differenze analitiche tra le stazioni sono determinate dalle diverse finalità del monitoraggio effettuato :

Giardini e Nonantolana infatti, costituiscono le stazione di riferimento per i monitoraggi prescritti nella procedura di VIA relativa al potenziamento del termovalorizzatore di Modena. In esse vengono pertanto analizzati i metalli presenti nei campioni di Polveri totali, in analogia con quanto effettuato dal Gestore.

Nella stazione di Maranello vengono monitorati i metalli presenti nei campioni di PM10.

I trend delle concentrazioni

Di seguito, si riporta il trend delle medie annuali per i metalli su cui la normativa ha imposto dei limiti o degli obiettivi da raggiungere. Si tralasciano i grafici per i metalli Cadmio e Arsenico perché non presenti in concentrazioni tali da superare il limite di rilevabilità strumentale e pertanto molto inferiori al limite previsto per legge.

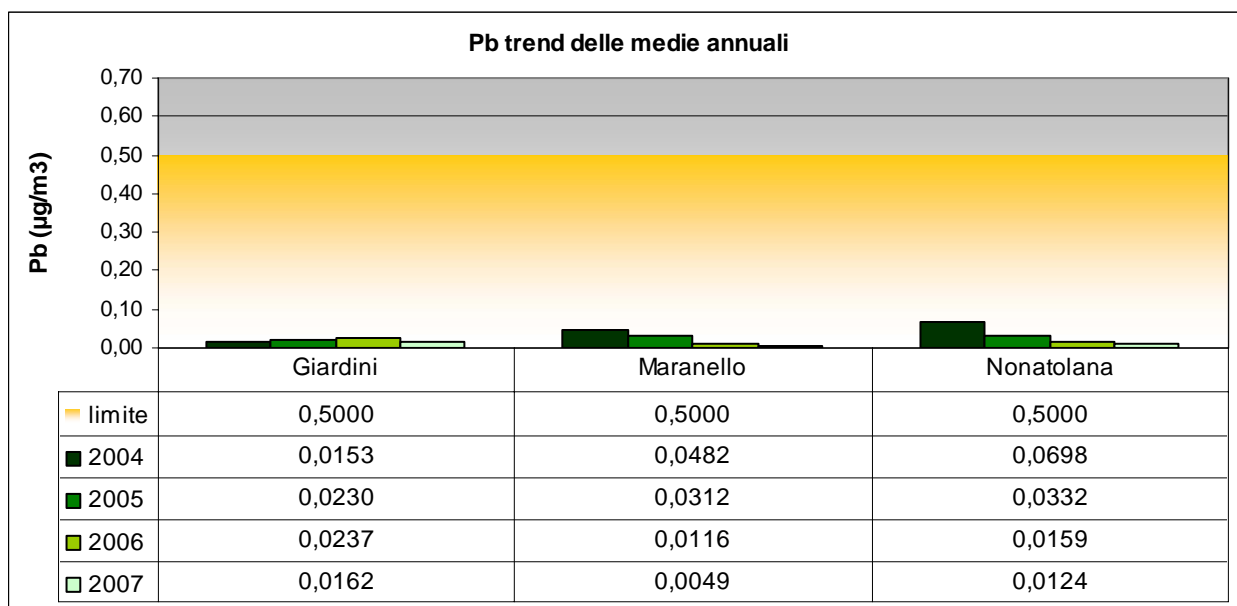


Figura 5.1

Come mostra il grafico e la relativa tabella, le concentrazioni di piombo risultano molto inferiori al limite di 0.5 µg/m³ previsto dal DM60/02.

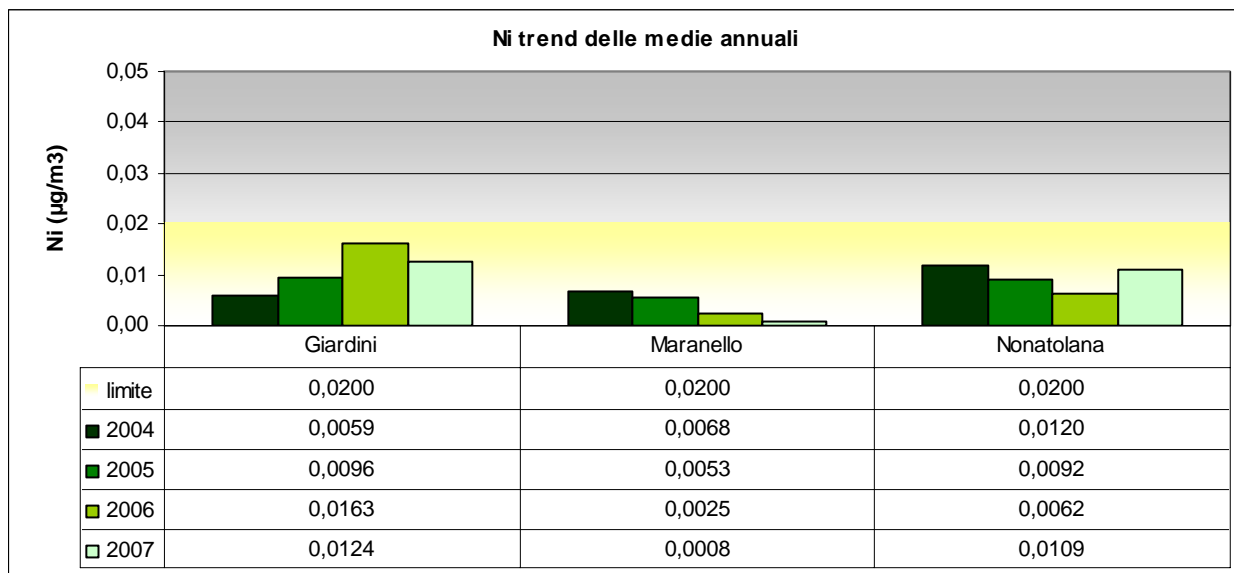


Figura 5.2

Anche le concentrazioni di nickel sono ampiamente inferiori al valore obiettivo definito dalla Direttiva europea di riferimento.

Consistenza dei metalli campionati nelle polveri

I metalli presenti con quantitativi più consistenti nelle polveri campionate sono rame, piombo, manganese e cromo, con percentuali in media superiori al 10% (Figura 5.3).

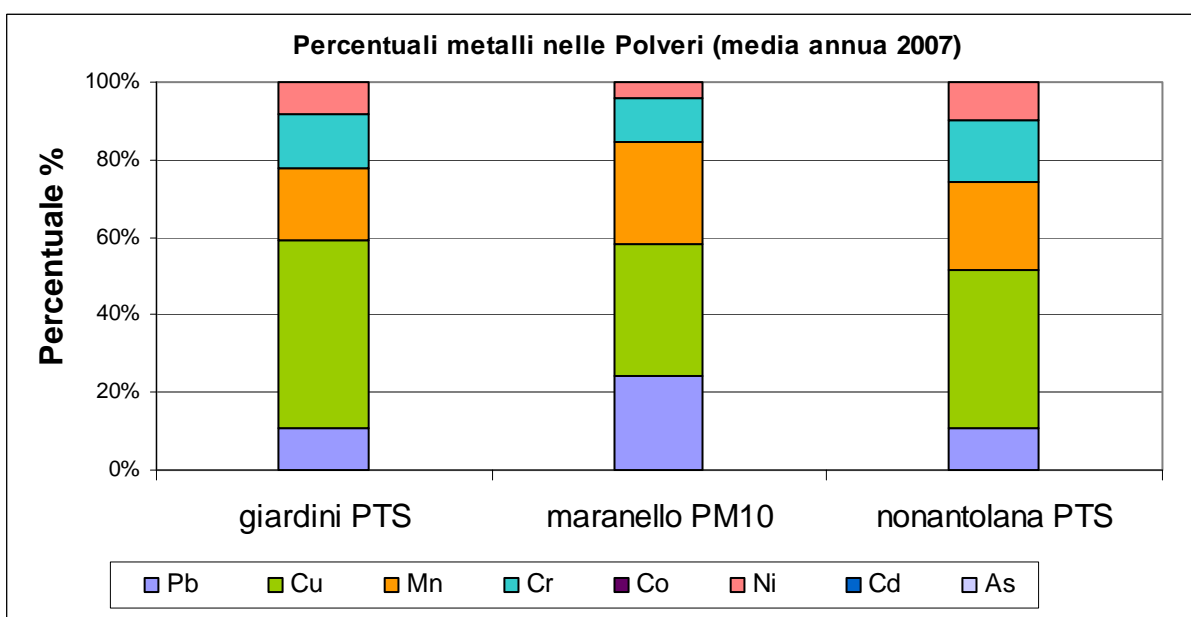


Figura 5.3

6 PM_{2,5}

Il PM_{2,5} è una miscela complessa di migliaia di composti chimici e, alcuni di questi, sono di estremo interesse a causa della loro tossicità. Un esempio sono gli idrocarburi policiclici aromatici che svolgono un ruolo importante nello sviluppo di malattie tumorali.

La pericolosità di queste particelle è legata sia alla loro capacità di penetrare nell'organismo umano, sia alla loro permanenza in aria: infatti il materiale particellare, in relazione alla dimensione delle particelle, al luogo e alla composizione chimica, è soggetto a diversi meccanismi di rimozione e diversi tempi di permanenza in atmosfera.

Le particelle più fini possono raggiungere distanze fino a migliaia di chilometri, con tempi di residenza in atmosfera da qualche giorno fino a settimane.

Obiettivi proposti dalla Direttiva Europea 2008/50/CE del 21/05/2008:

PM _{2,5}	Periodo di mediazione	Entrata in vigore 11/06/2008	Dal 2009 al 2014	Dal 1/1/2015
Valore Limite	Anno civile	30 µg/m ³	Riduzione percentuale annua costante ogni 12 mesi	25 µg/m ³
Valore Obiettivo	Anno civile	25 µg/m ³	Da raggiungere entro 1 /1/2010	

Tab. n° 6.1: Valore obiettivo e Valore Limite della *Direttiva Europea 2008/50/CE del 21/05/2008*

La proposta di Direttiva del Parlamento Europeo del Consiglio n. 2005/0183 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, definisce gli obiettivi di riduzione dell'esposizione e i livelli massimi di concentrazione per il PM 2.5 secondo quanto precisato nell'allegato XIV:

- L'indicatore di esposizione media AEI ("Average Exposure Indicator" – AEI), espresso in µg/m³ si deve basare sulle misurazioni effettuate in siti di fondo urbano, deve essere valutata la media annua su 3 anni civili ricavata dalla media di tutti i punti di campionamento allestiti: l'indicatore relativo all'anno 2010 è dato dalla media degli anni 2008/2009/2010. Se l'indicatore di esposizione media nell'anno di riferimento è uguale o inferiore a 7 µg/m³, l'obiettivo di riduzione dell'esposizione è fissato a zero.
- Il livello massimo di concentrazione, da non superare entro il 1 gennaio 2010, è di 25 µg/m³; negli anni precedenti, il livello di 30 µg/m³, viene ridotto, ogni 12 mesi di una percentuale annua costante a partire dal 1 gennaio 2007.

Siti di misura: il PM_{2.5} viene campionato nella stazione di Nonantolana, stazione urbana posta all'interno di una zona residenziale, ma a circa 90 m dalla Via omonima, arteria stradale a traffico intenso.

Il campionario per la misura delle polveri PM 2.5, è stato attivato ad agosto 2000 nell'ambito della realizzazione della rete regionale di Mutagenesi ambientale.

Il particolato raccolto su membrana, attraverso l'ausilio di una pompa a basso volume, viene sottoposto a test di mutagenesi e i dati elaborati a livello regionale vengono riportati nelle relazioni annuali sulla qualità dell'aria nell'ambito di un capitolo dedicato.

Visto il recente interesse per questo inquinante, come testimonia la Direttiva Europea 2008/50/CE del 21/05/2008 che regola i livelli di PM_{2,5} in atmosfera, si ritiene interessante riportare in questo capitolo una valutazione sui dati di PM_{2,5} fino ad oggi raccolti in relazione, non tanto al test di mutagenesi come fino ad ora effettuato, ma ai livelli di PTS e PM₁₀ misurati nella medesima stazione e agli obiettivi proposti dalla bozza di direttiva europea.

Analisi dei dati raccolti nell'anno 2007

Di seguito, si riporta il confronto tra i valori medi giornalieri di polveri PM_{2,5}, PM₁₀ e PTS misurati nell'anno 2007 nella stazione di Nonantolana (Figura 6.1).

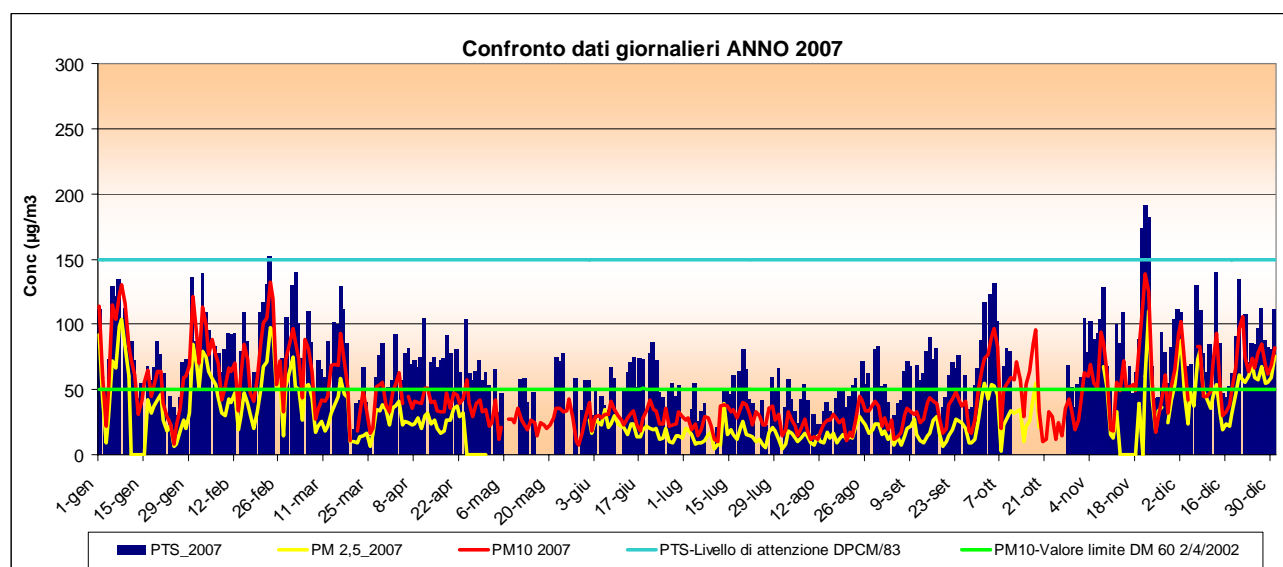


Figura 6.1

L'andamento delle polveri ha una periodicità stagionale con valori massimi nel periodo autunno-inverno: il ciclo risulta legato prevalentemente all'andamento meteorologico che influenza le capacità dispersive dell'atmosfera, oltre che alla variazioni delle sorgenti emissive.

L'assenza di precipitazioni, e la bassa velocità del vento tendono a favorire l'aumento delle concentrazioni.

Gli episodi acuti legati a particolari condizioni di stabilità atmosferica, avvengono nel periodo invernale e mostrano concentrazioni di PM_{2,5} che superano i 50 µg/m³ (limite previsto per le polveri PM₁₀) in diverse giornate dell'anno più di 50 volte nel 2007.

L'andamento delle medie mensili (Figura 6.2) conferma la ciclicità sopra evidenziata, mostrando una variabilità tra gli anni che dipende anche in questo caso dalla componente meteorologica.

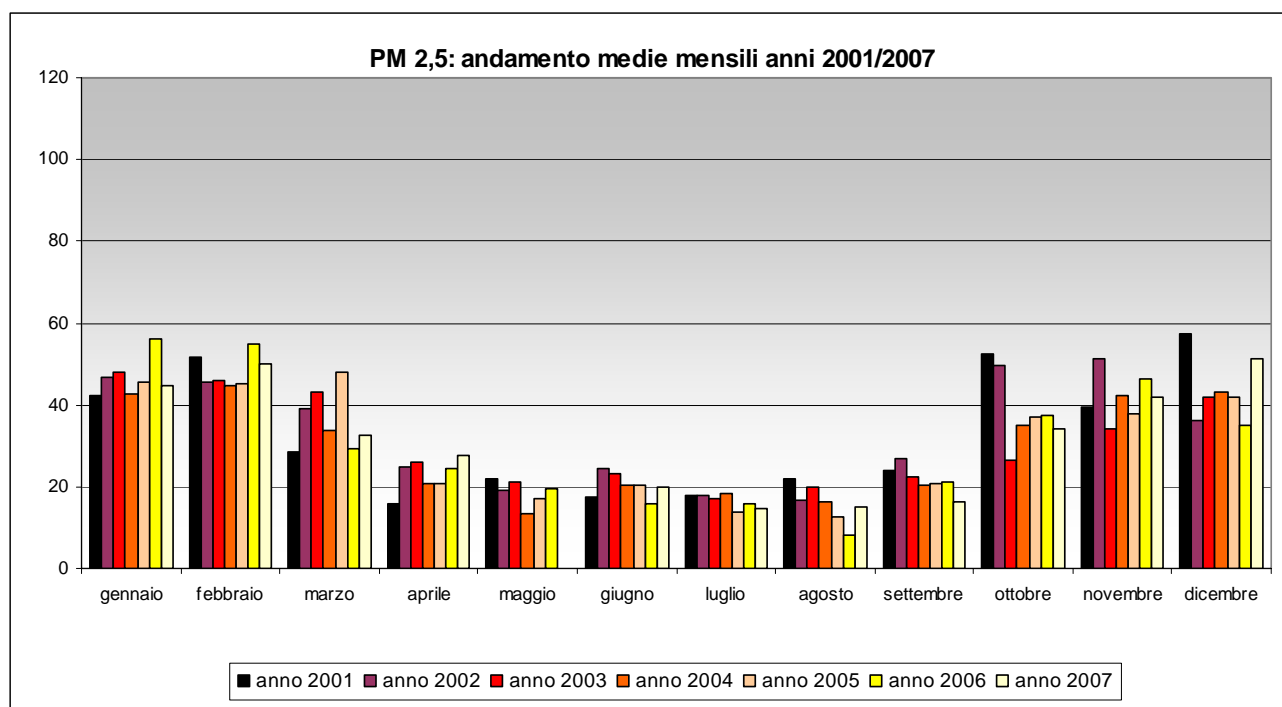


Figura 6.2

Non si evidenziano trend in atto, come si evince dagli andamenti delle medie annuali, pressoché stazionarie, dal 2001 al 2007 di entrambi gli indicatori (Figura 6.3).

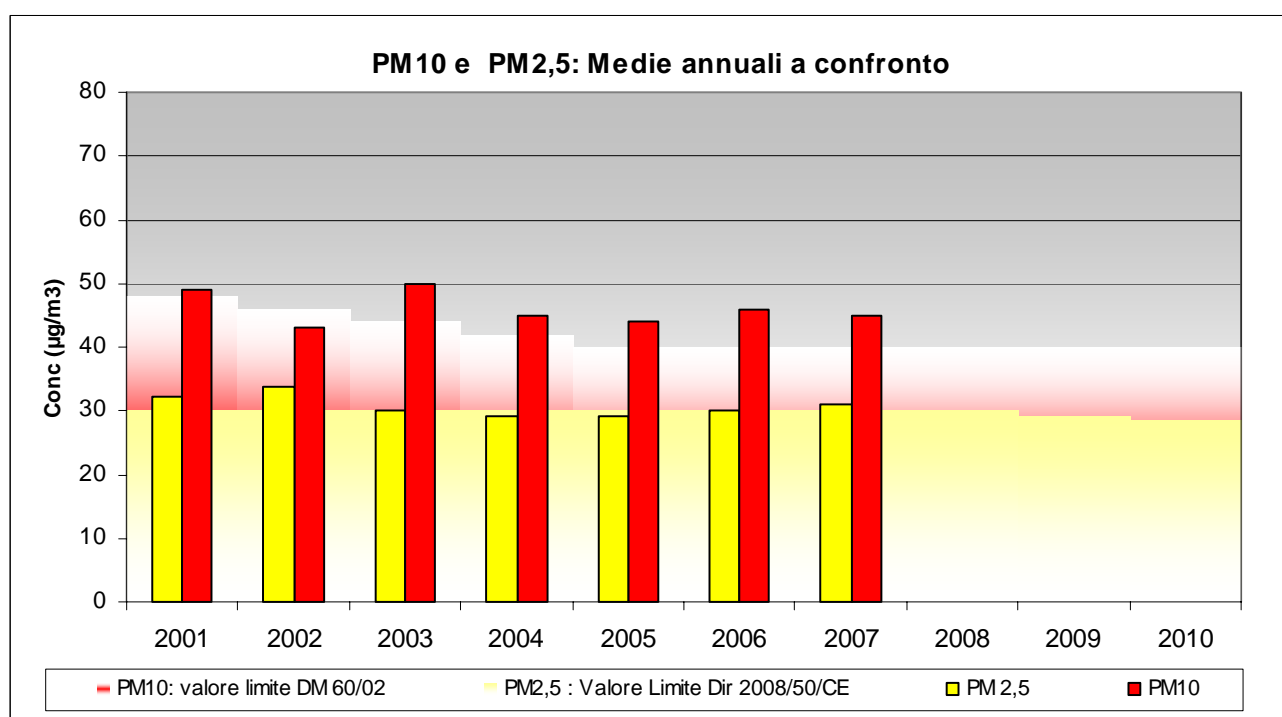


Figura 6.3

Le medie annuali del PM2,5 risultano sostanzialmente costanti negli anni e si attestano attorno a 30 µg/m³.

Le concentrazioni di PM2,5, se rapportate a quelle di PM10 rappresentano circa il 65% in peso e raggiungono quindi livelli simili in particolare nel periodo invernale; le PM10 a sua volta rappresentano mediamente il 55% delle polveri totali rilevate (Figura 6.4).

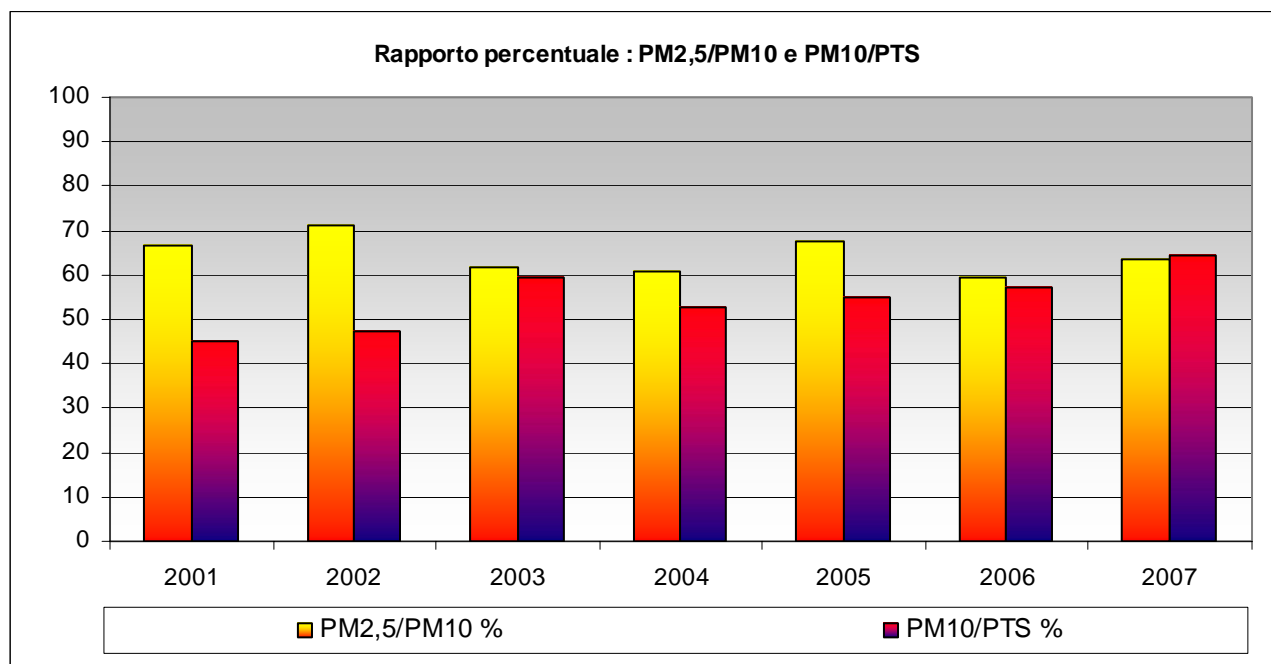


Figura 6.4

7 LE CAMPAGNE DI MONITORAGGIO DEGLI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.) costituiscono un numeroso gruppo di composti organici formati da uno o più anelli benzenici. In generale si tratta di sostanze solide a temperatura ambiente, sostanze scarsamente solubili in acqua, degradabili in presenza di radiazione ultravioletta ed altamente affini ai grassi presenti nei tessuti viventi. Il composto più studiato e rilevato è il benzo(a)pirene che ha una struttura con cinque anelli aromatici condensati.

Le principali attività umane responsabili delle emissioni di IPA pirogenici (generati nei processi ad elevata temperatura) includono l'uso di autoveicoli, le produzioni industriali, il riscaldamento domestico e la produzione di energia elettrica. Gli IPA petrogenici (presenti nel petrolio e derivati), finiscono nell'ambiente a causa dei combustibili fossili (sversamenti accidentali di petrolio, attività portuali).

Obiettivi imposti dalla normativa

DM 25/11/1994

Benzo (a) Pirene	Periodo di mediazione	indicatore	Obiettivo di qualità dell'aria (1/1/99)
Obiettivo di qualità	Anno civile	Media mobile valori giornalieri	1 ng/m ³

Valori obbiettivo secondo la Direttiva 2004/107/CE del parlamento europeo e del consiglio del 15/12/2004 (non ancora recepita in Italia):

Benzo (a) Pirene	Periodo di mediazione	Indicatore	VALORE OBBIETTIVO (31/12/2012)
Valore obiettivo	Anno civile	Media annuale	1 ng/m ³

Tab. n° 7.1

Il valore obiettivo viene definito per il Benzo(a)pirene, considerato come tracciante di questa famiglia di composti.

Siti di misura:

Il monitoraggio degli IPA viene effettuato presso stazioni di rilevamento fisse, dosando tali inquinanti sulle membrane utilizzate per il monitoraggio delle polveri sottili PM₁₀.

Le stazioni in cui vengono determinati questi composti sono:

Agglomerato di Modena	Parco Ferrari	Stazione di Fondo Urbano
	Giardini	Stazione da Traffico
Agglomerato Distretto Ceramico	Maranello	Stazione di Fondo Urbano

Gli IPA determinati sulle polveri compionate sono: naftalene, acenaftilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(e)pirene, benzo(a)pirene, indeno(1,2,3,c,d)pirene, dibenzo(a,h)antracene, benzo(ghi)perilene; dibenzo(a,e)pirene, dibenzo(a,i)pirene, dibenzo(a,h)pirene

Distribuzione percentuale dei vari IPA nel particolato

La normativa italiana, così come la direttiva europea, fissa obiettivi solo per il benzo(a)pirene, che viene quindi considerato un tracciante per l'intera famiglia di IPA, in quanto ritenuto il più significativo dal punto di vista della salute umana.

Gli IPA, essendo composti organici semivolatili, si trovano in atmosfera sia in fase gassosa, sia associati al materiale particellare; la ripartizione tra le due fasi è regolata dalle proprietà chimico-fisiche del singolo composto ed è influenzata dalla sua concentrazione, dalla temperatura e dall'umidità relativa dell'aria ambiente, nonché dalla composizione del materiale particellare presente.

In particolare, gli IPA costituiti da 5 o più anelli benzenici condensati possano trovarsi in atmosfera prevalentemente associati al materiale particellare, quelli a 2-3 anelli (naftalene, acenaftilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, antracene) sono presenti prevalentemente in fase di gas, quindi non recuperabili completamente con la metodica di campionamento utilizzata.

Gli IPA caratterizzati da maggior volatilità presentano una maggior variabilità nei campioni analizzati (una parte di questi si può perdere anche durante il procedimento analitico) e risultano in diversi casi inferiori o prossimi alla sensibilità strumentale (naftalene, acenaftilene, fluorene, antracene). Risultano non rilevabili anche il dibenzo(a,i)pirene e il dibenzo(a,h)pirene.

Il grafico in Figura 7.1, evidenzia la consistenza di questi, valutata sul dato medio annuale; si può notare che per stazioni di tipologie differenti (Giardini -da traffico e Parco Ferrari e Maranello -di fondo urbano) la composizione percentuale dei vari IPA che compongono la famiglia non varia in maniera sostanziale.

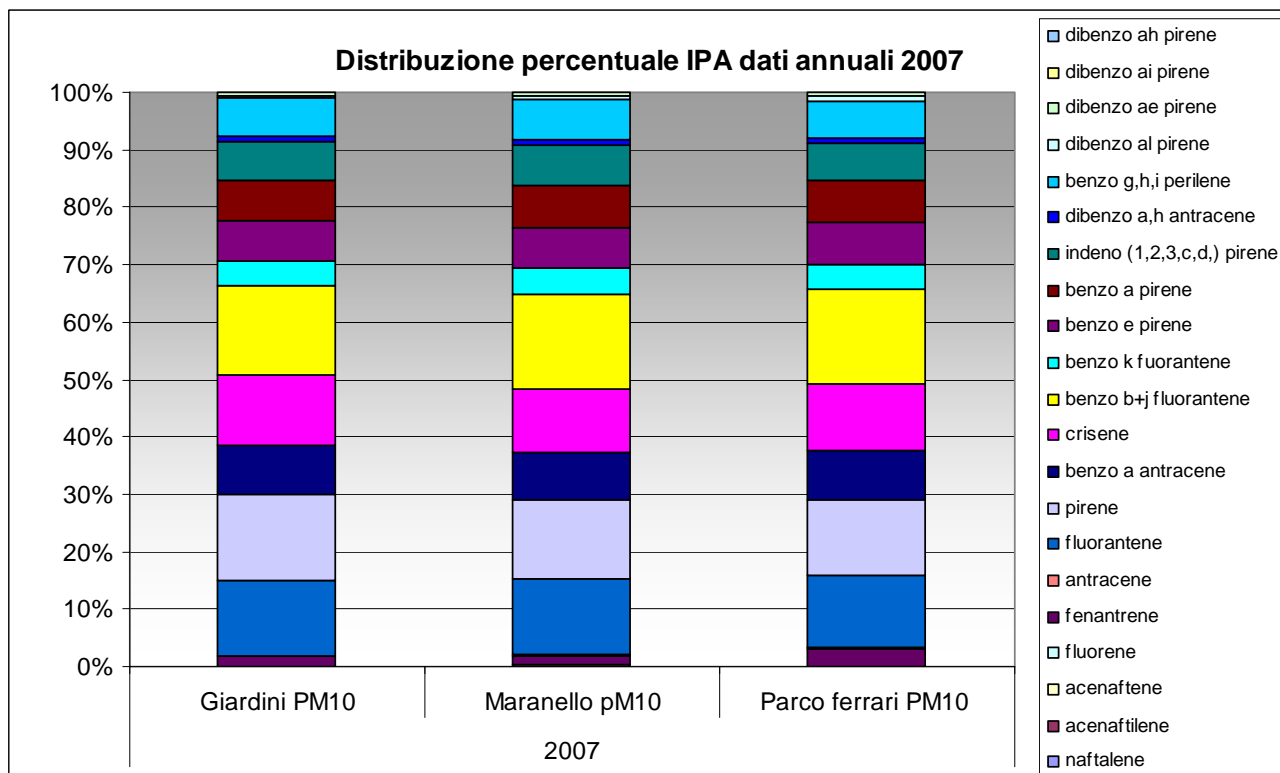


Figura 7.1

Gli andamenti temporali:

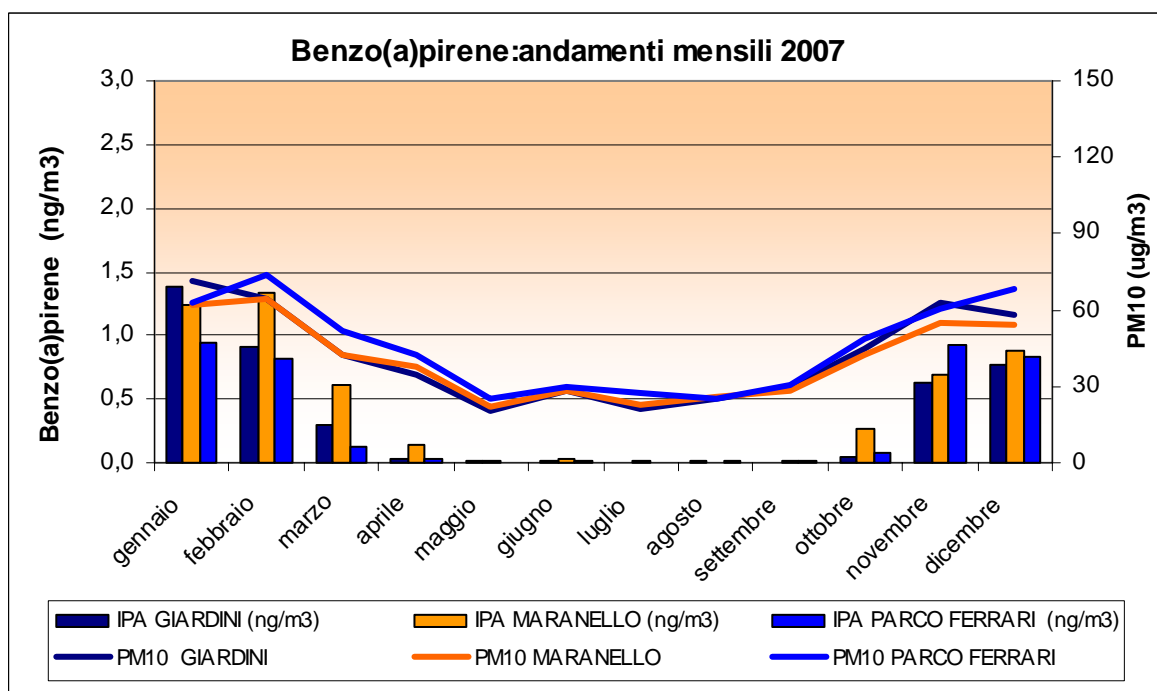


Figura 7.2

Il Benzo(a)pirene, e più in generale tutti gli IPA, hanno un tipico andamento stagionale simile all'andamento delle polveri: le concentrazioni risultano più elevate nei mesi freddi, rispetto a quelle rilevate in primavera estate, per molte molecole inferiori al limite di rilevabilità strumentale (0,00007 ng/m³).

La diminuzione delle concentrazioni rilevate nei mesi primaverili ed estivi è legata a diversi fattori, tra cui la maggior turbolenza atmosferica e le diverse caratteristiche chimiche/fisiche dell'atmosfera.

Trend delle concentrazioni

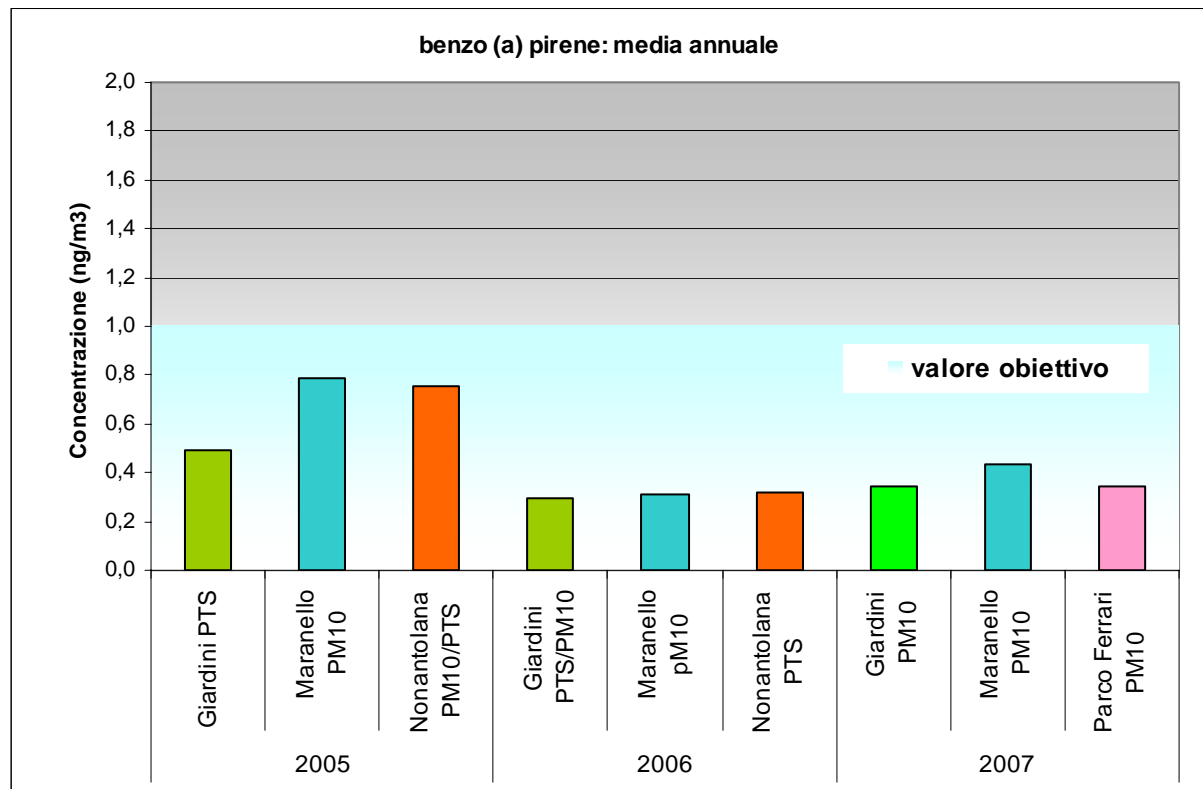


Figura 7.3

Nel periodo monitorato, la media annuale del benzo(a)pirene risulta conforme al valore obiettivo fissato dalla direttiva europea per il 31/12/2012.

La USEPA e la IARC hanno classificato altri composti, oltre il benzo(a)pirene, come probabili cancerogeni, stabilendo dei coefficienti che ne paragonano la tossicità con il benzo(a)pirene.

Nella tabella seguente vengono riportati questi coefficienti.

Composto	Fattore moltiplicativo
benzo a pirene	1
benzo a antracene	0,006
benzo b fluorantene	0,076
benzo k fluorantene	0,076
indeno (1,2,3,c,d) pirene	0,08
di benzo a,h antracene	0,6

Tab. n° 7.2

Utilizzando questi coefficienti, è possibile valutare anche il contributo degli altri IPA esprimendoli come benzo(a)pirene equivalenti e cioè moltiplicando i composti indicati nella *Tabella 6.2* per i propri fattori di tossicità equivalente.

Di seguito si riporto i grafici che mettono a confronto il dato di benzo(a)pirene con i benzo a pirene equivalenti.

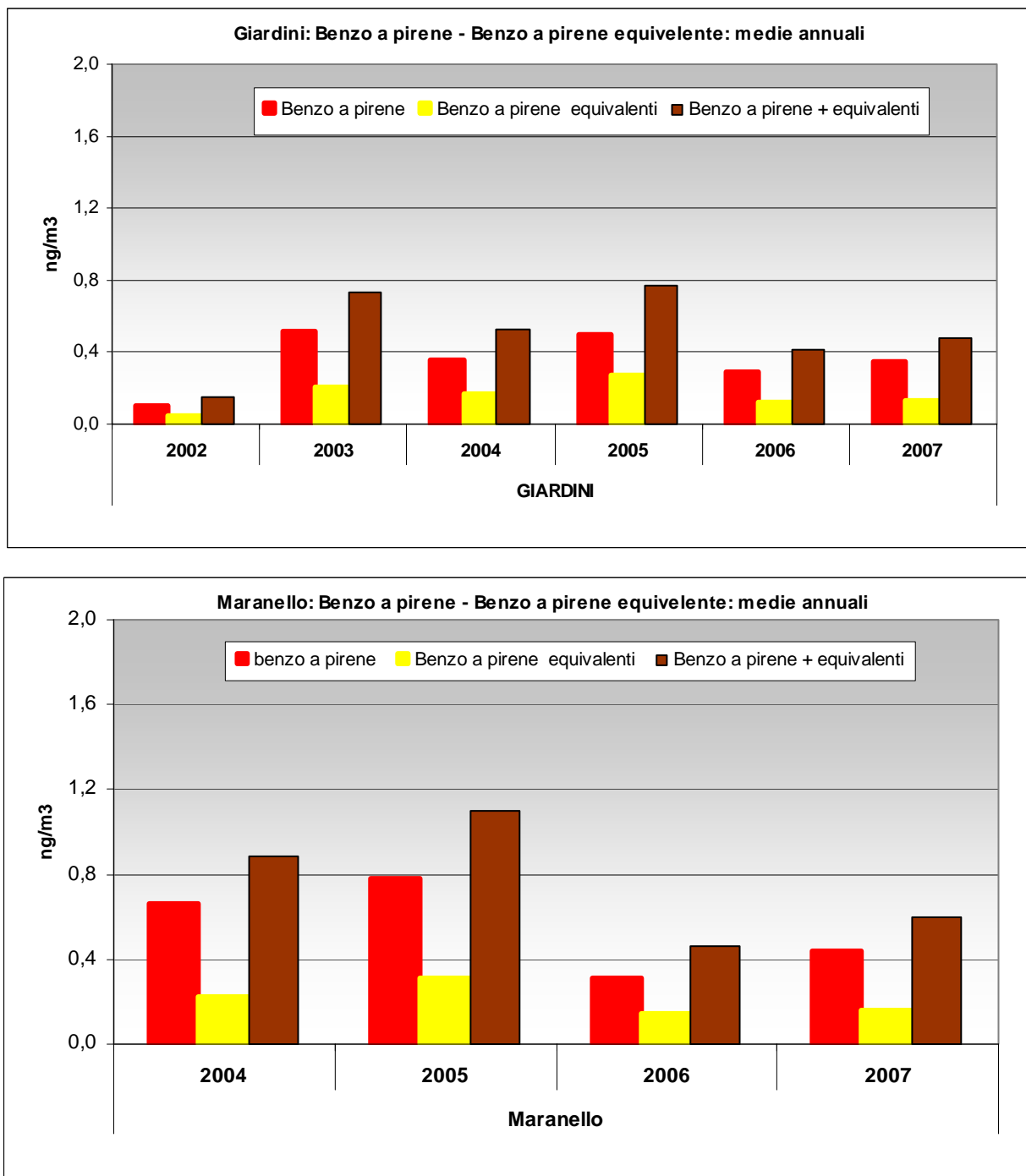


Figura 7.4

I grafici presentati in Figura 7.4, mostrano come anche per il benzo (a) pirene e per i benzo (a) pirene equivalenti i valori rilevati sono simili per stazioni di tipo diverso (da traffico e di fondo urbano che peraltro presentano medie mensili di valori di polveri PM10 altrettanto simili, come evidenziato da Figura 7.2 e presenti nell'aria in concentrazioni abbastanza costanti rispetto all'anno precedente.

8 MUTAGENESI AMBIENTALE

Per una migliore definizione della Qualità Ambientale è significativa la valutazione della genotossicità del particolato atmosferico. Questo permette di stimare il “carico genotossico ambientale” e il conseguente rischio a cui è sottoposta la popolazione in area urbana derivante dall'esposizione cronica a miscele complesse di sostanze presenti in atmosfera in grado di agire anche a basse concentrazioni.

Queste sostanze si associano alle polveri sospese; in particolare, il maggior rischio per la salute umana è associato alle polveri fini in quanto meglio in grado di penetrare in profondità nell'albero bronchiale, eludendo anche i meccanismi di difesa umani.

ARPA - Emilia Romagna si è fatta promotrice nel 1997 della costituzione di una rete regionale di monitoraggio della mutagenicità del particolato aereo in ambiente urbano (unico esempio in Italia), a cui partecipano le Sezioni di Piacenza, Parma, Modena, Bologna, Ferrara, Forlì, Cesena, Ravenna e Rimini, coordinata dalla Sezione di Parma.

Da settembre 2000, presso la stazione di Nonantolana, nel quartiere Torrenova, in zona residenziale in prossimità della tangenziale ad elevato traffico veicolare, è iniziato il campionamento in continuo della frazione PM_{2,5} (particelle con diametro aerodinamico inferiore ai 2,5 µm) che si è rivelata la più interessante dal punto di vista sanitario.

Dal 2004 i test di mutagenesi vengono effettuati solo sul particolato campionato nei mesi più significativi nell'ambito di ogni stagione, valutati in base alla serie storica dei dati e più precisamente:

- gennaio e febbraio, come mesi rappresentativi dell'inverno;
- aprile, come mese rappresentativo della primavera;
- luglio, come mese rappresentativo dell'estate;
- novembre e dicembre, come mesi rappresentativi dell'autunno.

I test di mutagenesi e l'elaborazione dei dati vengono effettuati presso la Sezione Provinciale di Parma, nell'ambito delle attività dell'Eccellenza “Mutagenesi Ambientale”.

I dati relativi alla mutagenicità del particolato atmosferico urbano "*Monitoraggio della mutagenicità del particolato atmosferico urbano: rete regionale dell'Emilia-Romagna - aggiornamento per l'anno 2007*", sono scaricabili all'indirizzo: http://www.arpa.emr.it/pubblicazioni/mutagenesi/generale_552.asp

Test di mutagenesi

Il test di *Ames* è il test di mutagenesi più utilizzato al mondo per screening genotossicologici ed ha evidenziato una correlazione tra mutageni e cancerogeni pari a circa il 60-80%.

Preparazione del campione

Il campione mensile è dato dall'insieme dei filtri giornalieri; tale campione viene estratto con opportuni solventi, portato a secco e quindi risospeso al fine di ottenere una concentrazione di 0.05 Nm³/µl. Si cimenta quindi la sospensione con gli organismi test. Negli stessi estratti, sottoposti a test di mutagenesi, è stata effettuata la determinazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici presso la Sezione Provinciale di Ravenna.

Principio del metodo

I test per la valutazione dell'attività sul DNA indotta dagli xenobiotici sono test a breve termine, che vengono effettuati su due ceppi di *Salmonella typhimurium* TA98 e TA100 con (+) e senza attivazione metabolica esogena (Metodo Standard: Maron DM, Ames BN. Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. Mutat Res 1983; 113: 173-215).

L'utilizzo di due ceppi diversi di *Salmonella* permette di evidenziare la presenza di sostanze che agiscono con meccanismi differenti: TA98 rileva mutazioni per inserzione o delezione di basi mentre il ceppo TA100 rileva mutazioni per sostituzione di basi.

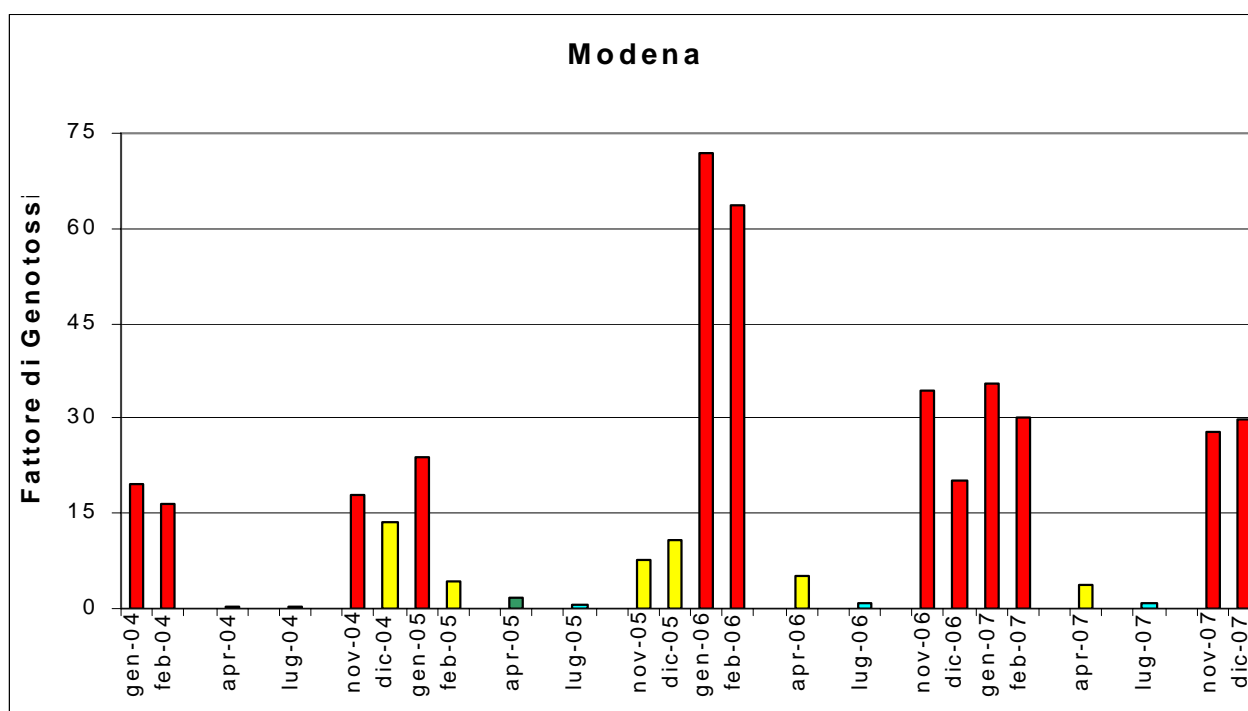
Mentre la scelta di eseguire i test sia in presenza di sistemi enzimatici epatici (attivazione metabolica esogena) che non, permette di rilevare la presenza sia di sostanze che agiscono sul DNA dopo essere state metabolizzate (mutageni indiretti o promutageni) sia di sostanze con attività mutagena diretta simulando in questo modo l'intervento dell'organismo che può trasformare sostanze potenzialmente innocue in metaboliti mutageni e viceversa.

Il principio del test di Ames si basa sulla retromutazione in quanto utilizza ceppi di batteri (*Salmonella typhimurium*) recanti ognuno un diverso tipo di mutazione nel gene che codifica per la biosintesi dell'istidina, quindi incapaci di crescere in assenza di questo aminoacido. La positività al test viene valutata sul numero dei batteri che riacquistano la capacità di crescere in assenza di istidina in seguito ad una seconda mutazione dovuta all'esposizione a sostanze mutagene (retromutazioni). I batteri che riacquistano tale capacità sono detti revertenti.

Valutazione dei dati

Osservando l'evoluzione temporale della mutagenicità del particolato atmosferico durante l'anno 2007, espressa come Fattore di Genotossicità totale (Figura 8.1), si può notare che i mesi con un fattore di genotossicità più elevato, sono quelli corrispondenti ai mesi invernali, gennaio, febbraio, novembre e dicembre, tipicamente quelli con valori di polveri più elevate.

Se invece si confrontano i dati ottenuti, con quelli degli anni precedenti, si nota che i mesi invernali del 2007 sono più alti rispetto agli anni 2004/2005, pur non raggiungendo i valori riscontrati a gennaio, febbraio 2006.



Range FG	Giudizio
0,0 - 1,4	negativo
1,5 - 2,9	debolmente positivo
3,0 - 14,9	positivo
≥ 15	fortemente positivo

Intervalli di positività del Fattore di Genotossicità (FG) calcolato in base a tutti i test eseguiti sui ceppi TA98 e TA100 di *Salmonella typhimurium* con e senza attivazione metabolica esogena.

Figura 8.1: Evoluzione temporale della genotossicità del particolato atmosferico urbano (PM_{2,5}) rilevata come Fattore di Genotossicità su tutti i test in *Salmonella typhimurium*

L'elevato potere mutageno del PM_{2,5} degli ultimi due anni, in particolar modo del 2006, rispetto a quello del 2004 e del 2005 sembra essere dovuto, più che a una maggiore concentrazione di PM_{2,5}, ad una maggiore attività mutagenica specifica dello stesso (numero di revertenti indotti per μg di particolato (Figura 8.3 B).

Infatti dal confronto tra l'andamento nel tempo della mutagenicità del particolato atmosferico urbano, espressa come numero medio dei revertenti/ Nm^3 e l'andamento delle concentrazioni (medie mensili) delle polveri (

Figura 8.2) si può constatare che non sempre ai valori più elevati di concentrazione di polveri corrispondono i valori più alti di mutagenicità, ma che, a volte, si evidenziano delle discrepanze tra i due andamenti, meno accentuato nel 2007 rispetto al 2006; questo è confermato da una correlazione molto bassa tra concentrazione di polveri e numero medio di revertenti/ Nm^3 ($R^2=0,4$).

Per quanto riguarda l'andamento nel tempo dei revertenti/ Nm^3 e dei revertenti/ μg di polveri (Figura 8.3 A-B) si nota, nella maggior parte dei mesi monitorati, una maggiore sensibilità nei test condotti in assenza di attivazione metabolica esogena, indicando una presenza prevalente di molecole ad azione mutagenica diretta (quali sono ad es. i nitroderivati degli IPA).

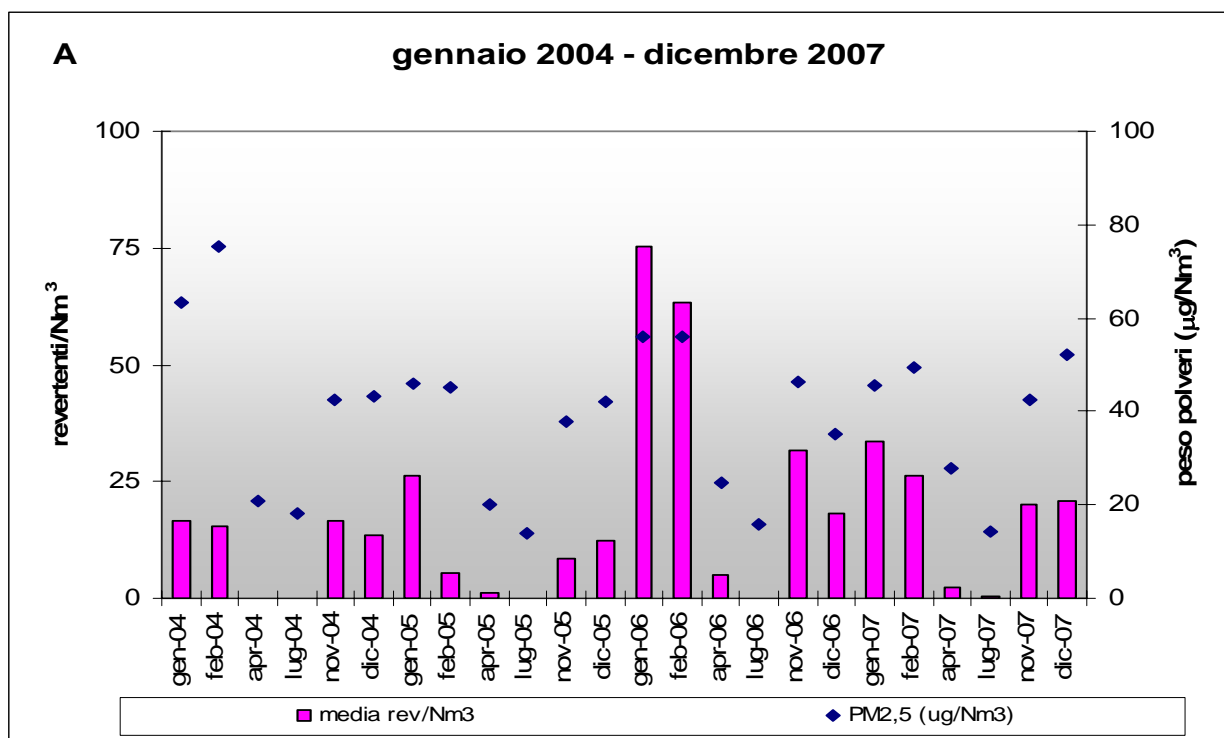


Figura 8.2: Andamenti della mutagenicità del PM_{2,5}, espressa come sommatoria dei revertenti/ Nm^3 indotti da estratti di campioni mensili, e delle concentrazioni (medie mensili) delle polveri.

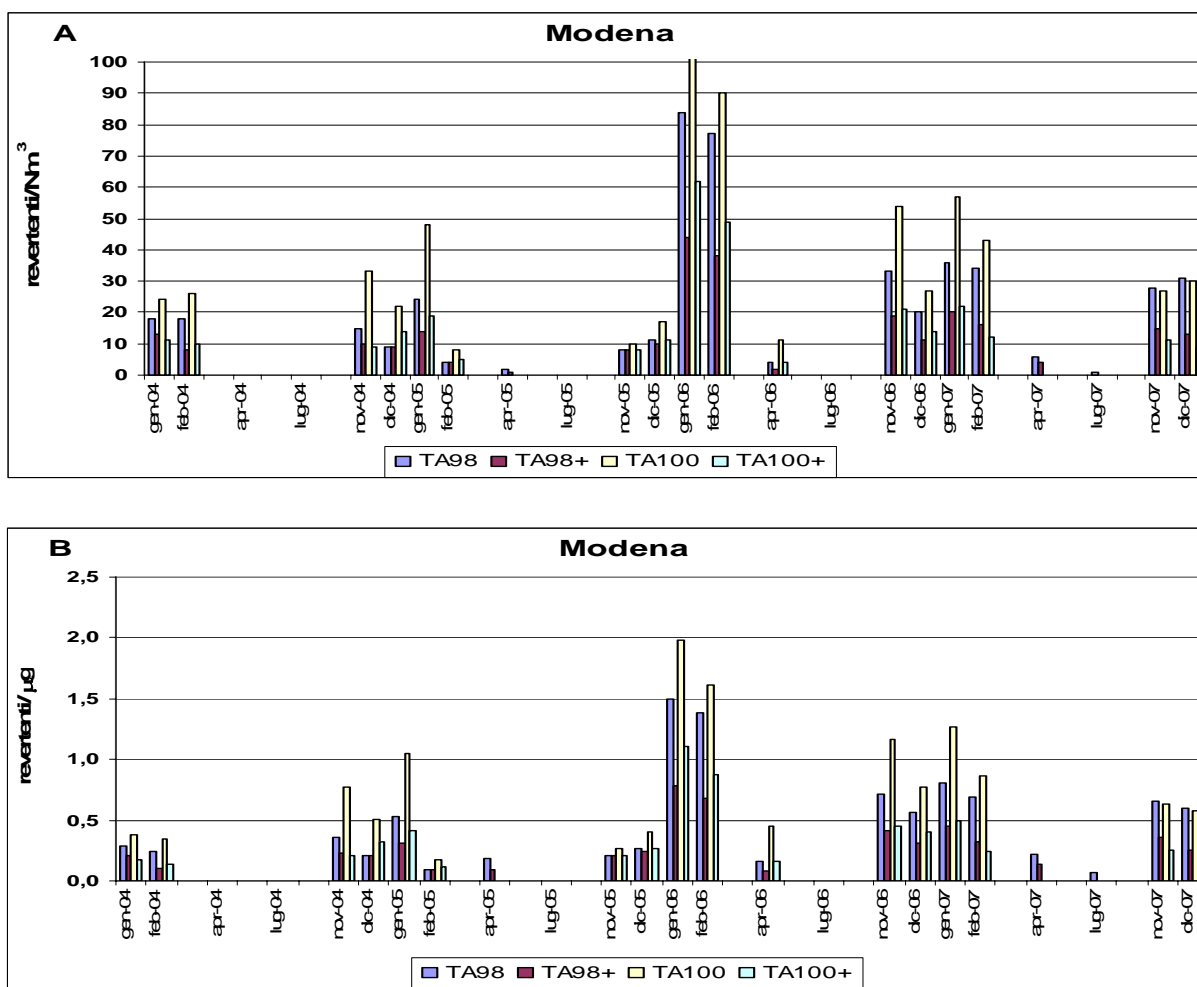


Figura 8.3: Evoluzione temporale della genotossicità del particolato atmosferico urbano (PM_{2,5}) rilevata attraverso l'induzione di revertanti/Nm³ (A) e revertanti/µg polveri (B) in *Salmonella typhimurium* ceppi TA98 e TA100 con (+) e senza attivazione metabolica esogena.

Se si esaminano i risultati dell'analisi degli IPA sul particolato PM_{2,5}, si può constatare che non sempre ai valori più alti corrispondono i valori maggiori di mutagenicità.

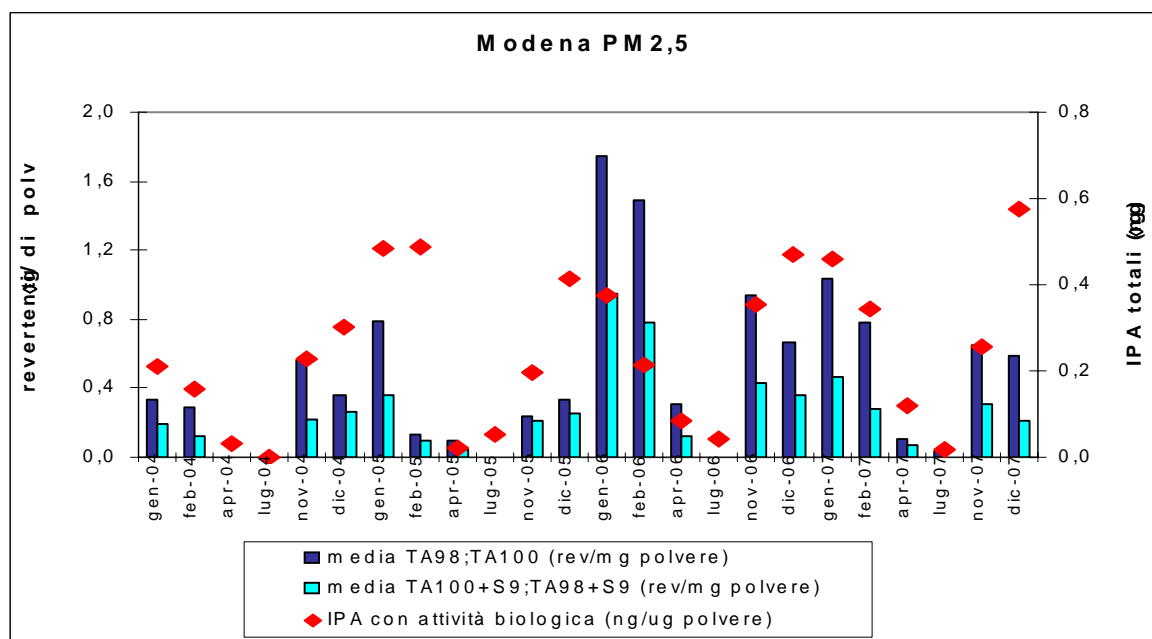


Figura 8.4: Comparazione dei livelli di IPA con attività biologica e attività genotossica determinata con i test sui ceppi TA98 e TA100 di *Salmonella typhimurium* con e senza attivazione metabolica (+S9)

Anche per il 2007 si conferma che gli IPA non sono i soli responsabili della mutagenicità del PM_{2,5} ma che un forte contributo è dato anche da sostanze ad azione mutagena diretta, come si può dedurre dal confronto tra i livelli medi di IPA con attività biologica e i livelli medi di attività genotossica, determinata su *Salmonella*. Infatti si evidenzia che il livello di genotossicità rilevato con i test sensibili alla presenza di IPA, ovvero quelli condotti in presenza di attivazione metabolica esogena (+S9), è generalmente più basso di quello rilevato con i test condotti in assenza di attivazione metabolica esogena (Figura 8.4).

Concludendo, per quanto riguarda l'attività mutagena del particolato atmosferico campionato a Modena, si confermano, nei mesi più freddi, valori "positivi" e "fortemente positivi" senza un trend evidente negli anni. Nel 2007 si riscontrano valori di mutagenicità mediamente più bassi rispetto al 2006, ma comunque più alti rispetto ai due anni precedenti, dovuti, presumibilmente, ad una maggiore mutagenicità specifica del PM_{2,5} piuttosto che ad una maggiore concentrazione dello stesso.

Si conferma anche l'impossibilità di attribuire ad una sola classe di contaminanti la mutagenicità del PM_{2,5} che risulta essere dipendente, non tanto dalla "quantità" ma soprattutto dalla "qualità" del particolato stesso.

Tutto questo evidenzia, come già riscontrato in precedenza, la molteplicità dei fattori che determinano la mutagenicità del particolato atmosferico urbano.

9 VALUTAZIONE DEI DATI DELLA RETE RIDEP

Le deposizioni atmosferiche, definite anche deposizioni acide secche o deposizioni acide umide, sono l'insieme dei fenomeni attraverso i quali gli inquinanti allo stato gassoso o particellare vengono trasferiti sulla superficie terrestre. Sono **deposizioni secche** quando gli inquinanti si depositano come tali; quando invece essi vengono sciolti dalle goccioline di pioggia, da neve o grandine, si parla di **deposizioni acide umide**.

Le deposizioni acide sono dovute prevalentemente all'emissione di tre inquinanti gassosi di origine antropica: il biossido di zolfo (SO_2), gli ossidi di azoto (NO_x) e l'ammoniaca (NH_3). Questi inquinanti, una volta immessi e diffusi in atmosfera, vengono successivamente depositati subendo alcune trasformazioni chimiche. In particolare gli Ossidi d'Azoto e Biossido di Zolfo si trasformano rispettivamente in acido nitrico e solforico, con tempi di permanenza in atmosfera diversi, dipendenti dalle caratteristiche chimico-fisiche dei composti nonché dalle interazioni fra di essi. Anche l'Ammoniaca, che di norma si deposita rapidamente, ha un comportamento opposto se combinata con Acido Solforico o Nitrico.

La complessità dei fenomeni precedentemente descritti determina processi di deposizione a lunga distanza e pertanto con effetti a carattere transfrontaliero. Le problematiche ambientali originate dalle deposizioni atmosferiche sono riconducibili alla defoliazione o ridotta vitalità delle piante, difficoltà per la vita di animali acquatici in fiumi, laghi ecc. nonché, legato alla deposizione di Nitrati, fenomeni di eutrofizzazione delle acque superficiali costiere e interne.

In quest'ottica il Ministero dell'Ambiente ha coordinato la realizzazione della Rete Italiana per lo studio delle Deposizioni Atmosferiche Umide (RIDEP) che rappresenta la principale fonte di informazioni per lo studio di questo fenomeno a livello nazionale garantendo una accettabile confrontabilità dei dati (raccolta e elaborazione con metodologie unificate); in particolare la Regione Emilia-Romagna, a partire dal 1987, si è dotata di una rete regionale che a tutt'oggi conta 18 stazioni di cui una nel territorio della Provincia di Modena, ubicata in area urbana presso la sede ARPA in via Fontanelli (43 m s.l.m.).

I campionamenti sono effettuati a cadenza settimanale: di norma la raccolta si effettua il martedì mattina. I campionatori utilizzati sono automatici, tipo wet and dry, e sono costituiti essenzialmente da una struttura metallica supportante due contenitori per la raccolta rispettivamente della deposizione umida e di quella secca (quest'ultima non viene analizzata per la scarsa rappresentatività e l'assenza di una valida metodologia di analisi). Sul contenitore di raccolta dell'acqua è posto un pannello mobile (dotato di sensore) che si apre automaticamente al cadere delle prime gocce di pioggia per poi richiudersi al termine dell'evento atmosferico.

I dati rilevati nella stazione di Modena sono riportati nei grafici seguenti dove sono rappresentati i trend di solfati, fluoro, ammoniaca e nitrati dal 1992 al 2007; nei grafici sono rappresentati anche i dati storici delle stazioni di Carpi, Pievepelago, Vignola e Fiorano attualmente non più attive.

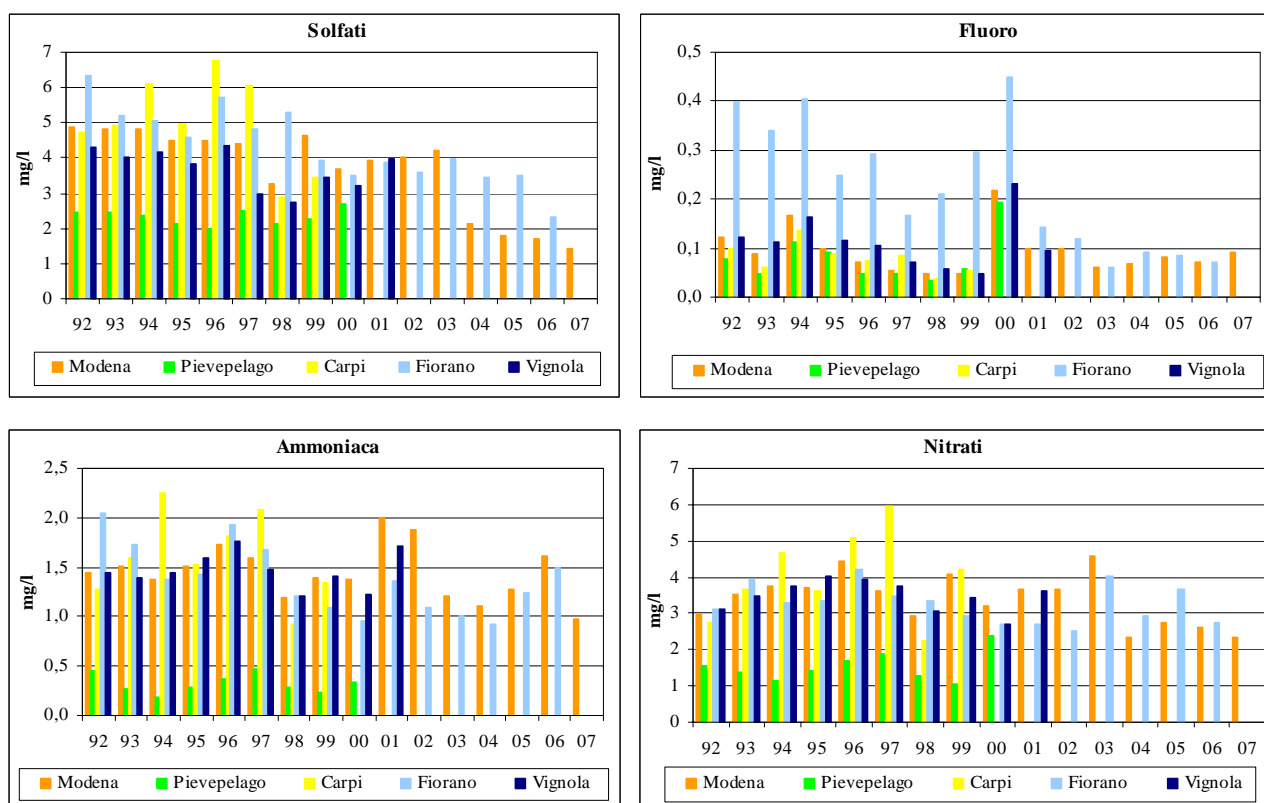


Figura 9.1: trend delle concentrazioni medie annue

I **solfati**, la cui origine è attribuibile alle emissioni di SO_2 , sono andati progressivamente riducendosi nel tempo rispetto ai livelli registrati negli anni 90 (5 – 6 mg/l), a seguito della diminuzione del contenuto di zolfo nei combustibili. Per l'anno 2007, si rileva una sostanziale stazionarietà delle concentrazioni rispetto all'anno precedente nei livelli rilevati a Modena.

I **fluoruri**, la cui fonte di emissione è riconducibile nella nostra Provincia all'attività ceramica, confermano anche per il 2007 valori medi prossimi al limite di rilevabilità strumentale; sebbene per la stazione di Fiorano il dato del 2007 non sia disponibile, i livelli evidenziati nel grafico a partire dal 2002 evidenziano anche per questa zona un trend in diminuzione.

I **nitrati**, la cui presenza è tipica in aree fortemente antropizzate, nel 2007 hanno registrato un lieve calo già riscontrato nell'anno precedente.

L'**ammoniaca** presenta un calo nel 2007 rispetto l'anno precedente in controtendenza con il trend in leggero aumento riscontrato negli anni 2005 e 2006. L'ammoniaca viene prodotta sia da fonti naturali, sia antropiche: oltre che nei processi di fissazione naturale ad opera di microrganismi del suolo, l' NH_3 viene prodotta industrialmente ed utilizzata come fertilizzante in agricoltura, viene emessa dagli allevamenti di bestiame e, su scala urbana, dai gas di scarico delle automobili catalizzate.

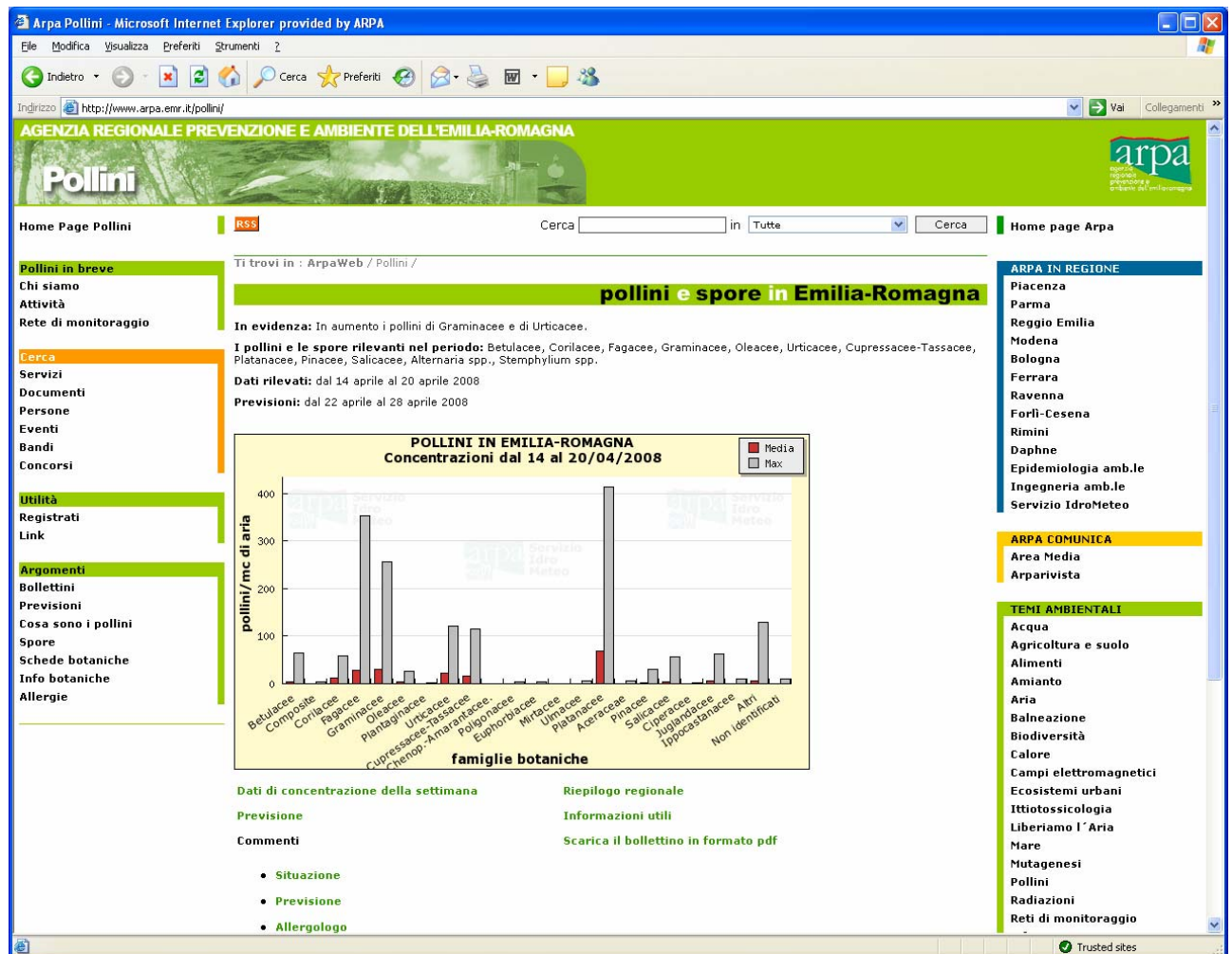
L'accumulo di azoto reattivo, compresi NH_3 ed NH_4^+ , nelle riserve ambientali può avere effetti sia benefici, sia dannosi sulla biosfera. Infatti, in sistemi naturali nei quali l'azoto è il nutriente limitante, l'azoto reattivo derivante dall'atmosfera può avere effetti positivi sulla produttività, favorendo l'aumento della fotosintesi e l'accumulo di azoto inorganico nel suolo. Tuttavia, quando l'ingresso di azoto eccede le richieste del sistema, possono verificarsi stress ambientali, quali l'acidificazione del suolo, il declino delle foreste e l'eutrofizzazione delle superfici d'acqua. L'ammoniaca ha un ruolo importante nella chimica della troposfera in quanto è il composto gassoso basico più abbondante e rappresenta il maggior agente neutralizzante nei confronti dei gas acidi. Presenta elevata solubilità in acqua e reagisce con la fase particolata (l'ammonio, assieme al solfato, al carbonio organico e ad alcuni metalli di transizione predominano nelle particelle fini ($\text{PM}_{2.5}$)).

10 POLLINI E SPORE AERODISPERSE

La rete regionale di monitoraggio dei pollini allergenici gestita da ARPA è costituita da 10 stazioni localizzate nei capoluoghi di Provincia (da Piacenza a Rimini, con l'aggiunta di Cesena), situate in corrispondenza di aree densamente popolate, dove l'incidenza delle pollinosi è in costante aumento.

Le stazioni di monitoraggio di ARPA Emilia Romagna sono attive tutto l'anno, dal 1 gennaio al 31 dicembre: vengono analizzati campioni giornalieri sottoposti ad analisi in microscopia ottica per il riconoscimento ed il conteggio dei granuli pollinici e delle spore fungine. Questo servizio si è consolidato e perfezionato nel corso degli anni divenendo un riferimento ormai insostituibile sia per pazienti allergici che per medici allergologi.

Il bollettino regionale **“Bollettino Pollini Allergenici”** è settimanale (viene aggiornato ogni martedì), copre l'intero periodo dell'anno, si trova nel sito di Arpa www.arpa.emr.it, oppure su Televideo di RAI TRE Emilia Romagna alla pag. 537, televideo di Rete 7, Antenna1, Tele Tricolore pag. 180, inoltre viene inviato un bollettino personalizzato sulla situazione pollinica a Modena direttamente a chi lo richiama.



Durante l'anno 2007 la parte del sito di Arpa dedicato ai pollini (<http://www.arpa.emr.it/pollini/>), è stato completamente trasformato, con lo scopo di ampliare l'informazione e migliorarne la lettura.

I principali elementi di novità riguardano:

- la tipologia di bollettino provinciale: il bollettino per famiglie presenta la caratterizzazione delle classi (assente, basso, medio e alto) anche a colori (bianco, giallo, arancione e rosso)
- la possibilità di avere maggiore dettaglio con il bollettino settimanale per specie
- i riepiloghi regionali (concentrazioni medie e massime rilevate in Emilia-Romagna)
- le pagine di previsione, disponibili oggi nella doppia visualizzazione per località e per famiglia botanica
- l'anagrafica della rete di monitoraggio pollini, con tutte le informazioni relative ai campionatori
- una pagina dedicata alle spore fungine
- le fonti informative, in Italia e all'estero, relative a pollini e spore
- l'archivio in linea dei bollettini dei pollini

Inoltre i dati relativi alle Stazioni presenti in Emilia-Romagna, sono da oggi disponibili anche sul sito della Rete Italiana di Monitoraggio Aerobiologico ([RIMA](http://rima.siag.it/Default_it.aspx)) all'indirizzo http://rima.siag.it/Default_it.aspx, sito che raccoglie i dati di numerosi centri distribuiti sull'intero.

Analisi dei dati

Vengono di seguito esposte e commentate le concentrazioni dei pollini e delle spore fungine rilevate nella zona di Modena durante l'anno 2007.

Le famiglie ricercate sono le seguenti: betulacee, composite, corilacee, fagacee, graminacee, oleacee, plantaginacee, urticacee, cupressacee, chenopodiacee, poligonacee, euforbiacee, mirtacee, ulmacee, platanacee, aceracee, pinacee, salicacee, ciperacee, juglandacee, ippocastanacee e come spore l'alternaria e lo stemphylium.

Di queste famiglie, dieci sono considerate da AIA come le più significative dal punto di vista allergenico; sono caratterizzate da impollinazione anemofila, cioè attraverso il vento (si ricorda che tale veicolo di movimentazione interviene non solo sull'aggregazione o disaggregazione dei pollini nell'aria fra loro, ma agisce anche sui particolati prodotti dall'inquinamento atmosferico, fattore che contribuisce, come noto, alla diffusione delle patologie allergiche, soprattutto respiratorie ed oculari).

La rappresentazione grafica sottostante (*Figura 10.1*) mette in evidenza la presenza percentuale delle diverse famiglie secondo quanto rilevato nell'anno 2007 nel territorio provinciale di Modena: le famiglie presenti in maggiore quantità sono in ordine le Urticacee, le Corilacee, le Graminacee e le Cupressacee.

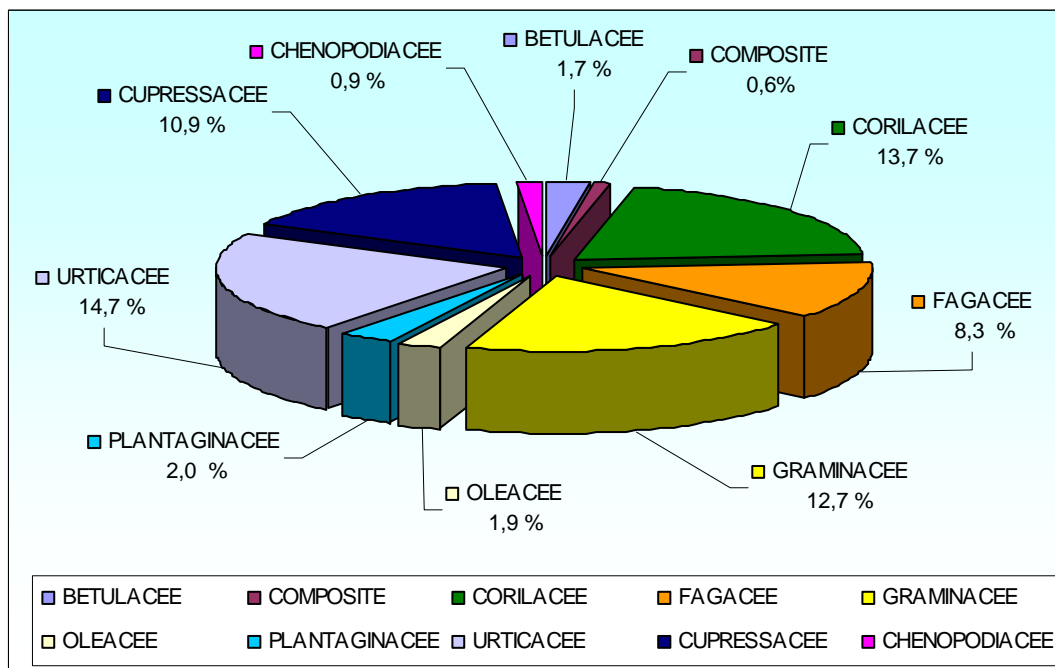


Figura 10.1: Presenza percentuale delle famiglie significative dal punto di vista allergenico

Nel complesso la pollinazione nel 2007 è stata inferiore a quella del 2006: 45122 pollini/m³ contro i 62500 pollini/m³ dell'anno precedente.

L'inverno 2007 è stato caldo ed il mese di gennaio in assoluto il più caldo della serie storica, con l'alta pressione assoluta dominatrice. A febbraio le correnti atlantiche e umide hanno portato precipitazioni abbondanti sul crinale appenninico emiliano, mentre la pianura e la Romagna in genere sono rimaste secche.

La primavera ha visto un mese di marzo molto dinamico sia per irruzioni d'aria fredda sia per le correnti umide del Mediterraneo, che hanno portato piogge abbondanti su tutta la regione. Nel mese d'aprile, però, un esteso e duraturo anticiclone di blocco interessa tutta l'Europa occidentale, dove si registra un mese eccezionalmente secco. La situazione si modifica parzialmente nell'ultimo mese della primavera grazie alle correnti atlantiche che portano nuovamente le piogge sull'Emilia occidentale, mentre da Modena al mare le precipitazioni saranno più irregolari.

La caratteristica principale dell'estate 2007, sulla falsa riga del 2006, è stata la mutevolezza delle condizioni meteo tra un periodo e l'altro: con un mese di giugno perturbato e temporalesco nella prima parte, e molto caldo nella seconda parte del mese.

Durante i mesi autunnali le precipitazioni sono state irregolari durante il mese di settembre, abbondanti ad ottobre, mentre in novembre le correnti fredde e secche hanno lasciato all'asciutto tutta la regione.

In conclusione, l'anno 2007 è stato poco piovoso, alla pari dell'anno che l'ha preceduto, ma con effetti sulle disponibilità idriche peggiori. Se, infatti, nel 2006 le risorse erano al meglio, grazie alle copiose piogge dell'autunno 2005, il 2007 ha ereditato una situazione più compromessa. Le temperature sono state abbondantemente superiori al valor medio a causa dell'inverno e della primavera molto caldi, seguiti da un'estate nuovamente sulle montagne russe e da un autunno freddo.

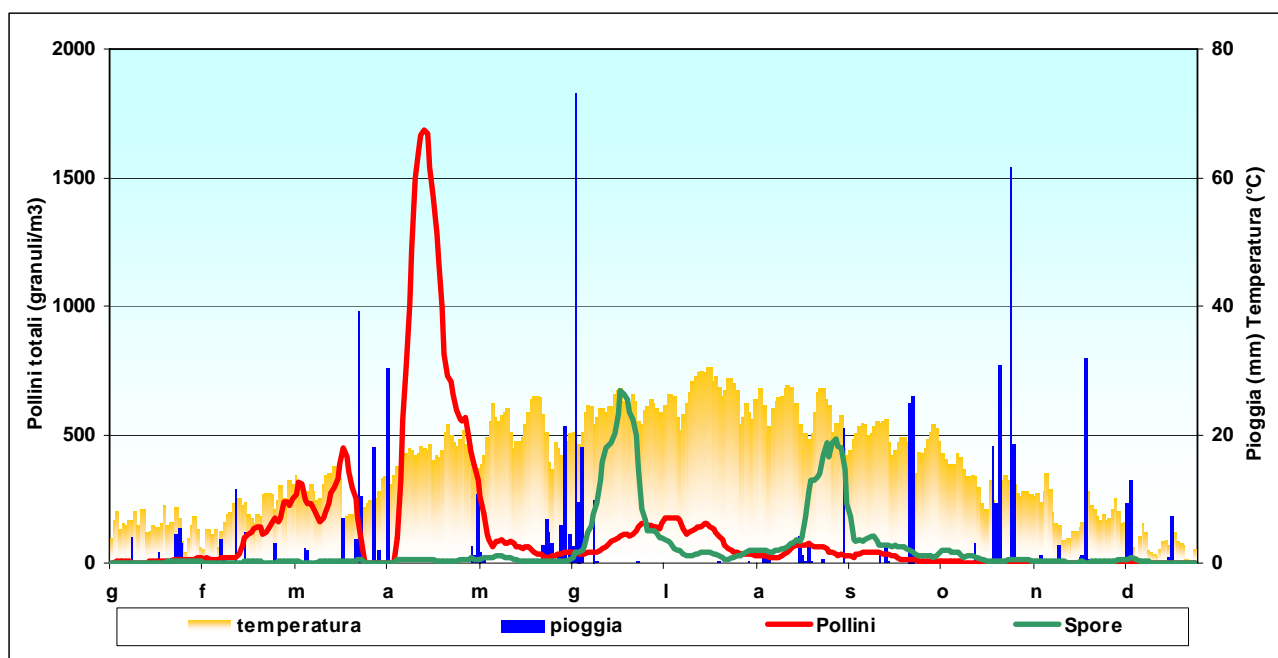


Figura 10.2: Pollini e spore - andamento annuale delle medie mobili settimanali

La maggior parte dell' emissione pollinica è avvenuta tra il mese di marzo e di aprile: la massima concentrazione giornaliera dell'anno, si è verificata il 14 aprile con 1959 granuli/m³.

Da segnalare, visto l'elevata piovosità tra fine maggio-inizio giugno il picco di spore avvenuto in questo periodo, maggiore rispetto quello che si verifica normalmente a fine estate: la massima concentrazione giornaliera dell'anno si è verificata il 20 giugno con 1261 spore /m³.

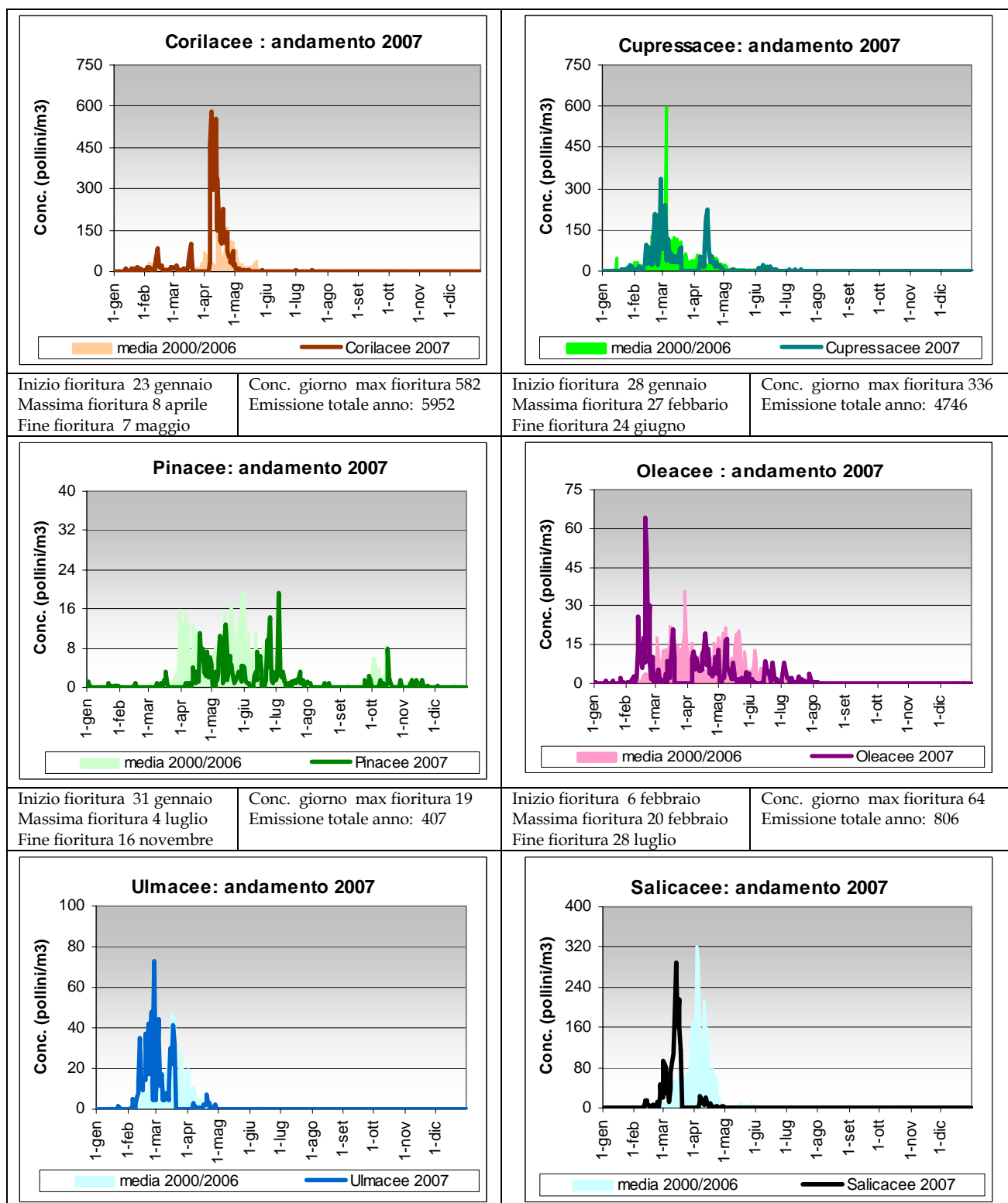
Ricordiamo infatti che il periodo relativo alle elevate concentrazioni di spore fungine, corrisponde al periodo maggio-settembre, perché caratterizzato da elevata umidità e aumento dei flussi aerei, fattori idonei alla dispersione delle spore rispetto anche agli stessi granuli di polline

Nel 2007 la fioritura ha avuto inizio a fine gennaio con i pollini di *Cupressacee*, del nocciolo (*Corylacee*) e del pino (*Pinacee*), cui presto si affiancano a febbraio quelli dell'olmo (*Ulmacee*), dell'ontano (*Betulacee*), del pioppo (*Salicacee*) e frassino (*Oleacee*). A marzo le concentrazioni aumentano bruscamente all'avanzare della stagione e arrivano, acero (*Aceracee*) e via via si aggiungono altri pollini di alberi quali, betulla (*Betulacee*), carpino nero (*Corylacee*), quercia (*Fagacee*), platano (*Platanacee*) che sono assai abbondanti in aprile. In questo momento, la pioggia pollinica è fitta e varia e, a poco a poco, compaiono in aria anche i pollini delle piante erbacee. Essi diventano dominanti grazie alle graminee (*Graminacee*) a fine aprile. In questo periodo, tra le piante legnose, hanno ancora una certa rilevanza i pini (*Pinacee*) e, in giugno-luglio, il castagno (*Fagacee*). Intanto, iniziano già a fiorire la parietaria (*Urticacee*) che dominerà la pioggia pollinica fino settembre, accompagnate da varie altre erbe tipicamente a fioritura estiva quali ambrosia e artemisia (*Composite*), chenopodi (*Chenopodiacee*) e piantaggini (*Plantaginacee*). Infine, la concentrazione si affievolisce e, nell'ultimo periodo dell'anno, è diffuso in aria soprattutto il polline dei cedri (*Pinacee*), alberi sempreverdi esotici che, con l'abbondante produzione di strobili maschili, spargono a terra il tappeto autunnale della loro polvere gialla.

In piena estate inizia anche la sporulazione, che continua per tutto l'autunno, di *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Botrytis*, per citare solo le spore più frequenti e diffuse. Vengono registrate solo le concentrazioni di *Stemphylium*, per l'interesse fitopatologico che riveste, e di *Alternaria* che oltre un'importanza nell'ambito della patologia vegetale, ricopre anche una rilevanza di tipo allergologico analogamente ai pollini.

Si riportano di seguito, gli andamenti nell'anno, delle concentrazioni giornaliere delle principali famiglie ricercate, ognuna messa a confronto con i dati mediati dal 2000 al 2006; sotto ad ogni grafico sono dettagliate le seguenti informazioni:

1. Giorno d'inizio della fioritura (intesa come il giorno in cui è stato emesso l'1% dei granuli)
2. Giorno di massima fioritura (granuli / mc)
3. Giorno di fine fioritura (intesa come il giorno in cui è stato emesso il 99% dei granuli)
4. Concentrazione di granuli emessi nel giorno di massima fioritura (granuli/mc)
5. Numero totale di granuli emessi nell'anno (n° granuli/mc)



<p>Inizio fioritura 9 febbraio Massima fioritura 27 febbraio Fine fioritura 21 aprile</p>	<p>Conc. giorno max fioritura 73 Emissione totale anno: 835</p>	<p>Inizio fioritura 13 febbraio Massima fioritura 14 marzo Fine fioritura 17 aprile</p>	<p>Conc. giorno max fioritura 288 Emissione totale anno: 2536</p>
<p>Betulacee: andamento 2007</p> <p>Conc. (pollini/m3)</p> <p>1-gen 1-feb 1-mar 1-apr 1-mag 1-giu 1-lug 1-ago 1-set 1-ott 1-nov 1-dic</p> <p>media 2000/2006 Betulacee 2007</p>		<p>Aceracee: andamento 2007</p> <p>Conc. (pollini/m3)</p> <p>1-gen 1-feb 1-mar 1-apr 1-mag 1-giu 1-lug 1-ago 1-set 1-ott 1-nov 1-dic</p> <p>media 2000/2006 Aceracee 2007</p>	
<p>Inizio fioritura 19 febbraio Massima fioritura 2 marzo Fine fioritura 1 maggio</p>	<p>Conc. giorno max fioritura 109 Emissione totale anno: 721</p>	<p>Inizio fioritura 8 marzo Massima fioritura 18 marzo Fine fioritura 6 settembre</p>	<p>Conc. giorno max fioritura 76 Emissione totale anno: 387</p>
<p>Graminacee: andamento 2007</p> <p>Conc. (pollini/m3)</p> <p>1-gen 1-feb 1-mar 1-apr 1-mag 1-giu 1-lug 1-ago 1-set 1-ott 1-nov 1-dic</p> <p>media 2000/2006 Graminee 2007</p>		<p>Fagacee: andamento 2007</p> <p>Conc. (pollini/m3)</p> <p>1-gen 1-feb 1-mar 1-apr 1-mag 1-giu 1-lug 1-ago 1-set 1-ott 1-nov 1-dic</p> <p>media 2000/2006 Fagacee 2007</p>	
<p>Inizio fioritura 17 marzo Massima fioritura 26 aprile Fine fioritura 12 settembre</p>	<p>Conc. giorno max fioritura 250 Emissione totale anno: 5509</p>	<p>Inizio fioritura 16 marzo Massima fioritura 5 luglio Fine fioritura 29 luglio</p>	<p>Conc. giorno max fioritura 148 Emissione totale anno: 3616</p>
<p>Platanacee: andamento 2007</p> <p>Conc. (pollini/m3)</p> <p>1-gen 1-feb 1-mar 1-apr 1-mag 1-giu 1-lug 1-ago 1-set 1-ott 1-nov 1-dic</p> <p>media 2000/2006 PLATANACEE</p>		<p>Composite: andamento 2007</p> <p>Conc. (pollini/m3)</p> <p>1-gen 1-feb 1-mar 1-apr 1-mag 1-giu 1-lug 1-ago 1-set 1-ott 1-nov 1-dic</p> <p>media 2000/2006 Composite 2007</p>	
<p>Inizio fioritura 19 marzo Massima fioritura 10 aprile Fine fioritura 20 maggio</p>	<p>Conc. giorno max fioritura 984 Emissione totale anno: 9419</p>	<p>Inizio fioritura 7 aprile Massima fioritura 28 agosto Fine fioritura 29 ottobre</p>	<p>Conc. giorno max fioritura 12 Emissione totale anno: 252</p>

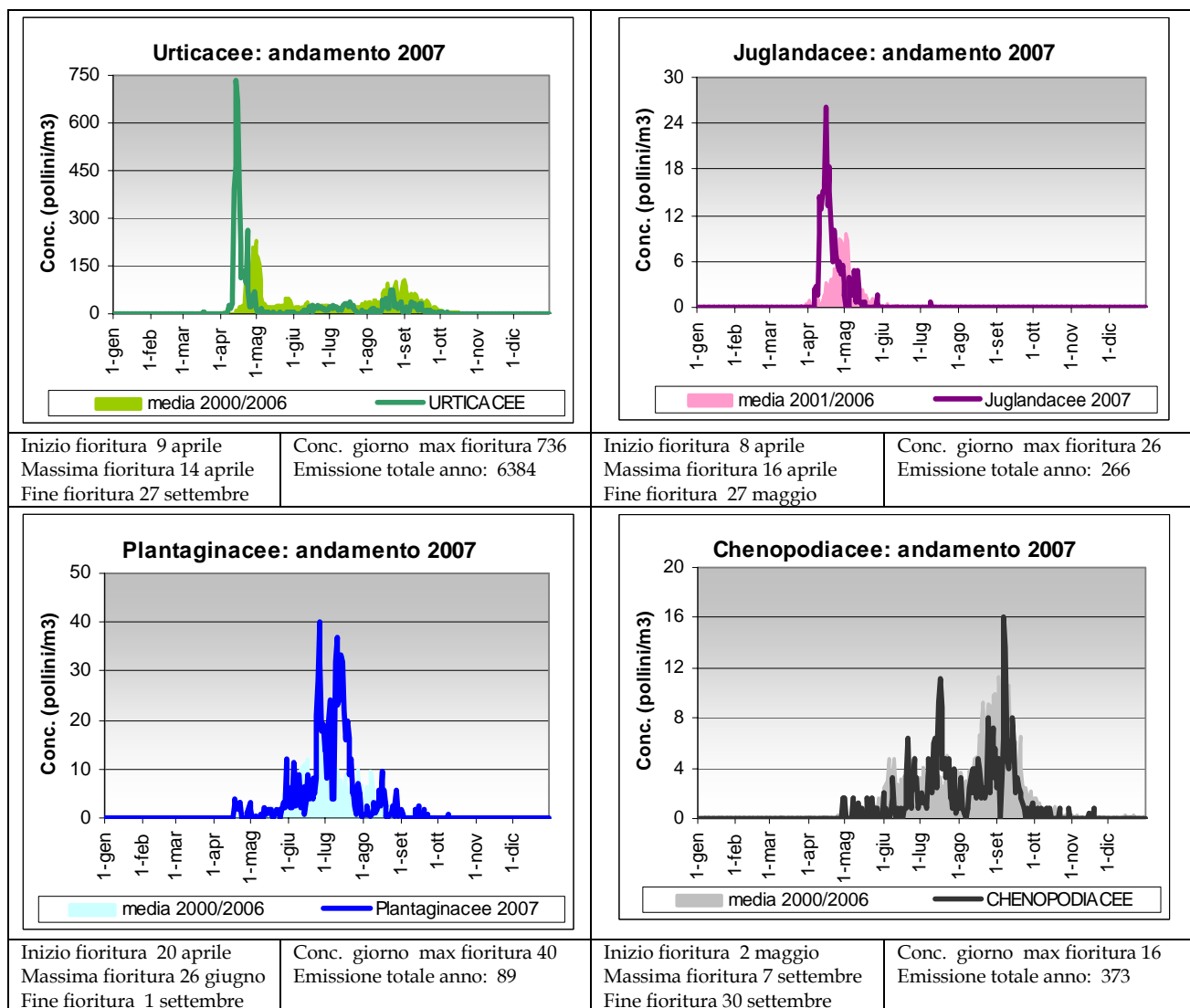


Figura 10.3: Famiglie Arboree ed Erbacee ad emissione pollinica di interesse allergologico: andamento annuale a confronto con le medie dal 2000 al 2006

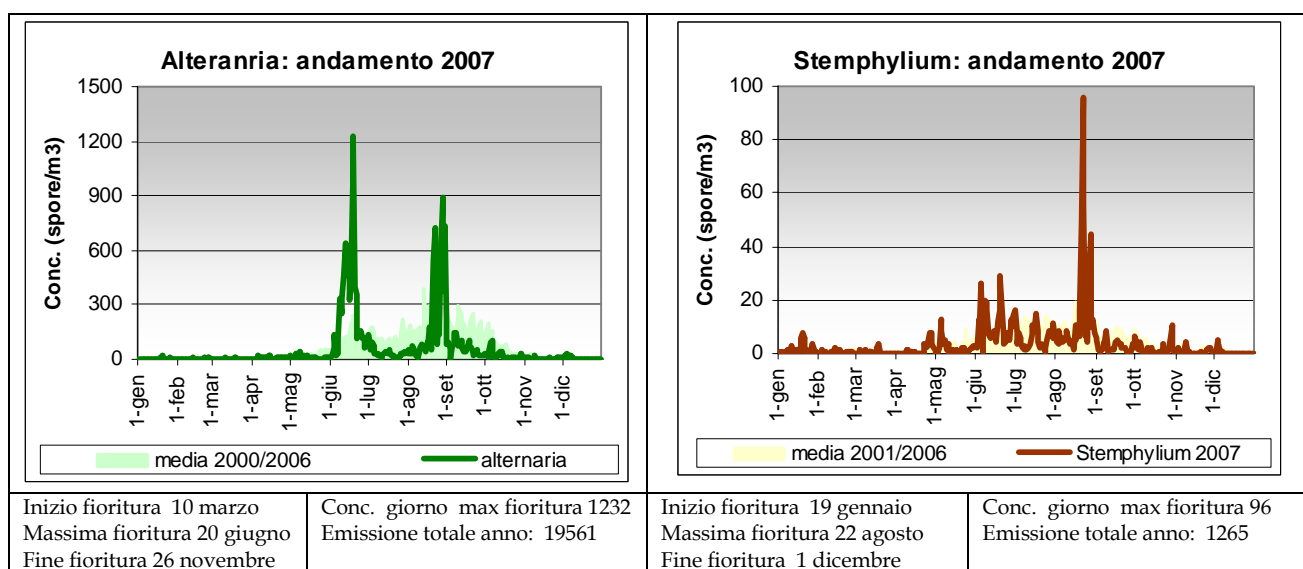


Figura 10.4: Spore di nteresse allergologico: andamento annuale a confronto con le medie dal 2000 al 2006

Il confronto visualizzato in Figura 10.3, ci permette di valutare l'andamento dell'anno trascorso rispetto ad un calendario pollinico costruito con i dati provenienti dalle analisi effettuate negli anni precedenti.

Dalle curve si può evidenziare che la stagione pollinica è iniziata prima rispetto agli anni precedenti; fattore dovuto all'aumento delle temperature medie nella prima parte dell'anno, rispetto agli anni precedenti: l'anticipo stagionale è più evidente per le famiglie che fioriscono tra febbraio e marzo, quali Corilacee, Oleacee, Salicacee, Ulmacee e Aceracee, ma si nota anche per Urticacee, Graminacee e Juglandacee.

Se si confrontano invece le emissioni polliniche massime, per Betulacee, Urticacee, Aceracee, Juglandacee e Plantaginacee, la stagione ha favorito l'emissione di concentrazioni più alte di pollini, rispetto agli anni precedenti.

Per quanto riguarda le spore, *Figura 10.4*, l'*Alternaria* ha avuto un valore massimo più alto nel periodo di fine giugno rispetto agli anni precedenti, mentre lo *Stemphylium* ha avuto il picco di emissione massima, a settembre come in generale avviene per le spore, con un dato più alto rispetto agli anni precedenti.

Dal confronto della emissione totale dei pollini divise per famiglie, si nota una spiccata variabilità negli anni per la maggior parte delle famiglie esaminate, da cui però emerge un trend leggermente decrescente per le Graminacee, un aumento delle Corylacee e una maggior stazionarietà per Chenomamarantacee e Cupressacee.

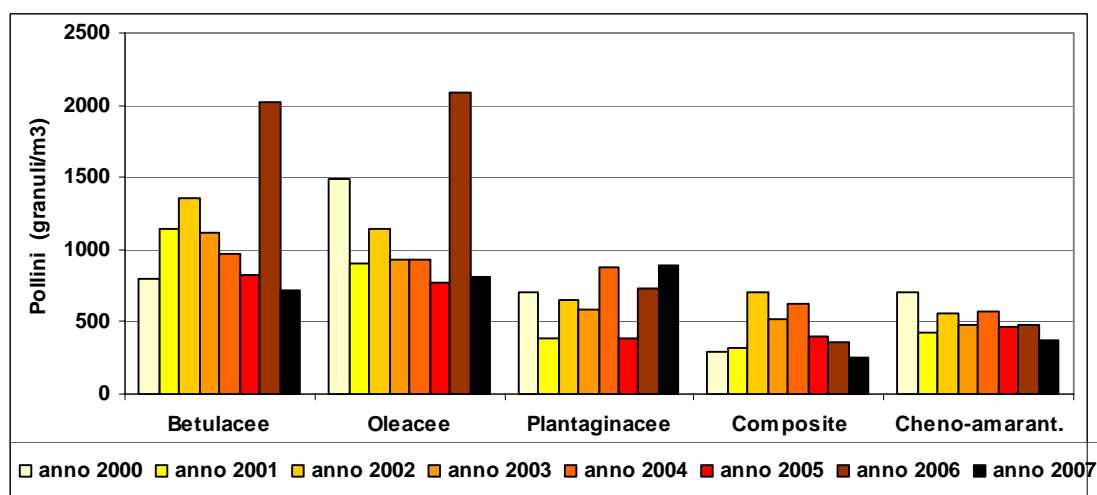
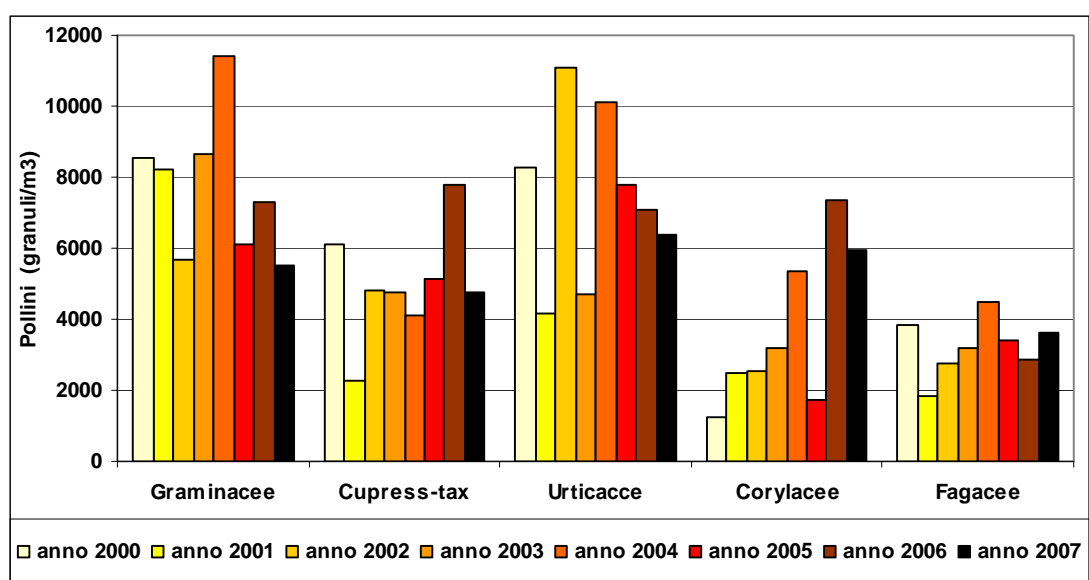


Figura 10.5: Emissione pollinica totale - confronto famiglie anno 2000/2007

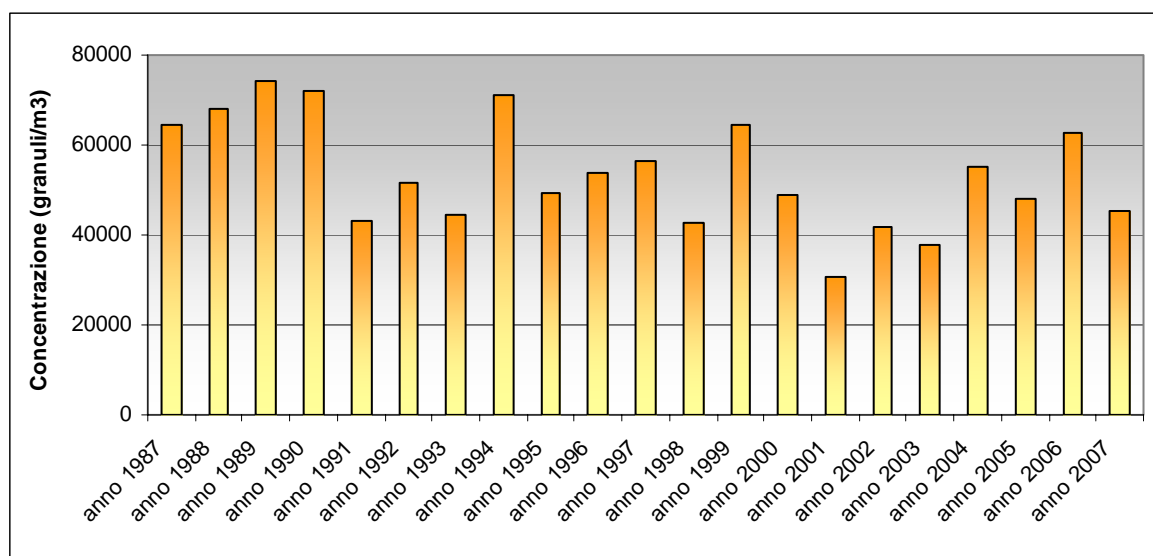


Figura 10.6: Emissione pollinica totale - confronto dal 1987 al 2007

La variabilità è confermata anche se si analizzano gli ultimi 20 anni dell'emissione pollinica, dove si possono notare anni con concentrazioni tra i 60000-70000 granuli/m³, (dal 1987/1990, 1994, 1999 e 2006), e anni invece in cui i livelli si attestano su valori più contenuti, tra 40000-50000 granuli/m³. Complessivamente, comunque, dalla fine degli anni 80 si può notare un leggero calo dell'emissione pollinica totale.

11 BIOMONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

Le tecniche di **biomonitoraggio** permettono di identificare lo stato di alcuni parametri ambientali sulla base degli effetti da essi indotti su organismi sensibili. Questi si manifestano a due livelli, che corrispondono a due categorie di tecniche:

- tecniche di bioaccumulo, che misurano le concentrazioni di sostanze in organismi in grado di assorbirle ed accumularle dall'ambiente;
- tecniche di **bioindicazione**, che stimano modificazioni morfologiche, fisiologiche o genetiche a livello di organismo, di popolazione o di comunità (Nimis, 1998).

Queste tecniche di biomonitoraggio vengono sempre più impiegate per la valutazione della qualità dell'aria utilizzando specie vegetali come monitors. Tra i vegetali maggiormente utilizzati vi sono muschi e licheni. L'impiego di questi organismi è dovuto principalmente al fatto che il loro metabolismo dipende quasi esclusivamente dalle deposizioni umide e secche dell'atmosfera. Inoltre, l'assenza di cuticola a rivestimento dei loro tessuti ne favorisce l'incremento della capacità di assorbimento e di accumulo di sostanze prelevate dall'aria.

I licheni sono maggiormente impiegati come bioindicatori della "qualità dell'aria", correlando la biodiversità delle comunità licheniche presenti sui tronchi degli alberi, ai livelli ambientali di inquinanti gassosi. In pratica, variazioni del loro aspetto esteriore, della copertura e della ricchezza floristica sono correlate alla presenza di inquinanti quali: biossido di zolfo, ossidi di azoto, idrocarburi e fluoruri ecc. (Nimis, 1994b).

Le ragioni di questo sono da ricercare:

- l'assorbimento delle sostanze, da parte del lichene avviene esclusivamente attraverso la superficie;
- diversamente dalle piante superiori non hanno la cuticola (strato protettivo); gli inquinanti possono quindi penetrare inalterati all'interno delle cellule fungine e algali;
- hanno un lento tasso di accrescimento e scarsa capacità di riparare rapidamente ad eventuali danni;
- durante i periodi con più umidità aumentano l'attività metabolica
- continuano a metabolizzare a basse temperature, quindi possono subire danni anche nel periodo invernale;
- le influenze esterne possono gravemente danneggiare la fragile associazione simbiotica che li caratterizza.

Durante l'anno 2004 è iniziato un progetto di collaborazione con l'Istituto Tecnico Industriale E. Fermi, che riguarda il "Biomonitoraggio della Qualità dell'Aria attraverso i Licheni epifiti" del Comune di Modena che avrà una durata di circa tre anni.

Il progetto si è articolato in diverse fasi:

- Individuazione delle Aree campione (UCP) con la costruzione di cartine di dettaglio
- Definizione delle specie arboree adatte al monitoraggio
- Individuazione delle unità campionarie secondarie (UCS)
- Scelta del metodo da adottare per il rilievo e il relativo monitoraggio
- Preparazione della scheda di rilevamento e della cartografia dell'area
- Rilievi in campo
- Compilazione delle schede
- Georeferenziazione dei punti campionati
- Elaborazione e diffusione dei dati raccolti

L'Istituto E. Fermi si occupa, avvalendosi degli studenti delle classi III° e IV del Corso di "Chimica" di ogni anno scolastico, dei rilievi in campo e della compilazione delle schede, mentre le altre fasi sono a cura di Arpa.

Area di studio

L'area di studio comprende il Comune di Modena che si estende su una superficie di circa 182 km². Utilizzando le Carte Tematiche Regionali (C.T.R.) 1:25.000 è stato possibile definire un reticolo di riferimento che comprende una maglia quadrata di 2 km di latitudine e 2 km di longitudine (2 km x 2 km), per un totale di 50 aree di studio catalogate da un numero identificativo.

Ogni quadrato o Unità Campionaria Primaria (UCP), delimitate dal contorno rosso nella Figura 11.1, è stato successivamente suddiviso in 4 quadrati uguali dette Unità Campionarie Secondarie (UCS), delimitate dal contorno blu (Figura 11.1), con dimensioni di 1Km di lato.

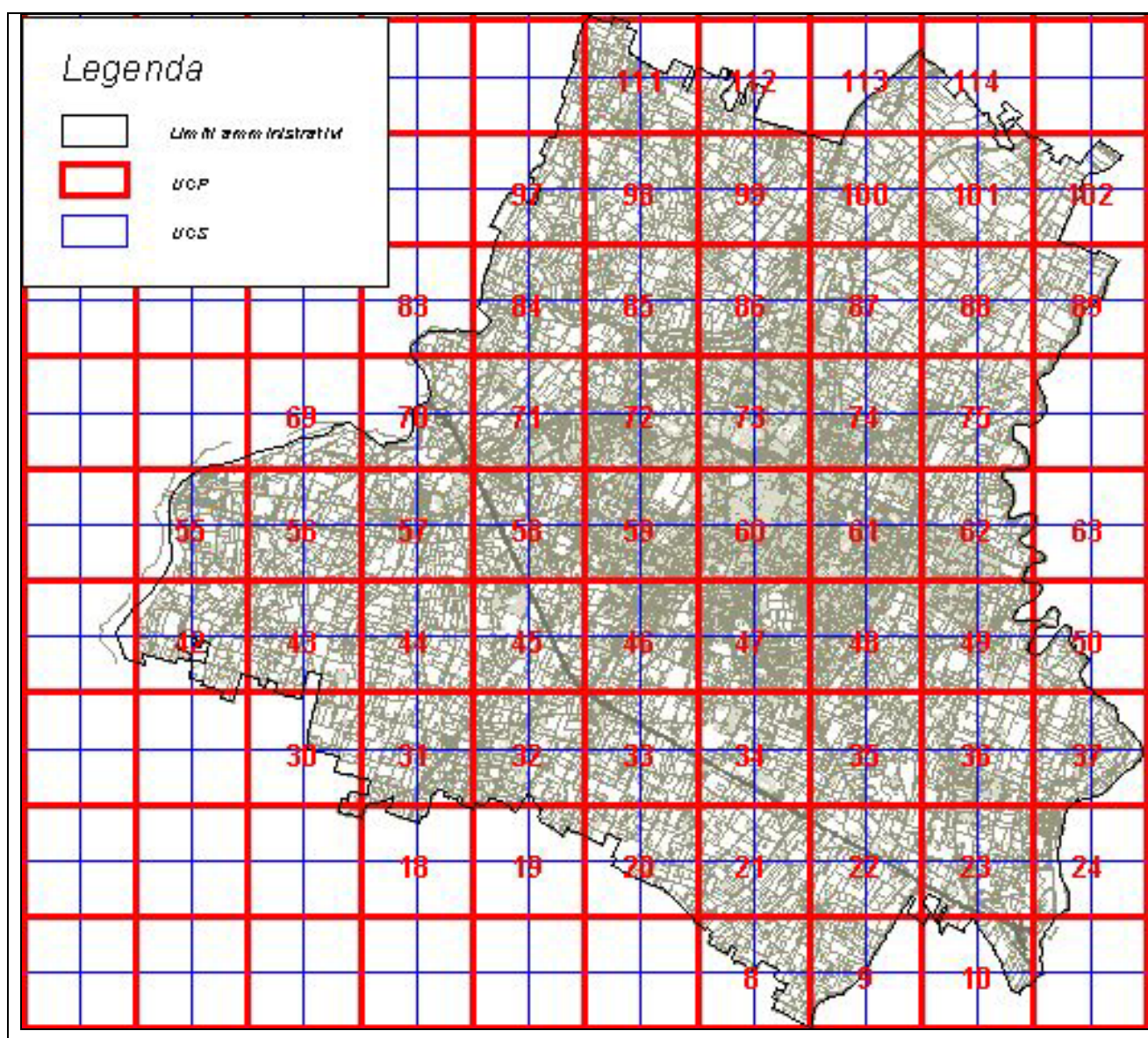


Figura 11.1: Area di studio e Unità campionarie primarie e secondarie

Metodo


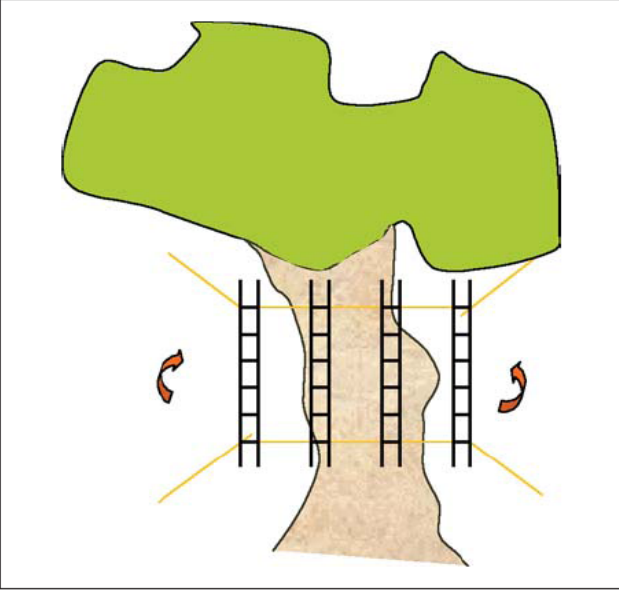
Il metodo adottato, seguendo i protocolli ANPA, prevede la misura della biodiversità lichenica su tronchi d'albero, definita come la somma delle frequenze delle specie presenti entro un reticolo a cinque maglie di area costante. Il reticolo di rilevamento adottato è di dimensioni 40 x 50 cm, suddiviso in cinque unità di 10 x10 cm (Nimis 1999a).






La scelta delle specie di alberi è stata fortemente condizionata dalle caratteristiche ambientali della pianura modenese che presenta forte urbanizzazione ed elevato sfruttamento ad uso agricolo del territorio.

I forofiti sui cui è stato eseguito il rilievo appartengono al gruppo a pH acido e sono alberi appartenenti alla Famiglia Tiliaceae, Genere Tilia spp.

Per ogni campionamento sono state verificate le seguenti caratteristiche:

- Inclinazione del tronco non superiore ai 10°, per evitare effetti dovuti all'eccessiva eutrofizzazione di superfici molto inclinate
- Circonferenza minima 60 cm, per evitare situazioni di flora lichenica pioniera
- Assenza di fenomeni evidenti di disturbo (verniciature, gravi malattie della pianta..)

<p>In ciascuna unità campionaria secondaria (UCS) si individuano almeno tre alberi: punti di campionamento</p>	
<p>Su ciascun albero si posiziona il reticolo in modo che la parte inferiore di ciascuna unità si trovi ad una altezza di 100 cm dal suolo.</p> <p>Si annotano le specie licheniche in corrispondenza dei quattro punti cardinali.</p> <p>Nel posizionare la griglia vanno evitate:</p> <ul style="list-style-type: none"> -parti del tronco danneggiate o decorticate -parti con evidenti nodosità -parti corrispondenti alle fasce di scolo con periodico scorrimento di acqua piovana 	

 <p>agenzia regionale prevenzione e ambiente dell'emilia romagna</p>	<p>Sezione Provinciale di Modena</p> <p>Viale Fontanelli, 23 41100 Modena</p>	 <p>Istituto Tecnico Industriale Provinciale Enrico Fermi</p>	<p>Istituto Tecnico Provinciale Industriale E. Fermi</p> <p>Via Luosi n. 23 41100 Modena</p>
<p>UCP: 74 UCS: A</p> <p>DATA: 20/05/2005</p> <p>GRUPPO DI LAVORO: 4E</p>			
<p>Foto 1° albero</p> 	<p>Foto 2° albero</p> 	<p>Foto 3° albero</p> 	
<p>Descrizione 74A1</p> <p>Via Giovanni XXIII; 1° sx, di fronte al civ 3</p>	<p>Descrizione 74A2</p> <p>Via Giovanni XXIII; sx passo carraio civico n 2</p>	<p>Descrizione 74A3</p> <p>Via Giovanni XXIII; penultimo taglio per v. Torrazzo</p>	
<p>Coordinate 1 655553 4947036</p>	<p>Coordinate 2 655579 4947022</p>	<p>Coordinate 3 655604 4947005</p>	
<p>Inclinazione albero <10°</p> <p>SI x NO <input type="checkbox"/></p>	<p>Inclinazione albero <10°</p> <p>SI x NO <input type="checkbox"/></p>	<p>Inclinazione albero <10°</p> <p>SI x NO <input type="checkbox"/></p>	
<p>Circonferenza (minima 60 cm)</p> <p>SI x NO <input type="checkbox"/></p>	<p>Circonferenza (minima 60 cm)</p> <p>SI x NO <input type="checkbox"/></p>	<p>Circonferenza (minima 60 cm)</p> <p>SI x NO <input type="checkbox"/></p>	
<p>Assenza di fenomeni di disturbo</p> <p>SI x NO <input type="checkbox"/></p>	<p>Assenza di fenomeni di disturbo</p> <p>SI x NO <input type="checkbox"/></p>	<p>Assenza di fenomeni di disturbo</p> <p>SI x NO <input type="checkbox"/></p>	
<p>Altezza del rilev. cm 100</p>	<p>Altezza del rilev. cm 100</p>	<p>Altezza del rilev. cm 100</p>	
<p>Circonferenza esatta nel punto del rilievo cm 71</p>	<p>Circonferenza esatta nel punto del rilievo cm 66</p>	<p>Circonferenza esatta nel punto del rilievo cm 79</p>	
<p>Rilevamento :</p>	<p>Rilevamento :</p>	<p>Rilevamento :</p>	
<p>nord sud</p> <p>6 5</p>	<p>nord sud</p> <p>6 4</p>	<p>nord sud</p> <p>7 7</p>	
<p>est ovest</p> <p>6 11</p>	<p>est ovest</p> <p>8 8</p>	<p>est ovest</p> <p>6 11</p>	
<p>Valore di BLs 1: 28</p>	<p>Valore di BLs 2: 26</p>	<p>Valore di BLs 3: 31</p>	

Per permettere una ripetizione dello studio, nella scheda di campionamento sono state annotate per ogni albero, l'esatta posizione (coordinate), l'esposizione (punti cardinali), la foto, altezza dal suolo della base del reticolo e la circonferenza del tronco a metà del reticolo.

Sono poi state annotate tutte le specie licheniche presenti in ciascuna unità e la loro frequenza, calcolata come numero di quadrati in cui ogni specie è presente (0-5); se lo stesso individuo è presente in più di un quadrato, la sua frequenza è pari al numero di quadrati in cui è presente.

Il valore di biodiversità lichenica relativo all'albero campionato (BLs) si ottiene facendo la somma delle frequenze rilevate in ciascuna subunità.

Il valore di BLs relativo alla subunità analizzata (UCS), si ottiene facendo la media aritmetica dei valori provenienti da ciascun campionamento.

Risultati

Data l'elevata estensione della zona, durante gli anni 2004/2005/2006, si è proceduto a campionare la parte centrale del Comune di Modena, cioè le subunità 46, 47, 48, 59, 60, 61, 72, 73, 74, 86.

L'area sottoposta ad indagine durante l'anno 2007 è la subunità 87 e 101, zona Nord località Albareto: l'area in esame è collocata in una zona di transizione tra un territorio urbanizzato con uso prevalentemente di tipo industriale (a sud ad ovest dell'area in esame) e un territorio caratterizzato da case sparse e da terreni destinati ad uso agricolo (a nord ad est dell'area in esame). La suddivisione tra queste due aree è accentuata dalla presenza del Canale Naviglio che sembra rappresentare la linea di demarcazione tra questi due differenti territori.

Nella zona monitorata precisamente in Via Cavazza, sono presenti l'Impianto di Termovalorizzatore con recupero di energia, l'impianto di trattamento biologico acque reflue urbane e rifiuti liquidi nonché un impianto di trattamento chimico fisico reflui e rifiuti liquidi, tutti della società "HERA s.p.a.", e sottoposti a specifiche procedure per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale.

**Indice di Biodiversità
Lichenica (BLs) - Anno 2007**

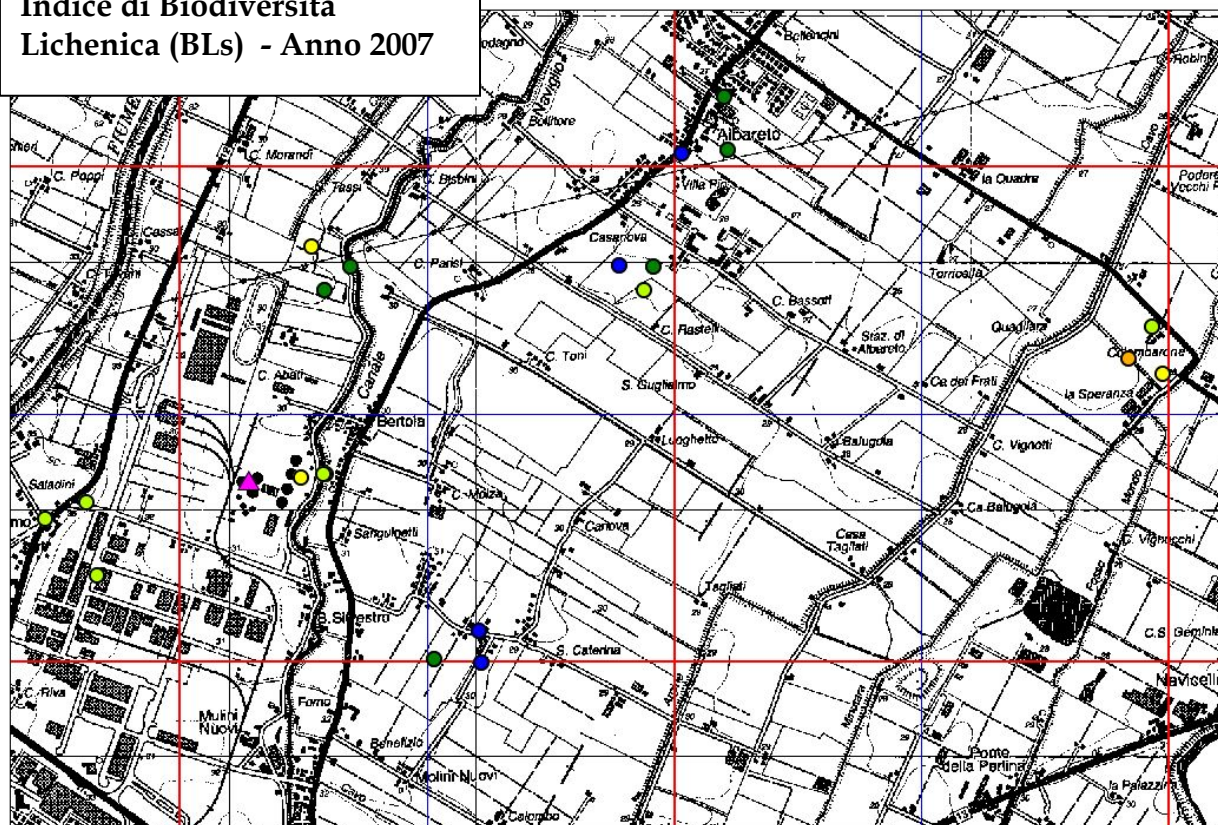


Figura 11.2: Area campionata 2007 - Albareto

I risultati ottenuti sono illustrati in Figura 11.2 e nella tabella Tab. n° 11.1, divise per collocazione delle UCP, dove è riportata anche la descrizione dei punti di campionamento e le relative coordinate geografiche.

UCP	UCS	ALBERI	Tipologia punto	Zona	Descrizione	coordinata X	coordinata Y	BLS
87	A	A1	strada	nord	Via Tagliati n. 71	654964	948305	62
87		A2	strada	nord	Via Tagliati n. 71	654945	948311	80
87		A3	strada	nord	Via Tagliati n. 71	654936	948350	97
87	B	B1	strada	nord	Via Bertola n. 53	654287	949130	41
87		B2	strada	nord	Via Bertola n. 31	654390	949148	51
87		B3	strada	nord	Via Bertola n. 49	654379	949146	50
87	C	C1	strada	nord	Via Attiraglio 437	654383	949890	70
87		C2	strada	nord	Via Attiraglio 437	654653	949963	66
87		C3	strada	nord	Via Attiraglio 437	654356	949952	34
87	D	D1	parco	nord	Polisportiva Via Battaglia	655715	949984	69
87		D2	parco	nord	Polisportiva Via Battaglia	655673	949957	54
87		D3	parco	nord	Polisportiva Via Battaglia	655571	949991	90
101	B	B1	parco	nord	Parco Albareto	655843	950409	69
101		B2	parco	nord	Parco Albareto	655850	950421	85
101		B3	parco	nord	Parco Albareto	655842	950412	69
101	D	D1	strada	nord	Via Munarola	657601	949705	30
101		D2	strada	nord	Via Munarola	657606	949712	50
101		D3	strada	nord	Via Munarola	657609	949711	39

Tab. n° 11.1 Elenco dei risultati ottenuti

I risultati della zona sono molto buoni ed identificano una situazione che spazia tra naturalità media a naturalità molto alta, con una percentuale minima (17%) di alterazione bassa, dati con sfondo giallo.

Inoltre si è proceduto al campionamento di una piccola area a sud del Comune di Modena, grazie alla collaborazione della Scuola Martin Luter King di Portile.

I risultati ottenuti sono illustrati nella tabella Tab. n° 11.2 e in Figura 11.3 , divise per collocazione delle UCP, dove è riportata anche la descrizione del punti di campionamento e le relative coordinate geografiche.

UCP	UCS	ALBERI	Tipologia punto	Zona	Descrizione	coordinat a X	coordinata Y	BLS
8	A	A1	Parco	sud	Via San Martino di Mugnano n. 185	653762	938102	39
8		A2	Parco	sud	Via San Martino di Mugnano n. 185	653761	938130	21
8		A3	Parco	sud	Via San Martino di Mugnano n. 185	653766	938132	27

Tab. n° 11.2 Elenco dei risultati ottenuti

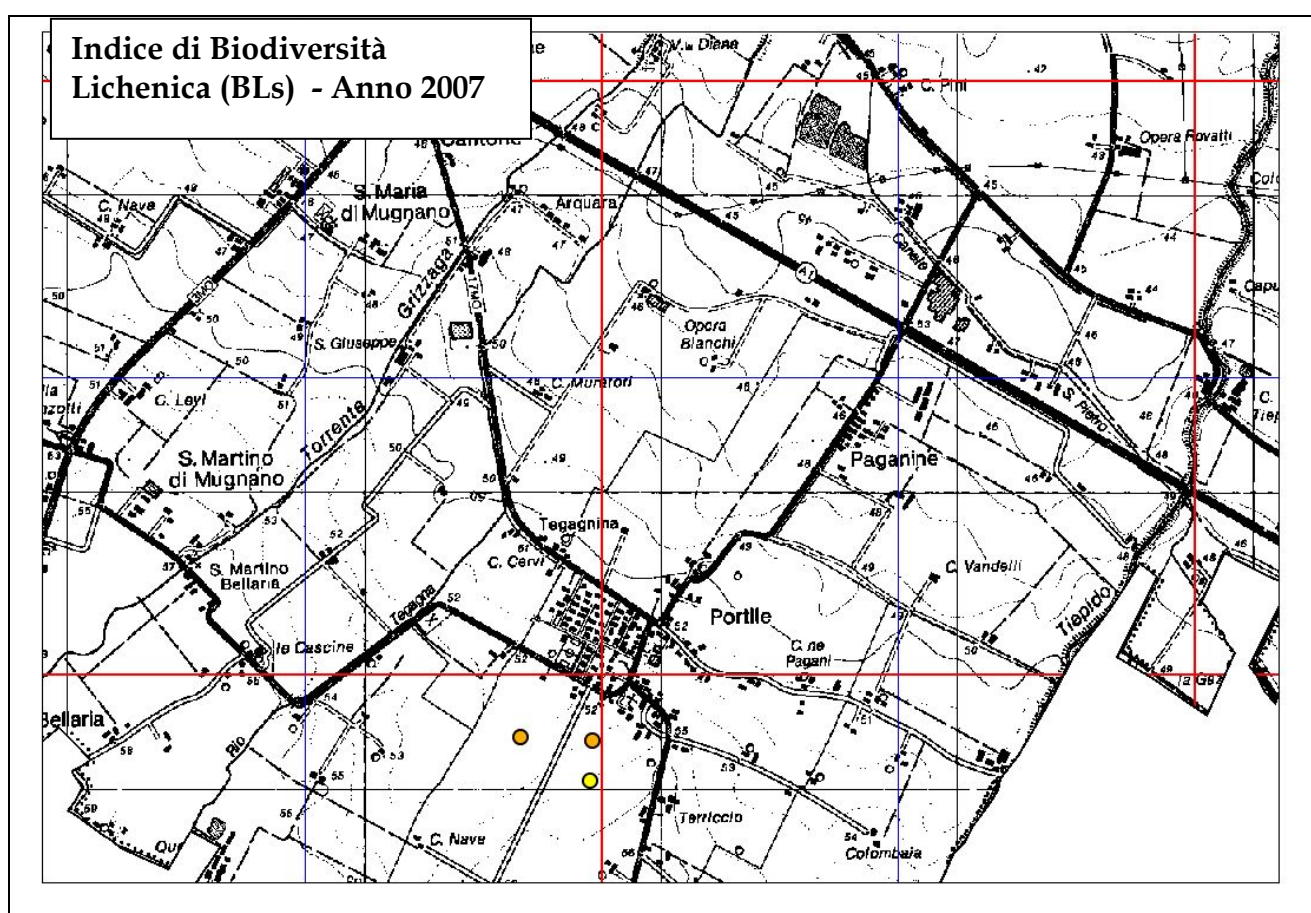


Figura 11.3: Area campionata 2007 - Portile

Visto la difficoltà della Scuola Elementare, di reperire tigli nelle vicinanze, i campionamenti sono stati effettuati anche con altri alberi. Ci riserviamo di effettuare altri campionamenti nella zona di Portile, a conferma dei risultati ottenuti.

Indice di Biodiversità Lichenica (BLs)

Anno 2005/07

Legenda

Punti di campionamento

- $BLs = 0$ alterazione molto alta
- $1 < BLs < 15$ alterazione alta
- $16 < BLs < 30$ alterazione media
- $31 < BLs < 45$ alterazione bassa
- $46 < BLs < 60$ naturalità media
- $61 < BLs < 75$ naturalità alta
- $BLs > 75$ naturalità molto alta
- UCP
- UCS
- Inceneritore

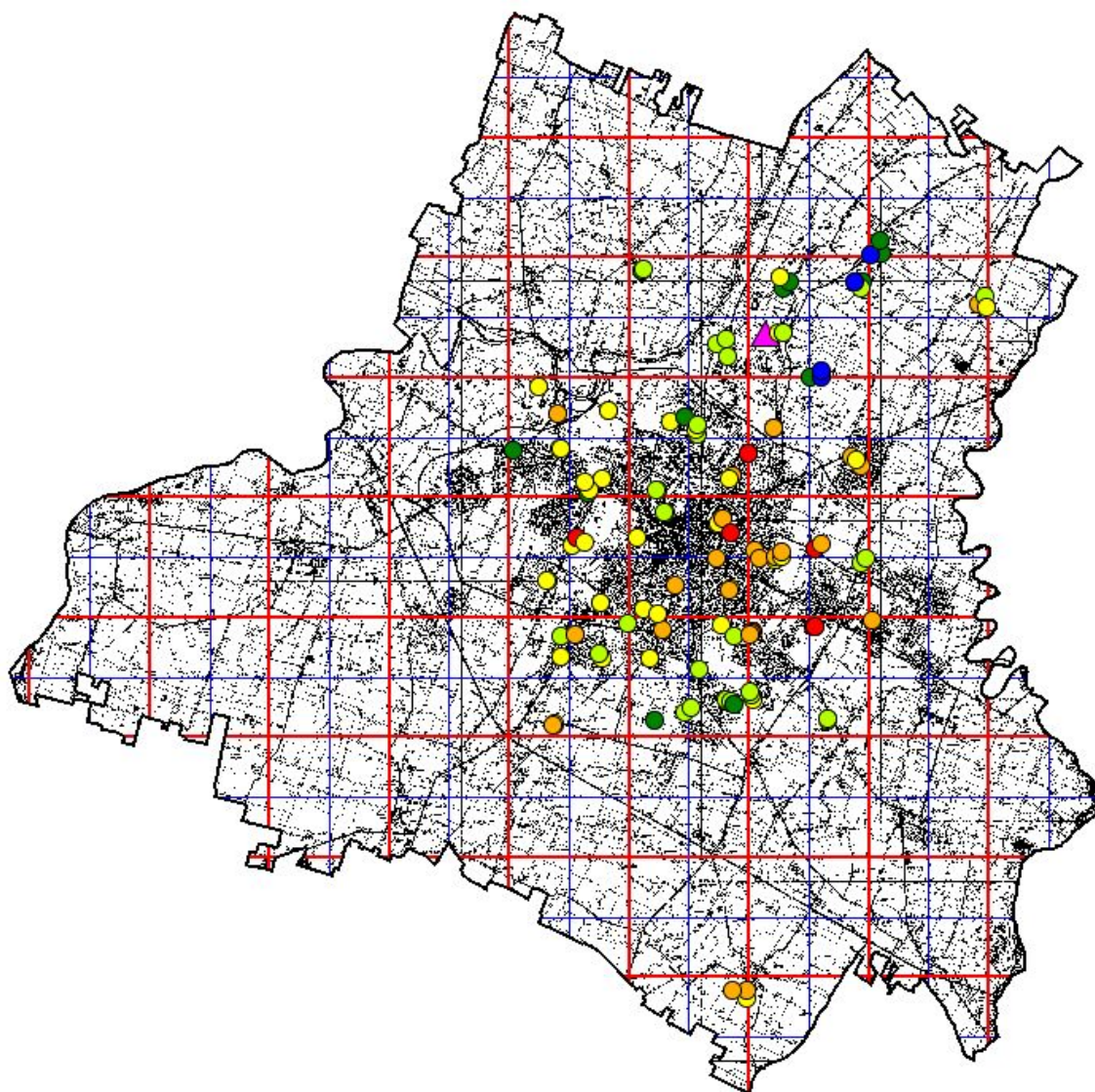


Figura 11.4

In Figura 11.4, si riportano i risultati ottenuti negli anni di campionamento (2005/2007) , dove ogni punto di campionamento è evidenziato da un pallino colorato che identifica il valore di BLs che lo caratterizza, secondo la scala illustrata in legenda.

Il valore di BLs più basso ottenuto è stato di 8 (alterazione alta) nella UCP 61 - UCS D1 corrispondente alla zona di Via Divisioni Acqui vicino al Palazzetto dello Sport.

Il valore di BLs più alto ottenuto è stato di 97 (naturalità molto alta) nella UCP 87 - UCS A3 corrispondente a Vioa Tagliati n. 73.

La media dei valori ottenuti è di 40, cioè alterazione bassa .

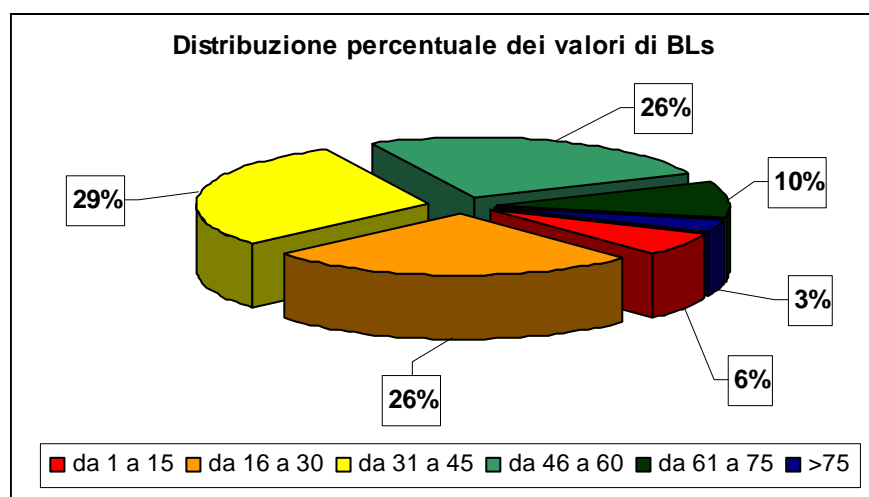


Figura 11.5

- I valori di **1<BLs <15** (punti colorati in rosso), corrispondenti ad una alterazione alta, rappresentano il 6 % dei campioni analizzati e risultano collocati in zone interessate da elevato grado di urbanizzazione e intenso traffico veicolare: si trovano nelle UCP 48, 59, 60, 61, 74 (Via Toti, Via Divisione Acqui , Giardini Ducali, Viale Gramsci) ;
- I valori di **16< BLs <30** (punti colorati in arancione), corrispondenti ad una alterazione media, rappresentano il 26%;
- I valori di **31< BLs <45** (punti colorati in giallo), corrispondenti ad una alterazione bassa, costituiscono a categoria più rappresentata con un 29% del totale;
- I valori di **46< BLs < 60** (punti colorati in verde), corrispondenti ad una naturalità media, rappresentano il 26% del totale;
- Valori di **61<BLs <75** (punti colorati in verde scuro), corrispondenti ad una naturalità alta , rappresentano il 10% del totale;
- Valori di **BLs >75**, (punti colorati in blu scuro), corrispondenti ad una naturalità molto alta , rappresentano il 3% del totale e si trovano nella zona monitorata nell'anno 2007 corrispondenti alle subunità 87 (Via Tagliati n. 73 e Polisportiva di Via Battaglia) e 101 (parco di Via Albareto)

Le conclusioni definitive si dovranno trarre alla fine dello studio attraverso un metodo statistico che consentirà di rappresentare i risultati effettuando interpolazioni tra valori contigui, ottenendo così una mappatura del territorio di questo indicatore.