

Andamento della qualità dell'aria ambiente rilevata nel territorio acerrano Anno 2014

Descrizione del territorio monitorato

Il monitoraggio della qualità dell'aria ambiente nella zona acerrana, è stato effettuato in corrispondenza di quattro siti fissi individuati secondo le disposizioni della normativa vigente (d.lgs. 155/2010 e s.m.i.), dislocati in modo da restituire una misura media dell'esposizione della popolazione in coerenza con i fattori di pressione ambientale e la morfologia del territorio. Le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria costituenti la sottorete a servizio del territorio acerrano sono posizionate rispettivamente presso:

- Scuola Media Statale F. Capasso, via A. De Gasperi, Acerra (posizionamento di laboratorio mobile ed integrazione, a partire dal 1° settembre 2014, con dati rilevati dalla stazione fissa posizionata nell'area di competenza della scuola stessa)
- Scuola Media G. Caporale, via C. Petrella, Acerra
- Scuola Media A. Moro, via XXI Giugno, San Felice a Cancellò
- Acerra Zona Industriale Delfino, contrada Parmiano

La presente relazione integra le misure puntuali effettuate presso i suddetti siti degli inquinanti monitorati per l'anno 2014, rese disponibili attraverso la pubblicazione quotidiana di un prospetto sintetico giornaliero sul sito istituzionale dell'Agenzia all'indirizzo: <http://www.arpacampania.it/web/guest/592>.

Dalle fotografie seguenti si osserva il dettaglio dell'ubicazione dei suddetti siti di monitoraggio.

Figura 1: posizionamento siti di misura: scala approssimativa 1:50.000



Figura 2: ubicazione stazioni monitoraggio qualità aria nella città di Acerra; scala approssimativa 1:10.000



Figura 3: ubicazione stazione di monitoraggio Acerra Z.I. Delfino; scala approssimativa 1:5.000

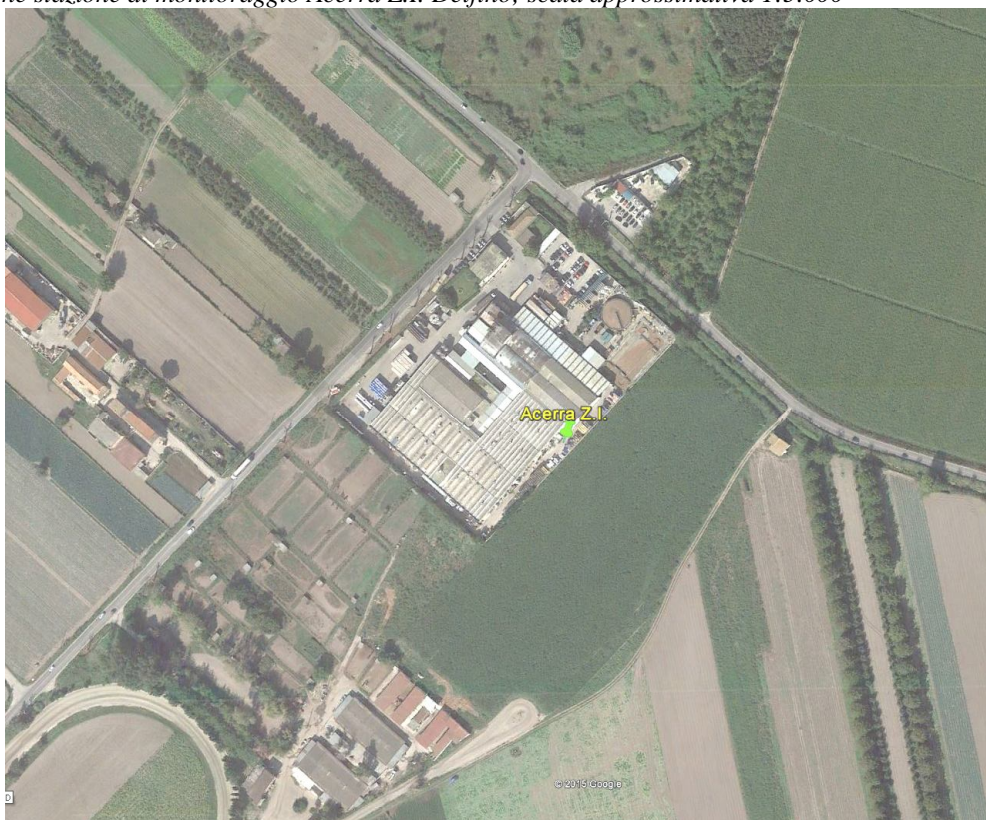


Figura 4: ubicazione stazione di monitoraggio San Felice a Canello; scala approssimativa 1:5.000



Le predette stazioni di monitoraggio sono classificate, come specificato di seguito, in relazione al contesto territoriale e alle fonti di pressione ambientale attraverso precisi criteri fissati dalla normativa vigente e la loro dotazione analitica prevede:

- a) Acerra Capasso
 - Tipo: stazione urbana di traffico
 - Dotazione: (laboratorio mobile) NOX, O3, CO, BTX, THC; SO2, H2S, PM2,5 e PM10
(centralina fissa) NOX, O3, CO, BTX, SO2, PM2,5 e PM10
- b) Acerra Caporale
 - Tipo: stazione urbana di traffico
 - Dotazione: NOX, CO, BTX, PM2,5 e PM10
- c) Acerra Z.I. Delfino
 - Tipo: stazione suburbana industriale
 - Dotazione: NOX, O3, CO, BTX, THC; SO2, H2S, PM2,5 e PM10
- d) San Felice a Canello
 - Tipo: stazione suburbana di traffico
 - Dotazione: NOX, O3, CO, BTX, SO2, PM2,5 e PM10

Nota: NOX: analizzatore di ossidi di azoto; O3: analizzatore di ozono; CO: analizzatore di monossido di carbonio; BTX: analizzatore di idrocarburi aromatici; THC: analizzatore di metano e idrocarburi non metanici; SO2: analizzatore di biossido di zolfo; H2S: analizzatore di idrogeno solforato; PM10 e PM2,5: analizzatori di polveri sottili nelle frazioni minori di 10 µm e 2,5 µm.

Risultati del monitoraggio

Il monitoraggio della qualità dell'aria del territorio in esame è avvenuto attraverso la rilevazione automatica, 24 ore al giorno 7 giorni su 7, e la successiva validazione manuale, di misure di biossido di zolfo (SO_2), idrogeno solforato (H_2S), ossidi di azoto (NO , NO_x ed NO_2), monossido di carbonio (CO), ozono (O_3), benzene (C_6H_6), toluene (C_7H_8), meta-xylene (C_8H_{10}), metano (CH_4), idrocarburi non metanici (sigla NMHC) e polveri sottili frazioni PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ (particelle sospese con diametro aerodinamico equivalente inferiore, rispettivamente, a $10\ \mu\text{m}$ e $2,5\ \mu\text{m}$). È stato effettuato inoltre il campionamento dell'aria ambiente mediante appositi campionatori ad alto volume, in corrispondenza della scuola Capasso nel mese di novembre 2014, per la determinazione delle polveri totali sospese (PTS); sui filtri risultanti dal campionamento sono state poi effettuate ulteriori analisi di laboratorio per la determinazione dei metalli pesanti arsenico, cadmio, nichel e piombo.

Nei paragrafi successivi sono esaminati i valori delle medie orarie di concentrazione dei gas misurati e il valore medio giornaliero rilevato per le polveri in corrispondenza dei diversi siti. Sono inoltre calcolati i valori medi per tutto il 2014 al fine di poterli confrontare con i limiti normativi su base annua ove previsti, con indicazione dell'eventuale superamento dei valori di soglia fissati dalla normativa in vigore.

Monitoraggio di biossido di zolfo, idrogeno solforato, metano e idrocarburi non metanici

Il biossido di zolfo si presenta a temperatura ambiente come un gas incolore e dall'odore tipico di sostanze organiche bruciate. Alle elevate concentrazioni è fortemente irritante per gli occhi e per il tratto respiratorio. In presenza di acqua è in grado di attaccare numerosi metalli tra cui l'alluminio, il ferro, l'acciaio e il rame; è dunque uno dei principali responsabili delle piogge acide. Si forma nel processo di combustione per ossidazione dello zolfo presente nei combustibili solidi e liquidi (carbone, olio combustibile, gasolio). Le fonti di emissione principali sono legate alla produzione di energia, agli impianti termici, ai processi industriali e al traffico. Dal grafico riportato in pagina successiva (*grafico 1*) si può osservare che i valori rilevati di SO_2 sono sempre nettamente inferiori al valore limite orario di $350\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ e al limite giornaliero di $125\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. I valori medi annuali misurati nei siti "Capasso", "Zona Industriale" e "San Felice" sono pari rispettivamente a $2,0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5,1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $2,2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pertanto non si rilevano superamenti delle soglie normative per questo inquinante, che risulta non costituire una particolare criticità nell'area considerata.

L'idrogeno solforato (H_2S) è un gas incolore, dall'odore pungente di uova marce; è idrosolubile e ha caratteristiche debolmente acide e riducenti. Il composto è caratterizzato da una soglia olfattiva decisamente bassa; secondo le indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, la quasi totalità dei soggetti esposti ne distingue l'odore particolare in corrispondenza di una concentrazione di circa $7\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. La normativa europea ed italiana vigente non prevede limiti di concentrazione in atmosfera, tuttavia l'OMS fissa come valori guida le seguenti concentrazioni: $150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ media 24 ore, $100\ \mu\text{g}/\text{m}^3 >1-14$ giorni (valore medio sul periodo), $20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ fino a 90 giorni (valore medio sul periodo). Le concentrazioni rilevate nel territorio acerrano (riportate in forma sintetica nel *grafico 2*) sono ampiamente sotto tali margini.

L'analizzatore di metano (CH_4) e di idrocarburi non metanici (NMHC) è costituito da un gas cromatografo in continuo con generatore di idrogeno. Si tratta di una strumentazione analitica particolarmente sensibile e può essere soggetta a periodi di funzionamento discontinuo causa attività di manutenzione ordinaria e straordinaria. Le concentrazioni misurate nel 2014 sono riportate in forma sintetica nel successivo *grafico 3*. Fra gli NMHC, rientrano gli idrocarburi presenti nell'aria ad esclusione del metano.

Grafico 1: biossido di zolfo

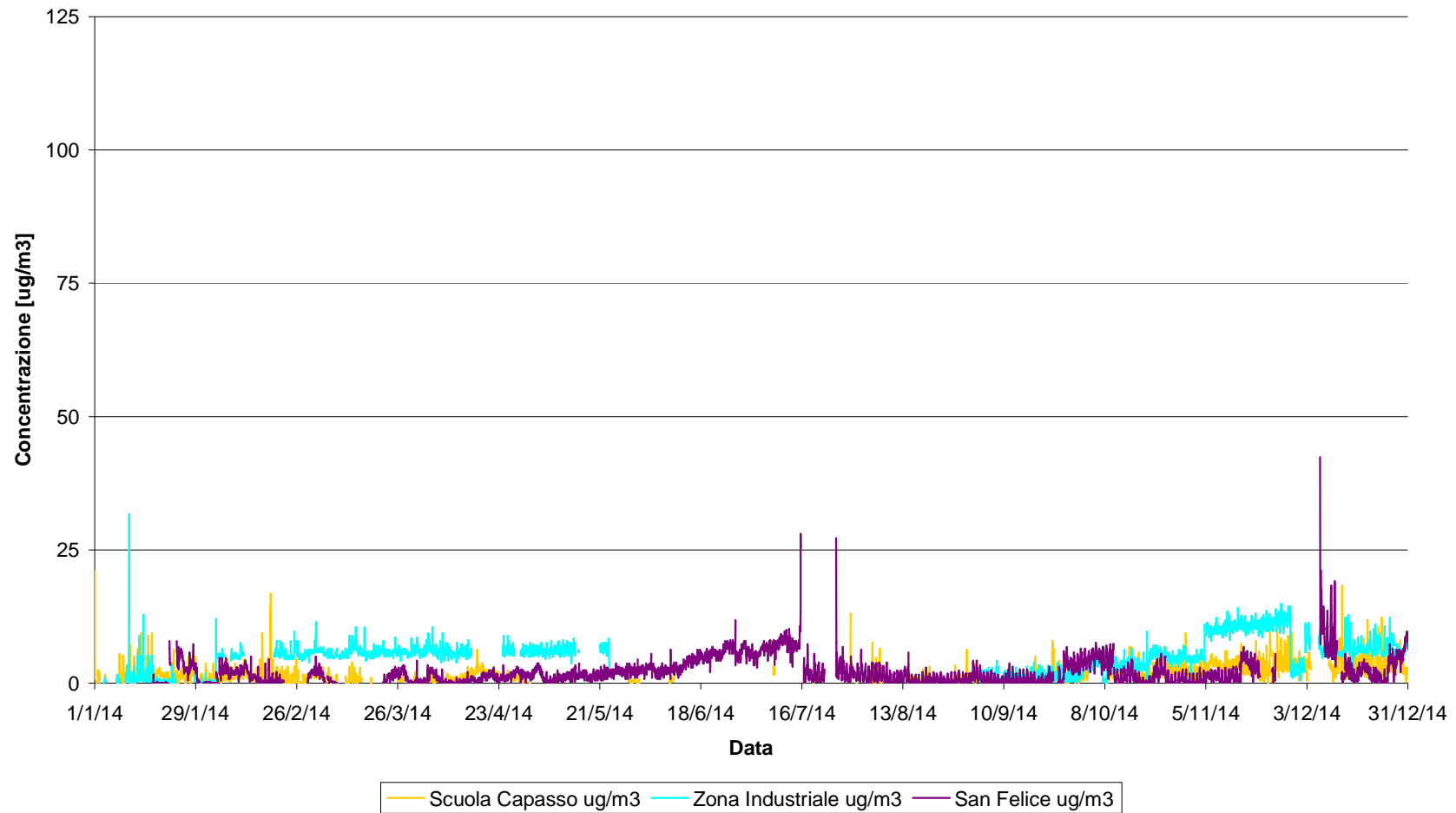


Grafico 2: idrogeno solforato

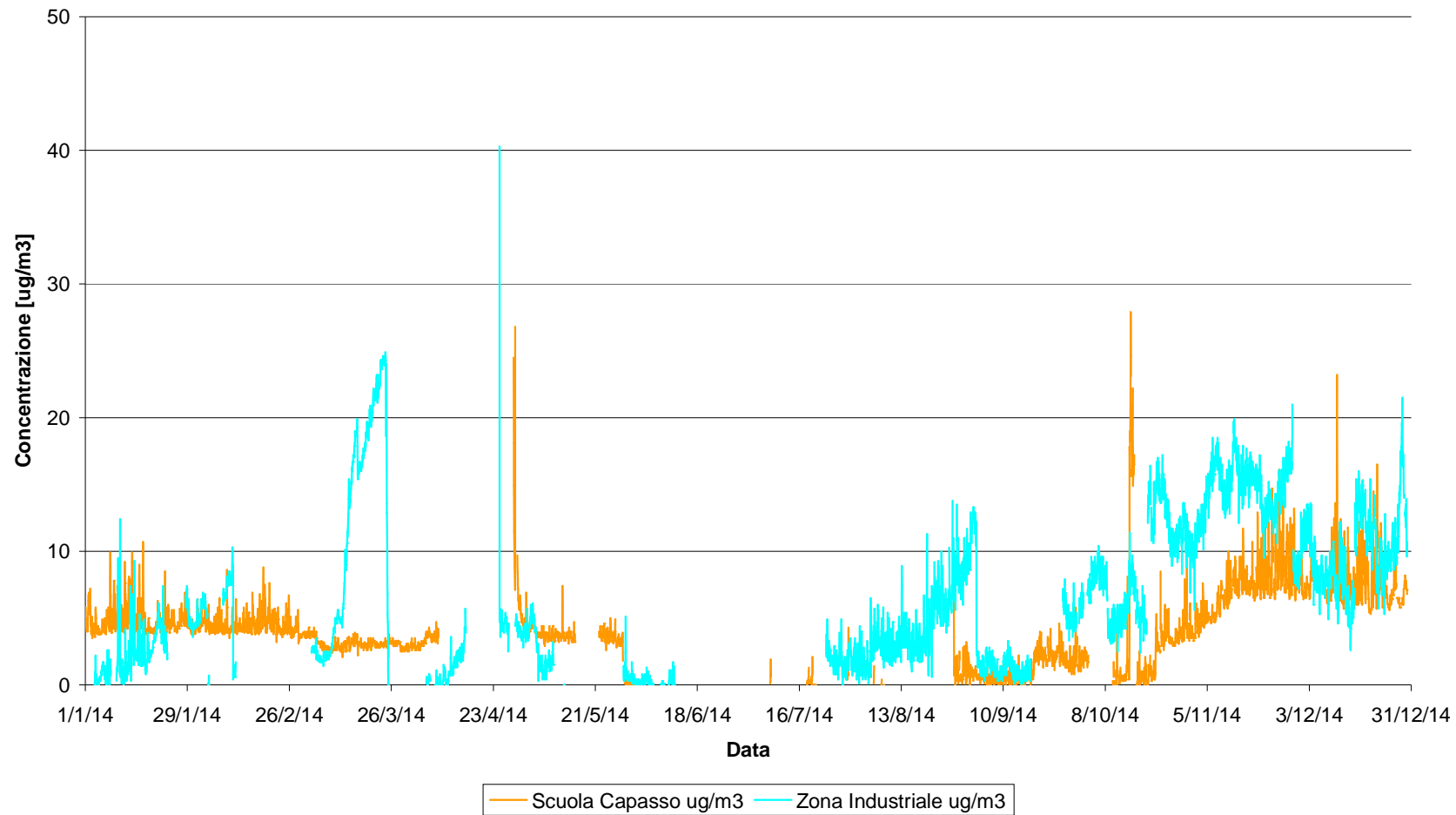
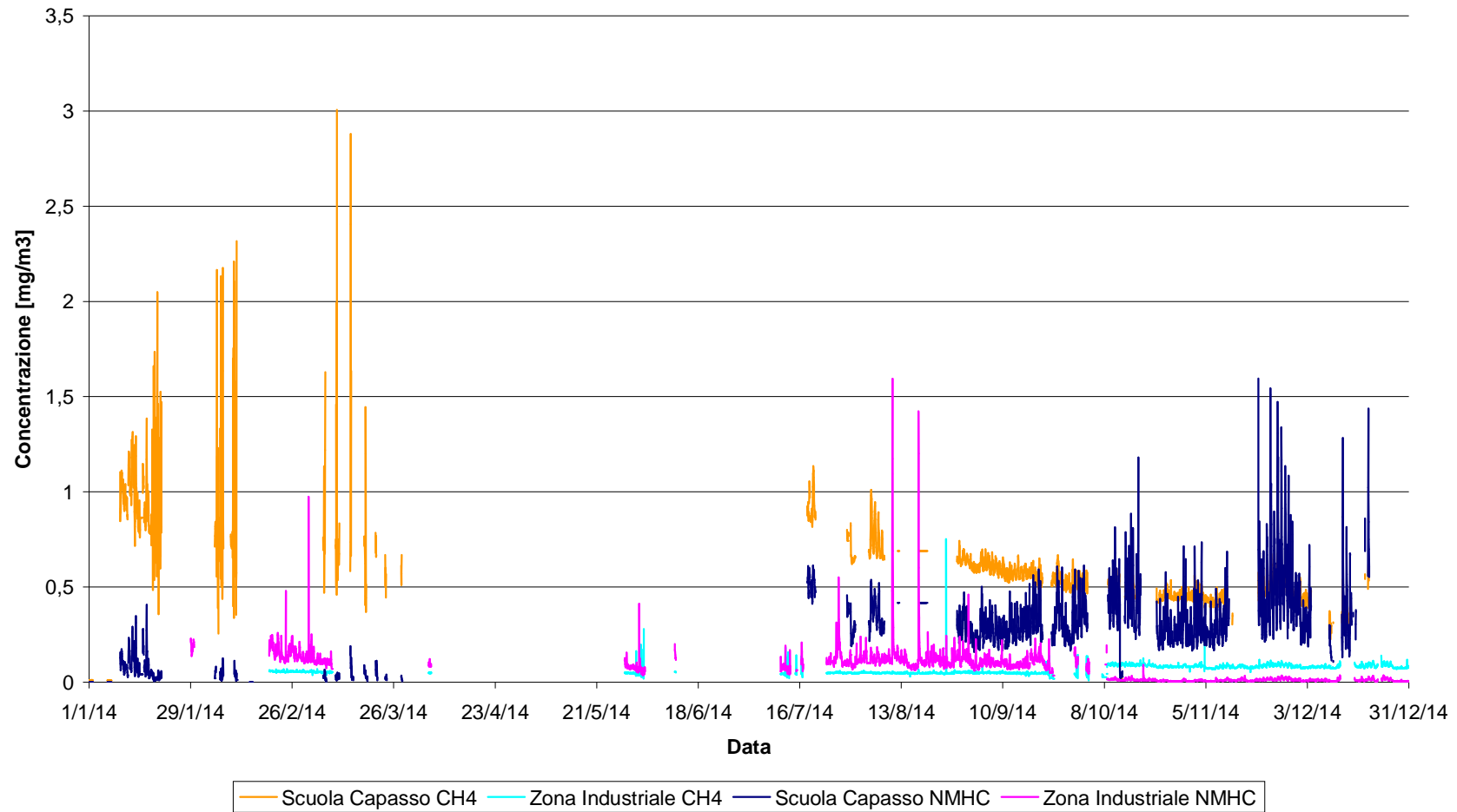


Grafico 3: metano e idrocarburi non metanici



Infatti esso, oltre a non essere tossico, è normalmente presente nell'aria e quindi non viene classificato come inquinante, ma il suo monitoraggio è importante in quanto rappresenta un cosiddetto "gas serra". Fonti principali di emissione di metano sono attività agricole e zootecniche, ma anche processi di estrazione di gas naturale o di incenerimento rifiuti.

Molti dei composti non metanici, invece, sono tossici e/o cancerogeni e, sebbene non sia chiaramente possibile descrivere questa classe di sostanze, generalmente nell'aria inquinata da idrocarburi non metanici si trovano le benzine e i solventi usati nell'industria. Essi presentano una spiccata tendenza a reagire, in presenza di luce, con gli ossidi di azoto e con l'ossigeno per dare origine allo smog fotochimico. Tale comportamento risulta evidente anche dalla ciclicità giornaliera della loro concentrazione in aria ambiente.

Sia per il metano che per gli idrocarburi non metanici, la normativa vigente non prevede valori limite, le concentrazioni misurate sono comunque in linea con quelle osservate in altri siti regionali non interessati da emissioni locali e che si trovano in contesti simili.

Monitoraggio di ossidi di azoto, monossido di carbonio e ozono

Il biossido di azoto (NO₂) è un gas di colore rosso bruno, odore pungente e tossico. La sua formazione in atmosfera è legata all'ossidazione del monossido di azoto (NO), che a sua volta si origina principalmente nei processi di combustione. Le principali fonti di emissione sono rappresentate da traffico veicolare, impianti di riscaldamento, centrali termiche ma può essere presente in buona quantità anche in zone agricole con massiccio uso di fertilizzanti azotati o in presenza di processi produttivi con impiego di ammoniaca. Le concentrazioni di questi gas sono fortemente influenzate da fonti locali, quindi la loro rilevazione restituisce un quadro di inquinamento a breve-medio raggio.

Le concentrazioni degli ossidi di azoto NO, NO₂ e NO_x (grafici 4.a, 4.b, 4.c e 4.d) sono quindi strettamente legate al panorama emissivo prossimo al punto di rilevamento, con valori più marcati nei contesti urbanizzati dove è più frequente la contestuale presenza di molteplici fonti di inquinamento. Esse presentano, tipicamente, marcate fluttuazioni durante l'arco delle 24 ore, in ragione delle variazioni di emissioni da fonti locali quali, ad esempio, l'evoluzione del traffico veicolare e le diverse fasce orarie di funzionamento di impianti di riscaldamento.

Dai richiamati grafici ed in base alle considerazioni appena espresse, si rileva che le concentrazioni più elevate si registrano in corrispondenza delle due stazioni urbane di traffico (Capasso e Caporale) che risultano essere praticamente identiche in termini di andamento e valore delle concentrazioni, anche perché inserite in contesti molto simili e a poco più di un chilometro una dall'altra. Sono tipicamente inferiori, invece, le concentrazioni rilevate in corrispondenza della stazione di San Felice a Canello (suburbana traffico), esposta ad una minore pressione antropica, ed ancor più basse quelle rilevate nella Zona Industriale, che è inserita in un contesto praticamente rurale (vedi fig. 3). In termini generali si rileva come l'inquinamento da ossidi di azoto sia maggiore durante i mesi invernali, quando come detto vi è la presenza congiunta di più fonti di emissione ma anche quando si realizzano particolari condizioni meteorologiche (inversione termica, calme di vento) che sfavoriscono il rimescolamento atmosferico consentendo l'accumulo degli inquinanti nell'aria ambiente.

Nel grafico 5 vengono confrontate le concentrazioni di NO₂ rilevate durante tutto il 2014, inquinante sottoposto a vincolo normativo sia per la concentrazione media oraria (valore massimo di 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte nell'anno solare) sia per la media annuale (valore limite di 40 µg/m³). Durante tutto il 2014 non è mai stato superato il valore limite della media oraria in nessuno dei quattro siti monitorati. La concentrazione massima misurata è di 194,4 µg/m³ il 18 novembre presso la stazione nella scuola Caporale.

Grafico 4.a: ossidi di azoto - Capasso

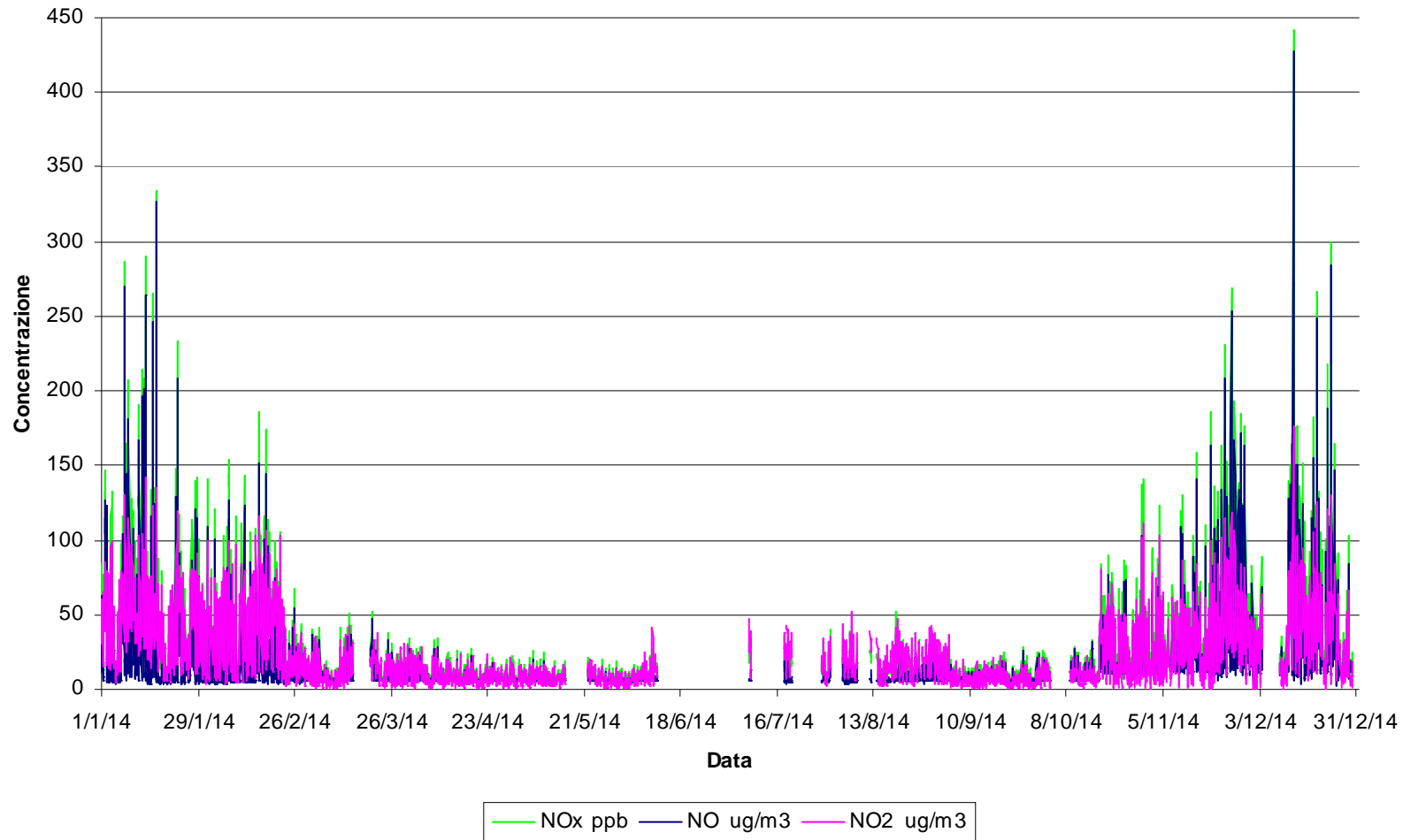


Grafico 4.b: ossidi di azoto - Caporale

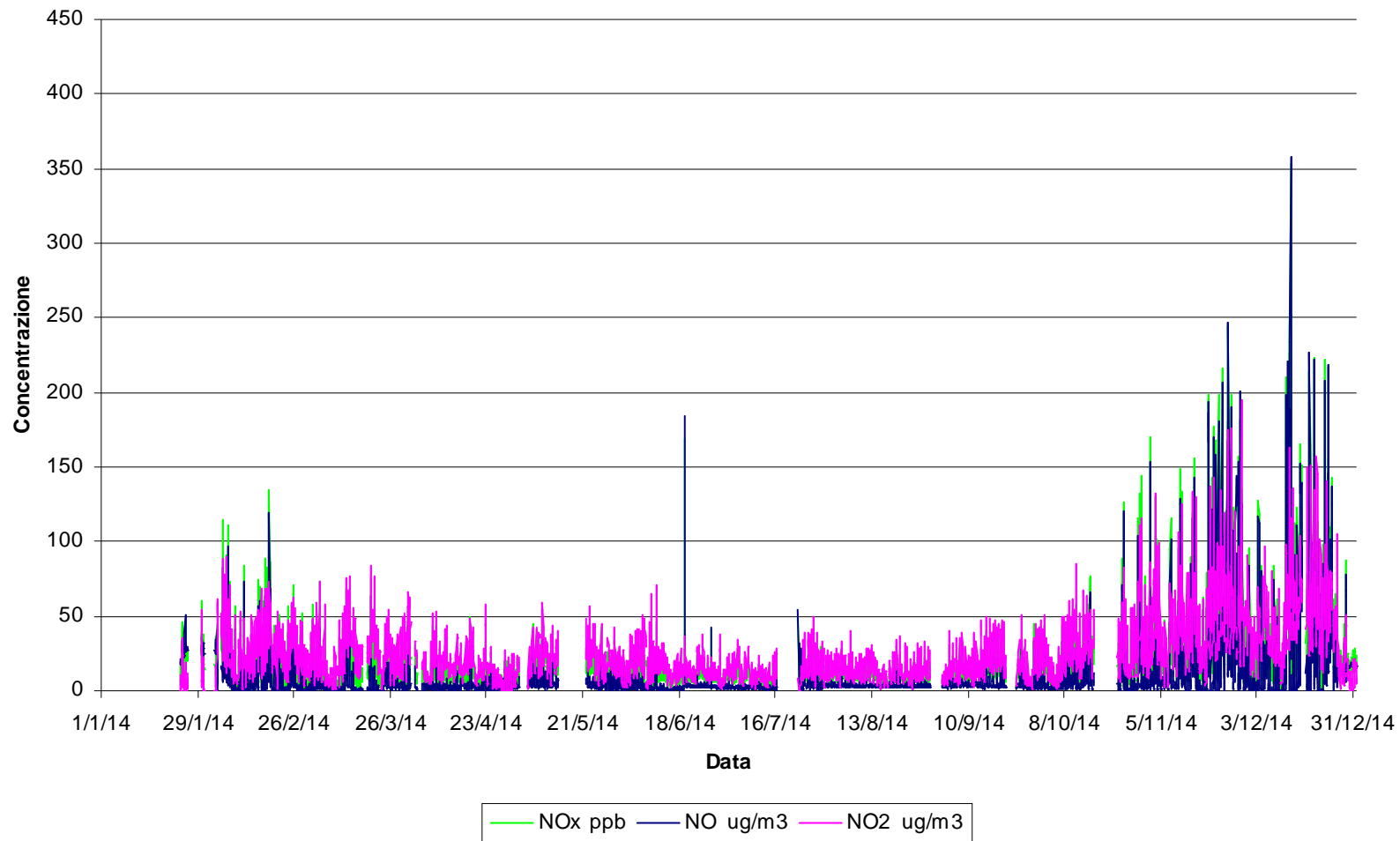


Grafico 4.c: ossidi di azoto - Zona Industriale

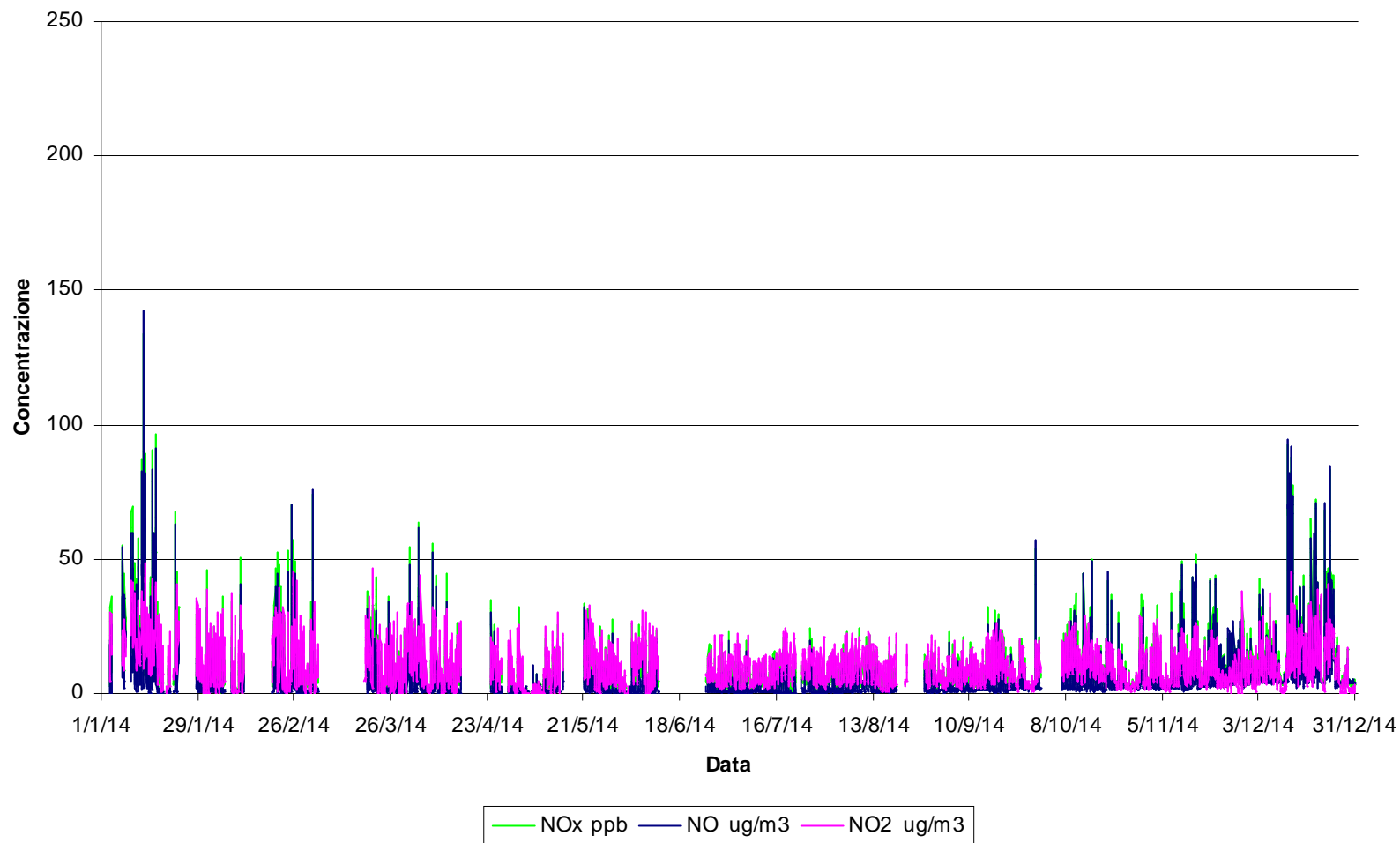


Grafico 4.d: ossidi di azoto - San Felice

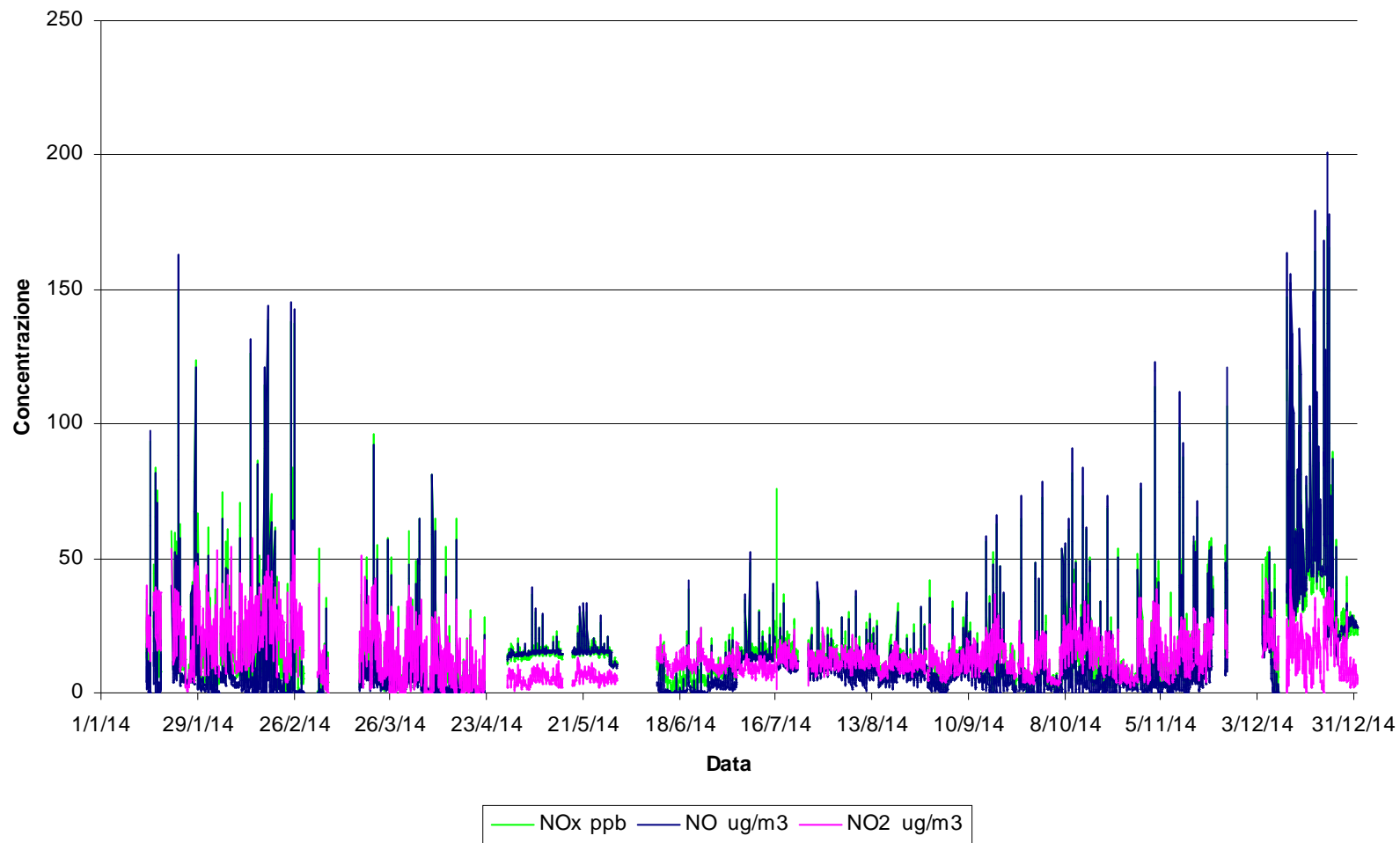


Grafico 5: biossido di azoto

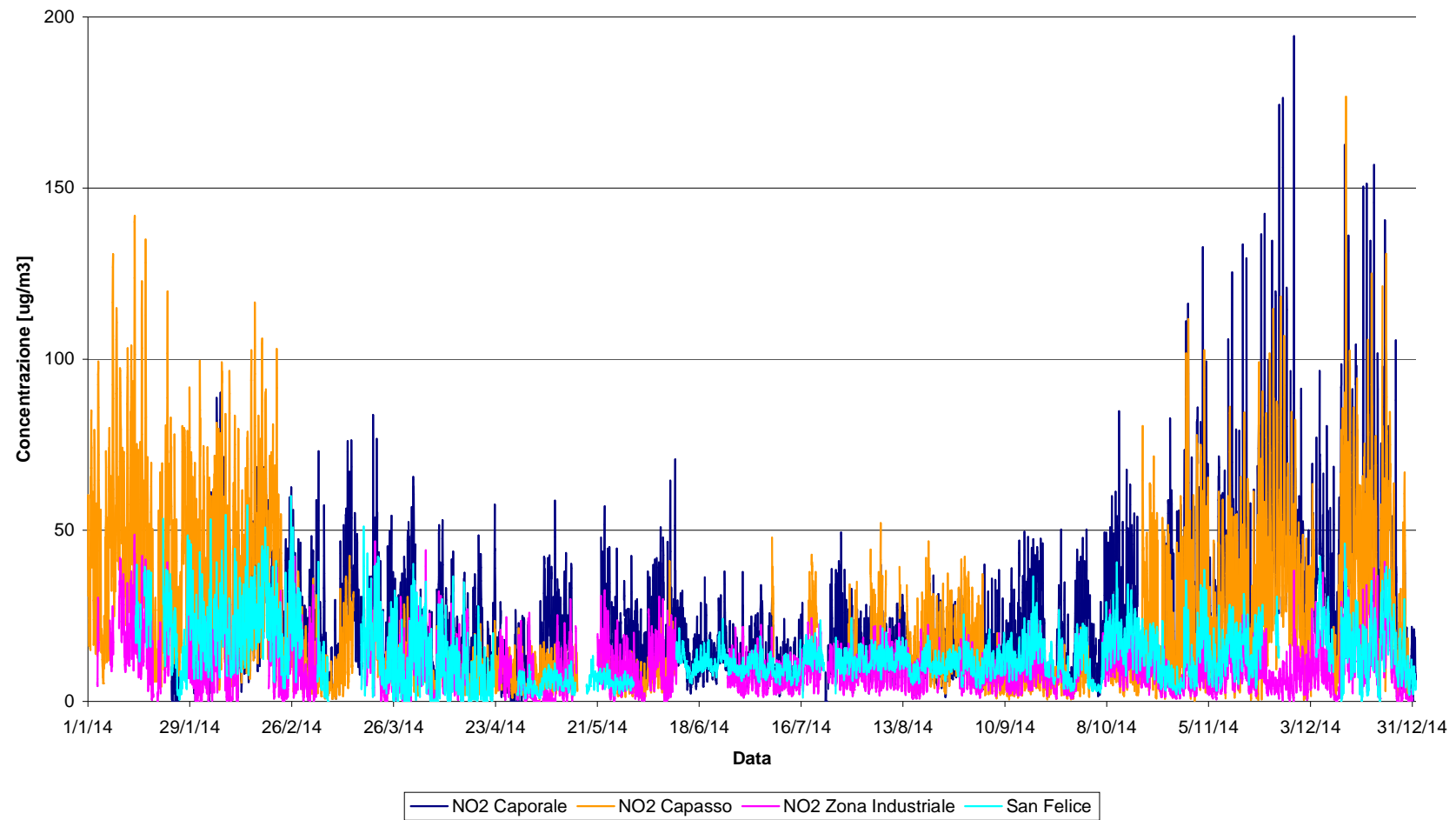


Grafico 6: monossido di carbonio

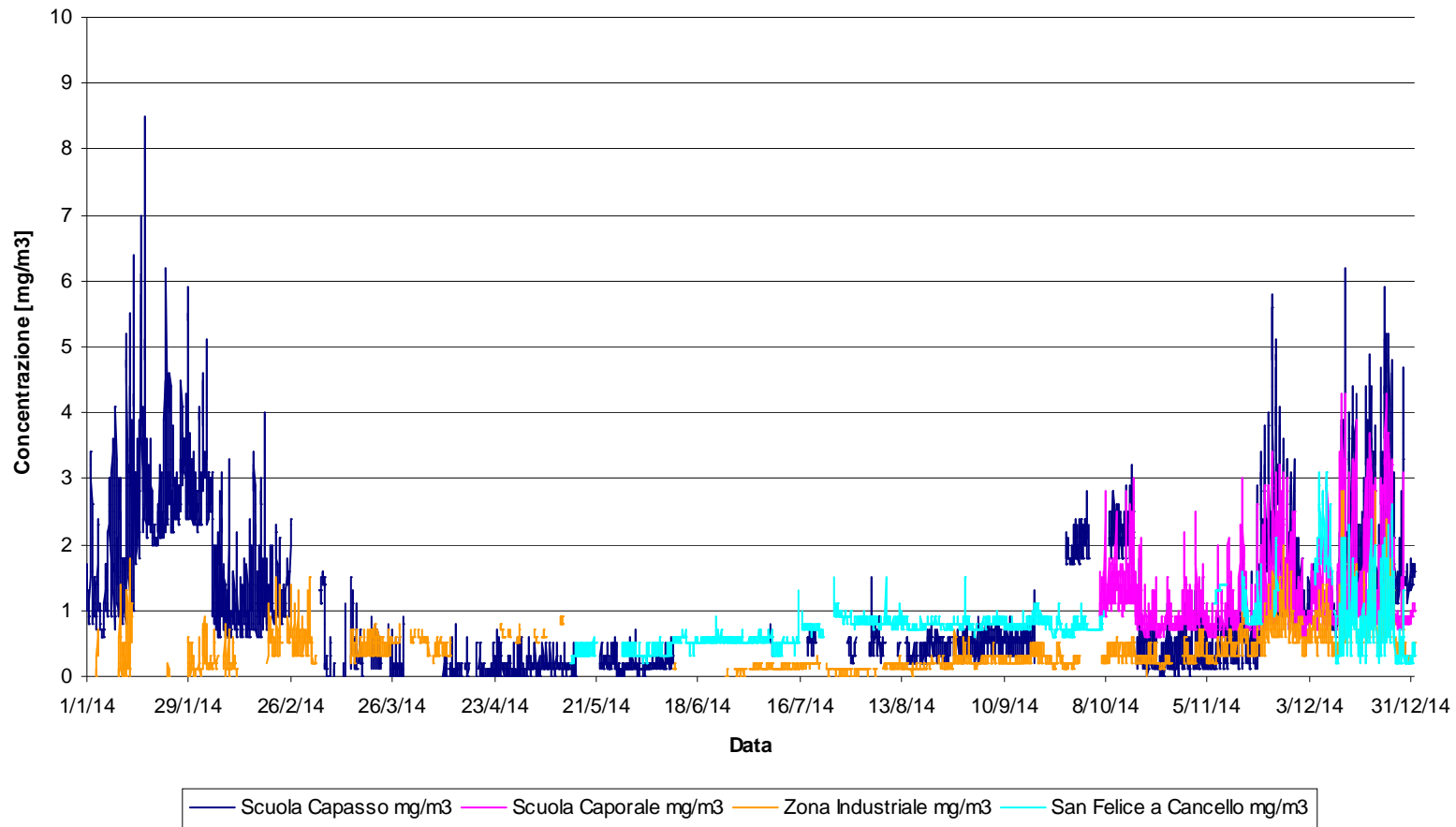
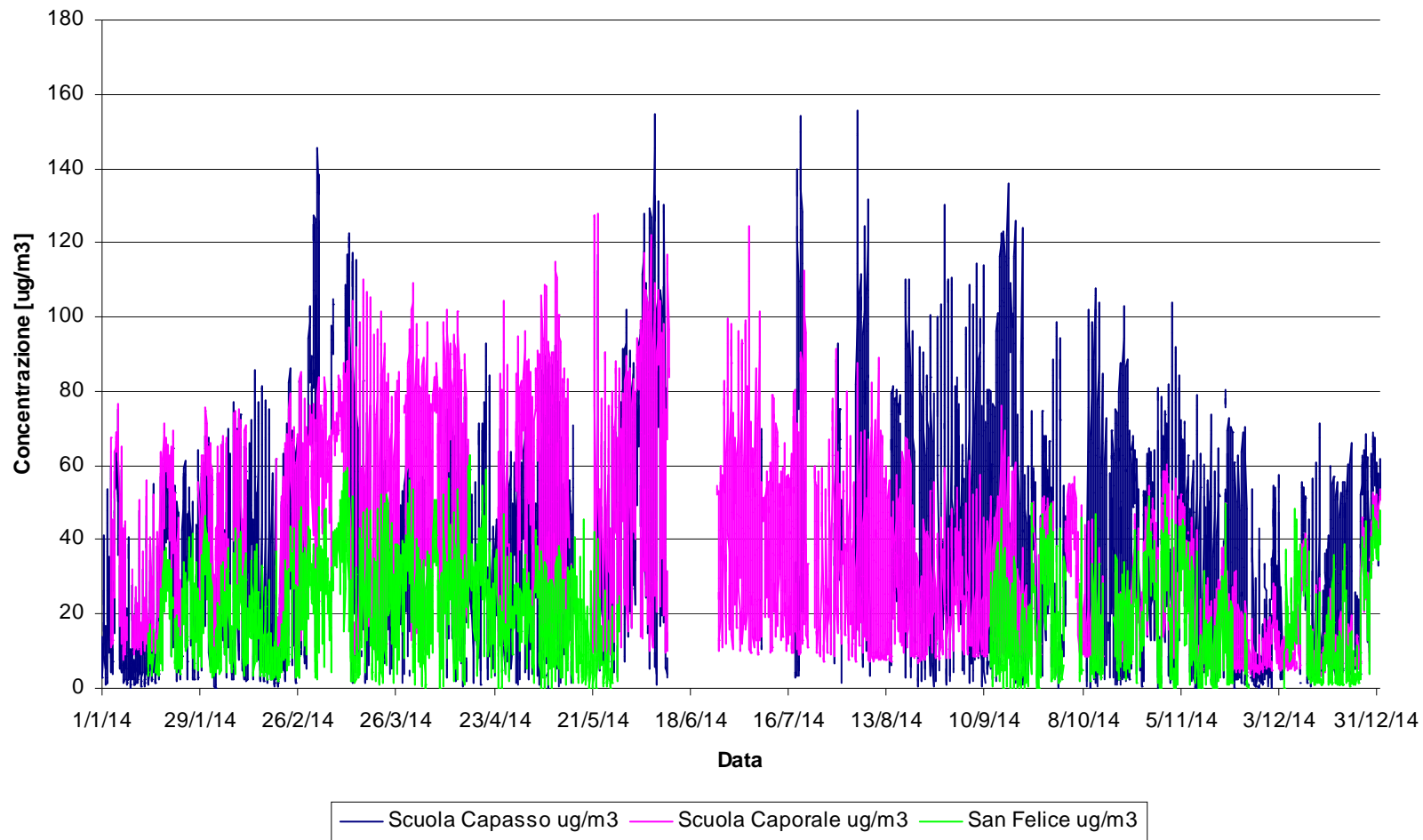


Grafico 7: ozono



Non si rilevano superamenti neppure per la soglia annuale, in quanto i valori medi calcolati su tutto l'anno sono pari, rispettivamente, a $21,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la Capasso, $23,4$ per la Caporale $\mu\text{g}/\text{m}^3$, $13,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per San Felice e $9,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per Zona Industriale.

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore ed inodore; si forma per combustione incompleta delle sostanze organiche. Le concentrazioni di CO (grafico 6), analogamente a quanto avviene per gli ossidi di azoto, sono fortemente influenzate da fenomeni locali che coinvolgono processi di combustione, e subiscono variazioni periodiche nell'arco delle 24 ore. Il valore massimo rilevato è pari a $8,5 \text{mg}/\text{m}^3$ registrato il 16 gennaio 2014 presso la scuola Capasso. Non si rilevano per questo inquinante superamenti dei limiti imposti dalla normativa vigente (massimo valore della media mobile calcolato su 8 ore non superiore a $10 \text{mg}/\text{m}^3$) e i valori rilevati durante tutto l'anno descrivono un contesto di inquinamento piuttosto marginale.

L'ozono (O_3) è considerato un inquinante secondario in quanto non direttamente emesso o prodotto da attività antropiche ma la cui formazione è conseguenza di diversi processi chimico-fisici che coinvolgono altri inquinanti presenti in atmosfera (cd. "smog fotochimico"). Le concentrazioni medie orarie rilevate per l'ozono sono riportate nel precedente grafico 7. I meccanismi di formazione dell' O_3 sono fortemente influenzati dalle condizioni climatiche anche nell'arco delle 24 ore. Tipicamente per questo tipo di inquinante si osserva sia un'evoluzione quotidiana che stagionale, con i valori massimi nei periodi più caldi, in corrispondenza di un maggiore irraggiamento solare e temperature più elevate; durante il giorno, quindi, si avranno le massime concentrazioni negli orari pomeridiani mentre in valore assoluto i valori massimi si registrano nel periodo estivo. Durante il 2014 non si è mai verificato il superamento della soglia di informazione di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media oraria, mentre il limite giornaliero di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla massima media mobile calcolata in 8 ore risulta superato per 6 volte presso la stazione Capasso, contro un massimo ammissibile di 25 superamenti nell'anno civile come media su tre anni.

Monitoraggio di benzene, toluene e meta-xylene

Gli idrocarburi aromatici benzene, toluene e xylene (usualmente indicati con la sigla BTX) sono composti chimici che si presentano a temperatura ambiente in forma liquida, incolori e dal caratteristico odore dolciastro. Trovano largo impiego come antidetonanti nelle benzine e nell'industria come solventi e nella produzione di materie plastiche o sintetiche.

Il benzene è riconosciuto dall'OMS come sostanza certamente cancerogena, in quanto è stato dimostrato che a seguito di esposizioni variabili da meno di 5 anni a più di 30, molte persone hanno sviluppato varie forme di leucemia. Esposizioni a lungo termine e a concentrazioni relativamente basse possono colpire il midollo osseo e la produzione del sangue, quelle a breve termine e ad alti livelli possono provocare sonnolenza, perdita di coscienza e morte. Tra i tre idrocarburi indicati in precedenza è l'unico sottoposto a vincolo normativo.

Le concentrazioni medie orarie di benzene (grafici 8.a – 8.b – 8.c – 8.d) risentono dell'evoluzione ciclica dei fenomeni emissivi durante le 24 ore (principalmente variazione dell'intensità del traffico, funzionamento degli impianti di riscaldamento e/o di attività produttive, etc.) e hanno tendenzialmente comportamento simile agli ossidi di azoto, con valori assoluti tipicamente più elevati nei periodi invernali, quando gli episodi di inquinamento acuto hanno maggiore probabilità di avvenire in condizioni meteo particolarmente sfavorevoli al ricambio delle masse d'aria.

Le concentrazioni medie di benzene (grafico 9) riferite a tutto il 2014 sono pari a $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per Capasso, $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per Caporale, $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per San Felice e $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per Zona Industriale, tutte al di sotto del valore limite della media annua pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e tutte coerenti con il quadro emissivo proprio dei rispettivi contesti territoriali di riferimento.

Grafico 8.a: BTX Capasso

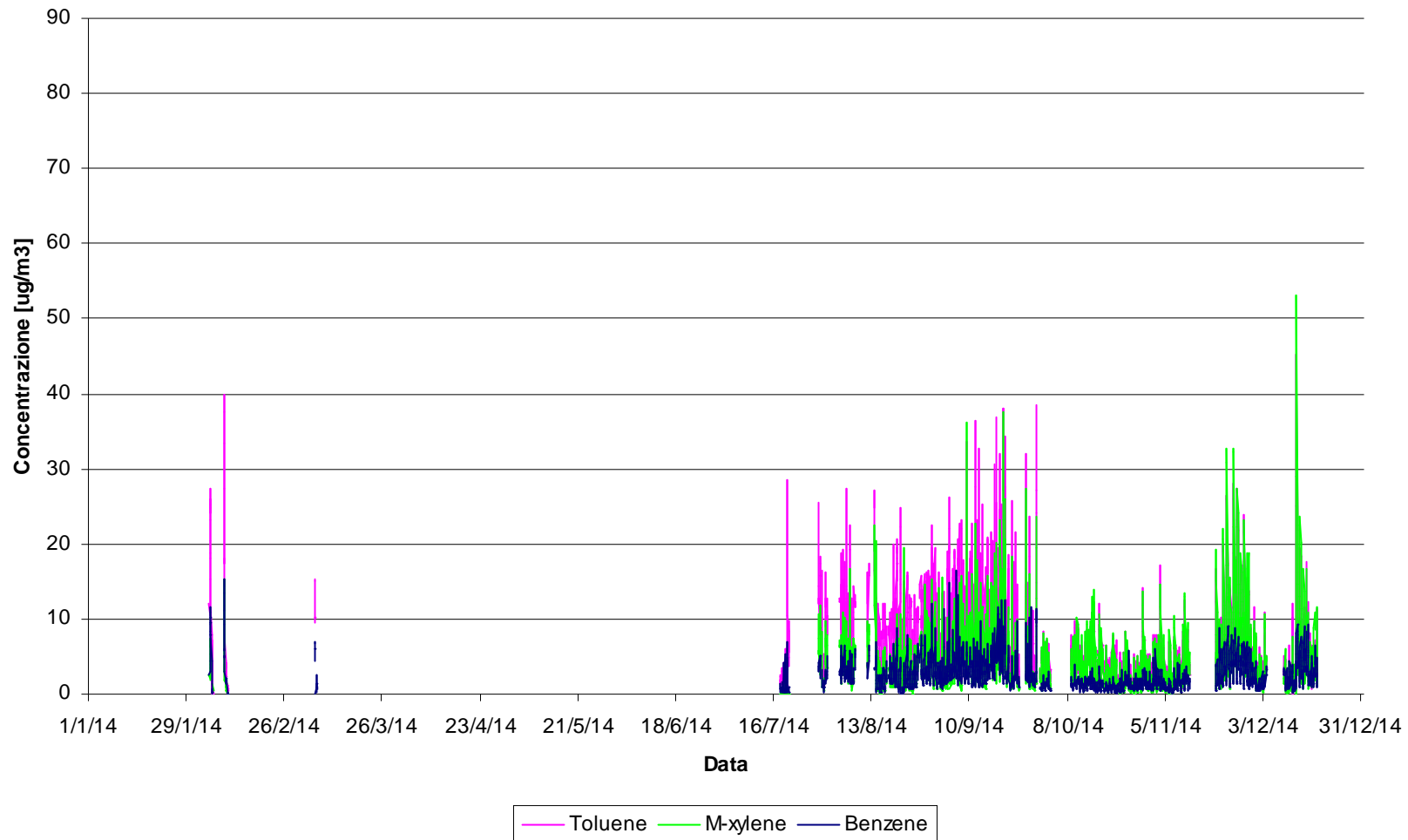


Grafico 8.b: BTX Caporale

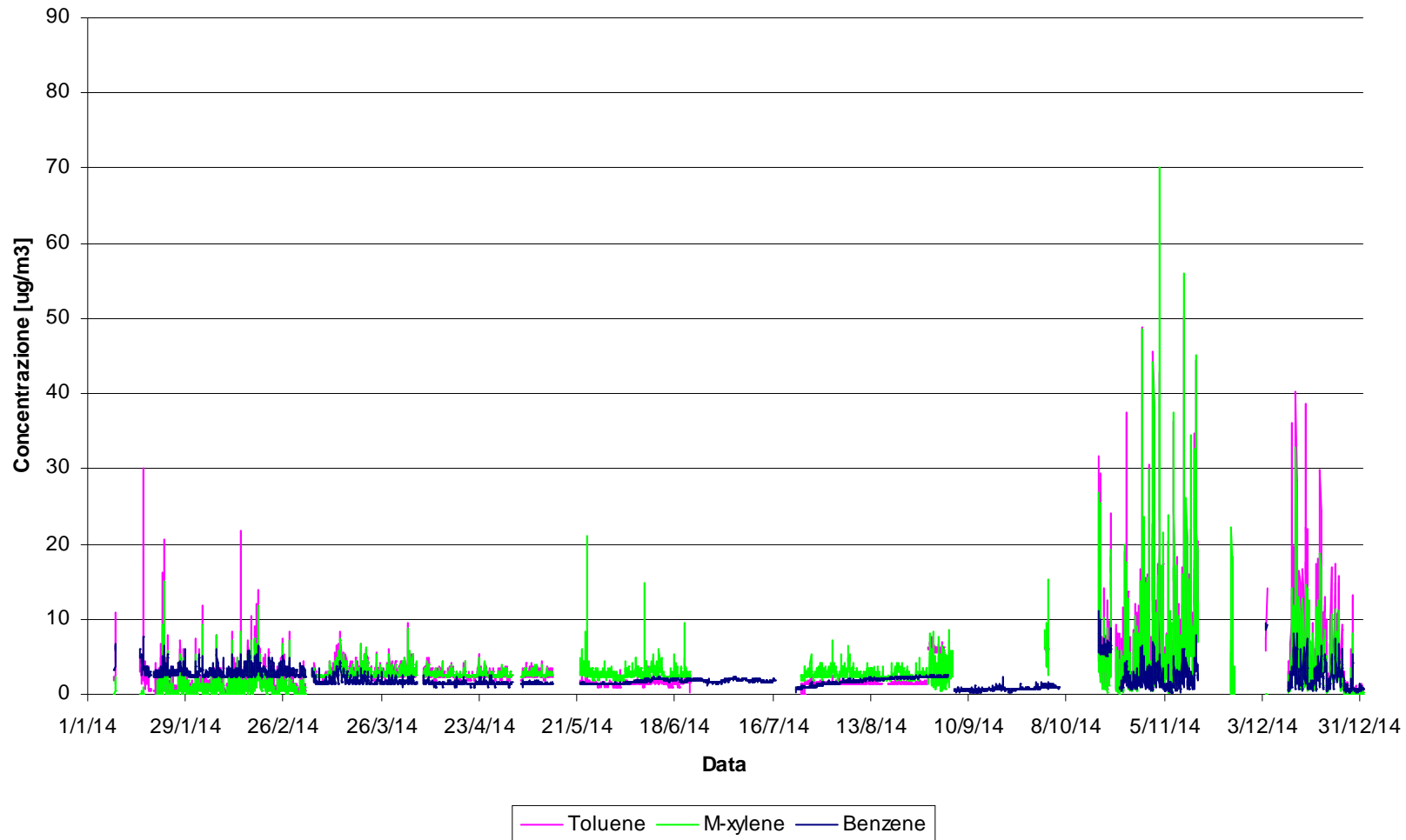


Grafico 8.c: BTX Zona Industriale

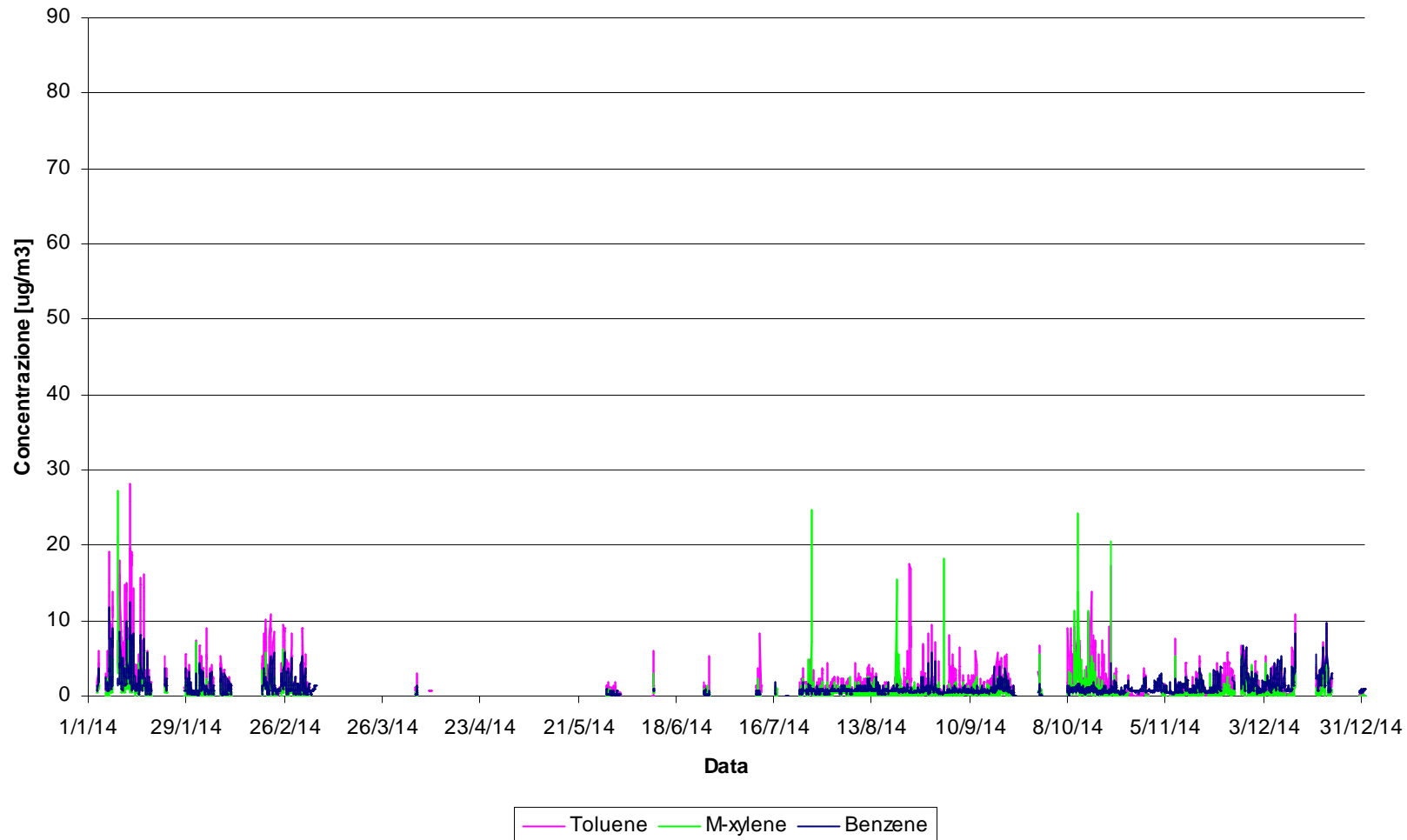


Grafico 8.d: BTX San Felice

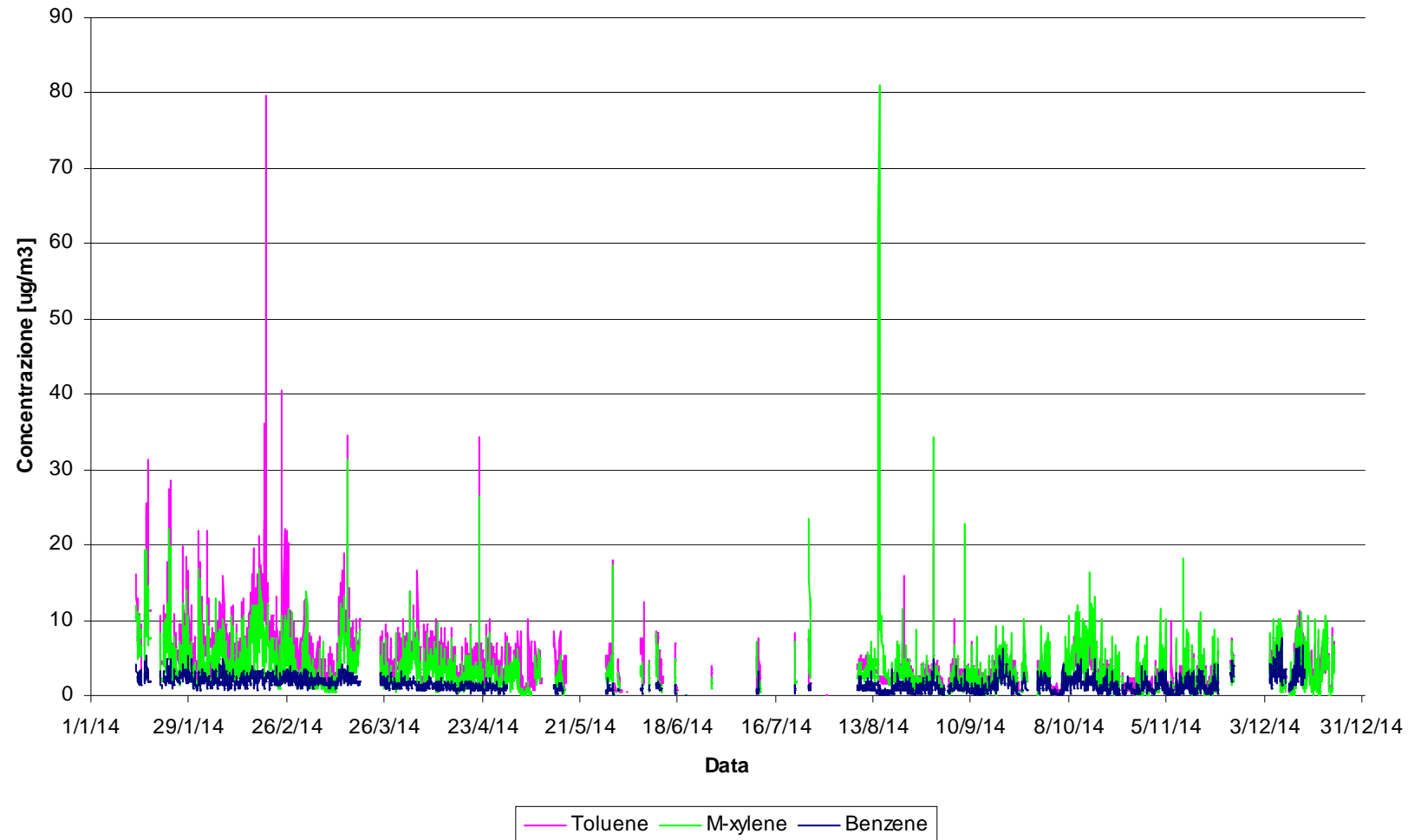
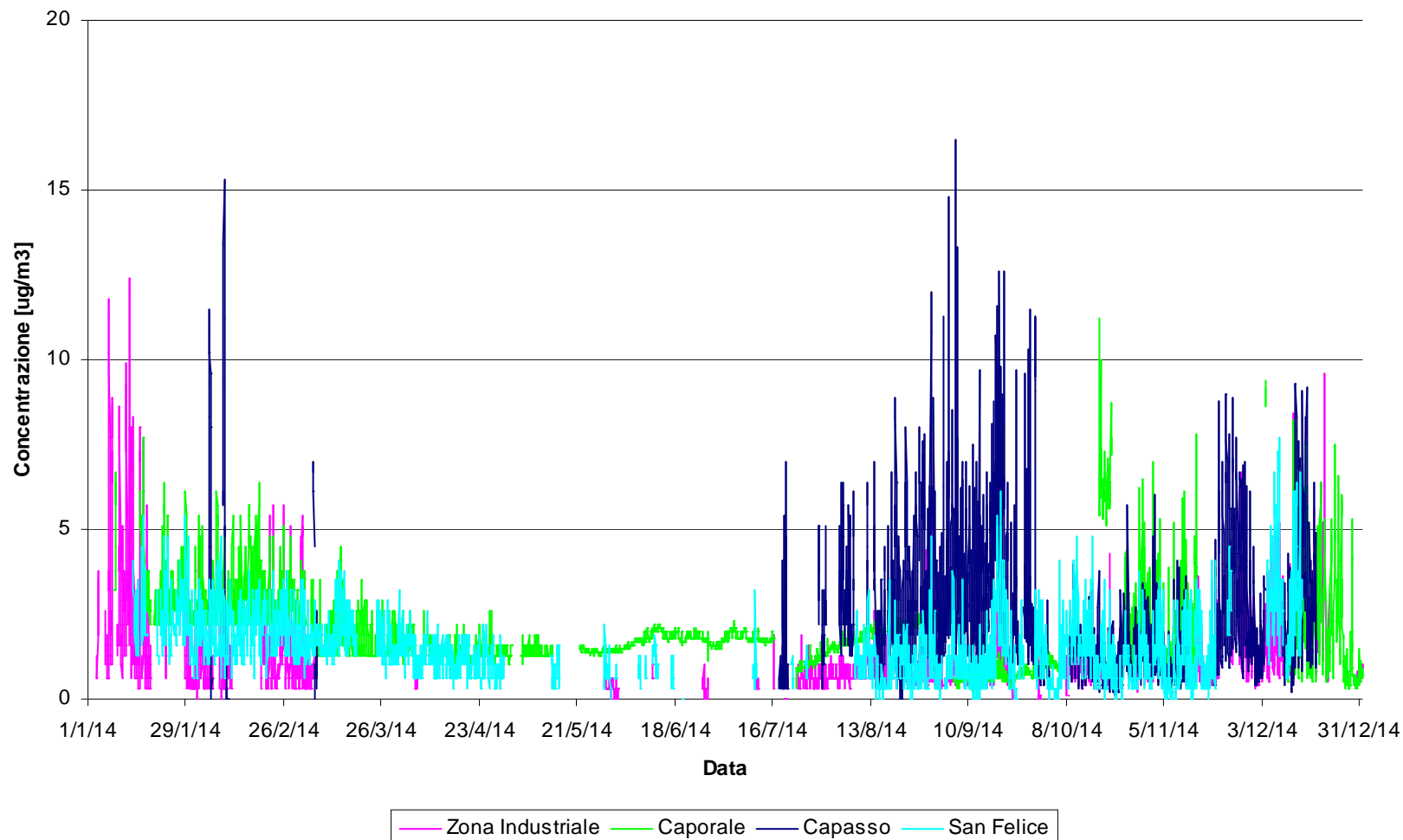


Grafico 9: benzene



Monitoraggio delle polveri sottili PM10 e PM2,5: situazione nell'area acerrana

Le stazioni utilizzate per il monitoraggio della qualità dell'aria nel territorio acerrano sono equipaggiate, per quanto concerne il monitoraggio delle polveri sottili, ognuna con due analizzatori modello "OPSIS SM200", utilizzati per il campionamento automatico e la misura della media giornaliera delle polveri sottili nelle frazioni cosiddette PM10 e PM2,5. Essi eseguono il campionamento delle polveri sottili aspirando, con portata volumetrica controllata, l'aria ambiente e permettendo il deposito del particolato atmosferico, opportunamente "tagliato" dalla testa di prelievo, su appositi filtri. Su di essi, al termine delle 24 ore, attraverso la misurazione del livello di abbattimento dei raggi beta emessi da una sorgente leggermente radioattiva, viene misurata la massa di particolato depositata e quindi calcolata la concentrazione media giornaliera di PM10 o PM2,5 in aria ambiente. La complessità di tale sistema di rilevazione automatico delle polveri sottili, unita al fatto che gli analizzatori sono in funzione 24 ore su 24 e 7 giorni su sette, richiede un continuo e costante piano di manutenzione, che talvolta richiede necessariamente il mancato funzionamento dell'analizzatore stesso, ragion per cui la serie storica di rilevazioni eseguite su un intero anno può apparire frammentata.

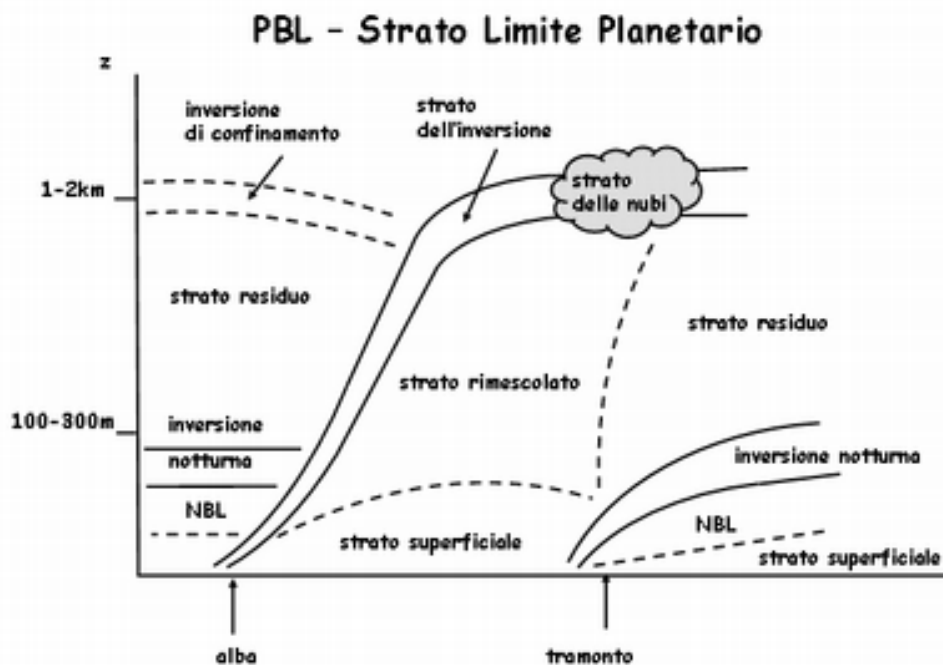
I dati raccolti sono tuttavia indicativi per descrivere il panorama complessivo dell'inquinamento da polveri sottili nel territorio monitorato. In aggiunta ai fenomeni emissivi e del loro effettivo impatto sulla qualità dell'aria, bisogna tener conto anche della morfologia del territorio e della meteorologia a scala medio-vasta, essendo i fenomeni di accumulo e trasporto delle polveri sottili particolarmente sensibili ai meccanismi di rimescolamento atmosferico e ricambio delle masse d'aria. Fondamentale importanza, soprattutto per quanto riguarda la ciclicità dei meccanismi di rimescolamento atmosferico a scala pressoché locale, assume il cosiddetto "planetary boundary layer" (PBL). Letteralmente strato limite planetario, esso è definito come la porzione di troposfera direttamente influenzata dalla superficie terrestre e suscettibile di mutamenti dovuti all'immissione di energia da essa proveniente con tempi dell'ordine dell'ora. Si estende per i primi 2-3 Km dell'atmosfera.

L'interazione fra atmosfera e superficie terrestre può avvenire attraverso diversi meccanismi: attrito meccanico, evaporazione e traspirazione, trasferimento di calore, emissione di sostanze inquinanti e variazioni della circolazione atmosferica dovuta alla conformazione del terreno. In particolare si indica con il termine "PBL convettivo" lo strato limite in condizioni di forte insolazione, che causano vortici d'aria di natura convettiva ed aumento della produzione di turbolenza e di conseguenza un forte rimescolamento dell'atmosfera. L'altezza di rimescolamento, definita come l'altezza dello strato adiacente alla superficie all'interno del quale un composto viene disperso verticalmente per turbolenza meccanica o convettiva in un tempo pari a un'ora circa, è massima in queste condizioni.

Il PBL convettivo, quindi, si instaura nelle ore più calde della giornata, nelle quali si ha il maggiore rimescolamento atmosferico: tipicamente durante queste ore le concentrazioni degli inquinanti sono minori, in quanto è favorita la loro dispersione in atmosfera, il volume significativo dell'aria ambiente è più esteso e gli inquinanti più "diluisti" con conseguenti minori concentrazioni.

Viceversa, in condizioni di raffreddamento della superficie terrestre, la creazione di vortici di natura convettiva è inibita e la turbolenza è sostenuta solo dal vento. Il rimescolamento atmosferico è debole (condizioni di PBL stabile). Il PBL stabilmente stratificato è in genere la parte inferiore di una cosiddetta "inversione termica" (la superficie terrestre è più fredda dell'aria che sta al di sopra di essa). Il PBL è praticamente "schacciato" a poche centinaia di metri dalla superficie terrestre, il volume di confinamento è minore e quindi le concentrazioni di inquinanti risultano più elevate. Durante la presenza di inversioni termiche sono quindi inibiti i moti verticali dell'atmosfera e tutti gli inquinanti emessi al suolo sono contenuti sotto una cappa che ne impedisce la dispersione. Tali condizioni sono tipicamente notturne e molto frequenti nel territorio in esame.

Fig.5: evoluzione tipica nelle 24 ore del PBL in una giornata soleggiata (fonte: ARPAV)



I dati rilevati dalle suddette stazioni di rilevamento, come anticipato in precedenza, sono stati oggetto di attività di validazione quotidiana finalizzata, anche, alla pubblicazione di prospetto sintetico giornaliero diffuso attraverso il sito istituzionale dell’Agenzia; tale attività viene poi integrata con una validazione annuale effettuata su lungo periodo, che consente di effettuare l’analisi dei dati rilevati con maggiore approfondimento, tenendo anche conto di eventuali dinamiche meteo-ambientali non immediatamente valutabili a scala giornaliera, permettendo così un incremento della qualità del dato rilevato. A conseguenza delle predette considerazioni, dunque, non deve sorprendere il parziale disallineamento tra quanto riportato in bollettino al 31/12/2014 e quanto riportato qui di seguito.

Durante tutto il 2014 sono stati registrati superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il PM10, riportati nella tabella successiva insieme al valore medio annuo confrontato con il limite annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tab.1: superamenti limite giornaliero e media annua 2014 PM10 nel territorio acerrano

Stazione	Superamenti limite giornaliero aggiornati al 31/12/2014	Superamenti limite giornaliero aggiornati al 07/04/2015	Media annua $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Acerra Capasso	54	71*	43,8
Acerra Caporale	53	57	40,1
Acerra Z.I.	28	29	31,9
San Felice a C.	38	36	33,7

* A seguito dell’integrazioni con dati rilevati dalla stazione fissa posta nella stessa scuola Capasso e attiva dal 01/09/2014

Si osserva che, tranne per il sito Zona Industriale, risulta superato il massimo numero di sforamenti ammessi durante l'anno solare stabilito dal d.lgs. 155/2010 e s.m.i. (n. 35); particolarmente critica la situazione delle due stazioni di traffico urbano, Capasso e Caporale, che risentono del contributo emissivo non solo del traffico veicolare, sicuramente intenso, ma anche delle emissioni provenienti dagli impianti di riscaldamento nei periodi in cui essi sono in funzione. Per le stesse stazioni, inoltre, è superato il limite sulla concentrazione media annua.

Per quanto riguarda il PM_{2,5}, la normativa vigente stabiliva per il 2014 come valore obiettivo per la tutela della salute umana la concentrazione media annua di 25 µg/m³; tale valore obiettivo è diventato valore limite a partire dal 01/01/2015. Per i siti esaminati si è rilevata la situazione descritta nella successiva tabella, che mostra un superamento del suddetto VO esclusivamente per il sito Acerra Capasso.

Tab.2: media annua 2014 PM_{2,5} nel territorio acerrano

Stazione	Media annua µg/m ³
Acerra Capasso	31,4
Acerra Caporale	20,3
Acerra Z.I.	19,8
San Felice a C.	18,6

L'andamento delle concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ è caratterizzato da fluttuazioni anche marcate ed è fortemente influenzato dalle variazioni stagionali delle emissioni e dalle condizioni meteo-ambientali. I valori più elevati osservati – registrati prevalentemente nel periodo invernale – sono riconducibili con buona frequenza a condizioni di scarso rimescolamento atmosferico e quindi ristagno delle polveri sottili, in ragione dei meccanismi atmosferici descritti in precedenza. Le concentrazioni di PM₁₀ rilevate dalle quattro stazioni a servizio del territorio acerrano sono visualizzate nel successivo grafico 10.

Si osserva che la serie storica ha andamento frammentato, in ragione delle attività di manutenzione ordinaria prima descritte ma anche a causa di manutenzione straordinaria della strumentazioni (guasti o avarie) o di temporanee interruzioni di alimentazione.

Stima statistica delle polveri sottili PM₁₀ e PM_{2,5}: elaborazione metodo e risultati

Secondo la direttiva 2008/50/CE la valutazione della qualità dell'aria è imprescindibile dalla ricostruzione dei campi spaziali e temporali della concentrazione di alcune specie chimiche potenzialmente dannose per la salute umana, verificando anche - attraverso l'utilizzo di alcuni indicatori statistici - gli standard di legge. Fondamentale a questo scopo è la disponibilità di dati misurati di concentrazione prodotti da una rete di monitoraggio della qualità dell'aria, che costituisce la fonte informativa principale; tuttavia, la loro effettiva disponibilità, come visto, è limitata da alcuni problemi pratici. In primo luogo, la validazione delle misure di concentrazione prodotte dagli analizzatori è un'attività complessa da mettere in atto. In secondo luogo, nonostante la cura che si pone alla manutenzione degli analizzatori presenti nella rete di monitoraggio, praticamente sempre si hanno dati mancanti nelle serie storiche ottenute e ciò può produrre seri problemi nella valutazione della qualità dell'aria. Risulta evidente, dunque, l'importanza di ricorrere a determinati processi di "gap filling".

Figura 10: PM10 rilevato nell'area acerrana

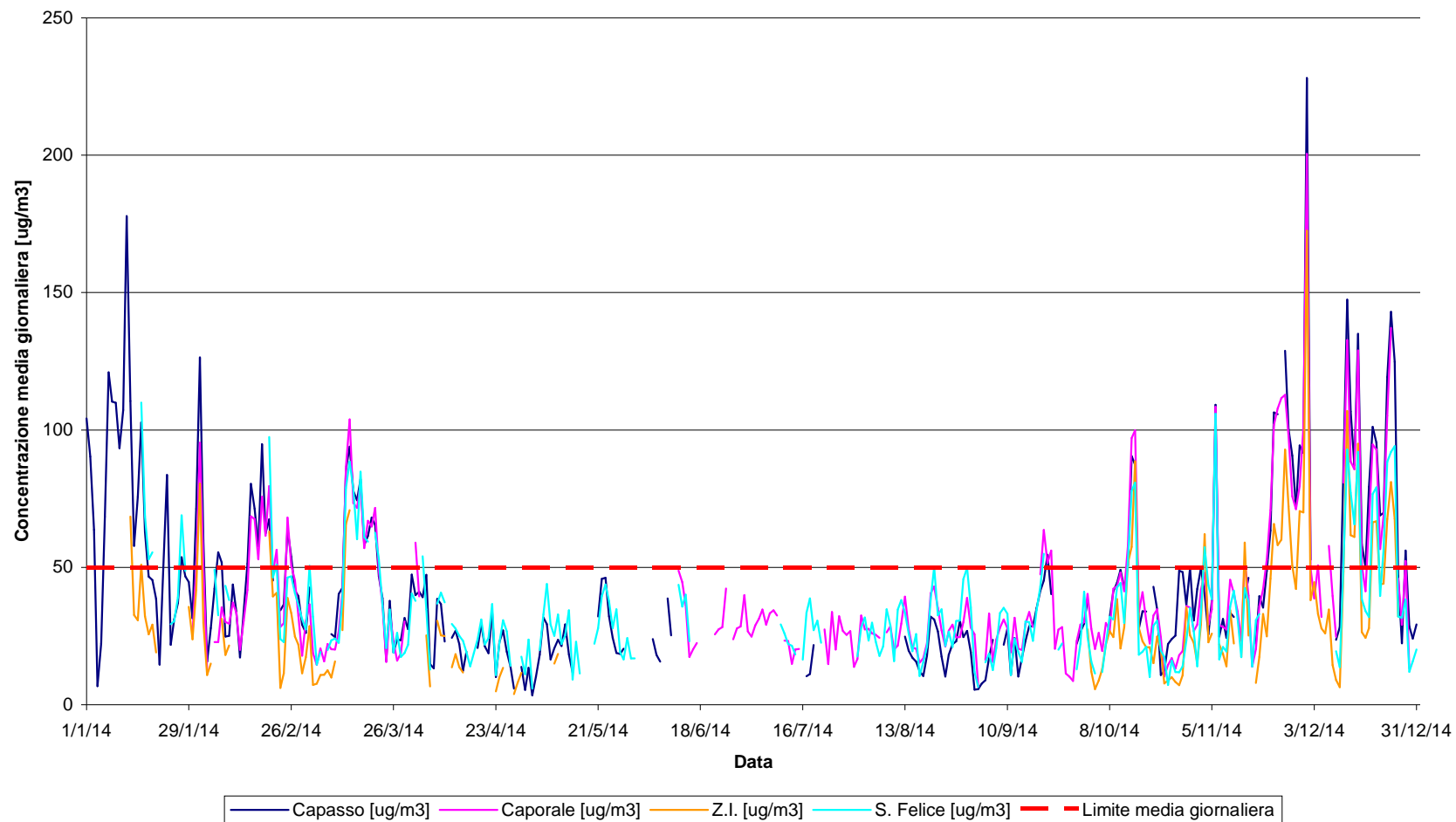
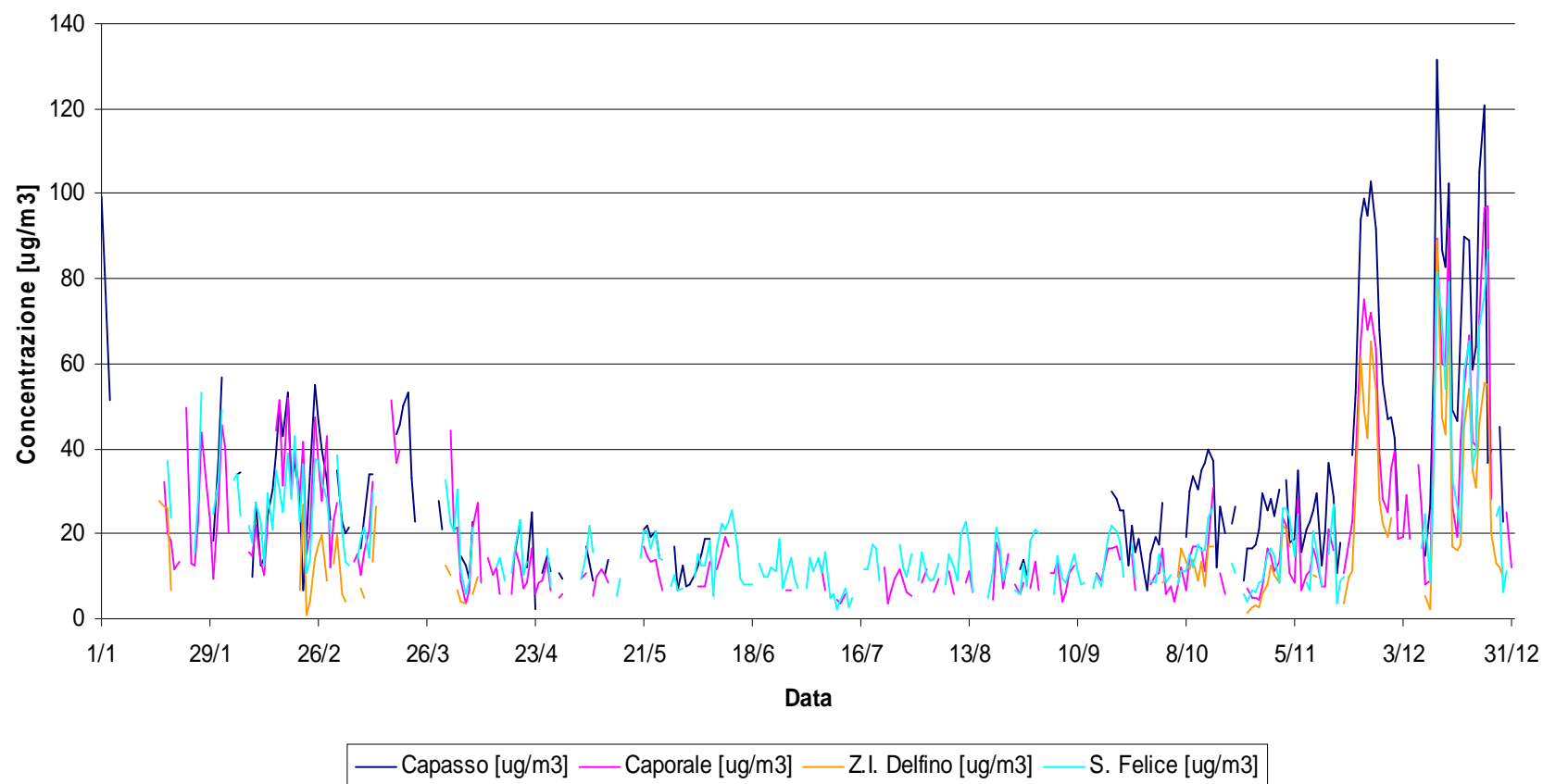


Figura 11: PM_{2,5} rilevato nell'area acerrana



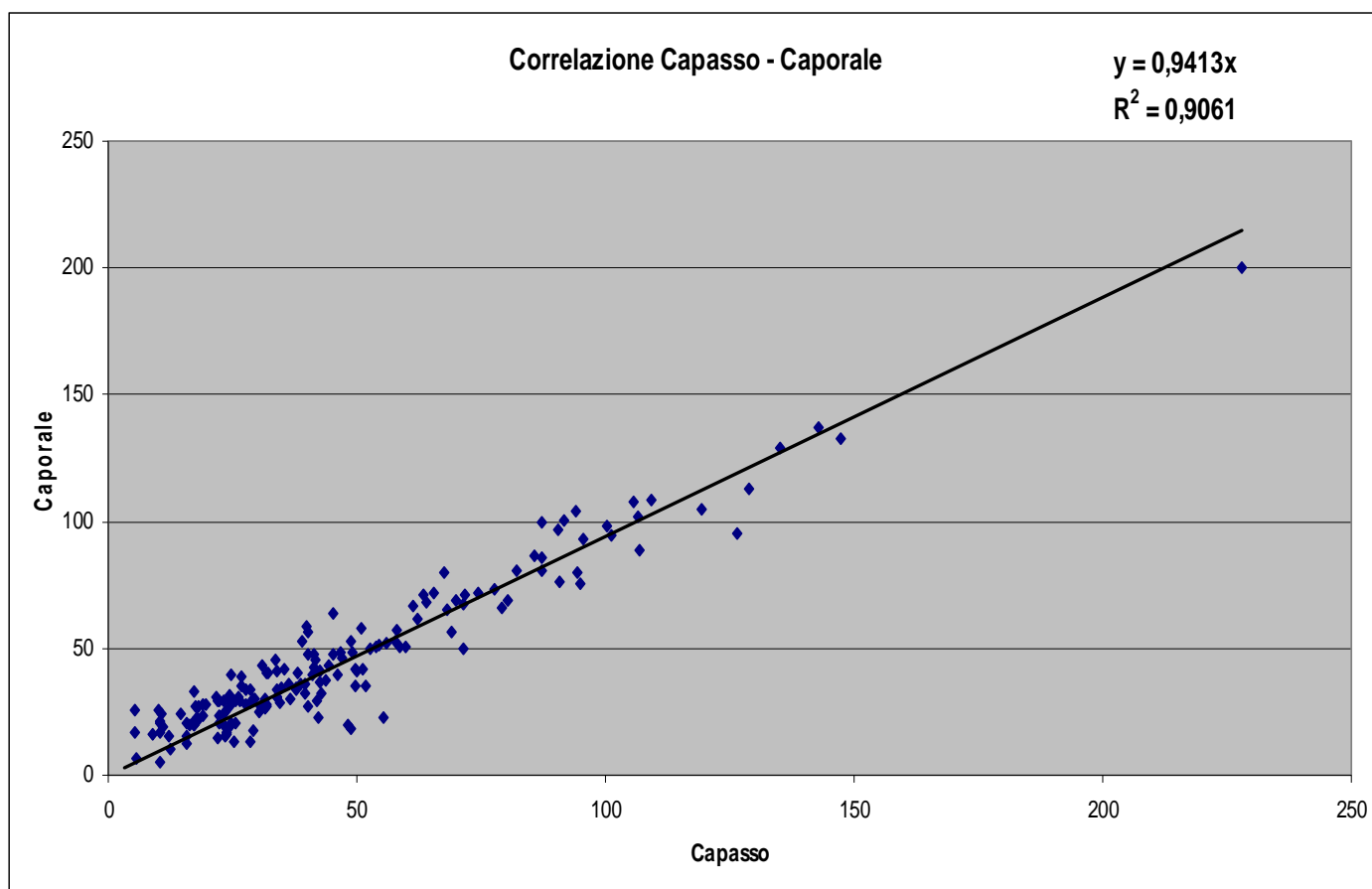
La Regione Campania ha approvato, con Delibera di Giunta n°683 del 23/12/2014, il “progetto di adeguamento della rete regionale di rilevamento della qualità dell’aria” che porterà una volta completato alla ridefinizione della rete regionale di rilevamento, consentendo una migliore capillarità sul territorio regionale e fornendo una base dati solida per eventuali tecniche di stima degli inquinanti che la normativa consente come alternative alle rilevazioni dei parametri in siti fissi.

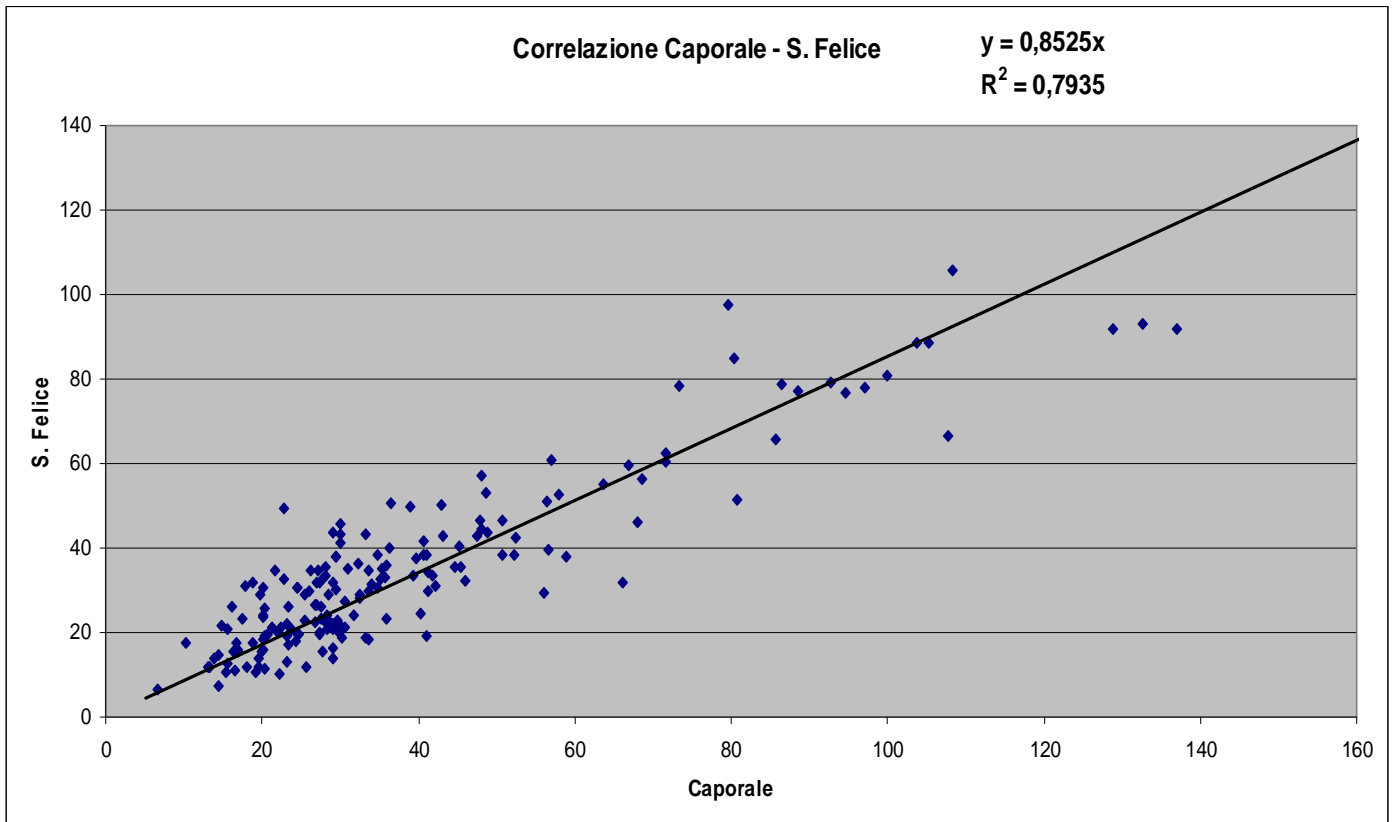
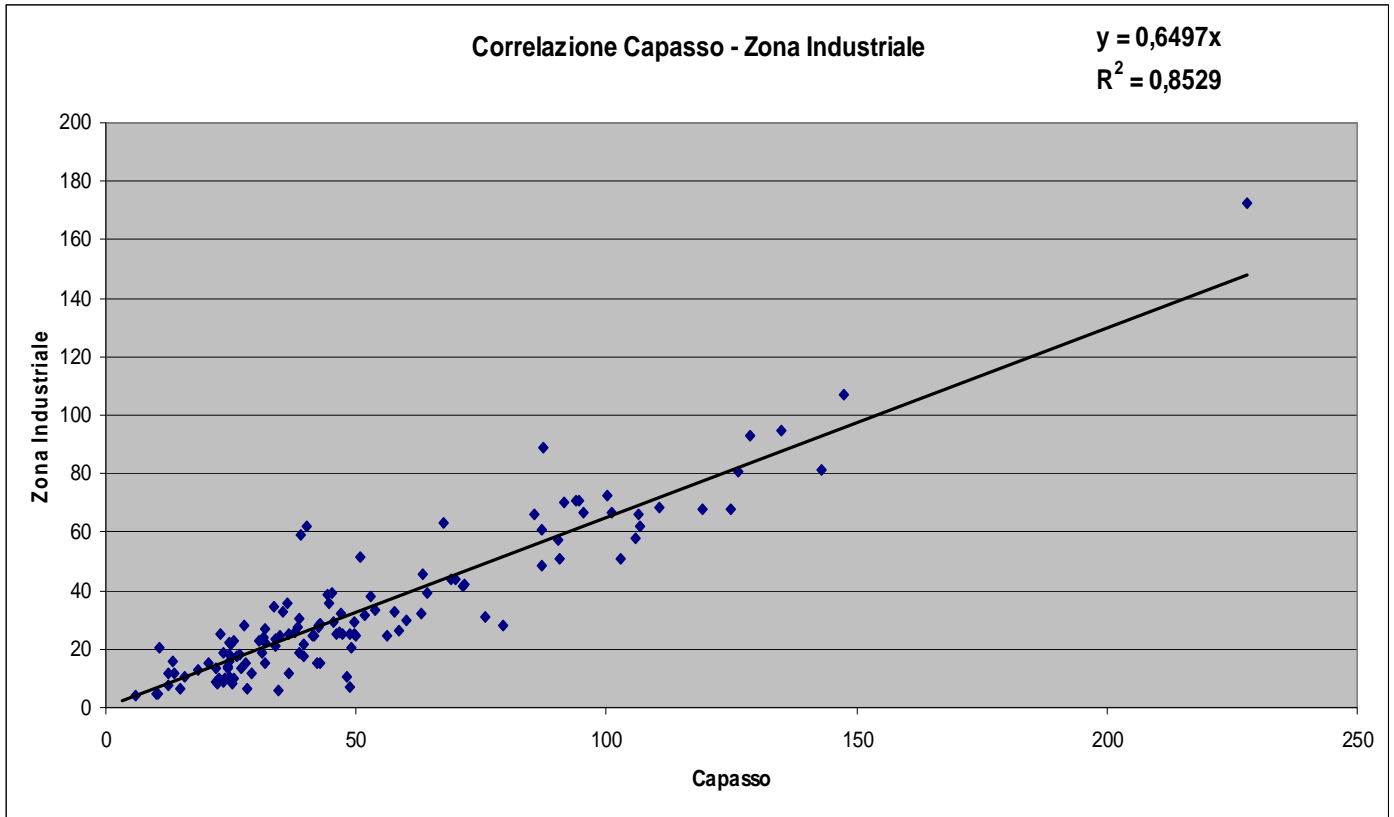
In considerazione delle premesse al presente paragrafo e anche per far fronte all’esigenza di completamento delle serie di dati rilevate è stato realizzato, a partire dai dati resi disponibili dall’attività di monitoraggio in continuo, uno studio statistico diretto all’individuazione delle correlazioni esistenti tra le concentrazioni di PM10 rilevate nei quattro siti fissi, sfruttando le quali è possibile realizzare una ricostruzione di serie storica per raggiungere un migliore dettaglio nella valutazione della situazione di inquinamento della qualità dell’aria nel territorio considerato.

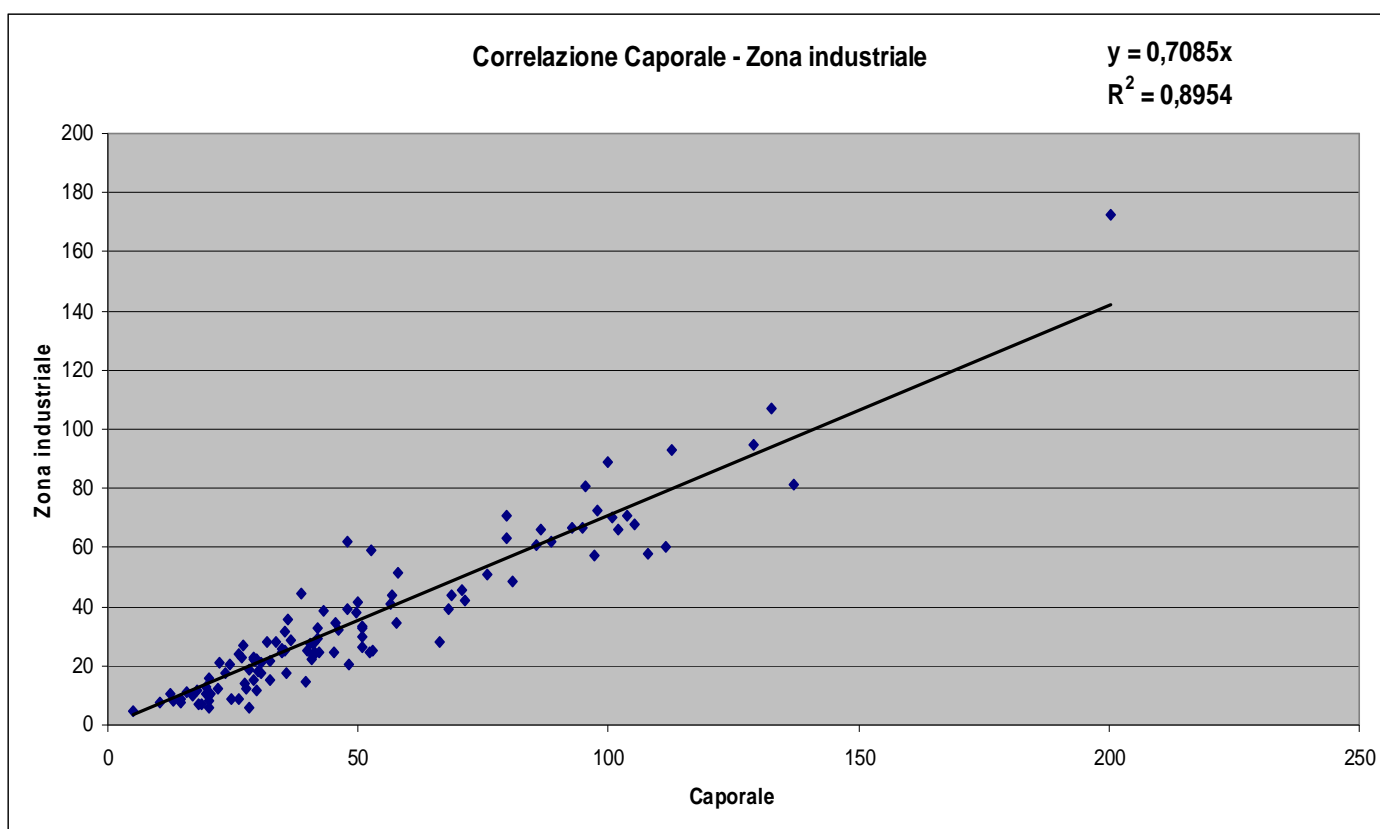
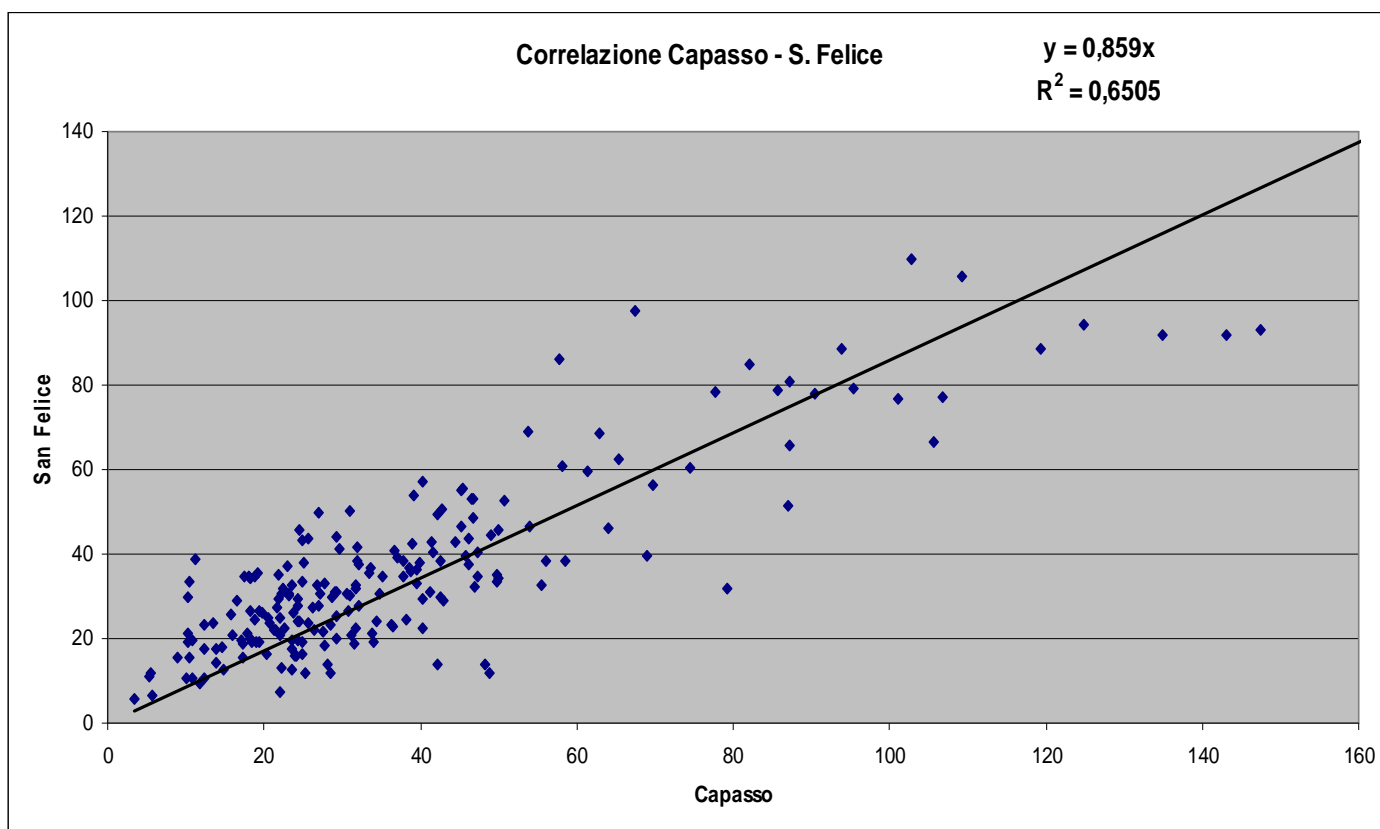
Tale operazione non assume esclusivamente un carattere estimativo, in quanto le risultanze ottenute possono essere significative in termini di valutazione del rispetto dei limiti normativi e può rappresentare un utile strumento per comprendere al meglio le dinamiche dei processi di inquinamento sul lungo periodo.

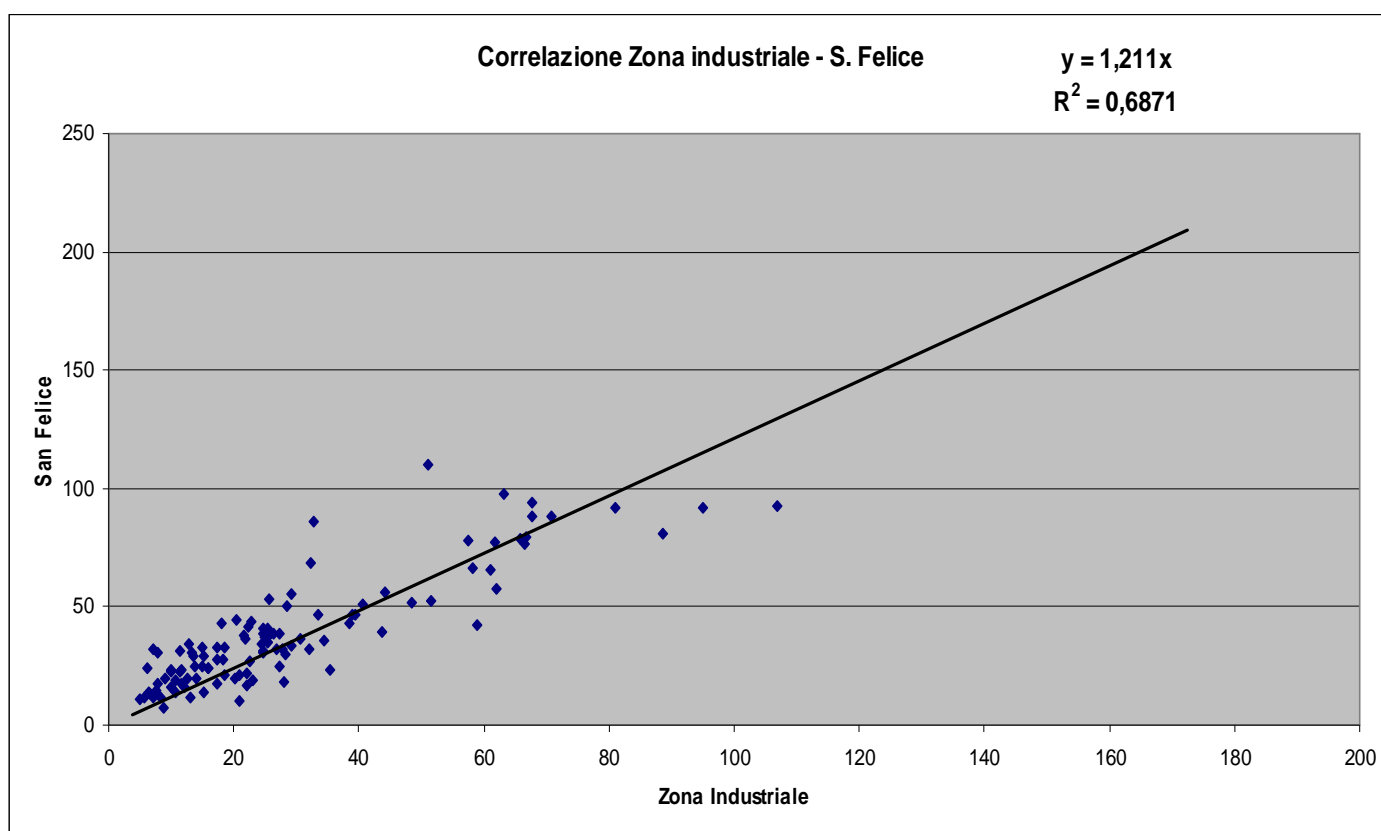
Lo studio è stato condotto analizzando, in primo luogo, le correlazioni tra le concentrazioni medie giornaliere di PM10 misurate tra i quattro siti del territorio acerrano e determinando un eventuale estimatore lineare.

Accoppiando alternativamente le concentrazioni rilevate in tutto il 2014 in corrispondenza dei quattro siti in esame, è stata effettuata una regressione lineare e determinato il coefficiente di correlazione R^2 , che stabilisce una proporzione tra la variabilità dei dati e la correttezza del metodo utilizzato.









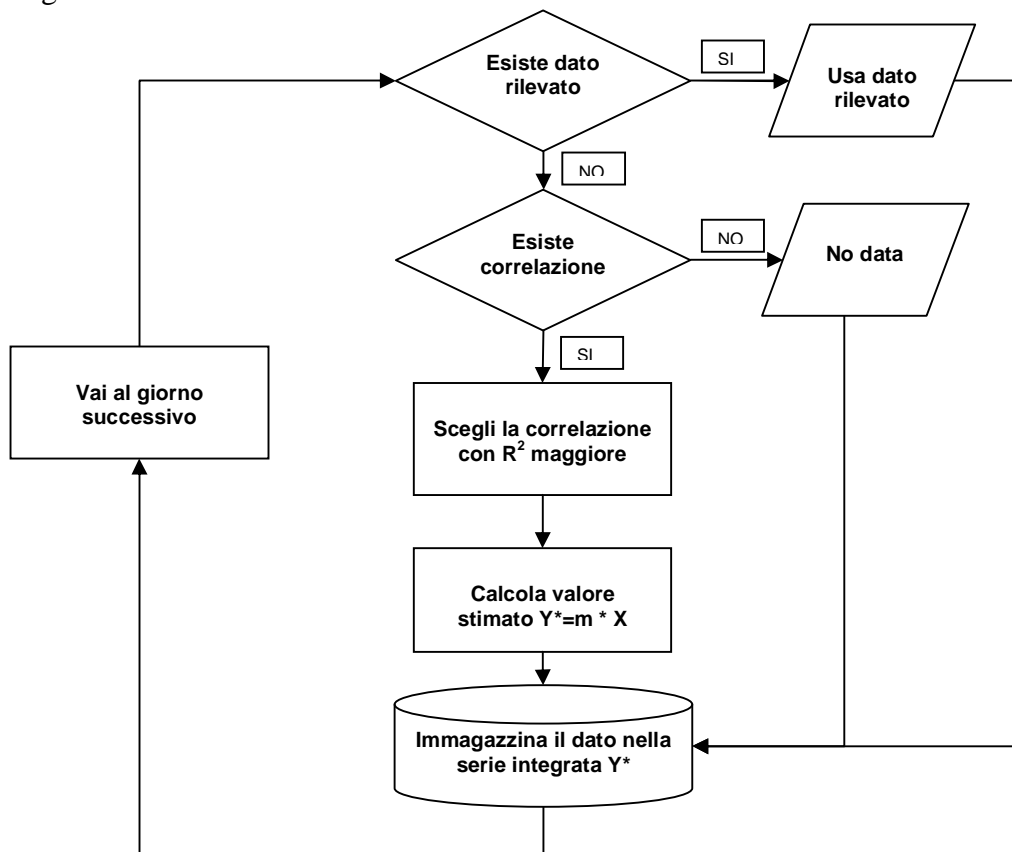
Più il coefficiente R^2 assume valori prossimi all'unità, più l'approssimazione statistica risulta solida; ciò significa che è possibile stimare attraverso il coefficiente angolare "m" della retta di regressione lineare $y=m*x$ una concentrazione rispetto all'altra senza commettere un errore troppo grande. Il risultato ottenuto può essere utilizzato proprio per quell'operazione di "gap filling" richiamata in precedenza. Infatti, partendo da valori di concentrazione misurati e sfruttando le correlazioni che danno il massimo risultato di R^2 è possibile "riempire" i buchi di dati di una serie storica rispetto ad un'altra. Nella tabella seguente sono riepilogati i risultati dell'analisi statistica fin qui descritta.

Tab.3: matrice delle correlazioni tra le concentrazioni di PM10 nel territorio acerrano.

	Capasso	Caporale	Zona Ind	S. Felice
Capasso	1	0,91	0,85	0,65
Caporale	0,91	1	0,90	0,79
Zona Ind	0,85	0,85	1	0,69
S. Felice	0,65	0,65	0,69	1

Si supponga, ad esempio, di voler determinare per un periodo le concentrazioni di PM10 nella stazione Zona Industriale e che siano disponibili i dati rilevati dalle stazioni Capasso, Caporale e San Felice. Con riferimento alla Tab. 3 e ai grafici riportati in precedenza, si rileva che la correlazione più affidabile è quella "Caporale – Zona Industriale" con $R^2=0,8954$ (contro lo 0,8529 della correlazione con Capasso e lo 0,6871 della correlazione con San Felice). Per stimare le concentrazioni di PM10 rilevate da Zona Industriale a partire da quelle rilevate da Caporale basterà quindi moltiplicare queste ultime per il rispettivo coefficiente

angolare $m=0,7085$. L'approccio metodologico è stato utilizzato per la ricostruzione delle serie temporali, secondo il seguente schema funzionale:



L'operazione eseguita ha consentito una efficace integrazione della serie di dati, portando la copertura temporale per tutte le stazioni considerate (calcolata come percentuale di giorni con presenza di dato sui 365 giorni dell'anno solare) al 96,7% contro la copertura temporale del dato rilevato rispettivamente pari a: Capasso 72,1%, Caporale 67,9%, Zona Industriale 39,7%, San Felice 68,8%. I dati stimati portano alle seguenti risultanze confrontate con i dati rilevati:

Tab.3: riepilogo dati rilevati e stimati per il PM10; con il simbolo "*" si indica la serie integrata

Stazione	Superamenti limite giornaliero	Media annua $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Acerra Capasso	71	43,8
Acerra Capasso *	76	40,1
Acerra Caporale	57	40,1
Acerra Caporale*	76	38,7
Acerra Z.I.	29	31,9
Acerra Z.I.*	43	26,0
San Felice a C.	36	33,7
San Felice a C.*	65	35,7

Alcune considerazioni sui dati risultanti dalla procedura estimativa.

In primo luogo si osserva che il numero di superamenti tra Capasso e Caporale è coincidente; ciò a causa della forte correlazione tra le rispettive serie di dati ($R^2=0,9061$). Ciò significa che le concentrazioni di polveri sottili rilevate nei due siti sono praticamente identiche ed è chiaro che, portando la copertura temporale quasi al 100% per entrambe le serie, il numero di superamenti non può far altro che tendere a coincidere. Tale asserzione, puramente analitica, non si discosta molto dalla realtà, essendo le due stazioni inserite in un contesto di pressione ambientale praticamente coincidente, soggette alle medesime fonti emissive ed interessate dai medesimi meccanismi meteo-climatici in ragione della ridotta distanza relativa (circa 1,3 km).

Aumenta notevolmente, invece, il numero di superamenti per il sito Zona Industriale, andando oltre il limite di 35, ciò anche in funzione della “pesante” integrazione di serie in termini di copertura temporale, passata a poco più dei 39% al circa 97%. Significativo anche l’aumento dei superamenti stimati per la stazione di San Felice a Canello, passati dai 36 rilevati ad una stima di 65; ciò poiché la serie dati rilevata presentava dei vuoti spesso in corrispondenza dei mesi invernali che, tipicamente, coincidono con la parte dell’anno in cui si registrano con maggior frequenza superamenti del limite normativo giornaliero per le polveri PM10.

Si noti, al contrario, la diminuzione di quasi tutti i valori di media annuale (tranne nel caso di San Felice, per le medesime motivazioni appena espresse): ciò poiché l’integrazione di serie storica ha portato alla stima di valori anche in periodi in cui le polveri fanno registrare tipicamente valori bassi (periodo primaverile/estivo) e alla loro inclusione nel calcolo della media annuale.

Nella successiva fig.12 vengono riportate le concentrazioni di PM10 risultanti dal processo di integrazione di serie; risulta evidente la maggiore copertura temporale con conseguente maggiore dettaglio nelle evoluzioni sul lungo periodo delle concentrazioni di polveri sottili. A maggiore conferma della solidità statistica del metodo adoperato, in fig. 12.a è riportato un confronto grafico tra le concentrazioni medie giornaliere di PM10 effettivamente rilevate dalla stazione Acerra Caporale e le corrispondenti concentrazioni stimate a partire dalla serie integrata Acerra Capasso*. Si nota che esse sono praticamente coincidenti, sia in termini di valore assoluto che come evoluzione annuale e quindi l’errore commesso con questa tecnica è tutto sommato accettabile se confrontato con i benefici derivanti dalla integrazione dei dati.

Fig. 12: andamento annuale PM10 a seguito del processo di integrazione di serie

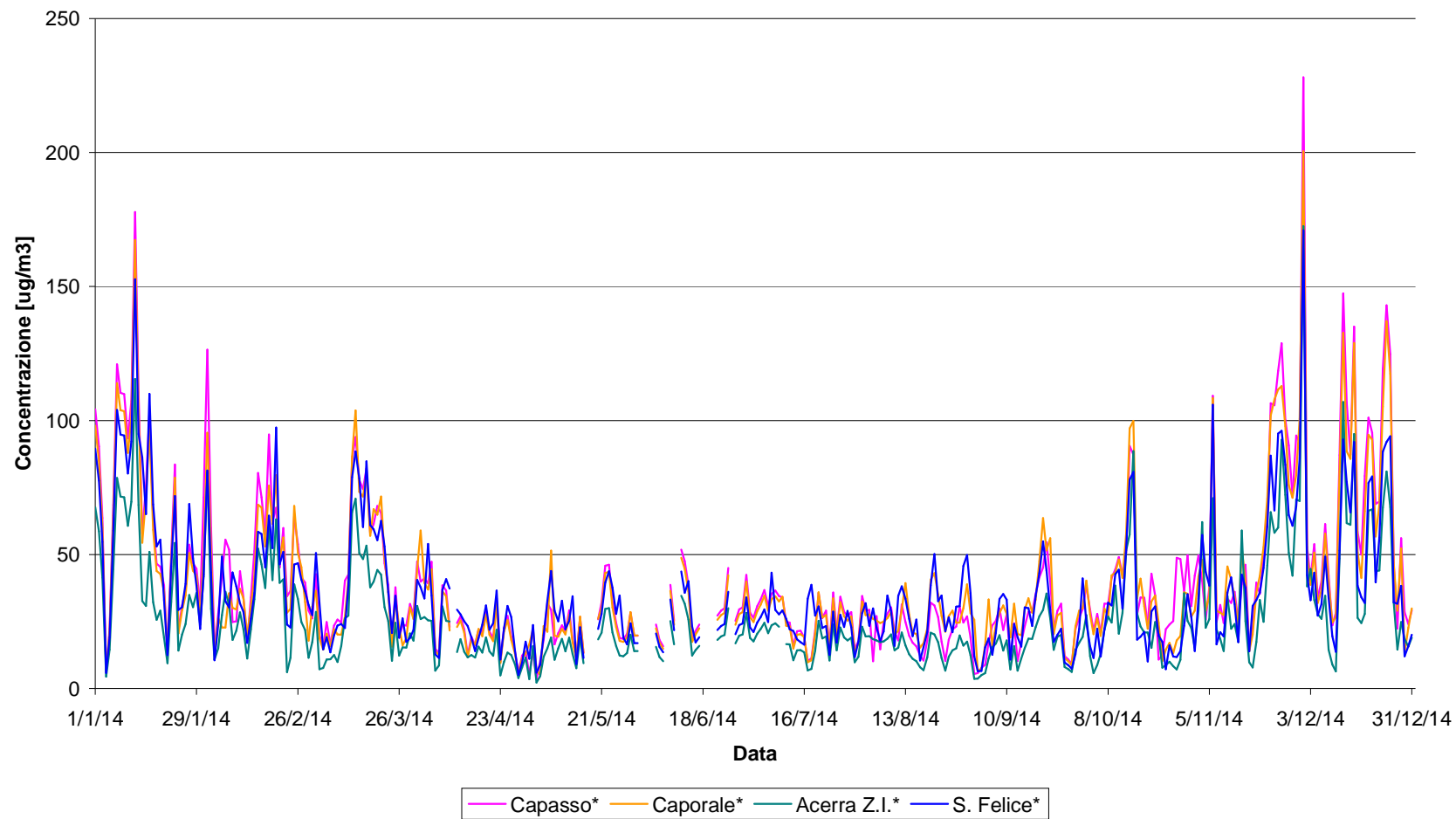
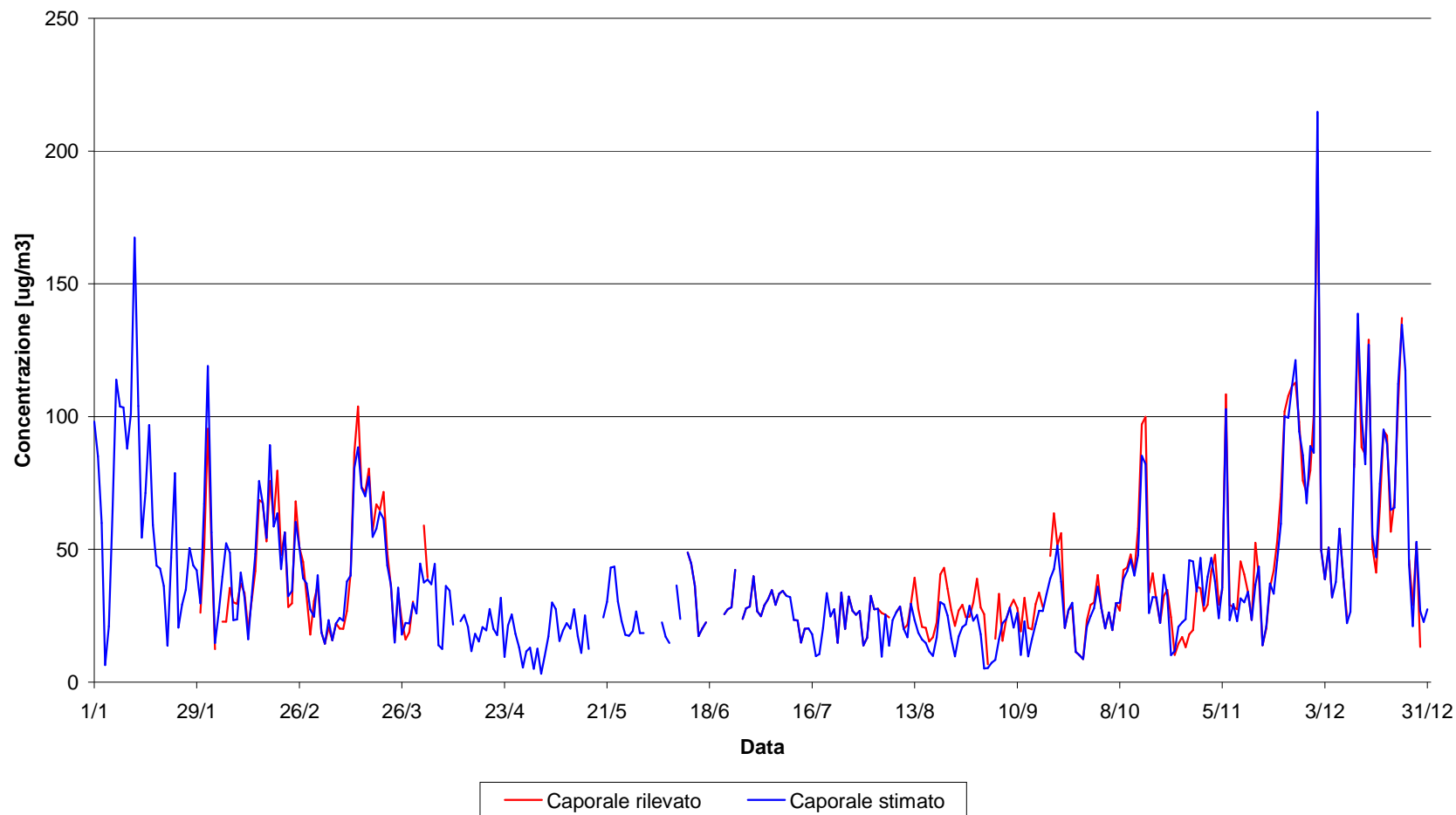


Fig. 12.a: confronto tra le concentrazioni di PM10 rilevate e stimate per la stazione Acerra Caporale



Determinazione di metalli pesanti nelle polveri totali sospese rilevate con campionatori alto volume

Nel periodo 27 novembre – 2 dicembre, le misure dei parametri di qualità dell'aria rilevate in automatico sono state integrate con il campionamento delle polveri totali sospese (PTS) per mezzo di campionatori ad alto volume posizionati nel sito "Scuola Capasso", con lo scopo di determinare le concentrazioni dei metalli pesanti arsenico, cadmio, nichel e piombo.

I campionatori ad alto volume AQUARIA mod. PUF sono utilizzati per il campionamento di microinquinanti su particolato totale aerodisperso. La particolare configurazione dello strumento consente l'alloggiamento di un filtro di diametro 100 mm; il flusso di campionamento massimo consentito è di 280 l/min e può essere opportunamente regolato.

Fig.12: Installazione di campionatori alto volume presso la Scuola Capasso (Acerra)



Le polveri totali sospese (PTS) sono un insieme molto eterogeneo di particelle solide e liquide che, a causa delle ridotte dimensioni, restano in sospensione nell'aria. La normativa vigente classifica le diverse classi di polveri a seconda della dimensione del diametro delle particelle (misurato in micrometri) e ne quantifica la presenza in aria in termini di concentrazione (espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero microgrammi di particelle in sospensione per metro cubo di aria ambiente). Il diametro delle particelle può variare da un valore minimo di $0,005 \mu\text{m}$ fino ad un massimo di $100 \mu\text{m}$. All'interno di quest'intervallo si definiscono grossolane le particelle con diametro compreso tra $2,5$ e $30 \mu\text{m}$, fini le particelle con diametro inferiore a $2,5 \mu\text{m}$. Le polveri grossolane si originano a seguito di combustioni incontrollate e per processi meccanici di erosione e disgregazione dei suoli. Pollini e spore fanno parte di questa classe dimensionale. Le polveri fini derivano dalle emissioni prodotte dal traffico veicolare, dalle attività industriali, dagli impianti di produzione di energia elettrica nonché a seguito di combustioni di residui agricoli. Il maggiore livello di pericolosità

delle polveri fini è legato alla loro inalabilità; per tale motivo le PTS presentano un interesse sanitario sicuramente minore rispetto a PM10 e PM2,5 e non sono soggette a vincolo normativo. Tuttavia, l'assenza di taglio granulometrico sul campionamento consente di effettuare un monitoraggio dei metalli pesanti su un più ampio spettro di misura, inglobando comunque la frazione contenuta nelle particelle con diametro inferiore; la lettura in materia, infatti, esprime come rapporto tipico tra PM10 e PTS circa il 60-70%.

Il campionamento è stato effettuato in due archi temporali (27-29 novembre e 30 novembre – 2 dicembre) con due campionatori alto volume in parallelo. Successive analisi condotte in laboratorio hanno consentito la determinazione delle concentrazioni di metalli in atmosfera.

Tab.4: concentrazione di metalli pesanti in atmosfera, sito Scuola Capasso (Acerra) dal 27/11/2014 al 02/12/2014
Campionamento polveri totali sospese (PTS)

Campagna	Parametro	Concentrazione campionatore n°1	Concentrazione campionatore n°2	Media campagne	Valore obiettivo Media annua su PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
27/11-29/11	Arsenico [ng/m^3]	<2,0	<2,0	-	-
	Cadmio [ng/m^3]	2,44	2,37	-	-
	Nichel [ng/m^3]	11,4	11,0	-	-
	Piombo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,056	0,061	-	-
30/11-02/12	Arsenico [ng/m^3]	<2,0	<2,0	<2,0	6
	Cadmio [ng/m^3]	1,66	4,64	2,78	5
	Nichel [ng/m^3]	15,2	27,1	16,2	20
	Piombo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,051	0,155	0,081	0,5

Le concentrazioni rilevate sono al di sotto dei limiti posti a garanzia della salute umana; infatti, il valore medio delle rilevazioni è sempre minore del valore obiettivo fissato dalla normativa. Inoltre, il valore calcolato ha un ampio margine di sicurezza, ritenuto che esso è stato determinato a partire dalle PTS e non sul PM10 (come da norma), effettuando quindi una misura di concentrazione su un campione più ampio. Le rilevazioni, inoltre, sono avvenute nelle condizioni emissive più gravose, in corrispondenza di periodi che tipicamente coincidono con i valori massimi di emissione e di inquinamento. A riprova di ciò, si consideri la seguente tabella che mostra i valori di PM10 e PM2,5 rilevati nel periodo 27/11-02/12 presso il sito Scuola Capasso.

Tab.5: concentrazioni PM10 e PM2,5 registrate nel sito Scuola Capasso (Acerra) dal 27/11/2014 al 02/12/2014

Data	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
27/11/2014	90,7	67,8
28/11/2014	71,6	55,3
29/11/2014	94,4	46,9
30/11/2014	91,7	47,2
01/12/2014	228,1	42,4
02/12/2014	52,8	25,7

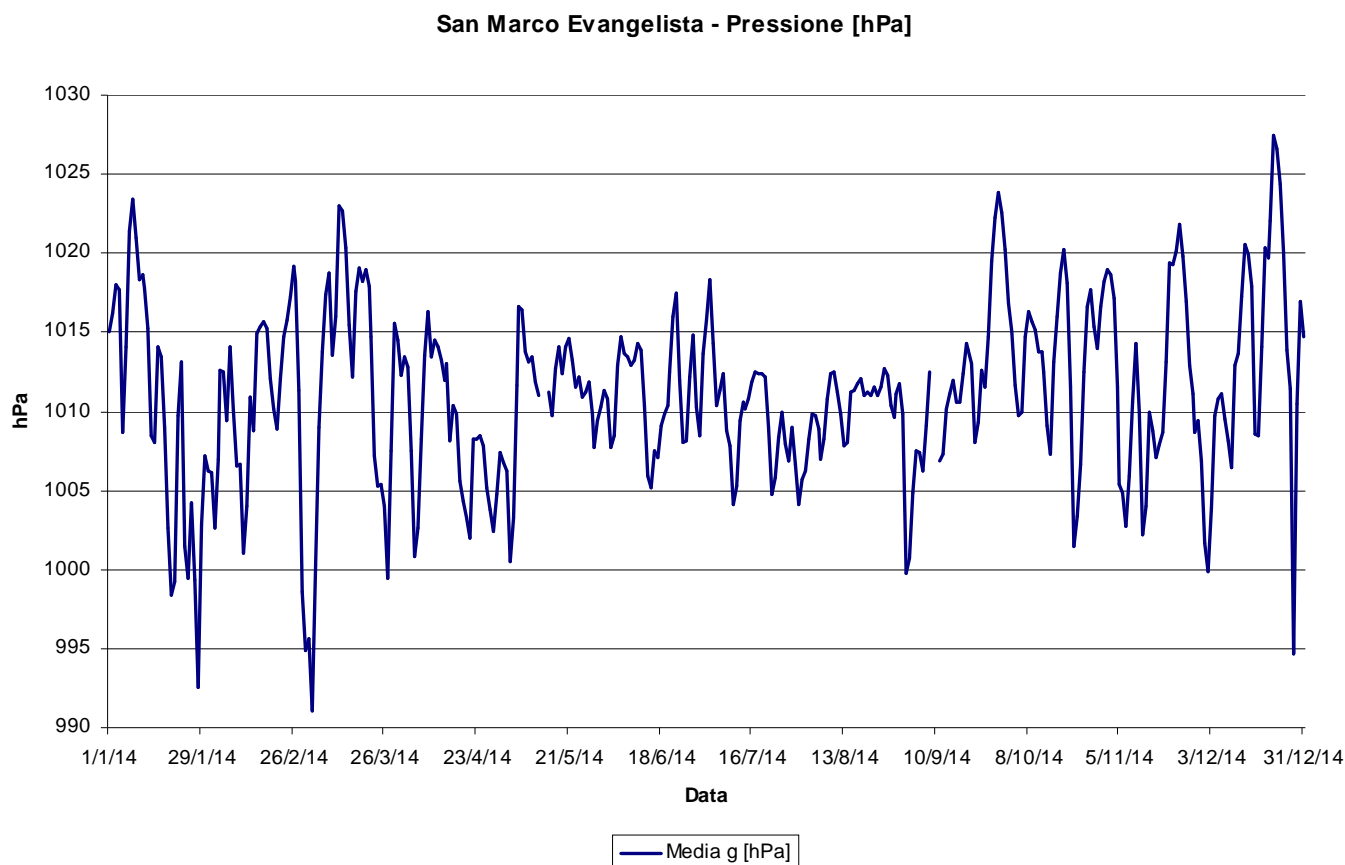
Se, quindi, le concentrazioni di metalli nell'aria ambiente sono al di sotto dei limiti normativi in corrispondenza dei periodi di intenso inquinamento, è ragionevole ritenere che esse siano state entro i limiti per il 2014.

Andamento meteoambientale

Per la valutazione delle condizioni meteo-climatiche sono stati presi in considerazione i parametri pressione atmosferica, temperatura dell'aria, velocità del vento, umidità relativa e precipitazioni rilevati dalle stazioni della rete di monitoraggio in tempo reale del Centro Funzionale della Regione Campania ubicate nelle vicinanze del territorio di riferimento. In particolare sono stati utilizzati i dati delle stazioni San Marco Evangelista, circa 10 km a Nord del centro cittadino di Acerra, e San Felice a Canello, a circa 6 km in direzione Nord-Est.

Analizzando l'andamento della pressione atmosferica nell'arco dell'anno 2014 (fig. 13), si osserva che nel periodo di inizio primavera si sono verificati numerosi episodi di diminuzione della pressione collegati al passaggio di fronti perturbati sulla Campania. I periodi di maggior stabilità con condizioni di alta pressione sono stati rilevati nel periodo maggio-luglio. L'autunno e l'inverno, invece, sono stati caratterizzati dall'alternanza di condizioni di alta e bassa pressione.

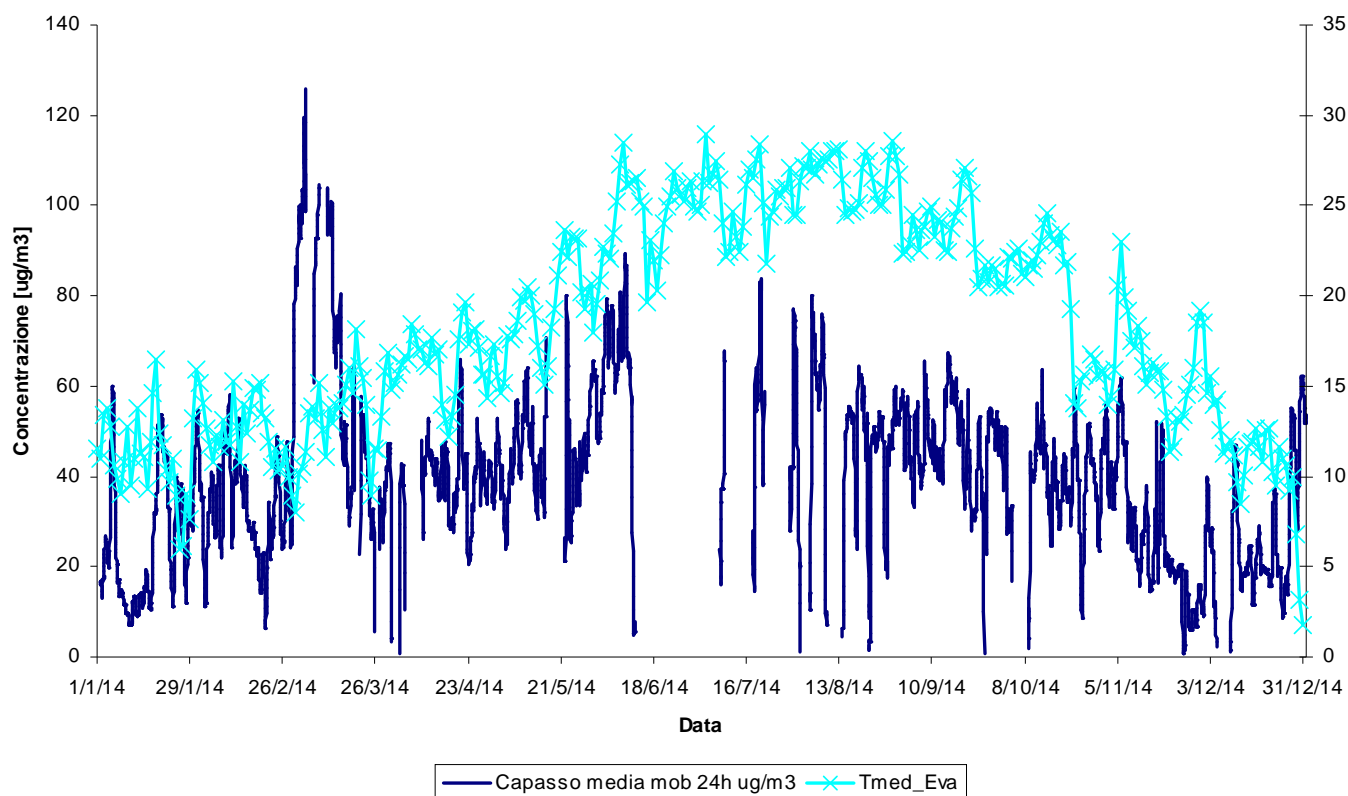
Figura 13 andamento della pressione atmosferica a livello del mare nel 2014



L'andamento della temperatura (fig.14), invece, consente di osservare che i valori massimi di ozono si registrano nei periodi più caldi dell'anno, essendo i meccanismi di formazione di questo inquinante strettamente legati alla temperatura dell'aria e all'irraggiamento solare, più elevati ovviamente nel periodo estivo. L'unica eccezione è rappresentata dall'inizio di marzo, quando con la depressione più marcata dell'anno (fig. 13) e venti di intensità superiore a 3 m/s (fig. 15) si è probabilmente verificato un afflusso di ozono da strati troposferici più elevati.

Figura 14 andamento della temperatura media giornaliera dell'aria nel 2014; confronto con le concentrazioni di ozono

Andamento Ozono Capasso e temperatura media giornaliera



Il regime anemometrico è stato caratterizzato da venti con intensità comprese fra meno di 1 e 5 m/s con la maggior parte delle giornate con vento inferiore a 1 m/s concentrate nei primi e negli ultimi mesi dell'anno (fig. 15).

Una informazione particolarmente interessante può essere rilevata dal confronto fra intensità media giornaliera del vento e concentrazioni medie giornaliere di PM10. Dal grafico ottenuto prendendo in considerazione i valori di PM10 registrati dalla stazione Capasso nella città di Acerra (fig. 16) si osserva che il superamento del limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ si verifica con elevata frequenza in corrispondenza di intensità medie giornaliere del vento in genere inferiori a 3 m/s, classificati come deboli; concentrazioni molto elevate, ad esempio quelle superiori a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sono invece associate ad intensità del vento tipicamente inferiori a 1 m/s (venti molto deboli). È chiara, quindi, la relazione inversa che intercorre tra l'intensità del vento e le concentrazioni di polveri sottili in atmosfera. Tali situazioni significative di ristagno di inquinanti e in particolare di polveri sottili nell'aria ambiente si sono verificate nei periodi gennaio-febbraio e soprattutto in numerose giornate nell'arco temporale settembre-dicembre 2014 (fig. 15).

Per meglio evidenziare l'anticorrelazione esistente tra i due parametri, vengono graficate (fig. 17) le concentrazioni medie giornaliere di PM10 del sito Capasso e le intensità medie giornaliere del vento nel 2014; l'andamento delle polveri sottili è con buona frequenza speculare a quello del vento: nei giorni con vento medio maggiore di 3 m/s, le concentrazioni di polveri sottili sono usualmente inferiori a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, viceversa quando il vento è inferiore a 1 m/s le concentrazioni di PM10 superano il limite.

Figura 15 andamento della velocità media giornaliera del vento nel 2014

Velocità del vento [m/s] - San Marco Evangelista

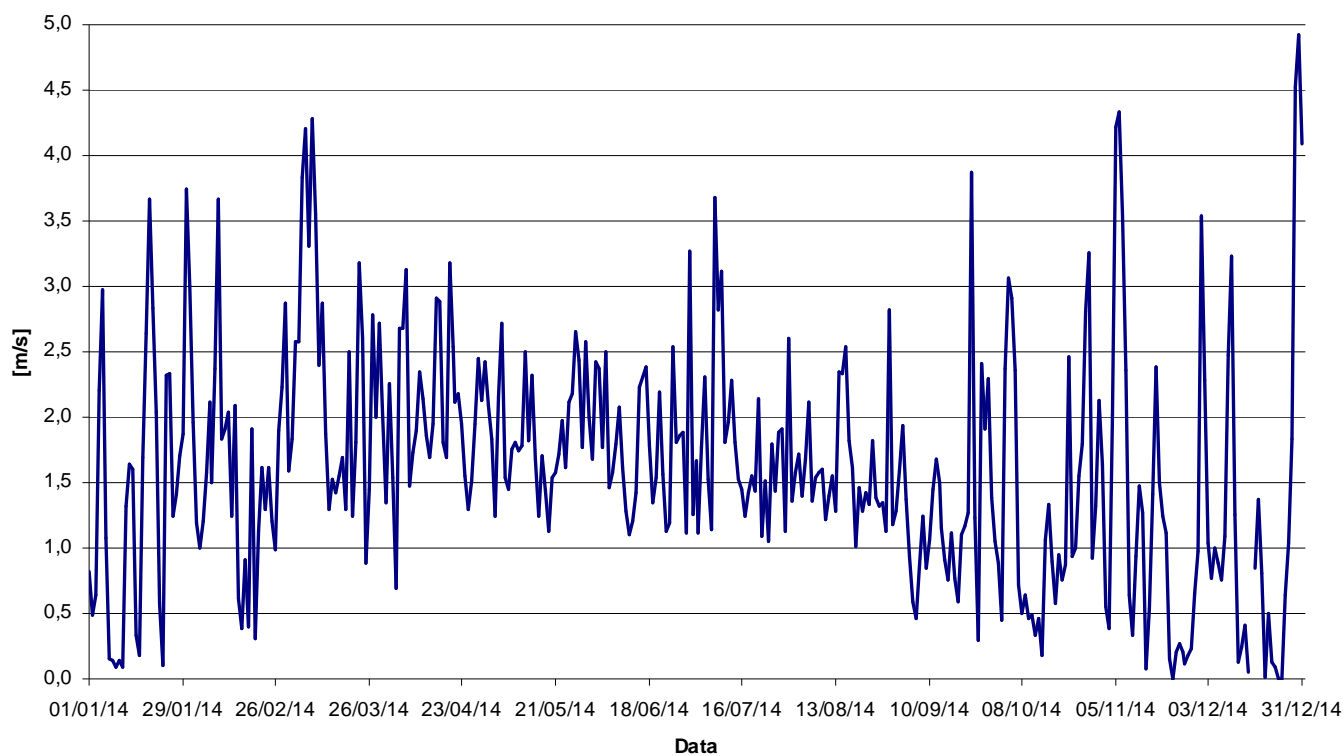


Figura 16 confronto fra velocità media giornaliera del vento e concentrazioni giornaliere di PM10

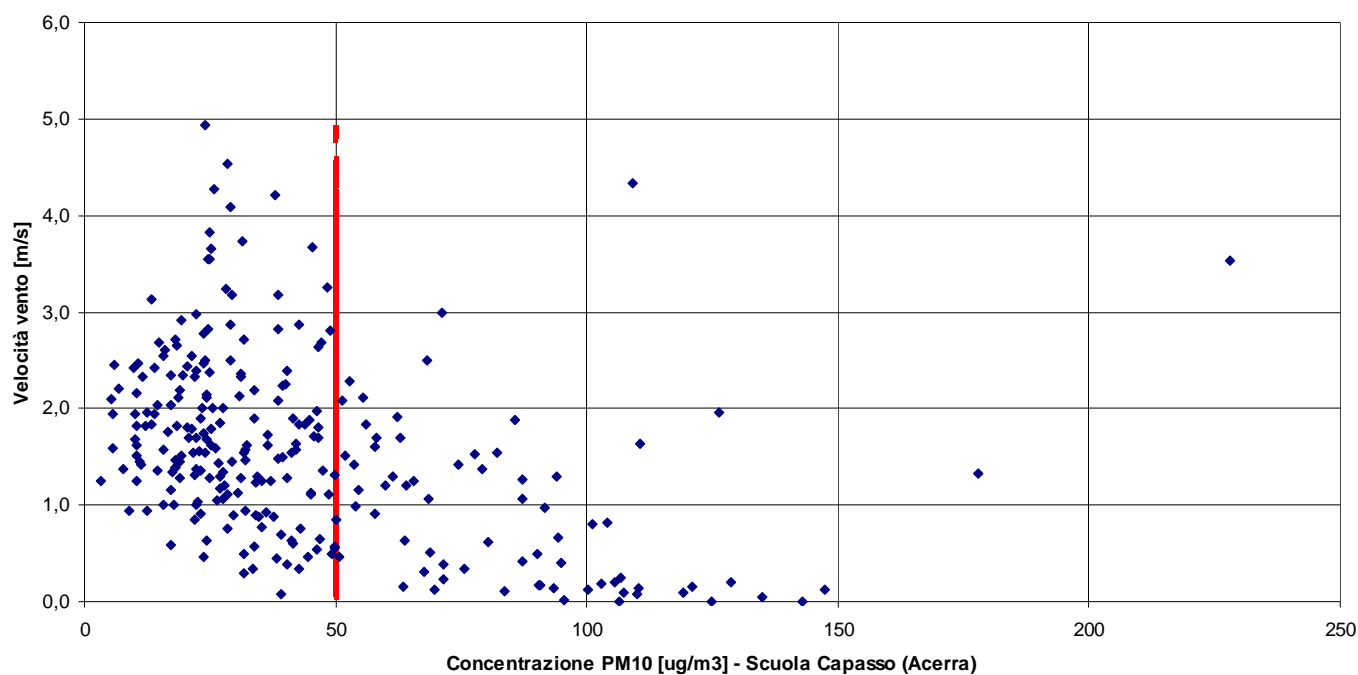
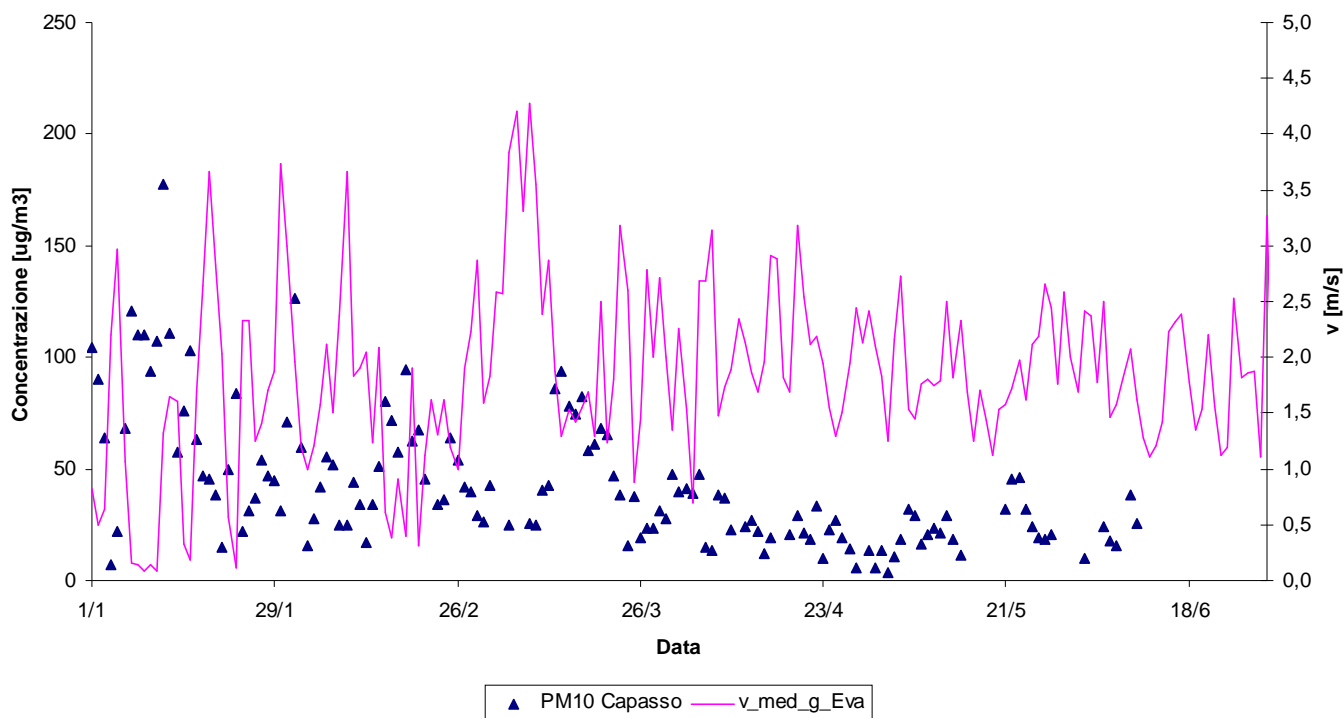
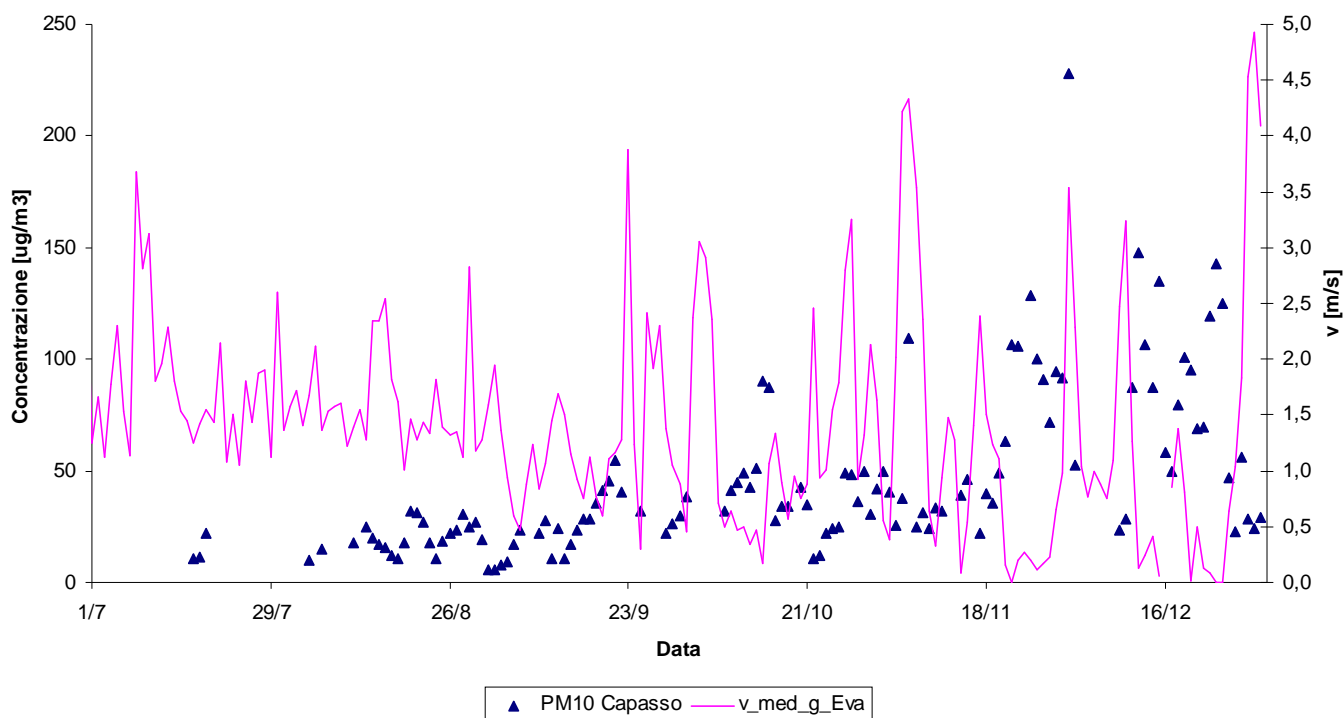


Figura 17.a e 17.b: andamento della velocità media giornaliera del vento e delle concentrazioni giornaliere di PM10 nel 2014

Confronto tra concentrazioni giornaliere PM10 Capasso e vento medio - primo semestre 2014



Confronto tra concentrazioni giornaliere PM10 Capasso e vento medio - secondo semestre 2014



Un'ulteriore analisi dei fenomeni meteorologici che hanno grande impatto sulle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera può essere condotta facendo alcune valutazioni circa i meccanismi del PBL e l'insorgere delle inversioni termiche. Come detto in precedenza, quest'ultimo è un fenomeno che viene a crearsi quando l'aria al livello del suolo è più fredda di quella a quota più alta, spesso in condizioni di umidità relativa elevata. In queste condizioni il PBL risulta essere basso e stabile, sfavorendo i moti convettivi di rimescolamento con conseguente aumento delle concentrazioni di inquinanti nell'aria ambiente. Per evidenziare l'insorgere di inversioni termiche, è stata confrontata la temperatura media giornaliera rilevata dalla stazione di San Marco Evangelista a 46 m.s.l.m. con l'analoga registrata in corrispondenza di Torriello (AV) a 848 m.s.l.m.. Considerando che il gradiente termico verticale – definito come il valore con cui diminuisce la temperatura dell'aria all'aumentare della quota – in atmosfera standard viene assunto pari a $-6\text{ }^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$, si può presupporre che, in condizioni standard la temperatura registrata in corrispondenza della stazione di Torriello sia circa $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ inferiore rispetto a quella di San Marco Evangelista. Con un semplice calcolo, infatti, $(848 - 46)\text{m} * (6\text{ }^{\circ}\text{C}/1000\text{m}) = 4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Per evidenziare l'insorgere di inversioni termiche, vengono riportate sullo stesso grafico informazioni riguardanti l'escursione termica tra le stazioni di San Marco Evangelista e Torriello e l'umidità relativa registrata dalla stazione di S. Marco Evangelista. Osservando il grafico (fig. 18) si nota che le giornate invernali sono quelle caratterizzate spesso da inversione termica ($T_{\text{med Evangelista}} - T_{\text{med Torriello}} < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, quindi al di sotto del gradiente termico normale), e umidità maggiore dell'80÷85%; queste condizioni comportano scarso rimescolamento atmosferico e accumulo degli inquinanti con concentrazioni elevate nel caso delle polveri sottili (fig. 19 e successivi dettagli). È interessante osservare che quando insorgono condizioni di inversione termica con umidità relativa elevata, il superamento del limite normativo di $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ è quasi sempre verificato: ciò accade con maggiore frequenza durante i periodi invernali (fig. 19.a e 19.d). Meno frequenti le inversioni termiche nel secondo e terzo trimestre, quasi mai associate ad alti valori di umidità relativa, con scarsa probabilità di superamento.

Figura 18 Inversioni termiche nell'anno 2014

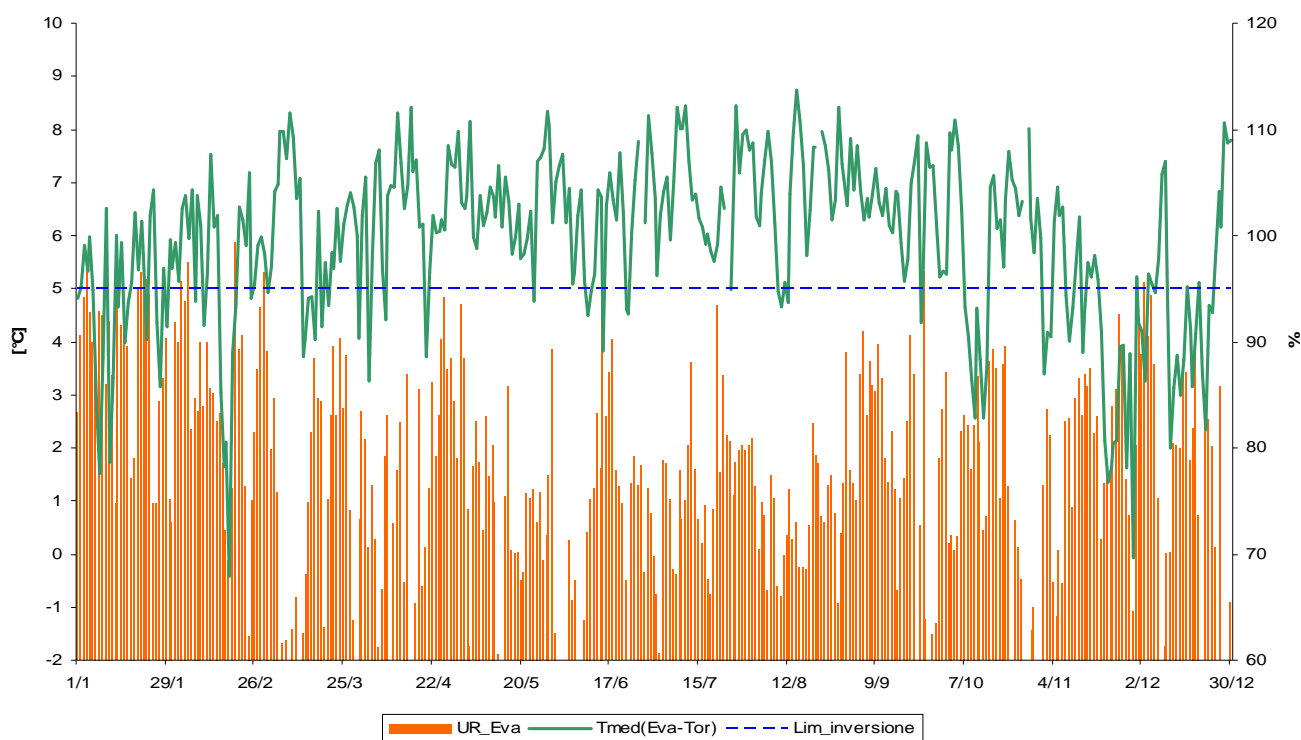


Figura 19 correlazione tra inversioni termiche e concentrazioni di PM10

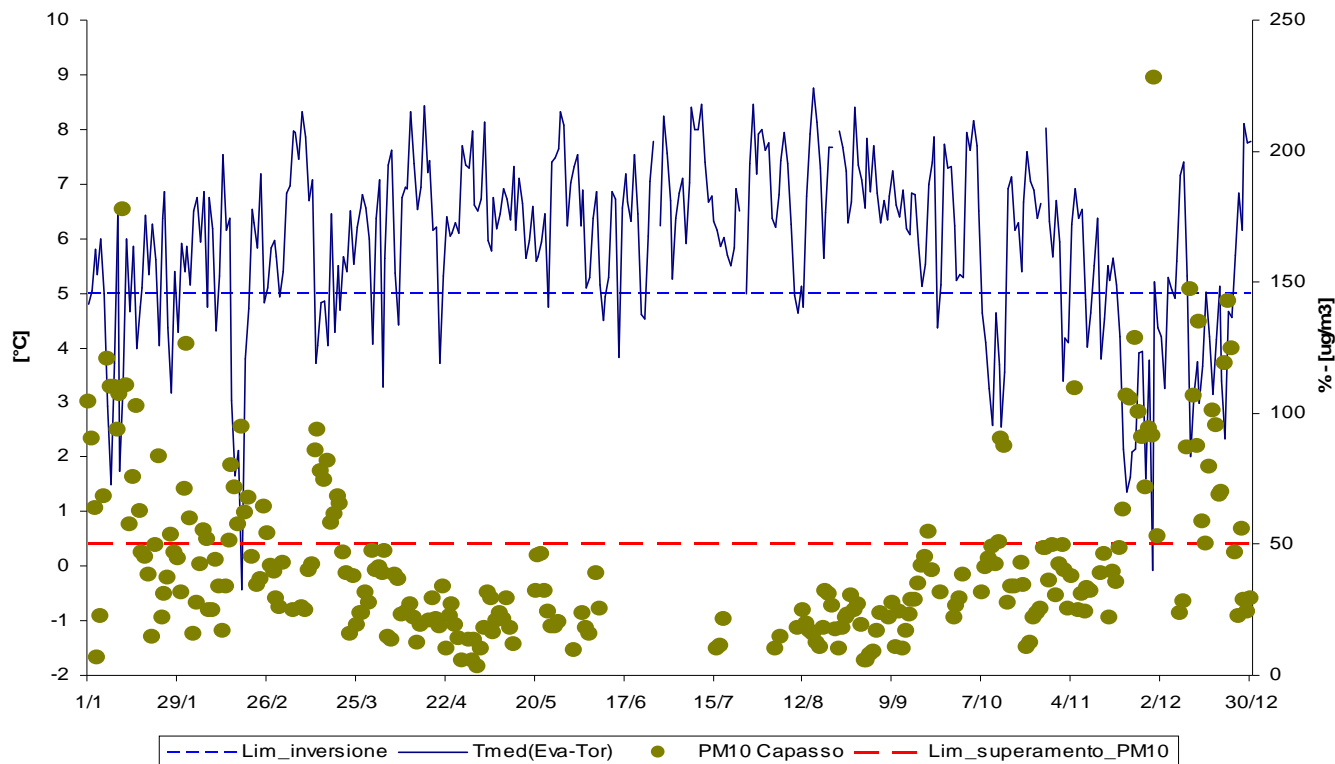


Figura 19.a: dettaglio trimestrale correlazione tra inversioni termiche e concentrazioni di PM10

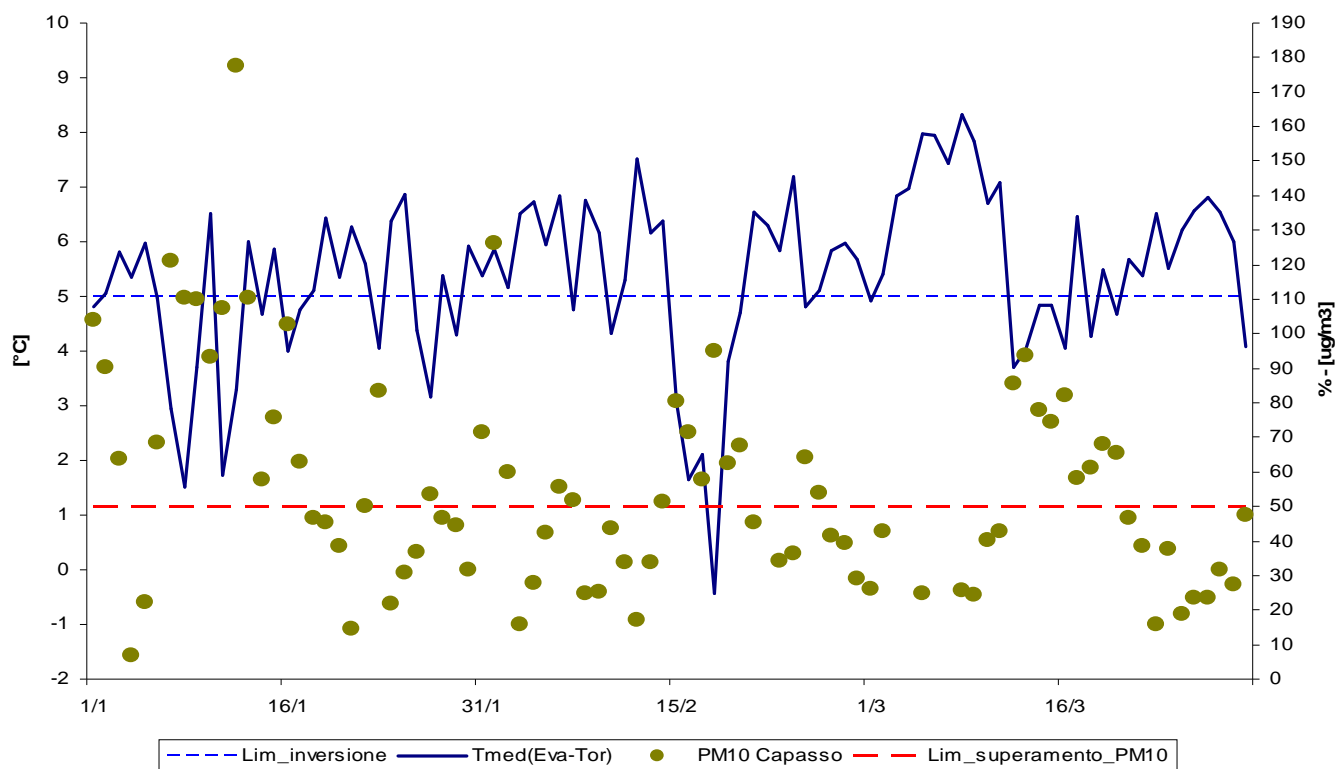


Figure 19.b: dettaglio trimestrale correlazione tra inversioni termiche e concentrazioni di PM10

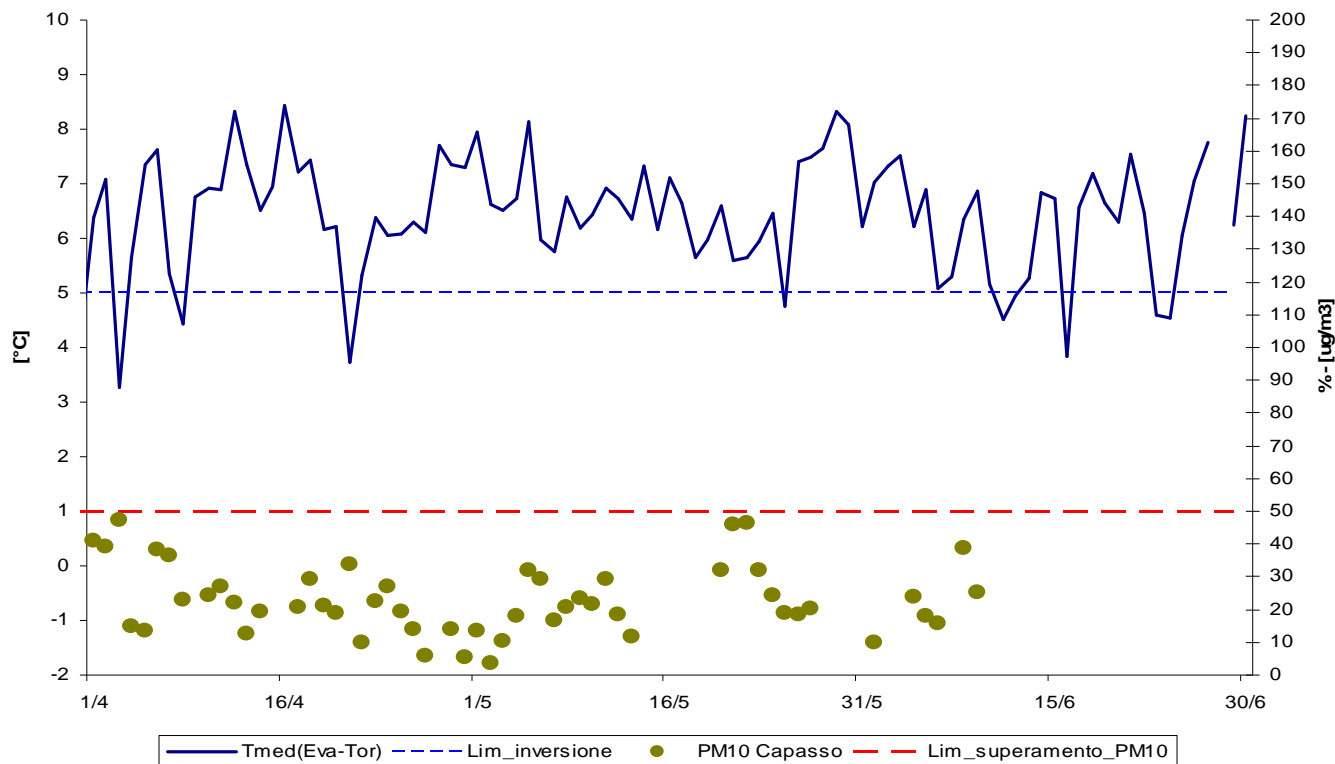


Figure 19.c: dettaglio trimestrale correlazione tra inversioni termiche e concentrazioni di PM10

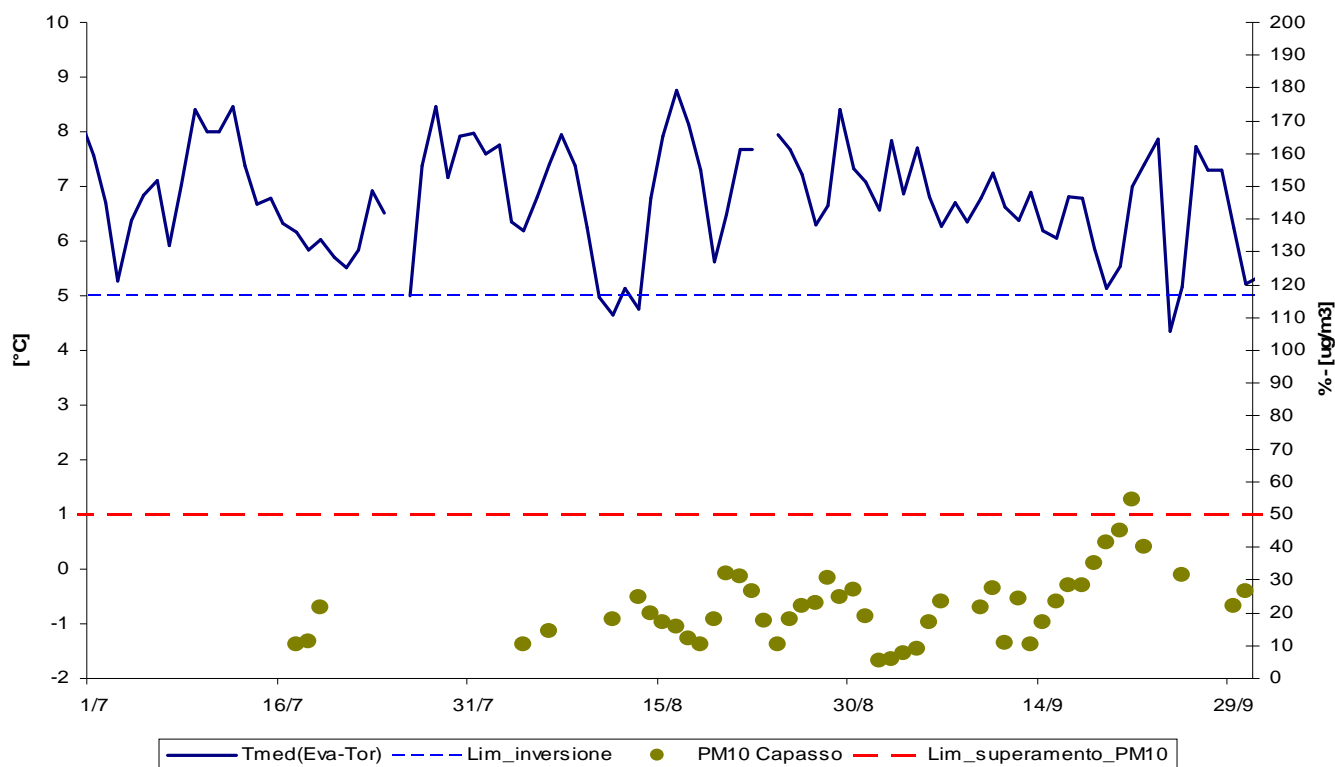
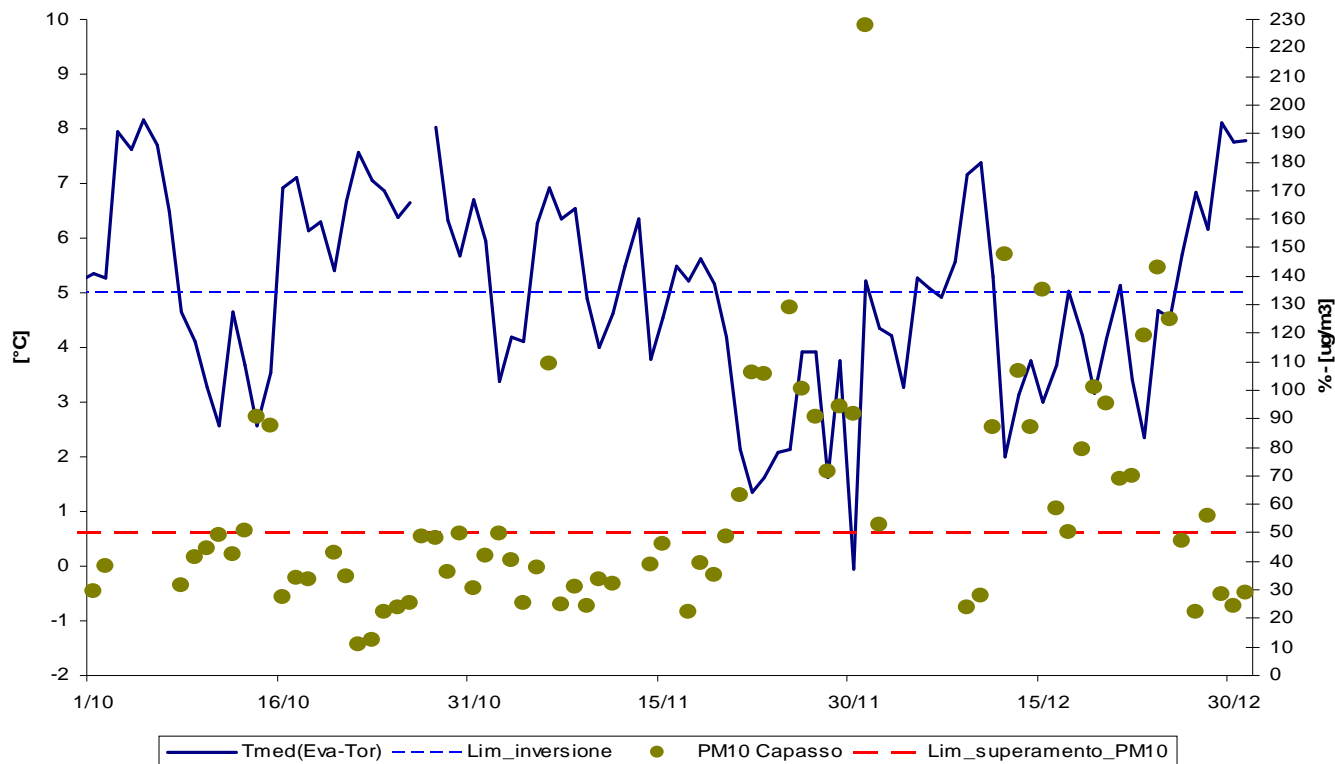
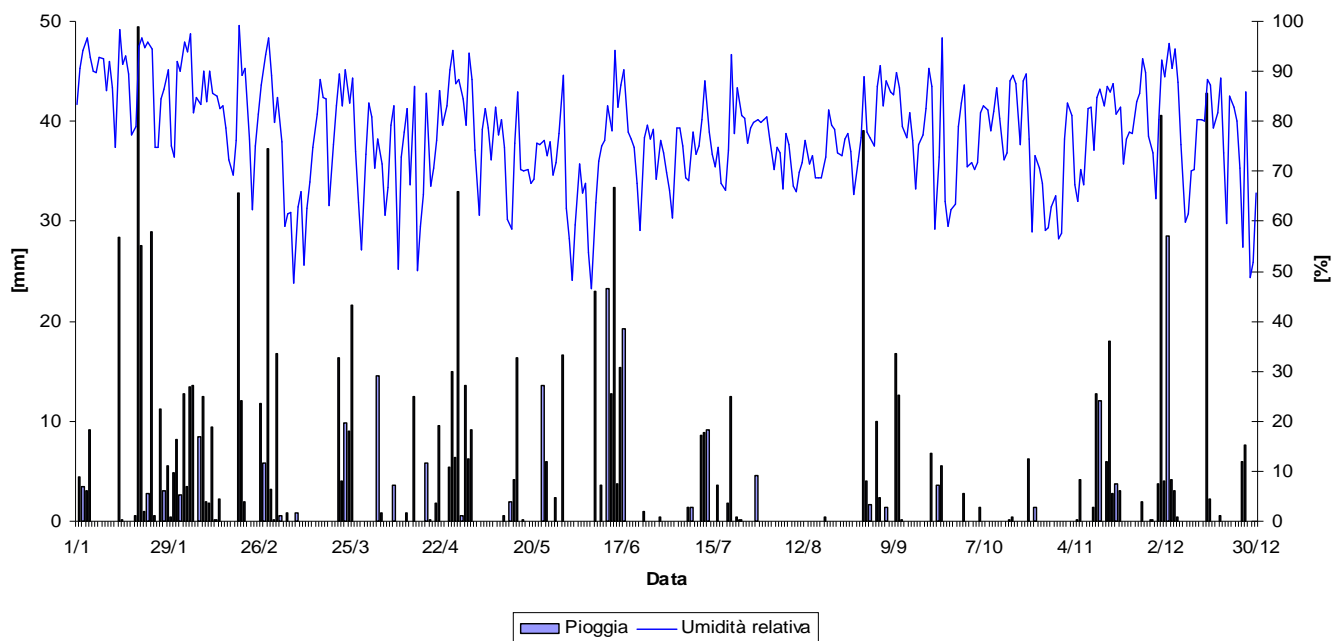


Figure 19.d: dettaglio trimestrale correlazione tra inversioni termiche e concentrazioni di PM10



L'andamento delle precipitazioni e dell'umidità relativa (fig. 20) è legato sia alla ciclicità stagionale che al passaggio di fronti perturbati. A scala annuale si osserva che concentrazioni elevate degli inquinanti primari sono in genere concomitanti con elevata umidità dell'aria e assenza di precipitazioni.

Figura 20 andamento delle precipitazioni giornaliere e dell'umidità relativa media giornaliera



Considerazioni conclusive

Dai dati misurati e stimati, riportati in forma sintetica nei grafici precedenti, si rileva in conclusione che nell'anno 2014 sono stati rilevati superamenti delle soglie previste dalla normativa vigente unicamente per le polveri sottili PM10. Il numero massimo di 35 sforamenti della media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ risulta superato per tutti i siti di misura considerati. Per la stazione urbana di Acerra Capasso risulta inoltre superato, seppur di un solo punto decimale, il limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di concentrazione media annua per il PM10.

Per gli altri parametri di qualità dell'aria l'andamento è caratterizzato da fluttuazioni giornaliere, tipicamente legate alle evoluzioni del panorama emissivo proprio dei siti monitorati, all'andamento del rimescolamento atmosferico legato al ciclo giornaliero del PBL e a variazioni su periodi di più giorni legate alle condizioni meteo-ambientali. Non si registrano superamenti delle soglie normative ad esclusione del superamento della soglia giornaliera di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la massima media mobile su 8 ore di ozono nel sito di Capasso; tuttavia i 6 superamenti registrati sono ben al di sotto del limite di 25 imposto dalla normativa come media annua su tre anni. In particolare i valori di Ozono e CO possono ritenersi coerenti con quanto rilevato per lo stesso anno da altre stazioni della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria che si trovano in contesti territoriali ed emissivi paragonabili.

Discorso a parte per le concentrazioni di NO_2 registrate nel territorio urbano di Acerra. Come visto dalle elaborazioni precedenti, sebbene non si registrino superamenti dei limiti normativi, esse assumono valori rilevanti soprattutto nel periodo invernale a causa della concomitanza di emissioni dovute sia al traffico veicolare sia al funzionamento degli impianti di riscaldamento. Una massiccia presenza di impianti di riscaldamento autonomo, dove tipicamente è più difficile effettuare un controllo sulla combustione e sui suoi prodotti immessi in atmosfera, può essere senza dubbio responsabile di un così rilevante livello di inquinamento. Tale considerazione è riscontrata dal fatto che, una volta avviata la stagione primaverile e per tutto il periodo estivo (in assenza dunque di emissioni da riscaldamento) le concentrazioni di ossidi di azoto tornano a livelli coerenti e paragonabili con le medie registrate da altre stazioni di monitoraggio della rete regionale.

Analoghe considerazioni possono estendersi alle concentrazioni rilevate di benzene; sebbene questo parametro sia al di sotto del limite normativo di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annua, i dati rilevati si mostrano leggermente superiori alla media regionale, soprattutto per le stazioni di Capasso e Caporale, individuando un'importante contributo delle emissioni tipiche urbane al complessivo panorama di inquinamento.

L'impatto del traffico veicolare urbano sul panorama complessivo di inquinamento nella città di Acerra può essere evidenziato attraverso l'elaborazione di un "giorno tipo"; questa elaborazione consente di visualizzare le concentrazioni di gas inquinanti mediamente registrate in corrispondenza di ognuna delle 24 ore, in modo da poter effettuare ipotesi sulle cause emmissive. Per la stazione "Capasso" vengono elaborati giorni tipo per gli ossidi di azoto (NOX) e per gli idrocarburi aromatici (BTX). Per discriminare l'impatto del traffico, sono stati elaborati dati per i giorni in cui l'afflusso veicolare è tipicamente maggiore (lunedì – venerdì) e per giorni in cui l'intensità del traffico è statisticamente minore (sabato – domenica). Nei giorni feriali si osserva nelle fasce orarie 8.00-10.00 e 19.00-21.00 un deciso aumento delle concentrazioni di NOX e BTX; il sabato e la domenica, invece, si possono vedere delle leggere oscillazioni per le concentrazioni degli inquinanti, ma nulla di paragonabile alle emissioni tipiche del lunedì - venerdì.

Il quadro di inquinamento descritto dalle suddette rilevazioni, dunque, si dimostra essere particolarmente critico, mediamente più di quanto registrato nella stessa città di Napoli, ciò probabilmente anche a causa di un parco veicolare circolante con un'aliquota significativa di vecchi veicoli "Euro 0" con emissioni più elevate.

Figura 21: andamento medio giornaliero ossidi di azoto (lunedì – venerdì)

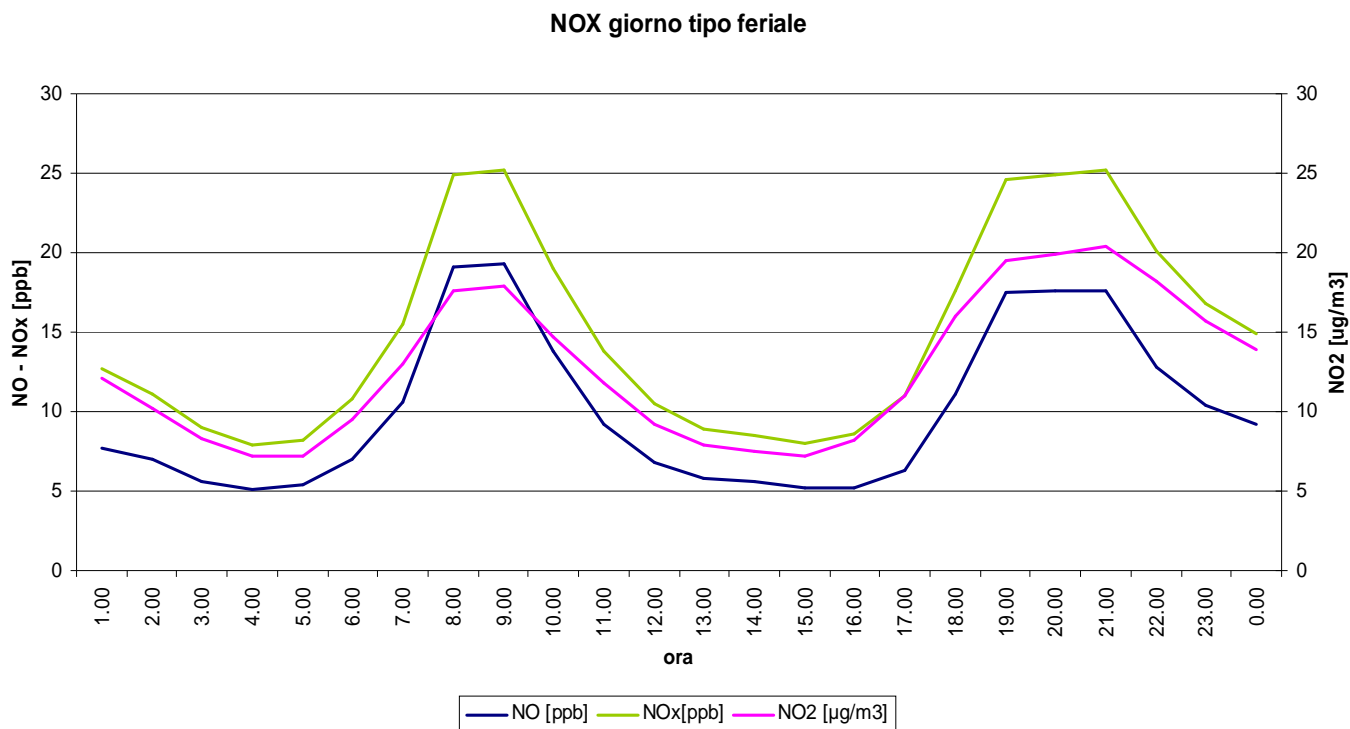


Figura 22: andamento medio giornaliero idrocarburi aromatici (lunedì – venerdì)

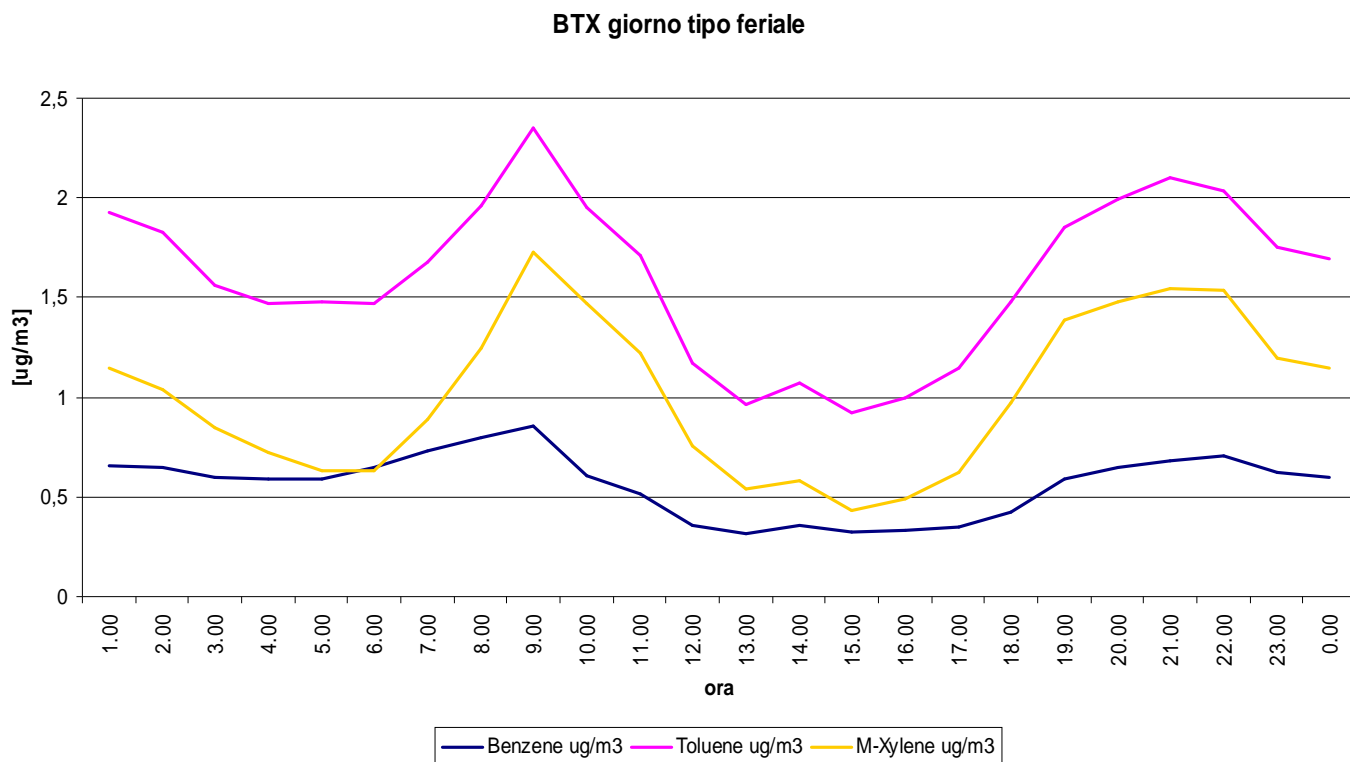


Figura 23: andamento medio giornaliero ossidi di azoto (sabato – domenica)

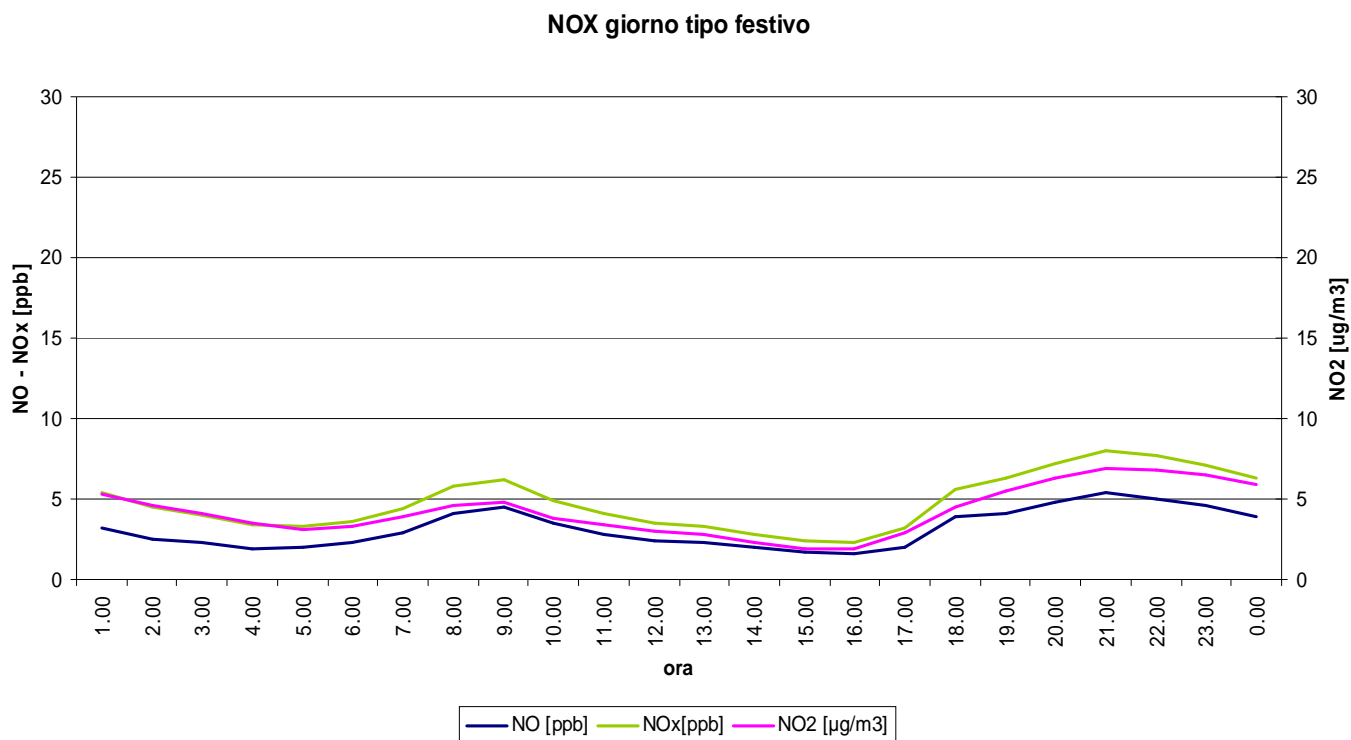
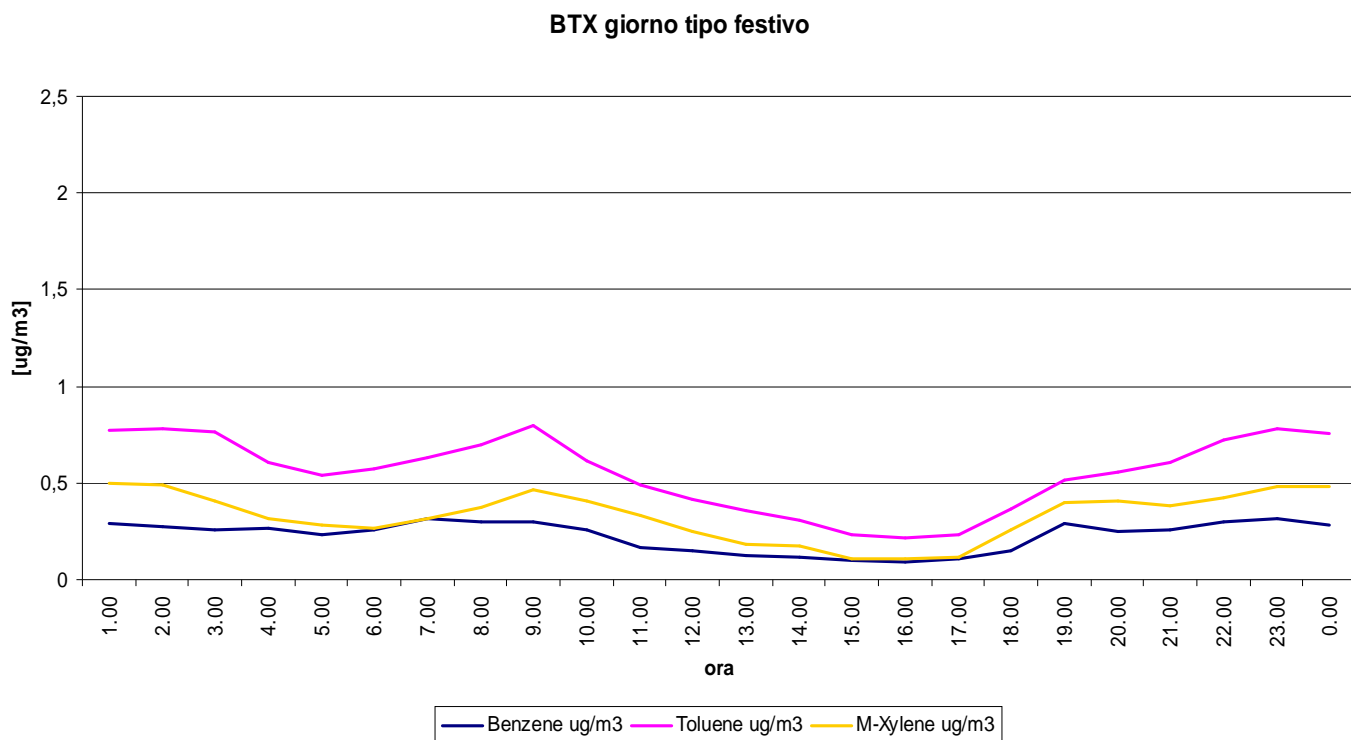


Figura 24: andamento medio giornaliero idrocarburi aromatici (sabato – domenica)



In conclusione, nel corso del 2014 i valori più bassi di PM10 e NO2 sono stati misurati durante il periodo marzo – ottobre, in presenza di favorevoli condizioni meteorologiche (frequenti ricambi delle masse d'aria, rimescolamento atmosferico favorito, precipitazioni), mentre nella parte iniziale e finale dell'anno sono stati rilevati i valori più elevati di concentrazione di tutti gli inquinanti e in particolare delle polveri sottili, in coerenza con l'aumento delle emissioni dovute al traffico veicolare e agli impianti di riscaldamento.

Le analisi condotte sulle PTS finalizzate alla determinazione delle concentrazioni di metalli pesanti in aria ambiente hanno consentito di ipotizzare il pieno il rispetto dei valori obiettivo fissati dalla normativa, in quanto sono state eseguite su tutte le frazioni di polveri e nelle condizioni di inquinamento ambientale più sfavorevoli di tutto l'anno.

Napoli, 19 maggio 2014

U.O.C. MO.CE.
Ing. Paolo D'Auria

Il Dirigente U.O.C. MO.CE
Dott. Giuseppe Onorati