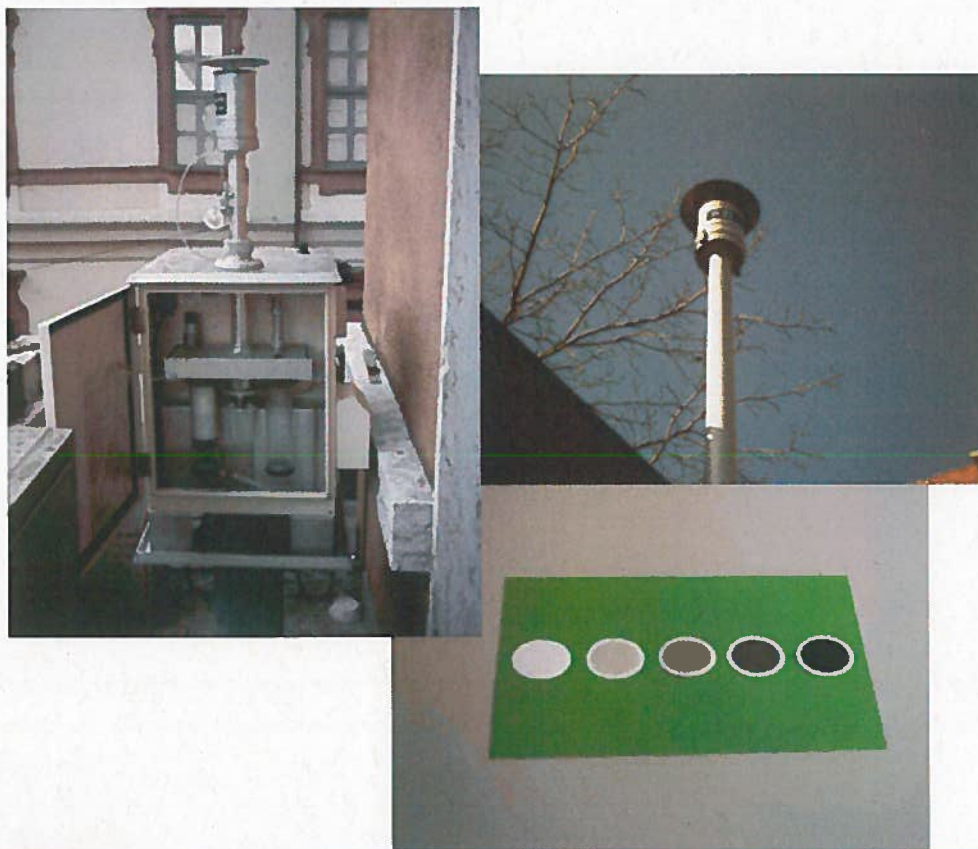

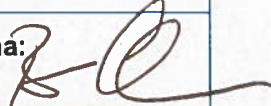


DIPARTIMENTO TERRITORIALE DI TORINO (PIEMONTE NORD OVEST)

Struttura semplice "Attività di Produzione"

Valutazione degli effetti di una sperimentazione di lavaggio delle strade nella Città di Torino sulle concentrazioni di particolato aerodisperso PM10 - Febbraio 2016



Redazione	Funzione: Dirigente con incarico professionale presso la SS Produzione	Data: 22/2/16	Firma: 
	Nome: Francesco Lollobrigida		
Verifica e approvazione	Funzione: Responsabile SS Produzione	Data: 23/2/16	Firma: 
	Nome: Carlo Bussi		

Premessa	1
Caratteristiche del particolato aerodisperso (PM ₁₀)	2
Descrizione del sito di monitoraggio	3
Condizioni meteorologiche nel corso della campagna.....	4
Analisi dei dati di PM10	6
Conclusioni.....	7

Premessa

Su richiesta dell'Assessorato Ambiente della Città di Torino è stata effettuata dal 30 Gennaio all'8 Febbraio 2016 una campagna di monitoraggio di particolato aerodisperso PM10 nel quartiere Campidoglio allo scopo di valutare gli effetti sull'inquinamento da particolato aerodisperso di una operazione di lavaggio intensivo delle strade. Il test è stato concordato dallo stesso Assessorato con la Società Metropolitana Acque Torino, in un periodo dell'anno caratterizzato di norma da concentrazioni critiche di PM10. Le operazioni di lavaggio sono state svolte nella giornata di lunedì 1 Febbraio dalle ore 9 alle ore 15, su un'estensione stradale complessiva di 14 km.

Poiché il test in questione ha una minima base statistica, essendo relativo a una sola giornata di lavaggio non ripetuta nel tempo, i risultati non possono che avere carattere del tutto preliminare rispetto a eventuali approfondimenti successivi.

Per un corretto inquadramento dell'indagine va considerato inoltre che per sua natura il lavaggio delle strade agisce sulla frazione di PM10 originata dal risollevarsi di polveri precedentemente depositatesi al suolo. In base a quanto riportato in letteratura il risollevarsi fornisce un contributo al PM10 che riguarda prevalentemente, anche se non esclusivamente, la frazione granulometrica cosiddetta "coarse", vale a dire quella compresa tra 2,5 e 10 μm^1 . Nell'aria ambiente della conurbazione torinese questa frazione è però minoritaria rispetto alla frazione "fine" (PM2.5); in particolare uno studio effettuato dal Dipartimento scrivente sui dati dal 2006 al 2014² mostra che nei giorni in cui si supera il valore limite giornaliero il PM10 è costituito in media per l'80% da particolato "fine" e per il 20% da particolato "coarse". Va inoltre sottolineato che nella conurbazione torinese durante i mesi invernali, com'è tipico della pianura padana, il particolato "fine" è prevalentemente costituito - con percentuali dell'ordine del 70%³ - da componenti secondari, i quali si originano da complessi processi chimico fisici che avvengono in aria ambiente e in cui sostanze originariamente emesse in forma gassosa si trasformano in particolato; tali processi non sono di tipo locale ma al contrario hanno luogo su ampia scala spaziale e temporale.

In definitiva nei mesi invernali azioni locali, come il lavaggio delle strade, per loro stessa natura possono incidere, nella migliore delle ipotesi, su una percentuale di PM10 dell'ordine del 20-30%. Dati di letteratura mostrano, nei casi più favorevoli, diminuzioni delle concentrazioni di PM10 dell'ordine del 7-10%⁴ abbinando lavaggio e spazzamento del manto stradale.

¹Amato et al.. A review on the effectiveness of street sweeping, washing and dust suppressants as urban PM control methods, Science of the Total Environment 408 (2010) 3070-3084

Karanasiou et al., "Road dust contribution to PM levels - Evaluation of the effectiveness of street washing activities by means of Positive Matrix Factorization", Atmospheric Environment 45, pp. 2193-2201

Orza et al., Contribution of resuspension to particulate matter inmission levels in SE Spain, Journal of Arid Environments 75 (2011) 545e554

² Si veda il paragrafo "Analisi statistica delle serie storiche di particolato fine e coarse nell'area metropolitana torinese" alle pagine 37-40 della relazione annuale 2014 "Uno sguardo all'aria"

³ Si veda il capitolo "Il progetto di studio delle sorgenti di inquinamento atmosferico nel territorio circostante la centrale termoelettrica Torino Nord" nell'edizione 2012 della relazione annuale "Uno sguardo all'aria" e il capitolo "L'episodio di PM10 e PM2.56 del 19-20 Ottobre" nell'edizione 2013. Entrambe le relazioni sono scaricabili all'indirizzo web <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/Pubblicazioni>

⁴ Amato et al. Evaluating urban PM10 pollution benefit induced by street cleaning activities, Atmospheric Environment 43 (2009) 4472-4480

Caratteristiche del particolato aerodisperso PM10

Il particolato aerodisperso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali, il materiale inorganico prodotto da agenti naturali, ecc.. Nelle aree urbane il materiale può avere origine da lavorazioni industriali, dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel. Il rischio sanitario legato a questo tipo di inquinamento dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalle dimensioni delle particelle stesse; infatti le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Diversi studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra la concentrazioni di polveri nell'aria e la manifestazioni di malattie croniche alle vie respiratorie, a causa degli inquinanti che queste particelle veicolano e che possono essere rilasciate negli alveoli polmonari.

La legislazione italiana, recependo quella europea, non ha più posto limiti per il particolato sospeso totale (PTS), ma a partire dal DM 60/2002 ha previsto dei limiti per il particolato PM10, cioè la frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm , più pericolosa in quanto può raggiungere facilmente trachea e bronchi e mettere inoltre a contatto l'apparato respiratorio con sostanze ad elevata tossicità adsorbite sul particolato stesso. Tali limiti sono pari a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera, da non superare per più di 35 giorni nell'arco di un anno, e a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale.

Si sottolinea che, come citato in premessa, una quota consistente del PM10 - dell'ordine del 50% o superiore - è prodotta da fenomeni secondari di conversione in particelle di inquinanti originariamente emessi in forma gassosa; tali fenomeni avvengono su ampia scala territoriale e fanno sì che la distribuzione spaziale del PM10 nelle aree di pianura del territorio regionale sia relativamente omogenea

Descrizione del sito di monitoraggio

La campagna è stata effettuata con un campionatore trasportabile di PM10 a norma UNI EN 12341 che è stato posizionato nel cortile dell'edificio di proprietà comunale ubicato in Via Medici 28, ang. Via Digione. Il sito si trova in un'area residenziale/commerciale e quindi adeguatamente rappresentativa dell'esposizione media agli inquinanti atmosferici degli abitanti del quartiere.

La posizione del sito di monitoraggio è indicata in Figura 1

Figura 1 Ubicazione del sito di monitoraggio



Condizioni meteorologiche nel corso della campagna

La meteorologia nel corso della campagna è stata analizzata utilizzando i dati prodotti dalla rete meteorografica gestita dal Dipartimento Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte. In particolare sono stati utilizzati i dati della stazione di Via della Consolata per quanto riguarda velocità del vento e pioggia e quelli del radiometro profilatore installato in Corso Stati Uniti per quanto riguarda le condizioni di stabilità/instabilità atmosferica.

Gli andamenti temporali della velocità del vento e della pioggia sono riportati, rispettivamente, in Figura 2 e Figura 3, mentre le condizioni di stabilità/instabilità sono riportate nella Tabella 1

Figura 2 Velocità del vento –andamento del valore medio orario nel corso della campagna

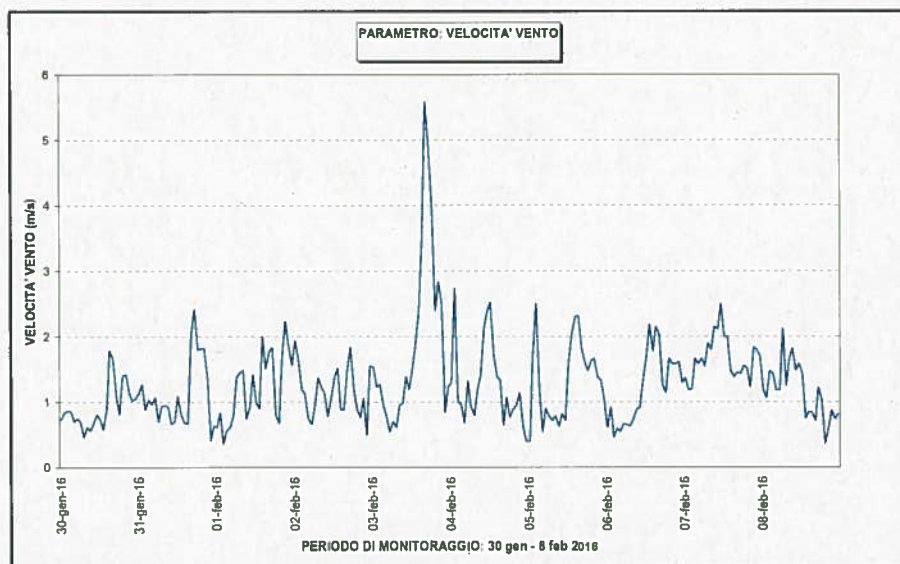


Figura 3 Precipitazioni - andamento della sommatoria giornaliera nel corso della campagna

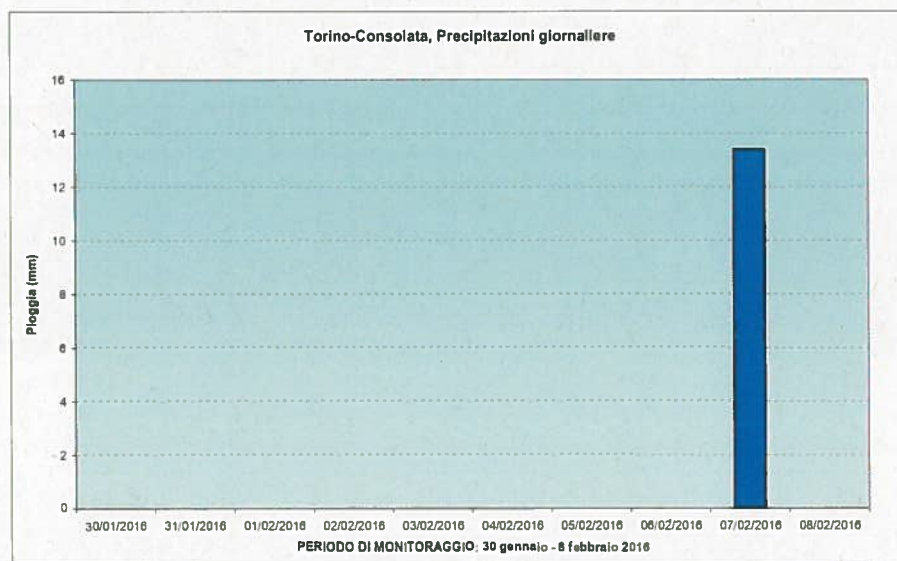


Tabella 1 Condizioni di stabilità/instabilità – Andamento giornaliero

<i>Data</i>	<i>Condizione meteorologica dell'area urbana</i>
<i>30-gen-16</i>	Stabilità , con inversione al suolo sino alle h 6 e in quota dalle h 23
<i>31-gen-16</i>	Stabilità , con inversione in quota sino alle h 9 e poi alle 10-20 ; dalle h 21 inversione al suolo
<i>01-feb-16</i>	Stabilità ,con inversione al suolo per l'intera giornata
<i>02-feb-16</i>	Stabilità, con inversione in quota sino all ore h 14 e successivamente instabilità
<i>03-feb-16</i>	Instabilità
<i>04-feb-16</i>	Stabilità, con inversione al suolo sino alle h 10 e poi dalle h 21; instabilità nelle altre ore
<i>05-feb-16</i>	Stabilità, con inversione al suolo o in quota sino alle h 11 e successivamente instabilità
<i>06-feb-16</i>	Instabilità
<i>07-feb-16</i>	Instabilità
<i>08-feb-16</i>	Instabilità con inversione solo dalle h 6 alle h 9

Nel complesso si osserva una significativa variabilità meteorologica nel corso del monitoraggio. Il periodo iniziale è stato caratterizzato da condizioni persistenti di stabilità atmosferica, che favoriscono l'accumulo di inquinanti atmosferici in prossimità del suolo . Dal pomeriggio del 2 Febbraio si osserva invece una generale instabilità - e quindi condizioni favorevoli alla dispersione degli inquinanti - con presenza di venti anche molto intensi nel pomeriggio del giorno 3 Febbraio. Le condizioni di stabilità riprendono il 4 Febbraio - ma senza persistenza nell'intera giornata - e nella prima metà della giornata successiva. Dal pomeriggio del 5 Febbraio sino al termine del monitoraggio – con la sola eccezione di alcune ore nella mattina dell'8 Febbraio - si osservano condizioni generali di instabilità, con precipitazioni significative il giorno 7 Febbraio.

Analisi dei dati di PM10

Poiché l'obiettivo dell'indagine è la valutazione degli effetti delle operazioni di lavaggio strade, **non risulta corretto dal punto di vista metodologico un semplice confronto numerico tra le concentrazioni rilevate nei giorni di lavaggio e in quelli precedenti e successivi.** L'inquinamento atmosferico è, infatti, fortemente influenzato dalla meteorologia e quindi l'aumento o la diminuzione delle concentrazioni rilevate in un determinato giorno rispetto a un altro è spesso imputabile, rispettivamente, a una maggiore o minore criticità delle condizioni meteorologiche. Questo fenomeno è ben esemplificato anche dal caso in esame, poiché – come dettagliato nel paragrafo precedente – nel corso del monitoraggio si sono verificati cambiamenti significativi delle condizioni meteorologiche anche da un giorno al successivo.

Risulta quindi necessario utilizzare un indicatore che non dipenda dalla variazione giornaliera delle condizioni meteorologiche come accade per le concentrazioni assolute di PM10. In tale ottica è stato utilizzato il rapporto R tra le concentrazioni rilevate nel sito di Via Medici e in una stazione di riferimento ubicata in una zona non interessata dalle operazioni di lavaggio ma sufficientemente vicina da poter ragionevolmente ipotizzare che le condizioni meteorologiche nel corso del monitoraggio siano state le stesse del quartiere Campidoglio.

In questi casi non si utilizzano di norma come riferimento stazioni da traffico perché troppo influenzate da variazioni locali dei flussi veicolari. Per questa ragione è stata esclusa la stazione di Torino - P.zza Rebaudengo, che è la più vicina in linea d'aria al sito di Via Medici (circa 4,5 km), e sono state utilizzate le stazioni di fondo urbano di Torino - Lingotto e Torino - Via Rubino che distano, rispettivamente, circa 6 km e 5 km.

Nel comparare due giornate "x" e "y" il significato dell'indicatore $R = \text{Media giornaliera PM10 via Medici} / \text{Media giornaliera PM10 stazione di riferimento}$ è il seguente: un valore di R_x significativamente maggiore di R_y indica che nella giornata "x" si è verificato un peggioramento relativo del PM10 nel sito di Via Medici rispetto ad altre aree residenziali della città, mentre l'inverso accade se R_x è significativamente minore di R_y . Se tra i due valori non vi è invece una differenza significativa ciò significa che le giornate "x" e "y" sono comparabili tra loro.

La Tabella 2 riassume i risultati del monitoraggio del PM10

Data	Media giornaliera PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			R= Media giornaliera Via Medici/Media giornaliera stazione di riferimento	
	Via Medici	TO- Lingotto	TO-Rubino	Via Medici/TO Lingotto	Via Medici/TO Rubino
30-gen-16	73	74	82	1,0	0,9
31-gen-16	64	74	51	0,9	1,3
01-feb-16	119	70	70	1,7	1,7
02-feb-16	52	53	45	1,0	1,2
03-feb-16	86	43	45	2,0	1,9
04-feb-16	24	22	21	1,1	1,1
05-feb-16	47	49	n.d.	1,0	n.d.
06-feb-16	29	47	52	0,6	0,6
07-feb-16	28	23	21	1,2	1,3
08-feb-16	35	36	26	1,0	1,3
Media escludendo la giornata di lavaggio strade	49	47	43	1,0	1,1

Tabella 2 Risultati campagna di monitoraggio PM10 Via Medici (la giornata di lavaggio strade è evidenziata in giallo) ; n.d. = dato non disponibile

Le giornate in cui avrebbero dovuto manifestarsi gli eventuali benefici del lavaggio strade sono quella in cui è stato effettuato il lavaggio stesso (1 Febbraio) e – dato che le operazioni si sono concluse nel pomeriggio – anche quella immediatamente successiva (2 Febbraio).

Si osserva, indipendentemente dalla stazione di riferimento considerata, che il 1 Febbraio ($R=1,7$) si è in realtà verificato un peggioramento relativo delle concentrazioni di PM10 in Via Medici

rispetto alle due giornate precedenti e a tutte quelle successive (valori di R compresi tra 0,6 e 1,2), con l'eccezione del 3 Febbraio ($R=2.0$). Ciò può essere dovuto alla eventuale presenza in zona di una fonte intermittente di polveri (ad esempio un cantiere stradale) che nella giornata del 1 febbraio ha innalzato anormalmente la concentrazione puntuale di PM_{10} o all'eventuale effetto di risollevarimento di polveri depositate al suolo da parte dei getti d'acqua utilizzati dai mezzi SMAT nelle operazioni di lavaggio.

Nella giornata successiva al lavaggio (2 Febbraio), invece, il valore di R non differisce in misura significativa da quello della altre giornate di monitoraggio non interessate dal lavaggio, ad eccezione del 3 Febbraio e del 6 Febbraio, in cui si osserva, rispettivamente, un peggioramento e un miglioramento. rispetto al giorno 2 Febbraio

In sostanza l'unica giornata che mostra un miglioramento significativo delle concentrazioni di PM_{10} in Via Medici rispetto alla situazione media delle altre giornate è quella del 6 Febbraio, che è troppo lontana del tempo dal 1 Febbraio per poter ragionevolmente ipotizzare un effetto legato alle operazioni di lavaggio strade.

Conclusioni

Il test preliminare effettuato nel quartiere Campidoglio non evidenzia alcun effetto di diminuzione delle concentrazioni di PM_{10} in aria ambiente a seguito del lavaggio delle strade. Nella giornata interessata dal lavaggio, al contrario, i dati mostrano un peggioramento relativo delle concentrazioni di PM_{10} , mentre nella giornata successiva non si osserva alcuna variazione significativa né in negativo né in positivo .

Tale risultato, va considerato con cautela data la minima base statistica del test, come già evidenziato in premessa. Un'analisi approfondita richiederebbe di pianificare - come riportato in letteratura per altre città europee⁵ - una sperimentazione di lunga durata che affianchi la misura giornaliera di PM_{10} a operazioni di lavaggio ripetute a intervalli regolari di tempo con le stesse modalità e sulla stessa area . Date le caratteristiche della città di Torino la sperimentazione dovrebbe di necessità coprire la stagione invernale, in cui com'è noto ha luogo la grande maggioranza dei superamenti del valore limite giornaliero di PM_{10} .

⁵ Amato et al. (2010) - "A review on the effectiveness of street sweeping, washing and dust suppressants as urban PM control methods", Science of the Total Environment 408, pp.3070-3084.

Karanasiou et al. (2011) - "Road dust contribution to PM levels - Evaluation of the effectiveness of street washing activities by means of Positive Matrix Factorization", Atmospheric Environment 45, pp. 2193-2201

