

# PM<sub>10</sub> E TRAFFICO: QUALE CORRELAZIONE NELLA PIANURA PADANA?



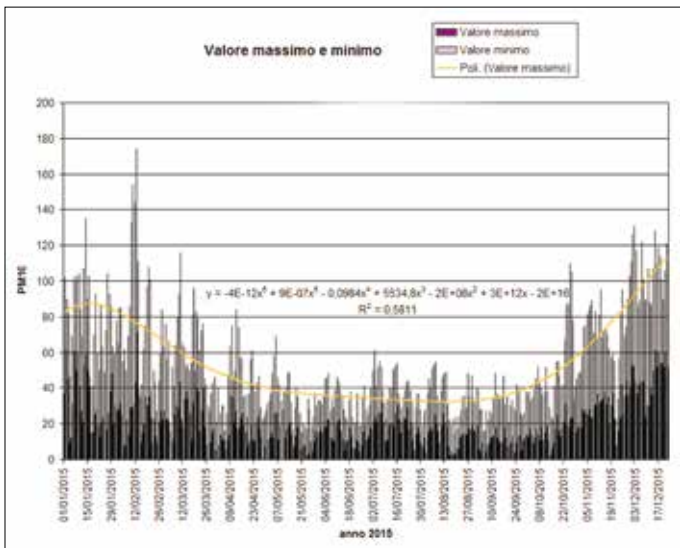
**È STATO SCELTO APPOSITAMENTE QUESTO TITOLO PROVOCATORIO E LA RISPOSTA POTREBBE ESSERE SCRITTA NELLA PRIMA RIGA DELL'ARTICOLO. MASSIMA SINTESI: NESSUNA. MA IN QUALSIASI RICERCA DEGNA DI QUESTO NOME LA RISPOSTA DEVE ESSERE DOCUMENTATA E QUINDI PROCEDIAMO CON L'ANALISI DEI DATI**

**U**n anno interessante per la Lombardia questo 2015, poiché il traffico, anche dovuto ai flussi diretti ad EXPO, è aumentato. E prima dell'apertura dell'esposizione universale il traffico, era sostenuto e rallentato in alcuni punti per i numerosi cantieri. Eppure... eppure non si trova alcuna correlazione.

Clima favorevole e complessivamente ventilato, scarsi periodi di pioggia ma i dati paiono essere in linea con quelli di tutti gli altri anni. Certo, a livello politico, un aiuto alla statistica viene dato in modo piuttosto astuto: visto che si calcola la media dei dati di tutte le centraline di rilevamento è stato programmato con cura un aumento esponenziale delle centraline sul territorio e in questo modo le centraline che presentano dati problematici "sariscono". Allora l'attenzione si è concentrata sulle sole centraline che dalla fine degli anni Novanta restituiscono dati sul particolato atmosferico (PM<sub>10</sub> in microgrammi per metro cubo) ma la correlazione è quasi impossibile da trovare: al massimo si raggiunge un Rquadro (R<sup>2</sup>) pari a 0,58 (Figura 2), ovvero un valore che non spiega nulla.

E quindi? Partiamo da un assunto che per noi che ci occupiamo di trasporti da decenni è cosa ovvia: il traffico sulle strade della Lombardia ha una variabilità minima così come la tipologia dei veicoli in transito. Molti asseriscono che esista una correlazione tra livelli di particolato e accensione degli impianti di riscaldamento ma nemmeno questa ipotesi risulta essere avvalorata dai dati. Valori che se osservati bene potrebbero portare a ben altre conclusioni. Ma non le azzardo in questa prima pagina e come in un giallo lascio ai lettori il piacere della scoperta. In primis: i dati distribuiti da ARPA Lombardia sono relativi alla media dei valori orari di PM<sub>10</sub> e quindi alcune informazioni sensazionali che sono state pubblicate (Figure 3 e 4) sono relative a dati orari - cosa ben diversa poiché il limite è relativo a 50 mcg/m<sup>3</sup> di media.





2. Dati delle principali centraline di rilevamento della Lombardia, anno 2015, valori massimi e valori minimi e linea di tendenza polinomiale con  $R^2 = 0,58$

**SMOG IN ITALIA: VALORI CRITICI AL NORD**

A causa della recente fase di alta pressione la concentrazione dello smog ha raggiunto livelli molto elevati nelle zone di pianura del Nord e nelle grandi città. A Milano nella giornata di venerdì il **Pm10** ha toccato **127 µg/m3**. Valori molto alti anche in altre grandi città della Lombardia, dell'Emilia-Romagna e del Piemonte: a Mantova 110 µg/m3, Cremona 129 µg/m3, a Modena 120 µg/m3. Superato del doppio il valore limite giornaliero per la protezione della salute umana.

mete.it	
INQUINAMENTO ATMOSFERICO	
	VENERDI
MILANO	127 µg/m <sup>3</sup>
MANTOVA	110 µg/m <sup>3</sup>
CREMONA	129 µg/m <sup>3</sup>
MODENA	120 µg/m <sup>3</sup>
PIACENZA	105 µg/m <sup>3</sup>

Il limite giornaliero, fissato a 50 µg/m3 da non oltrepassare più di 35 volte all'anno, è stato già superato ben 17 volte solamente nel primo mese di questo 2015

3. Esempio di terrorismo ambientale pubblicato in data 11 Febbraio 2015

**mete.it**

**INQUINAMENTO ATMOSFERICO**

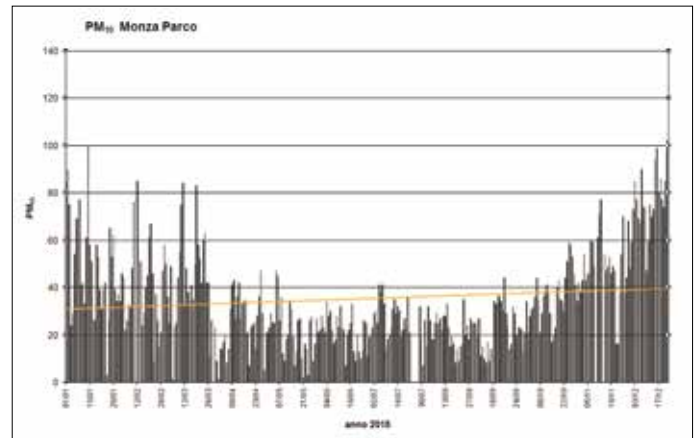
**PM10:**

Limite media giornaliera: 50 µg/m<sup>3</sup>

Ieri in Pianura Padana fino a 100/150 µg/m<sup>3</sup>

4. Esempio di terrorismo ambientale pubblicato in data 12 Febbraio 2015

Per semplificare ho riportato tutti i dati normalizzando l'asse delle ordinate pur sapendo che qualche valore sarebbe stato troncato in fase di rappresentazione: ma così la comparazione è agevolata. Si notano cose interessanti: alcuni picchi si registrano una sola volta al mese. Se fosse un dato connesso al traffico sarebbe una vera anomalia. Se il dato dipendesse dai flussi in transito i valori all'interno del Parco di Monza sarebbero notevolmente differenti (e certamente ridottissimi, sebbene alcuni ricorrano alla scorciatoia di Via Mirabellino). L'analisi dei dati di questa centralina monzese dovrebbe evidenziare l'afflusso nei giorni del Gran Premio (4-6 Settembre 2015) e invece nulla.



5. L'analisi dei dati della centralina monzese evidenzia come non ci sia alcun picco particolare nei giorni del Gran Premio (4-6 Settembre 2015)

Nella maggior parte delle nostre città, il PM<sub>10</sub> supera le soglie di concentrazione indicate dalla Normativa vigente, e a poco servono i provvedimenti che gli Amministratori Locali prendono sul traffico e sugli impianti di riscaldamento per portare i livelli di PM<sub>10</sub> sotto i limiti. Le emissioni di questo inquinante si mantengono stazionarie, dopo una diminuzione delle concentrazioni nei due decenni precedenti e non si evidenzia alcuna chiara tendenza per ulteriori miglioramenti. E per di più tutto questo avviene quando le emissioni inquinanti in atmosfera continuano a diminuire nel tempo.

Perché? Biossido di zolfo, monossido di carbonio, piombo e benzene, gli inquinanti le cui concentrazioni in aria si sono ridotte, hanno una caratteristica in comune: si ritrovano in atmosfera nella stessa forma con cui sono emessi. Per tale motivo sono denominati inquinanti primari, e la riduzione delle loro concentrazioni in aria è semplice almeno in linea di principio: basta ridurre le emissioni, e le concentrazioni si abbassano della stessa entità: vi è proporzionalità diretta tra emissioni e concentrazioni in aria.

Diversamente PM<sub>10</sub>, ozono (O<sub>3</sub>) e biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) si formano in tutto o in parte in atmosfera a seguito di processi chimico-fisici tra loro interconnessi. In particolare, la concentrazione di PM<sub>10</sub> in aria è data dalla somma di due contributi: il PM<sub>10</sub> che viene emesso come tale dalle sorgenti emittive, e che viene denominato PM<sub>10</sub> primario, e quello che si forma in atmosfera a seguito delle trasformazioni chimico-fisiche a partire da altre sostanze (chiamate precursori) denominato PM<sub>10</sub> secondario.

I precursori della componente secondaria del  $PM_{10}$  presente in atmosfera sono gli ossidi di azoto, i composti organici volatili, gli ossidi di zolfo e l'ammoniaca.

L'ozono presente nella bassa atmosfera si forma a partire dagli ossidi di azoto e dai composti organici volatili in presenza di luce solare, ed è quindi un inquinante totalmente secondario. Il biossido di azoto si forma per il 90-95% dall'ossidazione del monossido di azoto, e solo per il 5-10% viene emesso direttamente come tale.

La difficoltà che attualmente si incontra nel ridurre le concentrazioni in aria deriva dal fatto che sono inquinanti in cui la componente secondaria è esclusiva (ozono) o preponderante (biossido di azoto). Anche per il  $PM_{10}$  la concentrazione in aria è controllata in larga parte dalla componente secondaria.

La conseguenza è che le concentrazioni in aria di  $PM_{10}$ ,  $O_3$  e  $NO_2$  non sono legate in maniera semplice alle fonti di emissione, ma sono mediate da una serie di processi chimici e fisici. Tra l'altro, la loro formazione avviene contemporaneamente ai processi di trasporto e dispersione in atmosfera, per cui l'area interessata è molto più estesa rispetto per esempio all'inquinamento da monossido di carbonio.

Quanto detto fa capire perché provvedimenti a carattere locale, quali quelli che comunemente si prendono sul traffico o sugli impianti di riscaldamento nelle città, abbiano un'efficacia limitata.

Dunque il processo che porta dalle emissioni dei precursori alla formazione in atmosfera dell'ozono, del biossido di azoto e del  $PM_{10}$  secondario rende la riduzione delle loro concentrazioni una questione particolarmente complessa.

Questo processo è in particolare "non lineare", mentre il legame tra le emissioni e le concentrazioni degli inquinanti primari è "lineare".

La non linearità rappresenta il motivo per cui, a fronte di emissioni inquinanti decrescenti, le concentrazioni in aria di  $PM_{10}$ , ozono e biossido di azoto permangono su livelli sostanzialmente invariati.

Per gli inquinanti primari il legame tra emissioni e concentrazioni in aria è lineare: se riduco del 50% le emissioni ad esempio di monossido di carbonio in una certa zona, nella stessa zona avrò una riduzione delle concentrazioni in aria di questo inquinante della medesima entità.

Lo stesso discorso non si può fare per  $O_3$ ,  $NO_2$  e  $PM_{10}$ . La loro presenza in atmosfera dipende da una molteplicità di "fattori": da una parte i precursori, che sono il monossido di azoto per il biossido di azoto, gli ossidi di azoto e i composti organici volatili per l'ozono, ai quali si aggiungono gli ossidi di zolfo e l'ammoniaca per il  $PM_{10}$  secondario; dall'altra le reazioni chimico-fisiche che avvengono in atmosfera. In queste condizioni non è assolutamente detto che una riduzione delle emissioni di qualche precursore comporti riduzioni delle concentrazioni della stessa entità per questi inquinanti: il sistema è non lineare.

Analogamente a formare l'ozono concorrono gli ossidi di azoto e i composti organici volatili: se il fattore limitante sono i composti organici, una riduzione di ossidi di azoto non porterà alcuna diminuzione delle concentrazioni di ozono. Non c'è proporzionalità tra cause ed effetti.

Similmente, nel caso del biossido di azoto, la sua formazione dipende da quanto monossido di azoto è disponibile e dalla capacità dell'atmosfera di ossidare il monossido in biossido di azoto: se il fattore limitante è la capacità ossidativa dell'atmosfera, riduzioni di emissioni di monossido di azoto non porteranno a decrementi di biossido di azoto in aria.

Nel caso del  $PM_{10}$  secondario la cosa è ancora più complicata per il maggior numero di precursori. Volendo combattere efficacemente le alte concentrazioni di  $PM_{10}$ , dobbiamo individuare i fattori limitanti, ossia quali siano i precursori sui quali agire per ridurre le emissioni e le concentrazioni di  $PM_{10}$  secondario, oltre naturalmente a ridurre ulteriormente se necessario le emissioni di  $PM_{10}$  primario.

### CHE FARE?

Esistono modelli matematici che simulano, al meglio delle conoscenze attuali, la dispersione in aria degli inquinanti e le loro trasformazioni e in particolare la formazione in atmosfera del  $PM_{10}$  secondario. È necessario applicare i modelli alla realtà della Pianura Padana per stabilire, in questa macroarea, quali siano i fattori connessi all'inquinamento da  $PM_{10}$ , individuando gli inquinanti su cui prioritariamente agire per limitarne le emissioni, e l'entità di queste riduzioni. Questa è l'informazione principale che bisogna fornire al decisore: quali sono gli inquinanti le cui emissioni devono essere ridotte e dove (in quale macroarea), come (se in maniera temporanea o permanente) e di quanto.

In termini generali si possono fare delle considerazioni per quanto concerne il come e il dove:

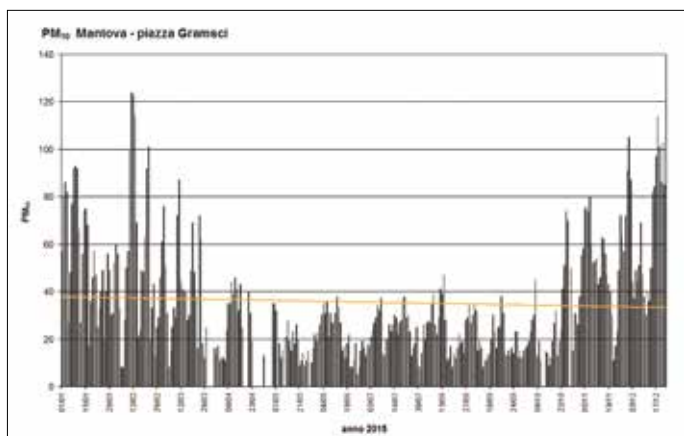
- relativamente a come ridurre, se cioè in maniera temporanea o permanente, bisogna considerare che i tempi caratteristici dei processi chimici e fisici relativi alla formazione in atmosfera del  $PM_{10}$ , dell'ozono e del biossido di azoto vanno da alcune ore ad alcuni giorni e più. Inoltre le alte concentrazioni di  $PM_{10}$  e di biossido di azoto sono caratteristiche della stagione fredda e le alte concentrazioni di ozono caratteristiche della stagione calda. Per questi motivi sembra ragionevole pensare che le emissioni di  $PM_{10}$  primario e dei precursori del  $PM_{10}$  secondario e del biossido di azoto vadano ridotte in maniera permanente durante tutti i mesi freddi, mentre quelle dei precursori dell'ozono vadano ridotte in maniera permanente durante i mesi caldi. Si evince da ciò la necessità di riduzioni strutturali e quindi permanenti delle emissioni inquinanti nel corso di tutto l'anno;
- per quanto riguarda il dove applicare i provvedimenti di riduzione delle emissioni, quello che si può dire in generale è che per  $PM_{10}$ , biossido di azoto e ozono i provvedimenti locali hanno una efficacia molto limitata. Questo ha delle importanti implicazioni in termini di politiche di risanamento della qualità dell'aria e mostra come molte azioni, anche draconiane, di riduzione delle emissioni limitate al territorio di una sola regione - e attualmente la Normativa prescrive che siano le Regioni gli Enti deputati per la redazione dei piani di risanamento della qualità dell'aria - abbiano scarsa efficacia per la regione stessa: nel caso della valle padana solo politiche applicate all'intero bacino possono essere efficaci.

Relativamente a cosa ridurre, il punto è individuare i fattori limitanti, ovvero fra tutti i precursori quelli per i quali una riduzione delle emissioni si traduce efficacemente in una riduzione delle concentrazioni in aria di questi inquinanti. Per questo può aiutare una dettagliata analisi modellistica contestualizzata per macroarea, la quale darà anche indicazioni su quanto ridurre le emissioni.

## TRAFFICO E MODELLI

Il traffico veicolare è tra le maggiori fonti se non, per alcuni inquinanti, la principale fonte di emissione. Nei capoluoghi di provincia con popolazione superiore ai 150.000 abitanti il trasporto su strada costituisce una sorgente emissiva rilevante per il  $PM_{10}$  primario e per precursori del  $PM_{10}$  secondario, dell'ozono e del biossido di azoto quali ossidi di azoto, composti organici volatili e ammoniaca. Nel caso degli ossidi di zolfo, precursori del  $PM_{10}$  secondario, i settori di emissione più rilevanti sono quelli dell'industria e dell'energia (e questo potrebbe spiegare gli elevatissimi valori di  $PM_{10}$  nelle province di Cremona e Mantova).

L'applicazione del modello PARVEA (PARco veicolare e Variazione delle Emissioni Atmosferiche associate)<sup>1</sup> che, nella sua prima formulazione, era stato sviluppato nell'ambito del progetto "Valutazione e riduzione dell'inquinamento da traffico nelle aree urbane" realizzato da APAT ora ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale su incarico del Ministero per l'Ambiente e la Tutela del Territorio restituisce i seguenti risultati: vengono rappresentati i margini di riduzione percentuale, ovvero la massima riduzione % di emissione dell'inquinante ottenibile grazie a tre provvedimenti con riferimento alle emissioni di  $NO_x$ , COVNM e  $PM_{10}$ . Si tratta di un margine massimo di riduzione delle emissioni che non tiene conto dell'investimento economico in termini di rinnovo del parco veicolare e delle azioni di modifica del comportamento dei passeggeri (pubblicità, incentivi, educazione ambientale, ecc.).



6. L'analisi dei dati della centralina di Mantova (Piazza Gramsci)

<sup>1</sup> PARVEA offre la possibilità di valutare l'efficacia espressa in termini di differenza di emissioni prodotte, fra uno scenario attuale e uno scenario futuro, con riferimento alle scelte di percorrenza per viaggiatori e beni (persone e merci). Si veda P. Villani - "La valutazione delle emissioni atmosferiche in relazione alle scelte di mobilità urbana degli abitanti" (<http://hdl.handle.net/11311/5510.83>).



7. Una centralina di rilevamento inquinanti in viale Cattaneo a Como

Il rinnovo autoveicoli e autoveicoli commerciali determinerebbe margini di riduzione percentuale delle emissioni inquinanti maggiore rispetto a quanto accade nel caso del solo rinnovo del parco bus.

Tale evenienza si spiega con la maggiore incidenza di percorrenze dei passeggeri con mezzi di mobilità privata (auto e moto) rispetto a quelle riferibili ai sistemi di trasporto pubblico. La crescita del fattore di occupazione veicolare (car pooling) determina margini di riduzione variabili tra il 21% e il 29%.

Per il decisore pubblico occorre stabilire: quali siano gli inquinanti le cui emissioni devono essere ridotte e dove (in quale macroarea), come (se in maniera temporanea o permanente) e di quanto.

Una volta date le risposte a questi quesiti c'è il problema di ripartire per ogni macroarea la riduzione delle emissioni tra i diversi settori: trasporti, industria, usi civili, agricoltura, ecc.. Su questo vi sono dei margini di discrezionalità che, se si vuole, qualificano politicamente le differenti scelte possibili.

È plausibile che - in particolare per macroaree critiche come la pianura padana - emerga l'indicazione di ridurre le emissioni inquinanti di quantità tali da portare a provvedimenti tipo "targhe alterne" o "blocco della circolazione", ma operazioni del genere, oltre a non contribuire in alcun modo alla risoluzione del problema, determinano una sorta di avversione sulle tematiche in esame da parte dell'opinione pubblica che vede limitato quello che - giustamente - considera un diritto inalienabile, quello della libertà di movimento.

Occorre orientare meglio gli sforzi in atto e così facendo si potrebbe fare chiarezza e aprire un dibattito serio sull'entità degli sforzi necessari.

Bisogna inoltre affrontare congiuntamente il problema della riduzione delle emissioni inquinanti e dei gas serra se non si vuole incorrere in diseconomie o addirittura in antagonismi per cui una misura efficace per le emissioni inquinanti si rivela controproducente per i gas serra, e viceversa.

Oggi abbiamo conoscenze, competenze e strumenti diagnostici e previsionali - in particolare i modelli matematici per lo studio dell'inquinamento atmosferico - con un buon grado di maturità, ma che non hanno raggiunto ancora quella criticità che consente di tradurre le loro indicazioni in provvedimenti efficaci di riduzione delle emissioni.

A questo proposito, vanno fatte due considerazioni:

1. la piena operatività di questi strumenti richiede un approccio multidisciplinare, ed è quindi necessario coltivare da parte della comunità scientifica italiana una maggiore interdisciplinarietà attivando e/o migliorando la comunicazione e la cooperazione tra gli esperti nelle diverse discipline (fisica, chimica, biologia, ingegneria, economia, ecc.);
2. c'è la sensazione che le Istituzioni preposte alla tutela della qualità dell'aria manifestino in Italia qualche resistenza a investire risorse adeguate per la piena e completa operatività di questi strumenti conoscitivi, forse perché chi decide non percepisce in misura adeguata la loro utilità; è necessario attivare da parte della comunità scientifica un processo di divulgazione efficace e scientificamente rigoroso verso tutti gli stakeholder.

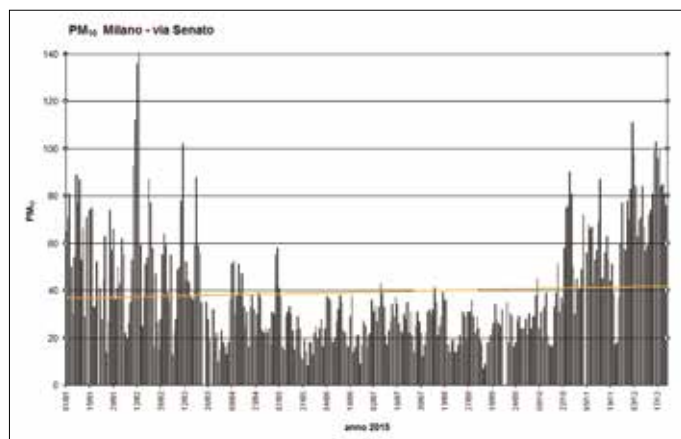
La scelta che induce più dell'80% dei lavoratori pendolari all'utilizzo del mezzo privato è riconducibile alla inadeguatezza del sistema pubblico. I fattori sono molteplici ma spesso non esattamente osservati: si citano la non sistematicità degli spostamenti, lo scarso comfort, il basso livello di sicurezza (furti, incontri sgradevoli), il costo elevato, la scarsa frequenza e si dimentica quanto sia importante il fattore tempo, il tempo di viaggio effettivo<sup>2</sup>: le corsie riservate sono utili e le linee di autobus che su esse transitano sono quelle maggiormente frequentate, ma purtroppo non estensibili all'infinito sull'intera rete stradale. L'interscambio con i mezzi su gomma è poco praticato a causa delle loro basse velocità di esercizio.

Per poter soddisfare i livelli di mobilità richiesti, il sistema del trasporto pubblico in un'area metropolitana deve darsi un'organizzazione funzionale e strutturale tale da acquisire tutta l'utenza "potenziale", collocandosi in forte concorrenzialità e competitività nei confronti del trasporto individuale e privato. Negli ultimi anni i programmi di riassetto o di miglioramento della dotazione infrastrutturale nell'area milanese hanno riguardato prevalentemente l'estensione generalizzata delle corsie riservate al trasporto pubblico su gomma, servizio ora assai più esteso e capillare ma ancora non in grado di catturare tutta l'utenza che risiedendo in ambito extraurbano procede con il proprio veicolo sino a destinazione.

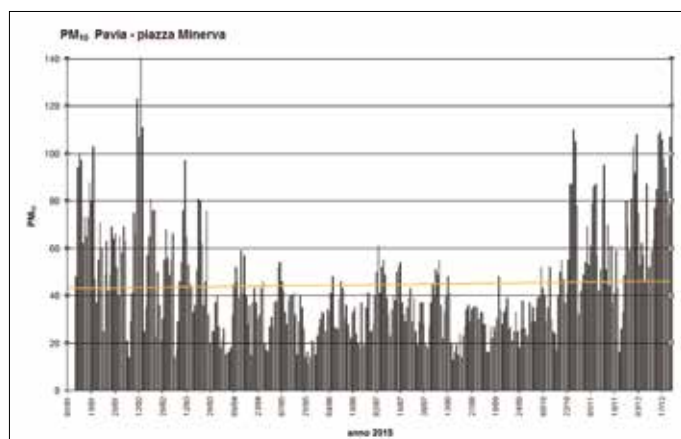
Dovrebbe essere garantito un miglior livello di servizio, provvedendo ad alimentare l'utenza sulle linee "principali" anche grazie a nuovi mezzi diversi (minibus, car-pooling, bike sharing o bici personale), incentivando l'intermodalità ma soprattutto migliorando le velocità in superficie. Velocità che non può migliorare senza ridurre gli innumerevoli punti di congestione presenti. E' quindi importante ridurre i tempi di attesa in ogni nodo anche attraverso la preferenziazione semaforica a favore del mezzo pubblico. Sono provvedimenti che purtroppo richiedono investimenti pubblici. Se l'attuale effetto-rete non è sufficiente a trasferire significative quote di utenza dal privato al pubblico deve migliorare comunque la velocità e la qualità del servizio, con risparmio di tempo e di stress. La proposta a costo zero che qui si formula è relativa a una modifica del comma 3 dell'art.145 dell'attuale Codice della Strada<sup>3</sup> "Precedenza" così integrandolo: "I conducenti devono

<sup>2</sup> L'utente monetizza tanto più il tempo di viaggio quanto più lo stesso avviene in condizioni di scarso comfort.

<sup>3</sup> D.Lvo 30 Aprile 1992, n° 285.



8 L'analisi dei dati della centralina di Milano (Via Senato)



9 L'analisi dei dati della centralina di Pavia (Piazza Minerva)

altresì dare la precedenza a tutti gli autobus e filobus adibiti a servizio di trasporto pubblico".

Gli obiettivi sono relativi all'immediatezza del risultato, alla modifica comportamentale: "presto attenzione... quindi rivaluto", alla forte riduzione del tempo di viaggio data:

- dalla precedenza sugli altri veicoli in tutte le reimmissioni nella circolazione in seguito alle fermate;
- dalla precedenza a tutte le intersezioni non semaforizzate;
- dalla precedenza nelle svolte a sinistra;
- dalla precedenza sugli altri veicoli nei restringimenti di carreggiata (numerossissimi);
- dalla precedenza al punto di interruzione del percorso protetto;
- dalla precedenza nell'immissione in rotonda.

Per i conducenti dei veicoli privati questa Norma sarebbe di facile rispetto, e considerate le dimensioni e il colore dei mezzi, indurrebbe psicologicamente tutti a una rivalutazione del servizio di trasporto pubblico e forse a un'ipotesi di alternativa interessante. ■

<sup>(1)</sup> Segretario Internazionale del PIARC, Consulente per il Ministero dell'Ambiente e per il Ministero Infrastrutture, autrice di oltre 250 pubblicazioni sulle tematiche di mobilità e trasporti, lavora al Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale. Abilitazione MIUR come Professore di Prima Fascia nel settore scientifico disciplinare 08/A3 (Infrastrutture e sistemi di trasporti, estimo e valutazione)