



Università Politecnica delle Marche

Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente

Corso di laurea: Scienze Ambientali e Protezione Civile

**Analisi dell'inquinamento atmosferico in un sito di fondo della pianura
Padana**

Analysis of the air pollution at a background site in the Padan Plain

Relatore:

Prof.ssa Annibaldi Anna

Studente:

Lorenzo Locci

RIASSUNTO:

La pianura Padana è caratterizzata da un tipico clima di inquinamento atmosferico a causa di una forte pressione antropica dovuta da allevamenti intensivi, agricoltura, ampie aree urbane e ampi distretti manifatturieri con condizioni topografiche e meteorologiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, mostrando una forte dipendenza alle condizioni atmosferiche.

In questo studio vengono analizzati dati in tendenze a breve e lungo termine, cicli annuali, settimanali e giornalieri e funzioni di auto-correlazione e correlazione incrociata tenendo conto della stagionalità, attività umane, trasporto a lunga distanza, emissioni naturali, eventi estremi, processi atmosferici e idrologici.

Il campionamento viene effettuato in dati orari di CO, NO, NO₂, NO_x, BTX (benzene, toluene e m-xilene), O₃ e dati gravimetrici equivalenti giornalieri di PM₁₀ (particolato atmosferico fino a 10µm) 1998 - 2010, 13 anni.

I modelli di concentrazione sono un elemento importante per valutare la qualità dell'aria e l'esposizione della popolazione agli inquinanti atmosferici informando le politiche di controllo dell'inquinamento finalizzate a ridurre l'esposizione della popolazione.

CO, NO e NO₂ sono legati al traffico avendo una concentrazione con 2 picchi giornalieri, di mattino e sera, mentre è più bassa nel fine settimana. L'Ozono mostra nel ciclo annuale un picco a luglio a causa della produzione locale, il ciclo diurno è dominato dalla titolazione dell'ossido di azoto ma non influisce la tendenza a lungo termine. Il PM₁₀ ha una forte stagionalità avendo maggiori concentrazioni in inverno e minori in estate e primavera. Sia il PM₁₀ che l'O₃ mostrano un ciclo settimanale marcato in estate e inverno.

In Italia sono molto pochi gli studi sulle serie storiche temporali a lungo termine sulle concentrazioni dell'aria.

Introduzione

Lo studio è incentrato sulla pianura Padana effettuando misurazioni nella città di Modena e prendendo dati da altre ricerche scientifiche che hanno condotto studi in diverse località della Pianura Padana. Le apparecchiature di campionamento utilizzate hanno un sistema di gestione della qualità certificato ISO 9001 : 2008.

Le misurazioni effettuate vengono rappresentate in serie temporali mensili, settimanali, giornaliere e orarie per ogni inquinante, ognuno con il suo intervallo di campionamento.

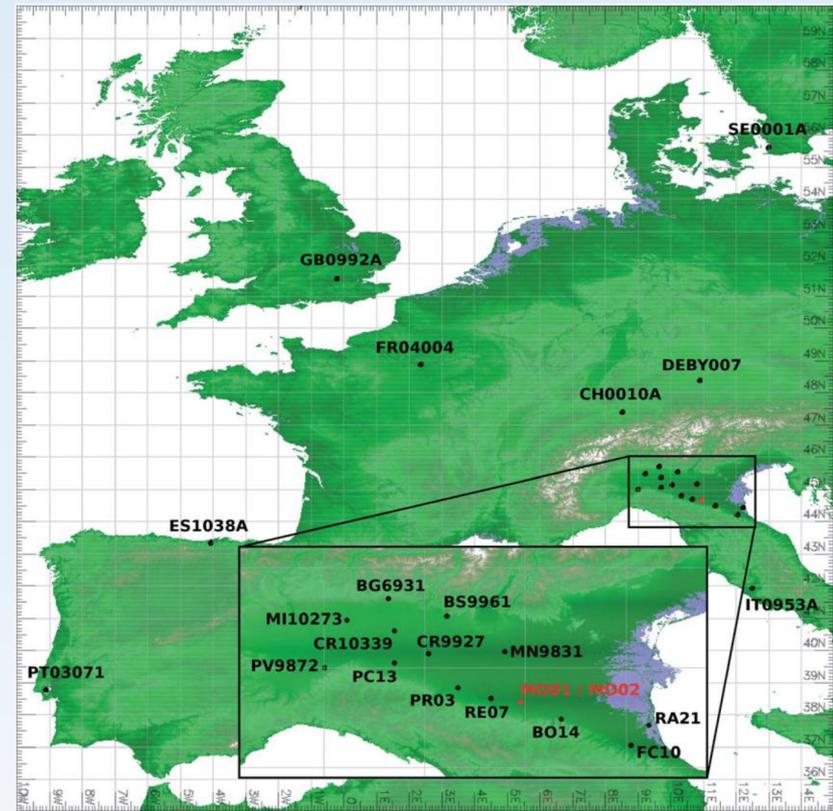
Per valutare il destino e la permanenza degli inquinanti vengono elaborate le correlazioni ritardate attraverso l'autocorrelazione e le influenze climatiche.

Alla fine viene fatto un confronto con i risultati di Modena e della pianura Padana con altri studi effettuati a Londra.

Area di studio e strumenti di campionamento

Il sito di monitoraggio preso in riferimento è collocato a Nonantolana vicino Modena (ID: MO01), dal 2006 è attiva una seconda stazione all'interno di un parco comunale nella zona urbana di Modena (ID: MO02). Altri siti principali della pianura Padana sono Milano (ID: MI10273) e Bologna (ID: BO14). I dati vengono raccolti alla risoluzione oraria e giornaliera per gli inquinanti gassosi e particolati con statistiche calcolate secondo la decisione 2001/752 / CE della Commissione europea.

I dati meteorologici provengono da due stazioni meteorologiche: una è dell'agenzia ambientale a 2,5 km dal sito di monitoraggio con dati disponibili dal 2004 ad eccezione della pressione atmosferica che è dal 2006, l'altra è dell'osservatorio Geofisico ubicata a piazza Roma a 1,8 km con dati sulla pressione atmosferica sin dal 1998. Infine, i risultati vengono confrontati con altre ricerche in Spagna, Londra, Hong Kong, Stati uniti occidentali per quanto riguarda il $PM_{2,5}$, PM_{10} , ozono e aerosol.

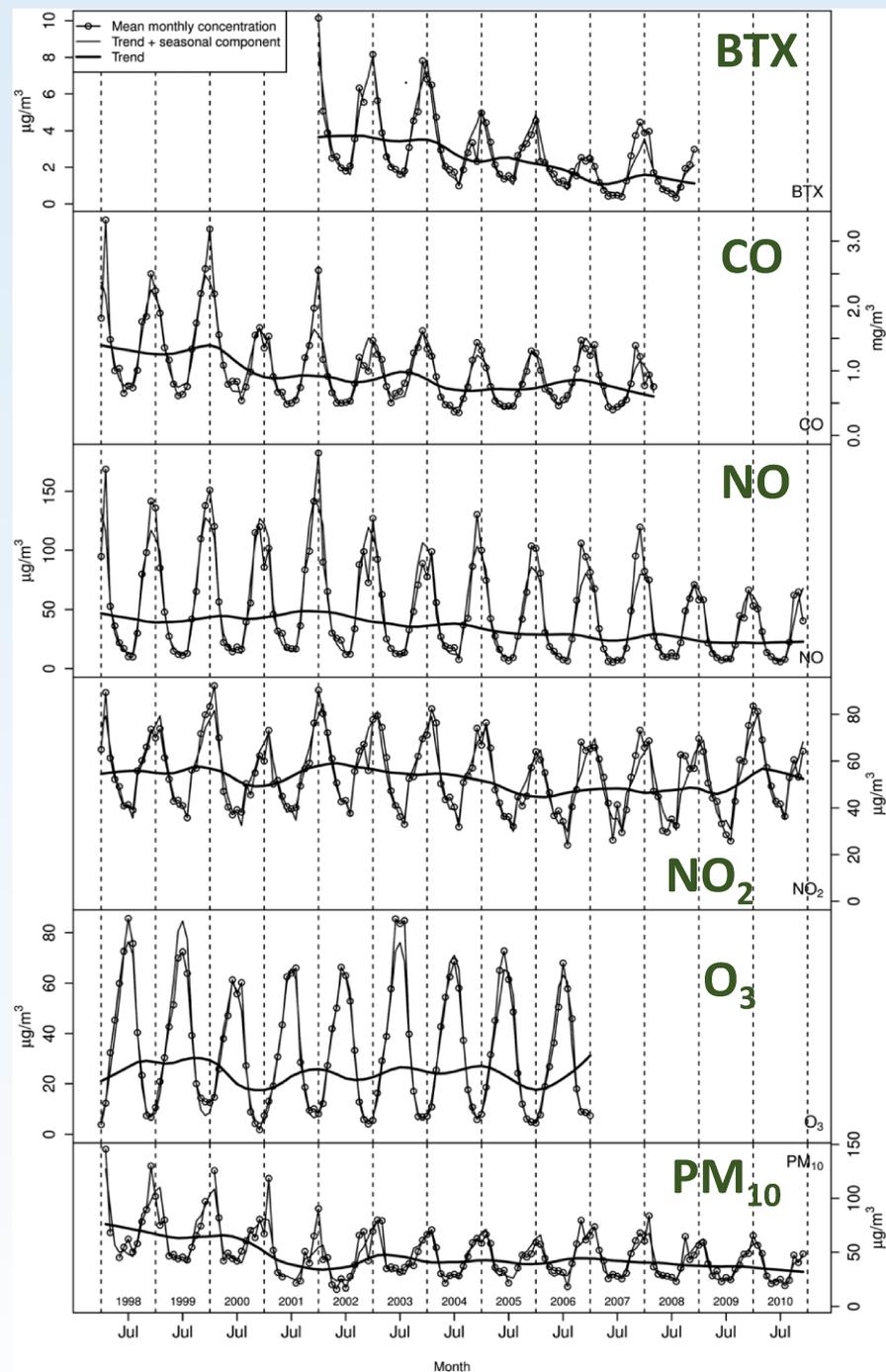


Inquinante	Periodo monitorato	Strumento
BTX	Gennaio 2002 – Dicembre 2008	GC/PID
CO	Gennaio 1998 – Febbraio 2008	Assorbimento IR
NO	Gennaio 1998	Chemiluminescenza
NO ₂	Gennaio 1998	Chemiluminescenza
NO _x	Gennaio 2002	Chemiluminescenza
O ₃	Gennaio 1998 – Gennaio 2007	Assorbimento UV
PM ₁₀	Febbraio 1998	Attenuazione beta

Risultati: Serie temporali mensili

Le concentrazioni medie mensili sono state calcolate sulla base dei dati giornalieri per tutti i componenti nel rispettivo periodo di campionamento.

- Il benzene, toluene e m-xilene (BTX) mostra un picco a gennaio, un minimo ad agosto e una tendenza in continua diminuzione passando da $4,1 \mu\text{g m}^{-3}$ a $1,8 \mu\text{g m}^{-3}$ con un tasso di $-0.44 \mu\text{g m}^{-3} \text{ anno}^{-1}$.
- Il monossido di carbonio, monossido di azoto e il biossido di azoto hanno comportamenti simili solo che la tendenza per CO e NO è in costante diminuzione invece la media annuale di NO_2 rimane oltre il valore limite UE di $40 \mu\text{g m}^{-3}$.
- L'ozono mostra un minimo a dicembre e un massimo a luglio con tendenza a lungo termine costante nonostante il calo di NO.
- Il PM_{10} ha un picco stagionale a febbraio, un minimo ad agosto e una tendenza destagionalizzata in diminuzione a lungo termine mostrando un calo tra il 2001 e 2002.

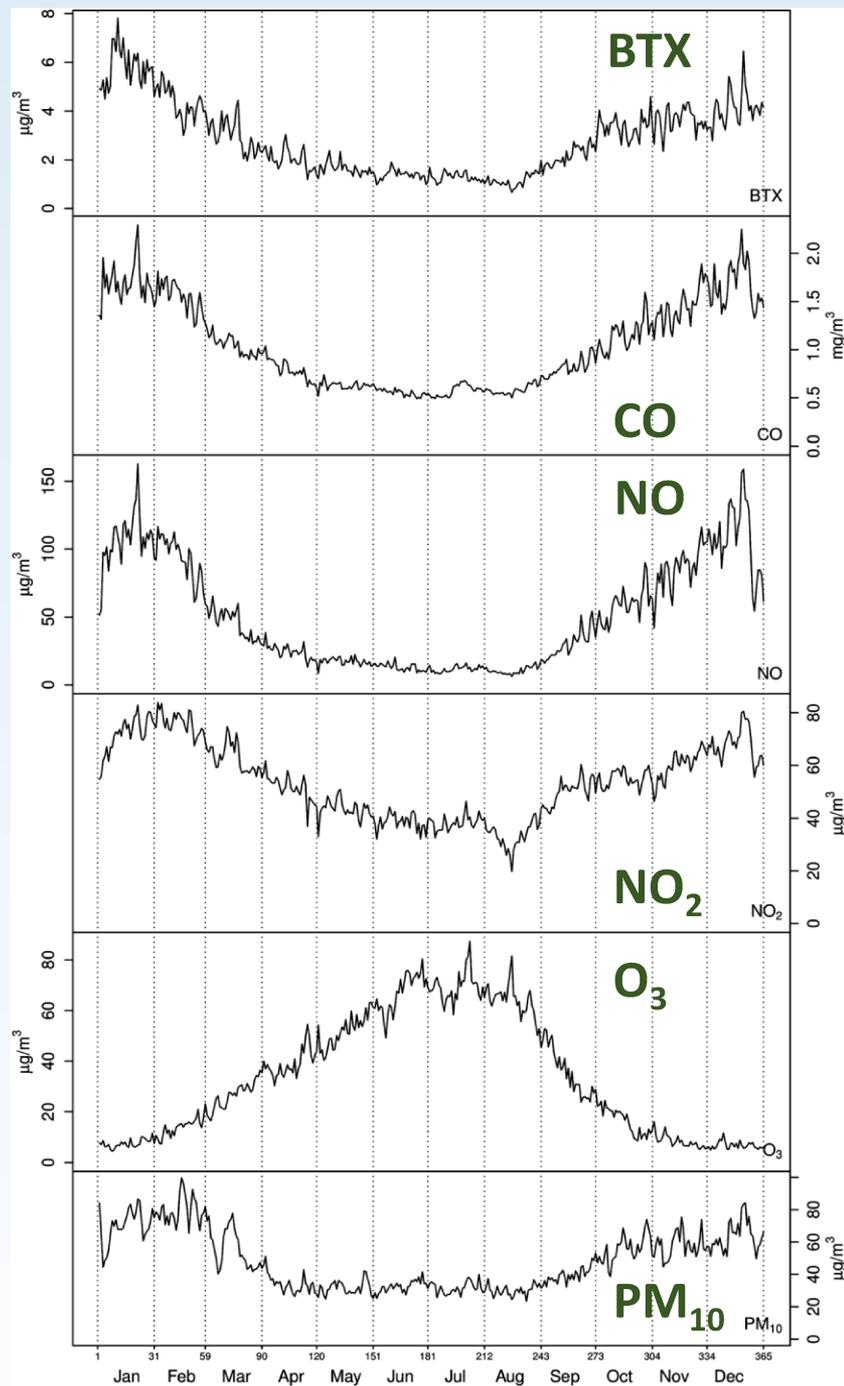


Risultati: Serie temporali giornaliere

In questo modello ci sono 3 eventi significativi:

- Il 15 agosto, il biossido di azoto ha un minimo e come conseguenza si ha un picco della concentrazione dell'ozono.
- Nel periodo di Natale calano al minimo il CO, NO, NO₂ e il PM₁₀. Il calo di NO non è legato a un picco di O₃ ma all'aumento equivalente di NO₂.
- A capodanno, a causa dei fuochi d'artificio si ha un picco di PM₁₀ con un calo nel 2 e 3 gennaio dovuto alla riduzione delle emissioni e una piccola corrispondenza nell'emissione di traffico veicolare di CO e NO.

Le variazioni stagionali del PM₁₀ a Modena sono in contrasto con quelle di Londra, con variazioni più basse. Nella pianura Padana, le velocità dei venti sono lievi tutto l'anno sfavorendo la dispersione delle emissioni mentre il principale fattore della dispersione delle emissioni primarie è la miscelazione verticale grazie al riscaldamento e raffreddamento del suolo con una variazione stagionale più ampia rispetto a Londra. Le concentrazioni di materiale carbonioso solubile in acqua e il nitrato di ammonio sono più alte in inverno che in estate. Ciò spiega la variazione stagionale del PM₁₀ a Modena.



Risultati: Serie temporali orarie

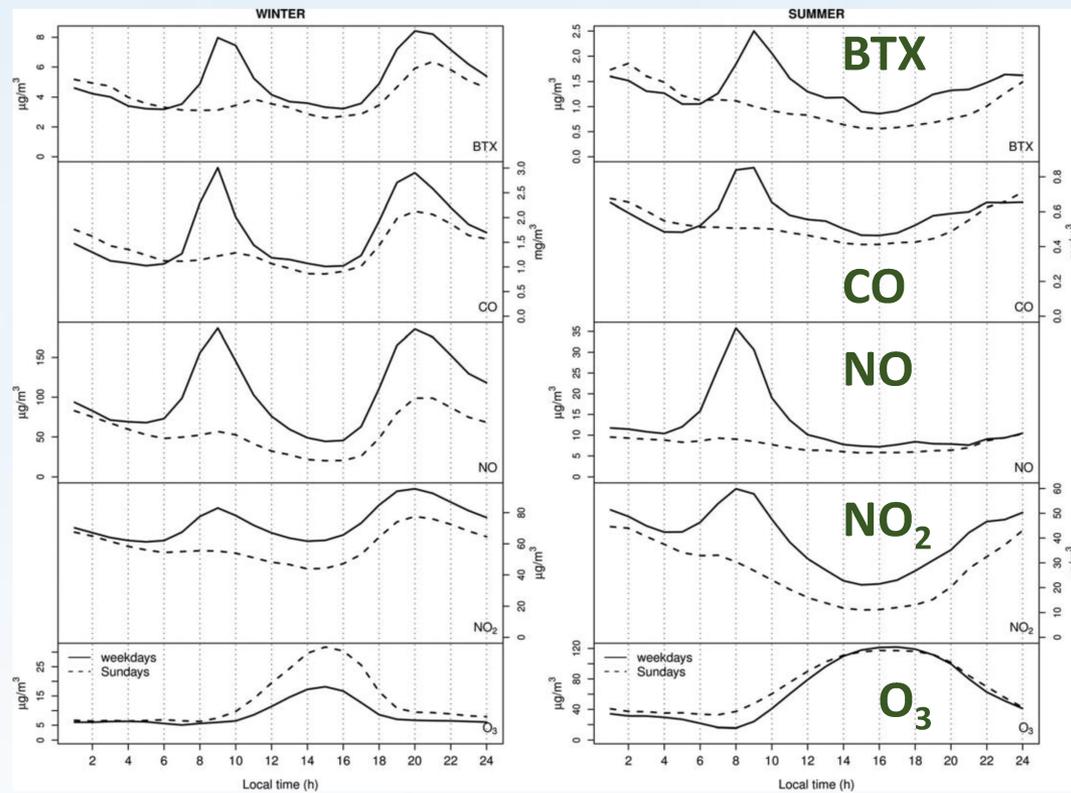
Andamenti settimanali e diurni: il ciclo settimanale dell'ozono è stato testato per valutare un effetto weekend infatti in inverno ha un modello diurno simile tra i giorni feriali e la domenica solo che di domenica ha un picco più alto a causa di una minore concentrazione di NO_x . D'estate l'ozono ha un solo picco alle 16:00 come conseguenza dell'inquinamento fotochimico.

Durante i giorni invernali, il comportamento di BTX, NO, NO_2 e CO mostrano un modello tipico per le aree urbane:

- Doppio picco in inverno dovuto alle emissioni del traffico durante le ore di punta
- Di sera il picco è più lungo grazie alla stabilità atmosferica notturna
- La domenica c'è un picco unico di sera
- Le concentrazioni di picco delle mattine feriali sono 300% superiori alla domenica.

Durante i giorni estivi:

- Maggiore dispersione a causa del clima caldo
- Le emissioni di combustione hanno un picco al mattino nelle ore di punta prima rispetto all'inverno
- Minor picco di notte per una minor dispersione.

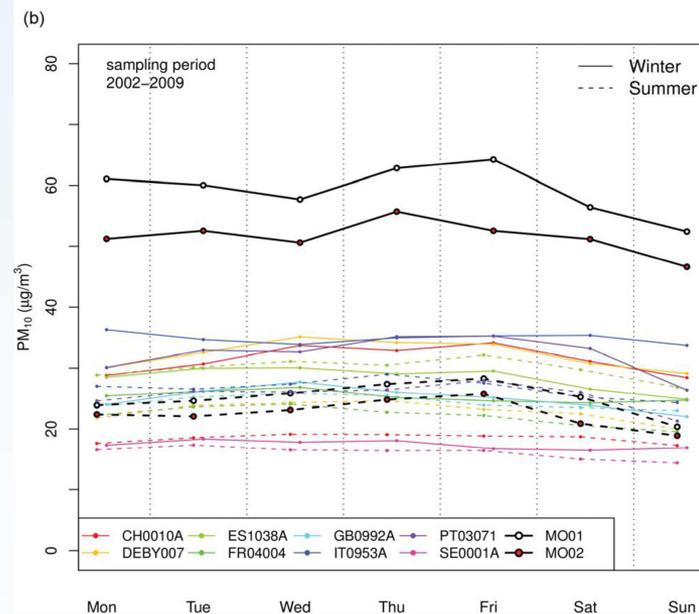
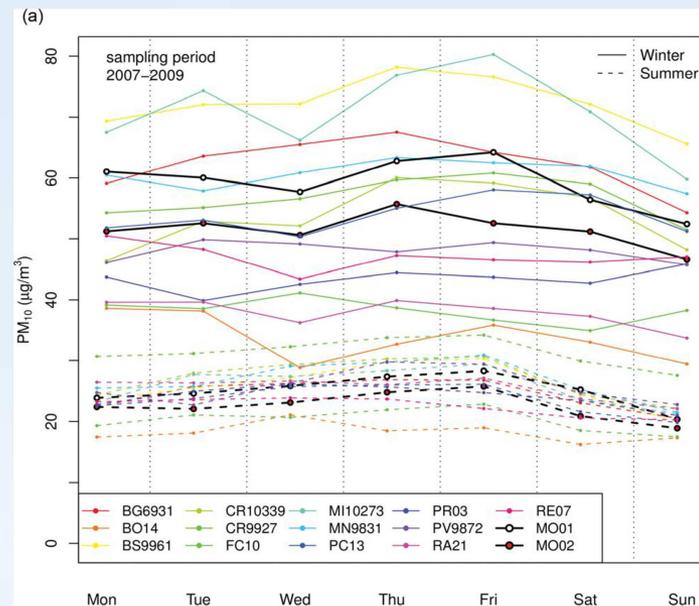
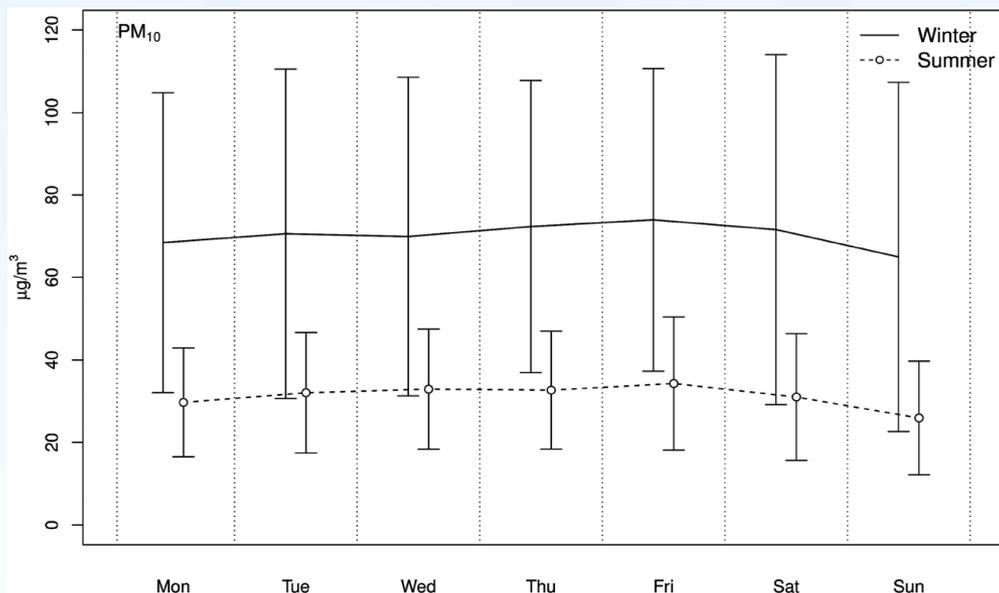


Tutti gli inquinanti hanno concentrazioni inferiori nelle domeniche estive rispetto a quelle feriali.

Questo modello spiega il contributo degli inquinanti alla formazione dell'ozono.

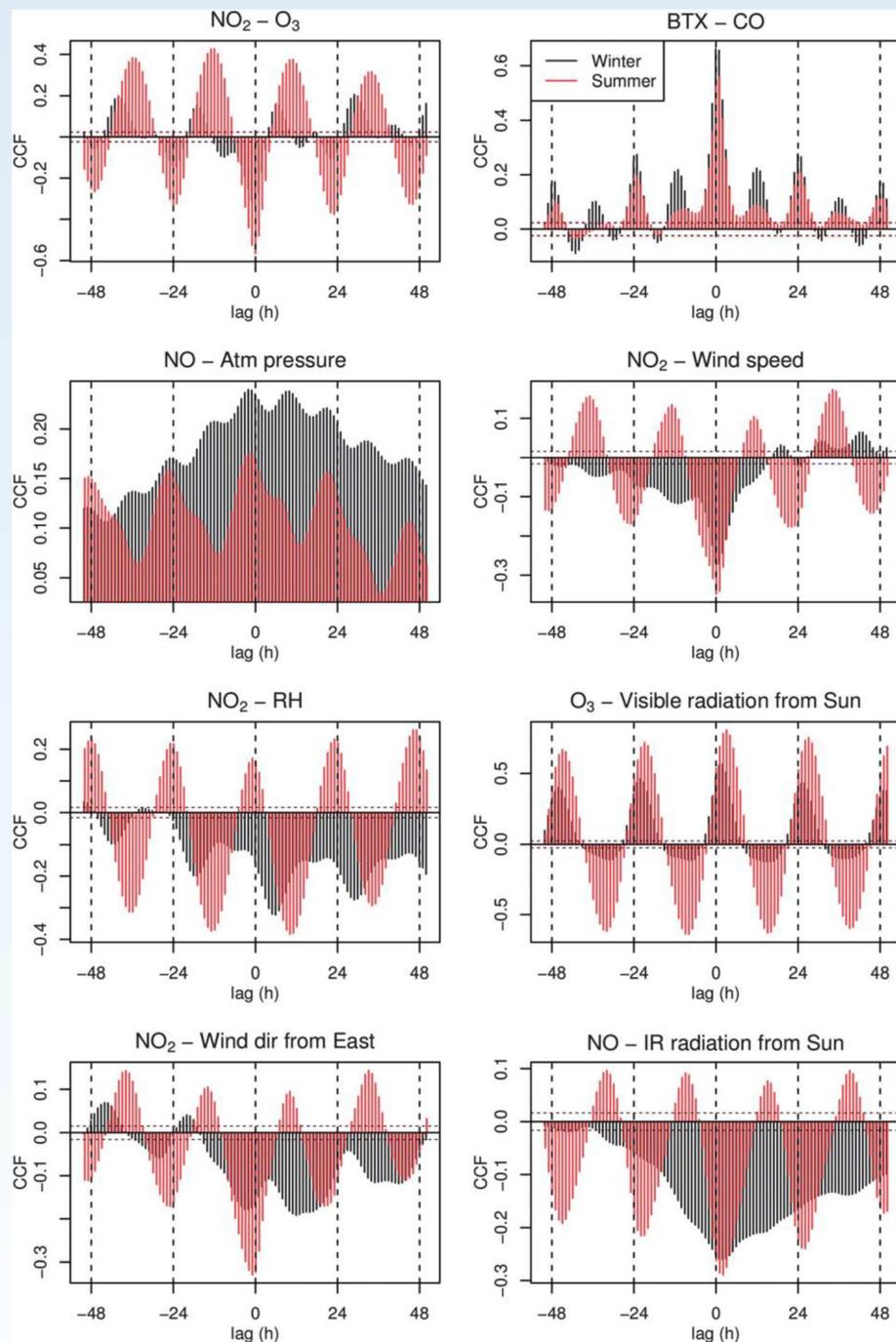
Risultati: andamento settimanale del PM₁₀

Il PM₁₀ viene utilizzato per stimare una relazione con fonti antropogeniche. Le differenze delle concentrazioni medie tra i siti della pianura Padana sono più elevate in inverno mentre sono più simili in estate. Le concentrazioni medie giornaliere di PM₁₀ mostrano, di domenica, una minor diminuzione sia d'inverno che d'estate. Le concentrazioni invernali hanno una grande deviazione standard perciò non mostrano un andamento settimanale. In inverno, i siti aventi una concentrazione media superiore a 50 $\mu\text{g m}^{-3}$ hanno un andamento settimanale con basse concentrazioni nel fine settimana ciò è causato da un'influenza antropogenica. La dispersione atmosferica è ridotta. Il particolato secondario di PM₁₀ importato giornalmente è più elevato rispetto all'estate del 30 – 50 %.



Risultati: Correlazioni ritardate

I dati orari vengono testati per l'autocorrelazione (ACF) per verificare la persistenza degli inquinanti sia d'inverno che d'estate. In entrambe le stagioni tutti gli inquinanti hanno una correlazione positiva a 24h di ritardo, anche se d'estate c'è un rapido calo per gas fotochimicamente attivi (O_3 , NO e NO_2) avendo una correlazione nulla e negativa a 12h. BTX e CO, essendo specie più stabili, d'estate hanno l'ACF più basso dovuto alla minore variazione diurna, per questo motivo mostrano un decadimento lento coerente alla bassa concentrazione e piccolo rapporto picco-basale. NO presenta forti picchi legati al traffico mattutino e serale con un elevato ACF sia alle 12h sia alle 24h in inverno, mentre d'estate ha un solo picco mattutino, quindi ACF nullo a 12h a causa della miglior dispersione serale e/o un traffico più esteso. L' O_3 mostra un picco pomeridiano molto più forte in estate rispetto all'inverno a causa di una fotochimica migliore, l'ACF è fortemente negativo a 12h in estate ma non in inverno. In inverno BTX, CO, NO e NO_2 sono positivamente correlati con ritardi a intervalli di 12h avanti e indietro invece d'estate mostrano una correlazione incrociata positiva persistente con picchi a intervalli di 24h di ritardo avanti e indietro a causa della sorgente e cicli diurni simili.



Risultati: Correlazioni ritardate

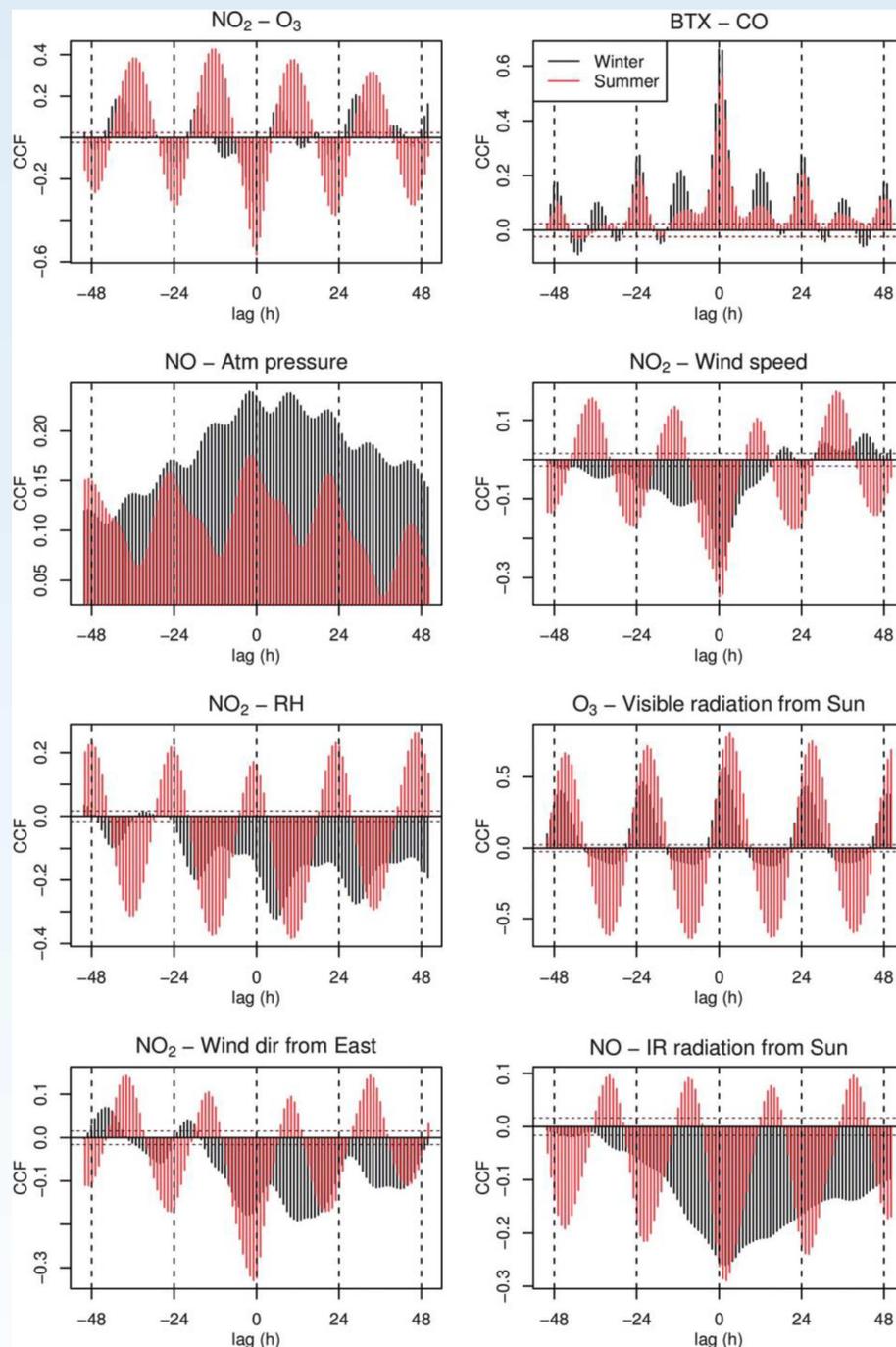
I BTX, CO, NO e NO₂ mostrano una correlazione incrociata simile con l'O₃, con una correlazione positiva a ritardi di ± 12 h e ± 36 h e una correlazione negativa a ritardi di ± 24 h e ± 48 h.

Influenze atmosferiche:

La pressione atmosferica influenza la stabilità atmosferica sulla qualità dell'aria. La radiazione solare infrarossa è un buon indicatore della dispersione atmosferica perché hanno un forte ciclo diurno quindi sono correlati a 0, ± 24 h, ± 48 h.

L'umidità relativa è anti-correlata con BTX, NO e NO₂ in inverno, seguendo il modello diurno, aumenta di notte e cala a mezzogiorno quando l'altezza di miscelazione è massima. La velocità del vento mostra una forte anti-correlazione con tutti gli inquinanti in inverno perché la rimozione degli inquinanti si interrompe poche ore dopo la cessazione del vento. O₃ presenta una correlazione opposta agli NO_x, avendo una bassa correlazione con la pressione atmosferica ma una correlazione positiva con la velocità del vento specialmente quelli orientali, quando ci sono basse condizioni di NO_x aumenta l'O₃.

I siti MO01 e MO02 insieme ad altri siti della pianura Padana hanno più stagionalità e concentrazioni in inverno in confronto a Londra.



Confronti con dati di letteratura

- I dati su Modena mostrano forti somiglianze e contrasti in confronto a Londra.
- Le principali somiglianze tra Modena e Londra sono la tendenza decrescente di inquinanti primari in gran parte generati dal traffico come BTX, CO e NO_x.
- La differenza sul modello stagionale del PM₁₀ è dovuta da una diversa capacità di dispersione dell'atmosfera tra inverno e estate nella pianura Padana rispetto a Londra.
- Il modello diurno degli inquinanti primari tra Modena e Londra è simile in inverno mentre d'estate a Modena c'è una dispersione migliore nelle ore di punta pomeridiane.
- A Londra, la diminuzione dell'O₃ è dominata dall'aumento di NO_x e viceversa mentre a Modena solo d'inverno perché d'estate le emissioni primarie contribuiscono alla produzione dell'ozono.
- L'altezza di miscelazione misurata nel centro di Londra alle 14:00 è pari o superiore a 1000 m per tutto l'anno mentre in autunno la media massima giornaliera è di 800 – 850 m. Invece a Modena, con delle simulazioni, la media dell'altezza massima giornaliera è di circa 850 m a novembre e febbraio e di circa 450 m a dicembre e gennaio.
- La concentrazione media annua di BTX a Modena ha un andamento decrescente di $-0.44 \mu\text{g m}^{-3} \text{ anno}^{-1}$ ed è più ripido rispetto a quello di Londra che risulta di $-0.33 \mu\text{g m}^{-3} \text{ anno}^{-1}$.
- I siti della pianura Padana sono più influenzati da cambiamenti stagionali e hanno una concentrazione invernale più alta rispetto a Londra.

Conclusioni

- Le concentrazioni di PM_{10} mostrano una tendenza destagionalizzata decrescente a lungo termine rispetto al 2000.
- I BTX, CO e NO hanno una tendenza annuale in lieve diminuzione, mentre NO_2 rimane invariato.
- O_3 rimane invariato negli anni indipendente da NO e NO_2 .
- Le dispersioni atmosferiche degli inquinanti nella pianura Padana non sono molto efficienti.
- BTX e CO hanno una lunga permanenza legata alla bassa concentrazione mentre NO ha una permanenza maggiore in inverno rispetto all'estate.
- Tutti gli inquinanti mostrano dei picchi sia annuali sia giornalieri molto spesso legati ad eventi antropici come il traffico veicolare.