

STRUTTURA COMPLESSA

DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE SUD EST

Struttura Semplice Attività di Produzione Sud-Est– Nucleo Operativo Qualità dell'Aria

COMUNE DI ASTI

**SECONDA CAMPAGNA DI VALUTAZIONE
 DEGLI EFFETTI MITIGATIVI DEL VERDE URBANO SU
 QUALITA' DELL'ARIA E PARAMETRI METEO CLIMATICI–
 OTTOBRE-NOVEMBRE 2019**



RELAZIONE TECNICA

**RISULTATO ATTESO B5.16
 PRATICA N°G07_2019_01468_19**

PERIODO DI MONITORAGGIO dal 17/10/2019 al 14/11/2019

Redazione	Funzione: Tecnico Prevenzione Nome: Cristina Otta	Firmata digitalmente
Verifica e Approvazione	Funzione: Responsabile S.S. Produzione Nome: Donatella Bianchi	Firmata digitalmente

Arpa Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Piemonte Sud Est

Struttura Semplice -Attività di Produzione Sud Est

Spalto Marengo, 33 – 15121 Alessandria – tel. 0131276200 – fax 0131276231

Email: dip.sudest@arpa.piemonte.it PEC: dip.sudest@pec.arpa.piemonte.it

ARPA Dipartimento Piemonte Sud Est

Redazione dei testi e delle elaborazioni a cura di:

C. Otta del Dipartimento ARPA Piemonte Sud Est

Per la gestione tecnica della campagna di monitoraggio hanno collaborato:

G. Mensi, V. Ameglio, E. Scagliotti, L. Erbetta, C. Littera, S. Vazzola del Dipartimento ARPA Piemonte Sud Est

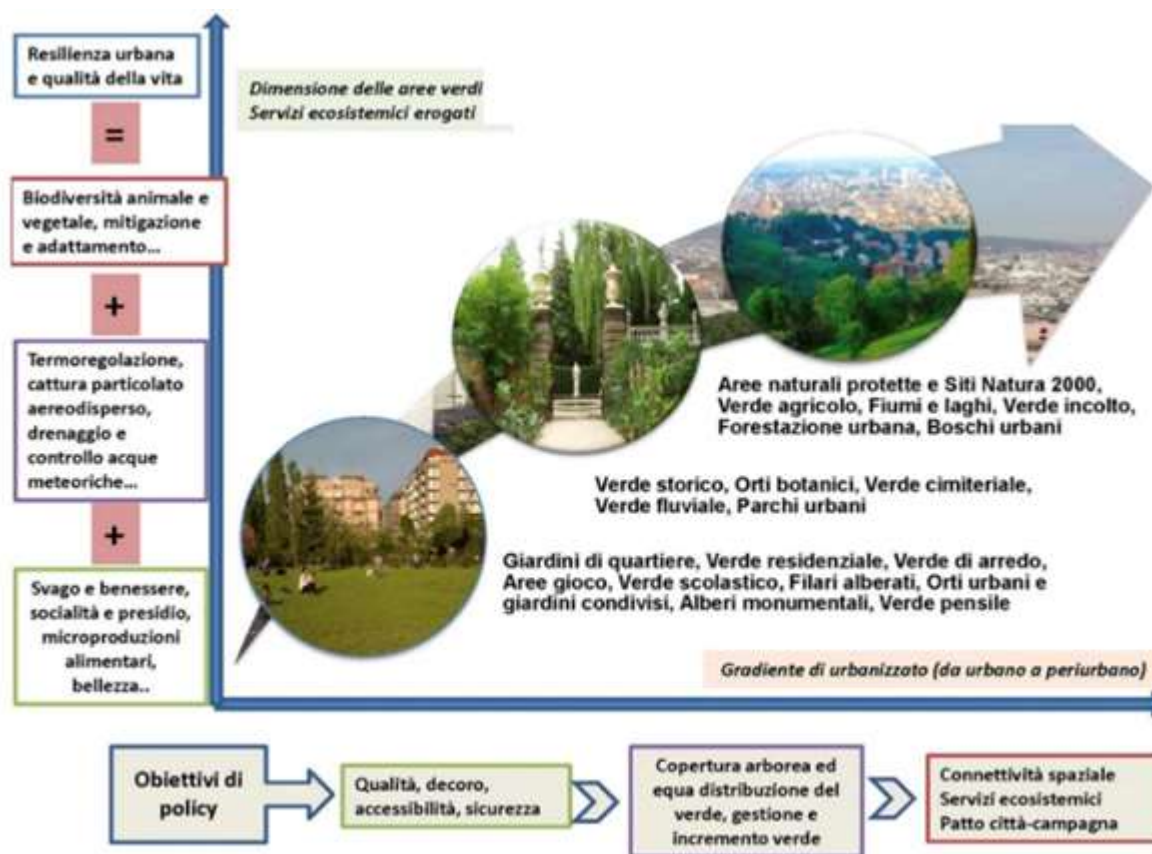
Sommario

STRUTTURA COMPLESSA	1
DIPARTIMENTO TERRITORIALE PIEMONTE SUD EST	1
1.INTRODUZIONE	4
2. IL QUADRO NORMATIVO	6
3. DESCRIZIONE DEGLI INQUINANTI MONITORATI	7
4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	9
5. SCELTA DEI PUNTI DI MISURA	10
6. CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA PERIODO DI MISURA	12
7. RISULTATI	13
7.1 ANALISI DATI METEOROLOGICI	13
7.1.1 TEMPERATURA	13
7.2 ANALISI DATI DI QUALITA' DELL'ARIA	14
7.2.1 OSSIDI DI AZOTO	14
7.2.2 POLVERI PM10	16
7.2.3 OZONO (O3)	18
8. CONCLUSIONI	20
9. BIBLIOGRAFIA	21

1.INTRODUZIONE

È oggi ampiamente documentato a livello scientifico¹ che il verde urbano, opportunamente progettato, può apportare benefici in termini di depurazione dell'aria dagli inquinanti atmosferici e di mitigazione del surriscaldamento terrestre e dei cambiamenti climatici in atto, aumentando l'assorbimento della CO₂ e di altri inquinanti gassosi, riducendo le polveri fini, aumentando la capacità di ritenzione delle acque meteoriche e contrastando l'effetto "isola di calore" tipico delle città. Oltre a ciò, la forestazione urbana contribuisce in generale a riqualificare l'ambiente urbano ed a migliorarne la vivibilità con ricadute positive di carattere sociale e relazionale.

Su tale fronte sono oggi attivate numerose sperimentazioni in ambito nazionale ed internazionale, tra cui si citano, a titolo di esempio, i progetti europei Escape, LifeGaia, Urbanproof e la piattaforma nazionale Mosaico Verde patrocinata dal Ministero per l'Ambiente a cui soggetti pubblici e privati possono aderire con la finalità di piantare 300.000 nuovi alberi e tutelare 30.000ha di boschi esistenti in Italia. Il Ministero per l'Ambiente ha inoltre adottato nel 2018 la strategia nazionale del verde urbano che fissa criteri e linee guida per la promozione di foreste urbane e periurbane attraverso la riduzione delle superfici asfaltate. La forestazione così intesa si sviluppa senza soluzione di continuità ricomprendendo tutti gli aspetti del verde urbano: lembi di bosco, viali alberati, aree parco, orti urbani, giardini, ville storiche, verde di quartiere, verde architettonico (pareti e tetti verdi). La strategia prevede il coinvolgimento degli stakeholders del territorio, puntando su competenze necessariamente multidisciplinari, per indirizzare le amministrazioni comunali verso la realizzazione di piani e progetti basati su servizi ecosistemici.



Variabilità dei Servizi Ecosistemici in funzione della dimensione delle aree verdi (Fonte: Anna Chiesura)

¹ Si veda nota bibliografica

¹ www.iscapeproject.eu

¹ www.lifegaia.eu

¹ <http://urbanproof.eu/it/>

¹ www.mosaicoverde.it

¹ https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/comitato%20verde%20pubblico/strategia_verde_urbano.pdf

Immagine tratta da Min. Ambiente - strategia nazionale del verde urbano

Nell'ottica di approfondire tali tematiche a livello locale e promuovere azioni sinergiche facilmente attuabili per fronteggiare le criticità legate al risanamento della qualità dell'aria ed alla mitigazione degli impatti dei mutamenti climatici in atto, il Dipartimento Arpa Piemonte Sud-Est in collaborazione con il gruppo di ricerca in bio-meteorologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Bologna (IBIMET-CNR) coordinato dalla dott.ssa Rita Baraldi, ha intrapreso un approfondimento circa gli aspetti tecnico scientifici e sperimentali legati agli effetti mitigativi del verde urbano sul territorio dei Comuni di Asti e Alessandria.

Le fasi dello studio sono così articolate:

- monitoraggio della qualità dell'aria estiva/invernale svolto da Arpa mediante centraline mobili posizionate in contemporanea in due postazioni del centro urbano esposte al traffico cittadino, di cui una con presenza di vegetazione ed una in assenza di vegetazione al fine di rilevare le differenze microclimatiche e di inquinamento.
- censimento delle specie arboree attualmente presenti sul territorio comunale e delle loro principali caratteristiche (numero piante, tipologia, dimensioni) attraverso la consultazione delle banche dati comunali abbinata ai dati di inquinamento forniti dalle stazioni della rete regionale gestita da Arpa, in particolare ai dati orari di PM10 rilevati dalla stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Alessandria-Volta sull'anno 2017;
- simulazioni modellistiche realizzate da IBIMET-CNR, sulla base dei dati di verde comunali elaborati mediante il software open-source ITREE, volte a stimare il livello di mitigazione del verde attualmente presente in termini di riduzione dell'inquinamento atmosferico (capacità assorbimento di inquinanti gassosi, cattura delle polveri sottili) e mitigazione dei cambiamenti climatici (sequestro di CO₂, riduzione delle temperature, assorbimento delle acque meteoriche) ed a prefigurare nuovi scenari di implementazione di verde urbano appositamente progettati ed inseriti nel contesto territoriale (alberature, barriere verdi, boschi urbani, green-walls, green-roof, etc..) per ottenere benefici aggiuntivi e misurabili.

In questa prima fase di screening l'attività di carattere istituzionale fornita da Arpa e CNR è svolta a titolo gratuito allo scopo di fornire all'Amministrazione comunale utili elementi di carattere scientifico per futuri progetti da svilupparsi nell'ambito dei piani di risanamento della qualità dell'aria e di mitigazione dei cambiamenti climatici.

Nello specifico la presente relazione illustra i risultati della campagna di qualità dell'aria autunnale effettuata con laboratori mobili presso aree comunali caratterizzate da differente presenza di vegetazione, nel periodo compreso tra il 17 ottobre e il 14 novembre 2019. I due siti prescelti sono piazza Statuto (sito NON GREEN) e i giardini pubblici di Parco della Resistenza (sito GREEN) entrambi dislocati in area centrale all'interno degli spalti cittadini. I dati vengono confrontati con i risultati della precedente campagna estiva svoltasi a luglio-agosto 2018.²

Scopo del monitoraggio è nello specifico quello di appurare se vi siano effetti mitigativi misurabili, su alcuni inquinanti della qualità dell'aria e sulla temperatura, riconducibili o meno alla presenza di vegetazione e confrontarli con i dati di letteratura.

Le misure effettuate con gli analizzatori di riferimento presenti sui laboratori mobili sono state inoltre integrate con l'utilizzo di 2 stazioni portatili low-cost modello "AIRQino" fornite e progettate da IBIMET_CNR e corredate di mini-sensori per temperatura e umidità, VOC totali, NO₂, Ozono, polveri Pm10/PM2.5, CO₂.

² http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/asti/aria-e-qualita-dellaria/monitoraggi-con-il-mezzo-mobile/relazione-g07_2018_01245_22-lug-ago-2018

2. IL QUADRO NORMATIVO

Il Decreto Legislativo 155 del 13/08/2010 recepisce la Direttiva Europea 2008/50/CE, abroga la normativa precedente riguardo i principali inquinanti atmosferici (D.P.C.M. 28/03/83 – D.P.R. 203/88 – D.M. 25/11/94 – D.M. 60/02 - D.lgs. 183/04) istituendo un quadro normativo unitario in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria. Al fine di salvaguardare la salute umana e l'ambiente, stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi. La Tabella sottostante riassume i limiti previsti dalla normativa per i diversi inquinanti considerati.

Table 4.1 Air quality standards for the protection of health, as given in the EU Ambient Air Quality Directives

Pollutant	Averaging period	Legal nature and concentration	Comments
PM ₁₀	1 day	Limit value: 50 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 35 days per year
	Calendar year	Limit value: 40 µg/m ³	
PM _{2.5}	Calendar year	Limit value: 25 µg/m ³	
		Exposure concentration obligation: 20 µg/m ³	Average Exposure Indicator (AEI) ^(*) in 2015 (2013-2015 average)
		National Exposure reduction target: 0-20 % reduction in exposure	AEI ^(*) in 2020, the percentage reduction depends on the initial AEI
O ₃	Maximum daily 8-hour mean	Target value: 120 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 25 days/year, averaged over 3 years ^(b)
		Long term objective: 120 µg/m ³	
	1 hour	Information threshold: 180 µg/m ³	
		Alert threshold: 240 µg/m ³	
NO ₂	1 hour	Limit value: 200 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 18 hours per year
		Alert threshold: 400 µg/m ³	To be measured over 3 consecutive hours over 100 km ² or an entire zone
	Calendar year	Limit value: 40 µg/m ³	
BaP	Calendar year	Target value: 1 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀
SO ₂	1 hour	Limit value: 350 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 24 hours per year
		Alert threshold: 500 µg/m ³	To be measured over 3 consecutive hours over 100 km ² or an entire zone
	1 day	Limit value: 125 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 3 days per year
CO	Maximum daily 8-hour mean	Limit value: 10 mg/m ³	
C ₆ H ₆	Calendar year	Limit value: 5 µg/m ³	
Pb	Calendar year	Limit value: 0.5 µg/m ³	Measured as content in PM ₁₀
As	Calendar year	Target value: 6 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀
Cd	Calendar year	Target value: 5 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀
Ni	Calendar year	Target value: 20 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀

Notes: ^(*) AEI: based upon measurements in urban background locations established for this purpose by the MSs, assessed as a 3-year running annual mean.

^(b) In the context of this report, only the maximum daily 8-hour means in 2015 are considered, so no average over 2013-2015 is presented.

Fonte: EEA Air Quality Report 2017

3. DESCRIZIONE DEGLI INQUINANTI MONITORATI

Gli inquinanti che si trovano dispersi in atmosfera possono essere divisi schematicamente in due gruppi: inquinanti primari e inquinanti secondari. I primi sono emessi nell'atmosfera direttamente da sorgenti di emissione antropogeniche o naturali, mentre gli altri si formano in atmosfera in seguito a reazioni chimiche che coinvolgono altre specie siano esse primarie o secondarie. Le concentrazioni di un inquinante primario dipendono significativamente dalla distanza tra il punto di misura e le sorgenti, mentre le concentrazioni di un inquinante secondario, essendo prodotto dai suoi precursori già dispersi nell'aria ambiente, risultano in genere diffuse in modo più omogeneo sul territorio.

TABELLA – Inquinanti principali sorgenti emissive

Inquinanti	Formula chimica	Principali sorgenti emissive
Benzene*	C ₆ H ₆	Attività industriali, traffico autoveicolare
Biossido di zolfo*	SO ₂	Attività industriali, centrali di potenza
Biossido di azoto*/**	NO ₂	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare (in particolare quello diesel), centrali di potenza, attività industriali
Monossido di carbonio*	CO	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili)
Ozono**	O ₃	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera
Particolato atmosferico */**	PM ₁₀	È prodotto da combustioni, per azioni di tipo meccaniche (erosione, attrito, ecc.), da processi chimico-fisici che avvengono in atmosfera a partire da precursori anche in fase gassosa.

* = Inquinante Primario (generato da emissioni dirette in atmosfera dovute a fonti naturali e/o antropogeniche)

** = Inquinante Secondario (prodotto in atmosfera attraverso reazioni chimiche)

Si descrivono di seguito le caratteristiche dei principali inquinanti atmosferici misurati dalle stazioni ARPA di rilevamento della qualità dell'aria.

Ossidi di azoto (NO e NO₂)

Gli ossidi di azoto (nel complesso indicati anche come NO_x) sono emessi direttamente in atmosfera dai processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali termiche, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati. All'emissione, gran parte degli NO_x è in forma di monossido di azoto (NO), con un rapporto NO/NO₂ notevolmente a favore del primo. L'NO, una volta diffusosi in atmosfera può ossidarsi e portare alla formazione di NO₂. L'NO è quindi un inquinante primario mentre l'NO₂ ha caratteristiche prevalentemente di inquinante secondario. Il monossido di azoto (NO) non è soggetto a limiti alle immissioni in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli poiché esso, attraverso la sua ossidazione in NO₂ e la sua partecipazione ad altri processi fotochimici, contribuisce, tra altro, alla produzione di ozono troposferico.

Particolato atmosferico aerodisperso

È costituito da una miscela di particelle allo stato solido o liquido, esclusa l'acqua, presenti in sospensione nell'aria per tempi sufficientemente lunghi da subire fenomeni di diffusione e trasporto. Possono avere dimensioni che variano anche di 5 ordini di grandezza (da 10 nm a 100 μm), così come forme diverse e per lo più irregolari: le polveri fini PM₁₀ e PM_{2.5} sono costituite da particelle il cui diametro sia inferiore rispettivamente a 10 e 2.5 micron. Esse possono essere di origine primaria, cioè emesse direttamente in atmosfera da processi naturali o antropici, o secondaria, cioè formate in atmosfera a seguito di reazioni chimiche e fisiche. Le principali sorgenti naturali sono l'erosione e il successivo risollevarsi di polvere del suolo, incendi, pollini, spray marino, eruzioni vulcaniche; le sorgenti antropiche si possono ricondurre principalmente a processi di combustione (traffico autoveicolare, uso di combustibili, emissioni industriali); non vanno tuttavia

trascurati i fenomeni di risospensione causati dalla circolazione dei veicoli, le attività di cantiere e alcune attività agricole. Nelle aree urbane il materiale particolato di origine antropica può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dal traffico (usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e delle frizioni, emissioni di scarico degli autoveicoli), dal riscaldamento, dalle attività agricole e dalla produzione di energia elettrica. Le polveri fini e ultrafini si formano in atmosfera (particolato secondario) anche da numerosi precursori tra cui ossidi di azoto, idrocarburi, inquinanti emessi dal settore agricolo e zootecnico, uso di solventi, etc. I principali gas precursori (ammoniaca, ossidi di zolfo e di azoto) reagiscono in atmosfera per formare sali di ammonio: questi composti formano nuove particelle nell'aria o condensano su quelle preesistenti e formare i cosiddetti **aerosol inorganici secondari (SIA)**. Altre sostanze organiche emesse in forma gassosa (VOC) reagiscono chimicamente formando **aerosol organici secondari (SOA)**. Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana è quindi necessario individuare uno o più sottoinsiemi di particelle che, in base alla loro dimensione, abbiano maggiore capacità di penetrazione nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) piuttosto che nelle parti più profonde dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari). Nel 2013 lo **IARC** (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) ha ufficialmente classificato il particolato atmosferico come cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1) alla stregua di alcuni inquinanti atmosferici specifici dell'aria come il benzene e il benzo(a)pirene già inseriti nel gruppo dei cancerogeni. L'**OMS** inoltre indica valori di tutela della salute per polveri **PM10** e **PM2.5** più bassi rispetto alla legislazione europea: **20 e 10 microgrammi/m³** rispettivamente come media sull'anno

Ozono

L'ozono a livello del suolo (troposferico) è un inquinante del tutto peculiare poiché non viene emesso da nessuna sorgente ma si forma in atmosfera in presenza di forte radiazione solare per reazione chimica da altri inquinanti primari (ossidi di azoto, composti organici volatili) prodotti sia da fenomeni naturali che da attività umane (traffico veicolare, industrie, processi di combustione). L'ozono è un componente dello "smog fotochimico" che si origina da maggio a settembre in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura. Le più alte concentrazioni di ozono si registrano d'estate nelle ore di massimo irraggiamento solare mentre nelle ore serali la sua concentrazione tende a diminuire

4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

I dati di qualità dell'aria analizzati nella presente relazione sono stati acquisiti mediante un laboratorio mobile, provvisto di analizzatori automatici in grado di monitorare in continuo e di fornire dati in tempo reale per i principali inquinanti atmosferici. La strumentazione utilizzata dal laboratorio mobile è del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse della RRQA e risponde alle caratteristiche previste dalla legislazione vigente (D. Lgs.155/2010). In particolare, il laboratorio mobile è provvisto di strumenti per misurare: Monossido di Carbonio CO, Ossidi di Azoto NO_x (NO – NO₂), Biossido di Zolfo (SO₂), Ozono, BTEX (Benzene, Toluene, Xileni, etilbenzene), polveri fini PM10.



Figura 1-Laboratorio mobile in servizio presso ARPA

I livelli di concentrazione degli inquinanti sono forniti con cadenza oraria, tranne per le polveri PM10 che sono fornite come medie giornaliera. L'aria da campionare è prelevata attraverso una "testa di prelievo" che pompa una quantità d'aria sufficiente da poter essere inviata ai vari analizzatori e direttamente analizzata. L'analisi del PM10 è l'unica che non viene effettuata direttamente sul posto in quanto si utilizza un sistema di campionamento gravimetrico a "impatto inerziale", ovvero la testa di prelievo pompa 2,3m³/h di aria che viene fatta passare attraverso dei filtri di quarzo del diametro di 47mm sul quale si deposita la polvere PM10 (ovvero solo la frazione del particolato appositamente filtrato con diametro inferiore a 10 micron). Dopo 24 ore, il filtro "sporco" viene prelevato e successivamente pesato in laboratorio: la concentrazione di polvere si desume per differenza di peso tra il filtro pulito pesato prima del campionamento e lo stesso filtro pesato dopo le 24 ore di campionamento.

Le specifiche tecniche della strumentazione utilizzata sono di seguito riportate:

Laboratorio mobile postazione GREEN				
STRUMENTO	MODELLO	PARAMETRO MISURATO	METODO MISURA	INCERTEZZA ESTESA
Analizzatore API	200	NO-NO ₂	Chemiluminescenza	8.2% ³
Analizzatore API	400E	O ₃	Assorbimento UV	9.3% ⁴
PM10 TECORA	Charlie-sentinel	PM10	Gravimetria	13.0%

Laboratorio mobile postazione NONGREEN				
STRUMENTO	MODELLO	PARAMETRO MISURATO	METODO MISURA	INCERTEZZA ESTESA
Analizzatore API	200E	NO-NO ₂	Chemiluminescenza	8.1% ⁵
Analizzatore API	M400E	O ₃	Assorbimento UV	7% ⁶
PM10 TECORA	Charlie-sentinel	PM10	Gravimetria	13.0%

N.B. L'incertezza estesa è stata calcolata secondo quanto descritto nella norma di riferimento UNI EN 14211:2012 e nel Decreto Ministeriale 30 marzo 2017 per le attività di assicurazione/controllo qualità per le reti di monitoraggio per la qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010.

³ Rapporto di Taratura 2019_038_RdT-Servizio Tarature Arpa Piemonte del 12/06/2019

⁴ Rapporto di Taratura 2019_008_RdT-Servizio Tarature Arpa Piemonte del 14/02/2019

⁵ Rapporto di Taratura 2019_051_RdT-Servizio Tarature Arpa Piemonte del 26/07/2019

⁶ Rapporto di Taratura 2019_005_RdT-Servizio Tarature Arpa Piemonte del 07/02/2019

5. SCELTA DEI PUNTI DI MISURA

I due siti di monitoraggio, Piazza Statuto (SITO NON GREEN) e Parco della Resistenza (SITO GREEN), sono indicati in figura seguente in colore verde (figura 1) unitamente alle stazioni di traffico urbano di Asti-Baussano e di fondo urbano di Asti-D'Acquisto (in colore rosso). Come visibile i punti si trovano all'interno della circonvallazione interna, in area di centro urbano. La distanza tra le due postazioni è di circa 500 metri.



Figura 1-Siti di monitoraggio

Punto 1-Parco della Resistenza: parco urbano in condizioni di vasta ombreggiatura (SITO GREEN)

Come punto di monitoraggio situato in area verde e caratterizzato da una elevata ombreggiatura è stato scelto il Parco della Resistenza, situato nel centro della città. Tra le specie arboree presenti all'interno del parco si segnalano conifere (abete rosso, cipresso, cedro dell'Atlante, cedro della California) e latifoglie (platano, paulownia, magnolia, quercia, bagolaro, olmi, ippocastano, acero, ginkgo biloba). Il suolo non è permeabile.



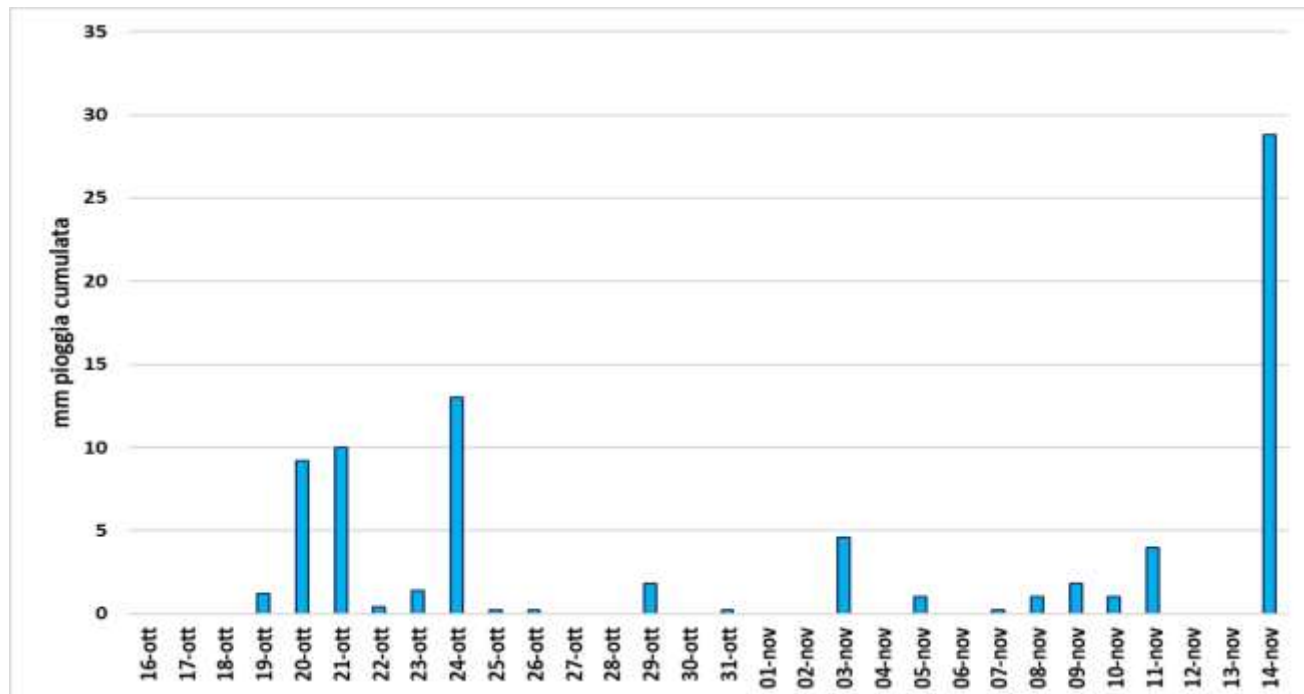
Punto 2-Piazza Statuto: area urbana edifica in condizioni di esposizione solare e ZTL (SITO NON GREEN)

Questo punto di monitoraggio si trova in Piazza Statuto all'interno della ZTL comunale, in area pedonale. Il suolo non è permeabile.



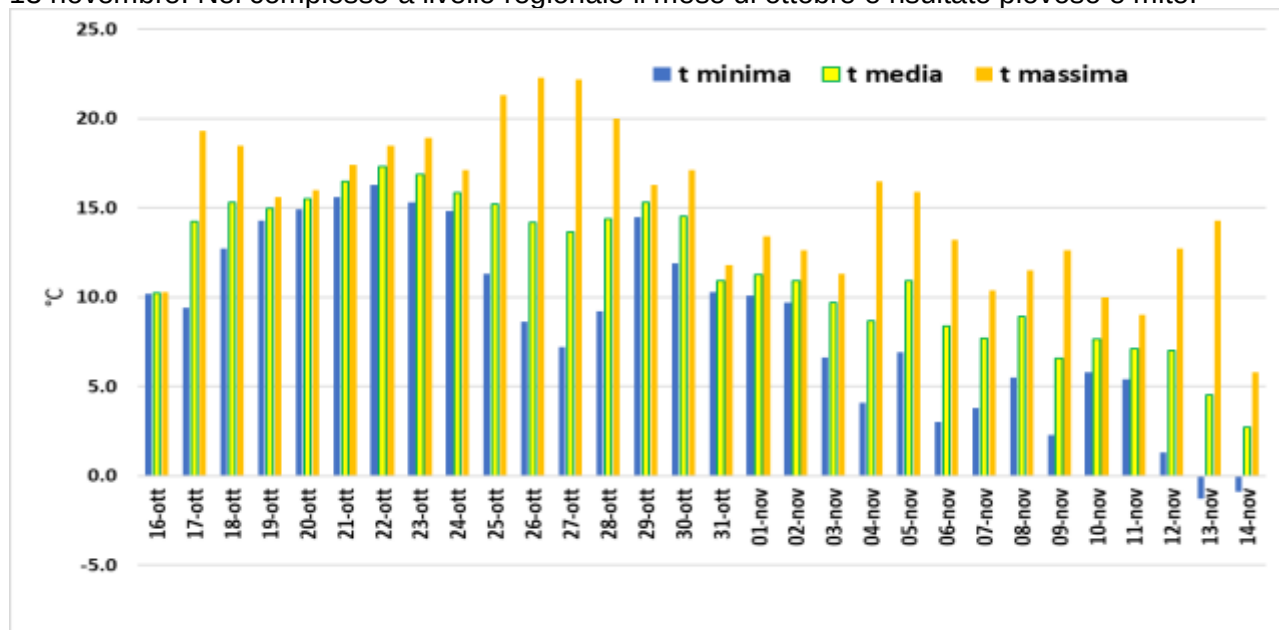
6. CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA PERIODO DI MISURA

I dati meteorologici del periodo di misura sono ricavati dai dati forniti dalla stazione della Rete meteo idrografica gestita da Arpa Piemonte di Asti-Penna⁷. Nel grafico seguente sono riportati i mm di pioggia cumulata giornaliera relativi al periodo di monitoraggio.



Asti-Penna-mm pioggia cumulata dal 16 ottobre al 14 novembre 2019

Le temperature minime, medie e massime misurate nell'intero periodo di monitoraggio che risultano coerenti con la situazione rilevata a livello regionale, vengono raffigurate nel grafico seguente. Dai dati acquisiti si ricava che, su base oraria, la temperatura massima del periodo del monitoraggio è stata di 22.3°C registrata il 26 ottobre, la media di 11.5 °C e la minima di -1.3°C il 13 novembre. Nel complesso a livello regionale il mese di ottobre è risultato piovoso e mite.⁸



Asti-Penna-temperature minime-medie-massime dal 16 ottobre al 14 novembre 2019

⁷ http://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/meteo/osservazioni/rete-meteoidrografica/anagrafica-stazioni.html?delta=2&ID_VENUE=21548

⁸ http://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/eventi_pdf/2019/Ottobre2019.pdf

7. RISULTATI

Per quantificare l'effetto del verde sui livelli degli inquinanti presenti in ambito urbano sono stati confrontati tra loro i dati acquisiti dai due laboratori nelle due postazioni "green" e "non green". I parametri considerati sono stati PM10, NOx e Ozono, temperatura e umidità relativa. Le concentrazioni registrate con i laboratori mobili sono state altresì confrontate con quelle misurate nelle stazioni fisse della Rete Regionale della Qualità dell'Aria (RRQA) presenti ad Asti, ovvero con la stazione da traffico (TU) di Asti-Baussano e con quella di fondo urbano (FU) di Asti-D'Acquisto.

7.1 ANALISI DATI METEOROLOGICI

La temperatura, insieme all'umidità relativa, sono normalmente i parametri più interessanti da analizzare soprattutto in periodo estivo in quanto, come risaputo, in contesti densamente urbanizzati si riscontrano variazioni del profilo giornaliero della temperatura a causa della presenza dell'isola di calore urbana.

Le misure sono state effettuate utilizzando le stazioni portatili low-cost modello "AIRQino" fornite e progettate da IBIMET_CNR. Il periodo utilizzato per le elaborazioni è dal 1 al 14 novembre 2019. I parametri acquisiti presso il sito GREEN di Parco della Resistenza e quello NONGREEN di Piazza Statuto sono stati confrontati tra loro e con quelli acquisiti nella stazione della Rete meteo idrografica gestita da Arpa Piemonte di Asti-Penna, ubicata esternamente al centro urbano.

7.1.1 TEMPERATURA

Come evidenziato nella tabella seguente l'analisi delle temperature medie giornaliere evidenzia differenze tra le diverse postazioni:

	Temperatura minima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura massima (°C)
Asti-Penna	-1.1	8.0	16.1
Piazza Statuto (NONGREEN)	0.6	9.4	19.6
Parco della Resistenza (GREEN)	1.4	9.8	18.5

Il centro urbano presenta valori costantemente più elevati rispetto a quanto misurato nella prima periferia a causa dell'effetto dell'isola di calore urbana con un innalzamento delle temperature medie pari a +1.8°C.

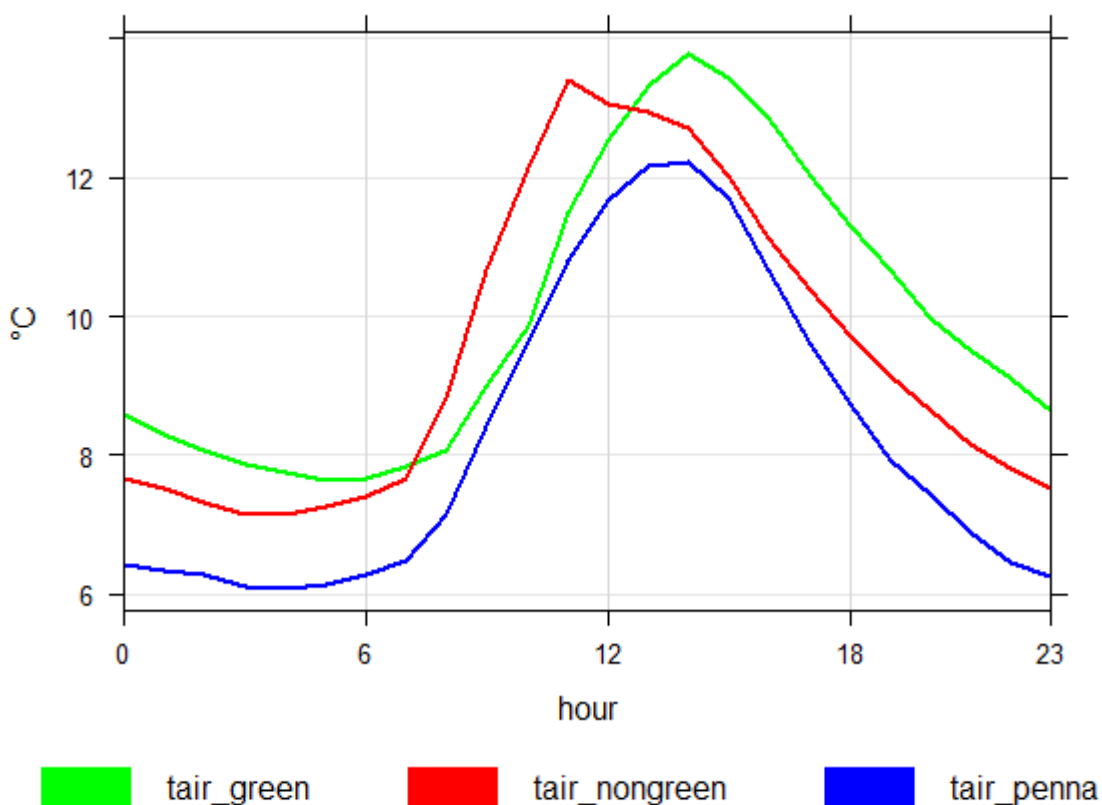
Le temperature medie relative alle due postazioni GREEN e NONGREEN risultano del tutto confrontabili come riscontrato nella campagna invernale eseguita nel comune di Alessandria nel 2019⁹.

Le temperature minime risultano più basse nel sito NONGREEN mentre le massime sono meno elevate presso la postazione GREEN.

L'analisi del giorno tipo, ovvero di come varia nel corso della giornata la temperatura, evidenzia come nelle ore notturne le temperature misurate in città siano leggermente più elevate rispetto alla periferia perché durante la notte la superficie urbanizzata rilascia il calore immagazzinato nelle ore diurne, riscaldando l'aria. Nel sito GREEN le temperature notturne risultano leggermente più elevate rispetto a quello NONGREEN.

Dalle 08:00 alle 12:00 le temperature permangono più elevate presso il sito NONGREEN, mentre dalle 14:00 circa le temperature del Parco risultano leggermente più elevate rispetto agli altri siti di confronto.

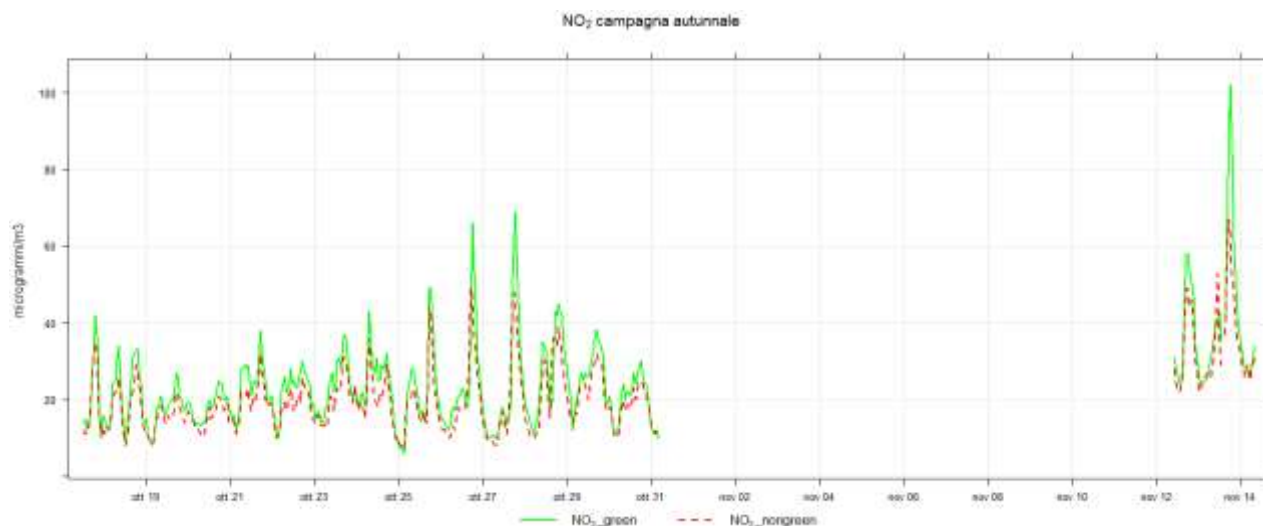
⁹ <https://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/alessandria/aria-1/relazioni-qualita-dellaria-mezzo-mobile/relazione-effetti-mitigativi-del-verde-urbano-alessandria-mar-2019>



7.2 ANALISI DATI DI QUALITA' DELL'ARIA

7.2.1 OSSIDI DI AZOTO

Le elaborazioni seguenti sono state effettuate considerando solo le giornate con la presenza di entrambe le coppie di dati. Nel grafico seguente è rappresentato l'andamento delle concentrazioni orarie rilevate nel sito GREEN e NONGREEN nel periodo considerato.



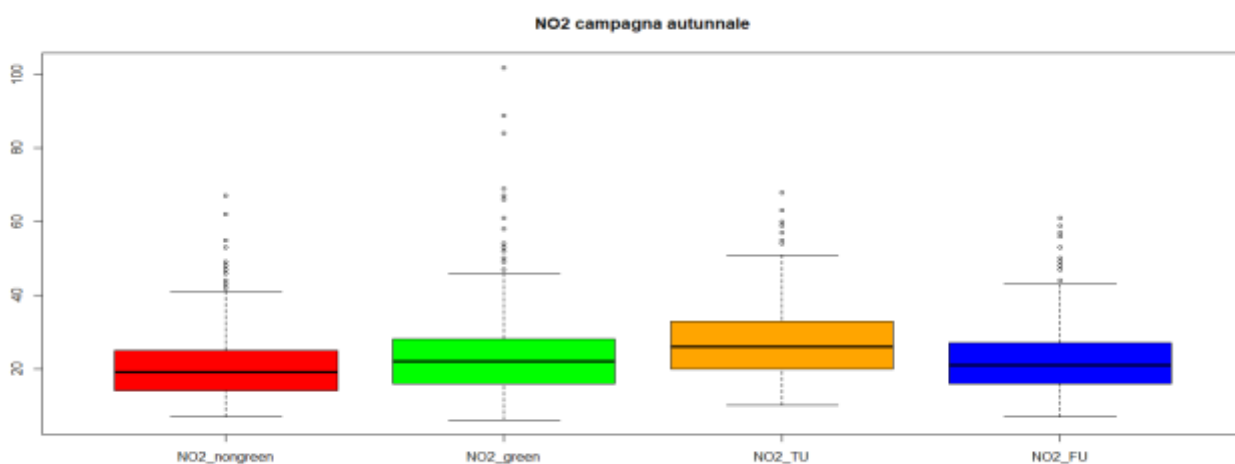
NO₂-time-plot concentrazioni orarie rilevate dal 18/09/19 al 05/11/19 ad Asti (in rosso postazione "non green" Piazza Statuto, in verde postazione "green" Parco della Resistenza)

Nella figura sottostante la distribuzione delle concentrazioni orarie di NO₂ misurate nei due siti GREEN e NONGREEN ad Asti è confrontata con quelle ottenute nelle stazioni fisse di traffico urbano e fondo urbano presenti ad Asti, attraverso l'utilizzo dei grafici a box. Sono state prese in considerazione solo le giornate con tutti e tre i valori presenti. Il box plot sintetizza la "posizione"

dei dati orari misurati nella campagna di misura: la scatola, che è il rettangolo centrale, contiene il 50% dei dati (compresi tra il 25° e il 75° percentile), la linea orizzontale al suo interno è la mediana, i segmenti che escono dalla scatola i “baffi” che delimitano la zona al di fuori della quale i valori vengono definiti anomali. Come visibile le concentrazioni rilevate nel sito GREEN risultano leggermente superiori di circa il 17% rispetto a quanto misurato nella postazione NONGREEN, come già rilevato nella campagna di monitoraggio estiva del 2018.

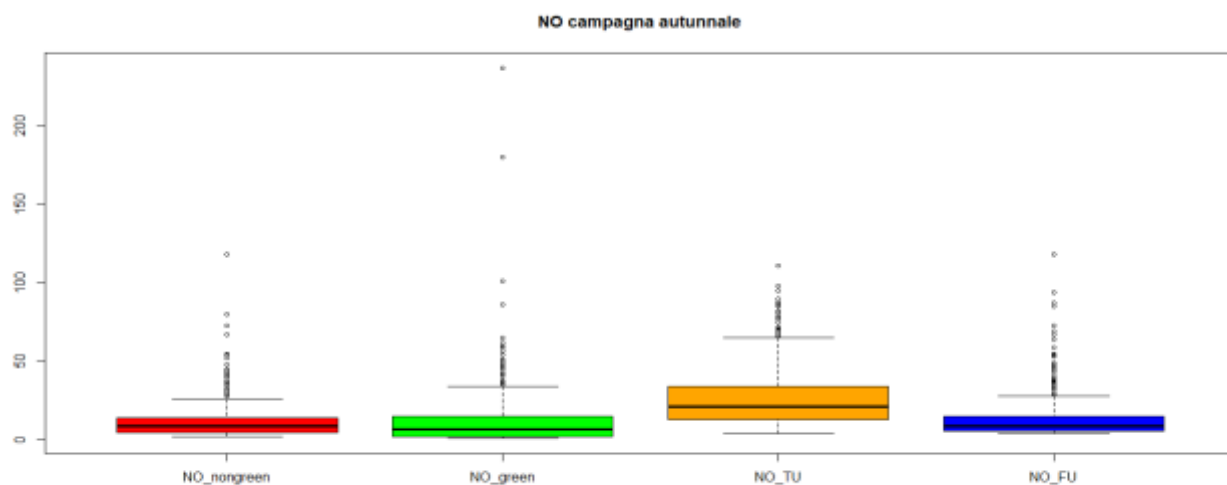
La presenza di un parco alberato sembra non avere effetti migliorativi rispetto ad una zona pedonale sul biossido di azoto. La presenza di alberatura ostacola probabilmente la distruzione di biossido di azoto in favore della formazione di ozono alterando quindi il ciclo foto stazionario presente tra le varie specie chimiche.

Relativamente a quanto misurato nelle stazioni fisse, come prevedibile, le concentrazioni più elevate vengono misurate nella stazione di traffico urbano, mentre non si evidenziano differenze significative con quanto misurato nella stazione di fondo urbano e i due punti di monitoraggio considerati.



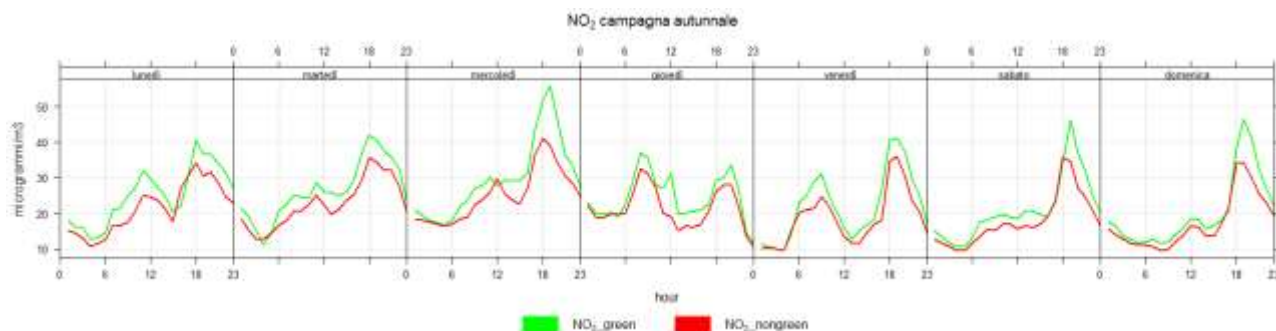
NO₂.Box-plot concentrazioni orarie rilevate dal 18/09/19 al 05/11/19 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza) e stazioni fisse RRQA Asti

Per quanto riguarda l'ossido di azoto NO invece le concentrazioni medie misurate presso le due postazioni GREEN e NON GREEN risultano del tutto confrontabili con quanto rilevato nella stazione di fondo urbano e, come prevedibile, i livelli determinati nella stazione da traffico risultano i più elevati. Percentualmente non si riscontrano differenze tra le concentrazioni medie misurate nelle due postazioni.

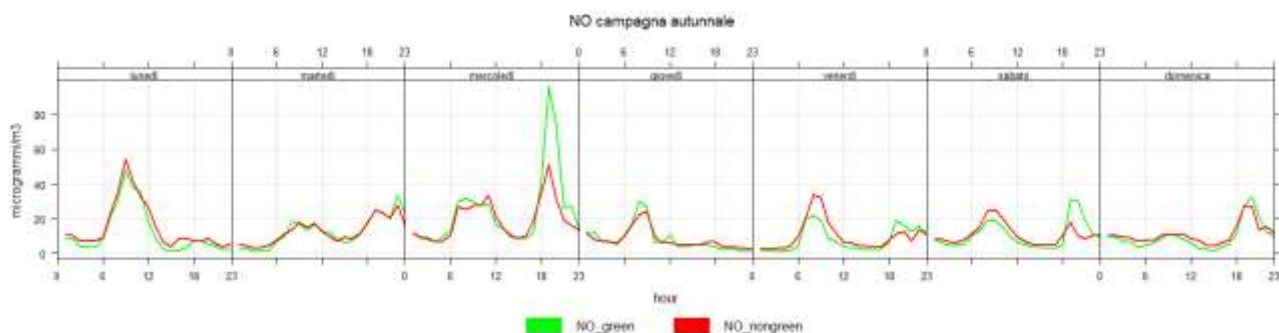


NO.Box-plot, concentrazioni orarie rilevate dal 18/09/19 al 05/11/19 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza) e stazioni fisse RRQA Asti

Si riportano nei grafici sottostanti l'andamento delle concentrazioni medie orarie per monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO₂) nei vari giorni della settimana. Come visibile le concentrazioni orarie di NO₂ rilevate presso il sito GREEN si mantengono sempre superiori a quelle misurate presso la postazione NONGREEN in tutte le ore del giorno, mentre per quanto riguarda il NO risultano leggermente superiori per il sito NONGREEN sino alle ore 18 circa ove si registra un innalzamento di quanto misurato presso la postazione GREEN, ben visibile nelle giornate di mercoledì e sabato, giorni in cui è presente il mercato cittadino.



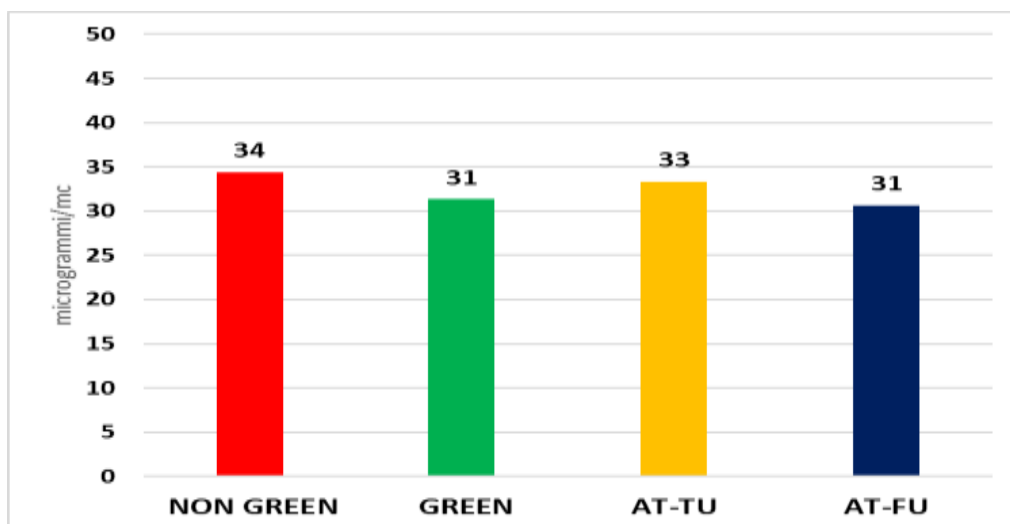
Giorno tipo NO₂. In verde postazione “green” -Parco della Resistenza, in rosso postazione “non green” Piazza Statuto



Giorno tipo NO. In verde postazione “green” -Parco della Resistenza, in rosso postazione “non green” Piazza Statuto

7.2.2 POLVERI PM10

Le concentrazioni medie di PM10 rilevate nelle due postazioni di misura e nelle stazioni fisse di traffico e fondo urbano presenti in Asti nel periodo di misura sono raffigurate nel grafico seguente (sono state considerate solo le giornate con tutte le coppie di dati presenti, non sono state considerate le seguenti giornate: 19-20-21 e 22 ottobre 2019).



PM10. Concentrazioni medie nel periodo di misura

Relativamente al periodo di indagine è possibile affermare che le concentrazioni misurate nella postazione NONGREEN di Piazza Statuto sono praticamente identiche a quelle misurate presso la stazione di traffico urbano di Asti-Baussano. Le cause probabilmente sono imputabili all'accensione dei riscaldamenti domestici che “annulla” l'effetto della Z.T.L. sulle concentrazioni dell'inquinante; durante la campagna condotta nel periodo estivo si era infatti potuto osservare nel punto di monitoraggio di Piazza San Secondo una riduzione di PM10 pari a circa il 25% rispetto ai valori riscontrati presso la stazione da traffico urbano di Asti-Baussano.

L'effetto schermante degli alberi porta invece ad una riduzione del PM10 rispetto a quanto misurato nella adiacente Piazza Statuto di circa il 9%, allineandosi con quanto misurato nella stazione di fondo urbano di D'Acquisto, stazione di riferimento per valutare l'esposizione all'inquinante della popolazione. Tuttavia, occorre precisare che le differenze rilevate tra le concentrazioni sono dello stesso ordine di grandezza dell'incertezza propria della misura.

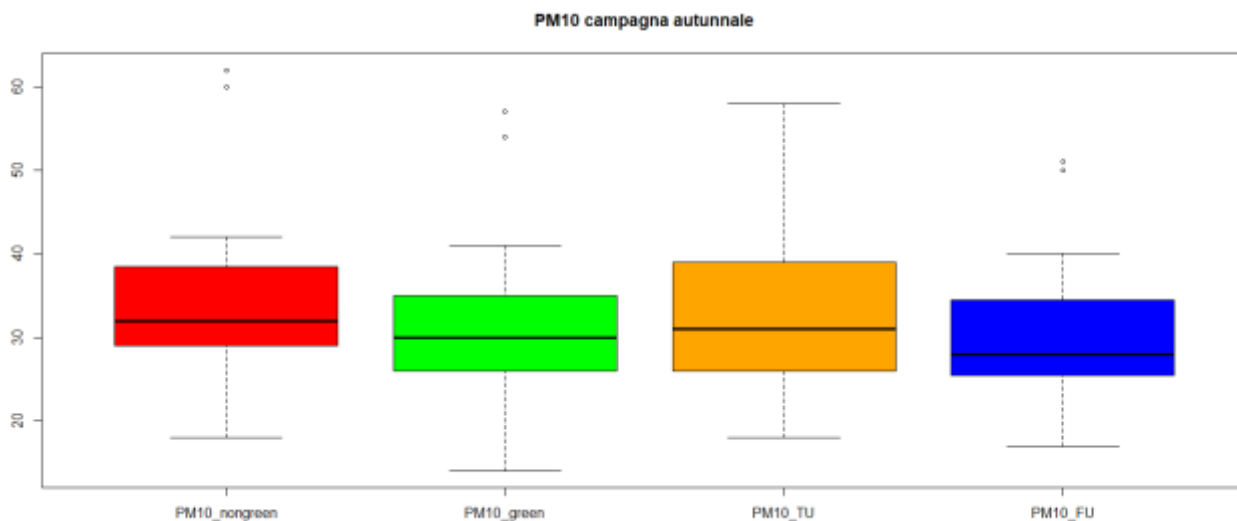
Le differenze di “cattura” del PM10 riscontrate tra la campagna estiva 2018 e quella in oggetto potrebbero essere correlate alle differenti condizioni microclimatiche dei due periodi (presenza di precipitazioni intense o meno, vento intenso o no) che influiscono notevolmente sulla capacità di cattura delle polveri. Potrebbero essere altresì imputabili al diverso tenore di polveri misurato oppure al numero limitato di dati a disposizione nella campagna estiva. Meritano comunque un approfondimento attraverso nuove misure sperimentali nelle varie stagioni.

PERIODO	Copie di dati a disposizione	Media PM10 sito non GREEN	Media PM10 sito GREEN	$\Delta\%$
07-17/08/2018	6	19	16	-15%
17/10-14/11/2019	23	34	31	-9%

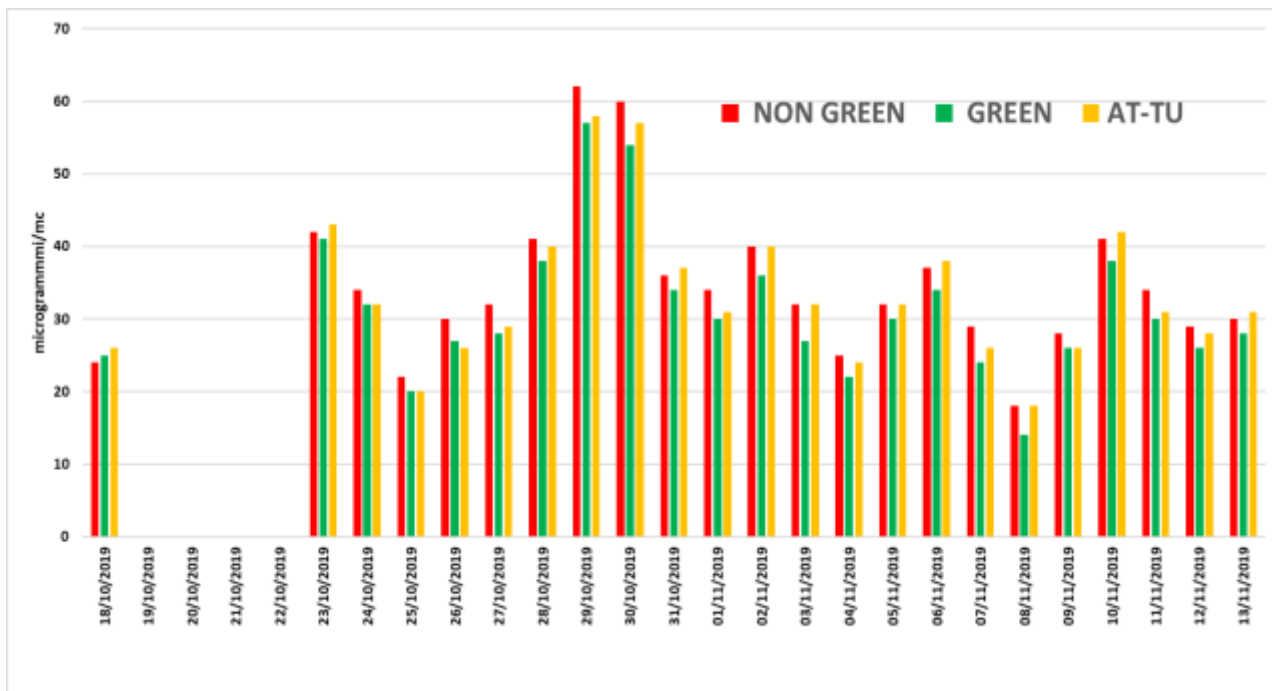
PM10. Confronto campagne di monitoraggio effettuate

Nel grafico seguente viene rappresentata la distribuzione delle concentrazioni giornaliere di PM10 misurate nei due siti GREEN e NONGREEN ad Asti confrontata con quelle ottenute nelle stazioni fisse di traffico urbano e fondo urbano presenti attraverso l'utilizzo dei grafici a box.

Come visibile è possibile osservare due valori riconosciuti come “outlier” dal box (ovvero anomali) sia nelle postazioni GREEN e NONGREEN che presso la stazione di fondo urbano di Salvo D'Acquisto che corrispondono alle giornate del 29 e 30 ottobre e sono consecutive alle giornate in cui si è verificato un abbassamento delle temperature minime che ha presumibilmente fatto alzare i valori di PM10 misurati (con superamento del valore limite giornaliero imposto dalla normativa) Presso la stazione da traffico di Baussano l'innalzamento delle concentrazioni imputabile al riscaldamento risulta invece percentualmente meno visibile.



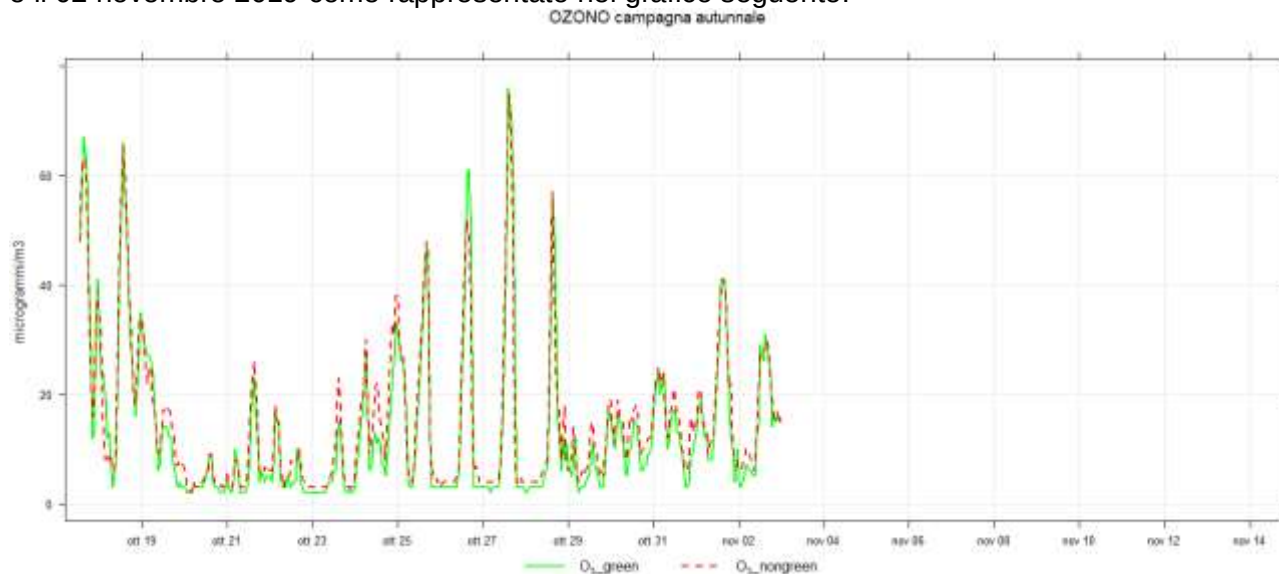
PM10.Box-plot concentrazioni giornaliere rilevate dal 18/10/19 al 13/11/19 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza) e stazioni fisse RRQA Asti



PM10-time-plot concentrazioni giornaliere rilevate dal 18/09/19 al 13/11/19 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza e stazione fissa RRQA di traffico urbano)

7.2.3 OZONO (O₃)

Come per gli ossidi di azoto le elaborazioni seguenti sono state effettuate considerando le giornate ove erano presenti e validate entrambe le copie di dati, ovvero il periodo compreso tra il 17 ottobre e il 02 novembre 2019 come rappresentato nel grafico seguente.

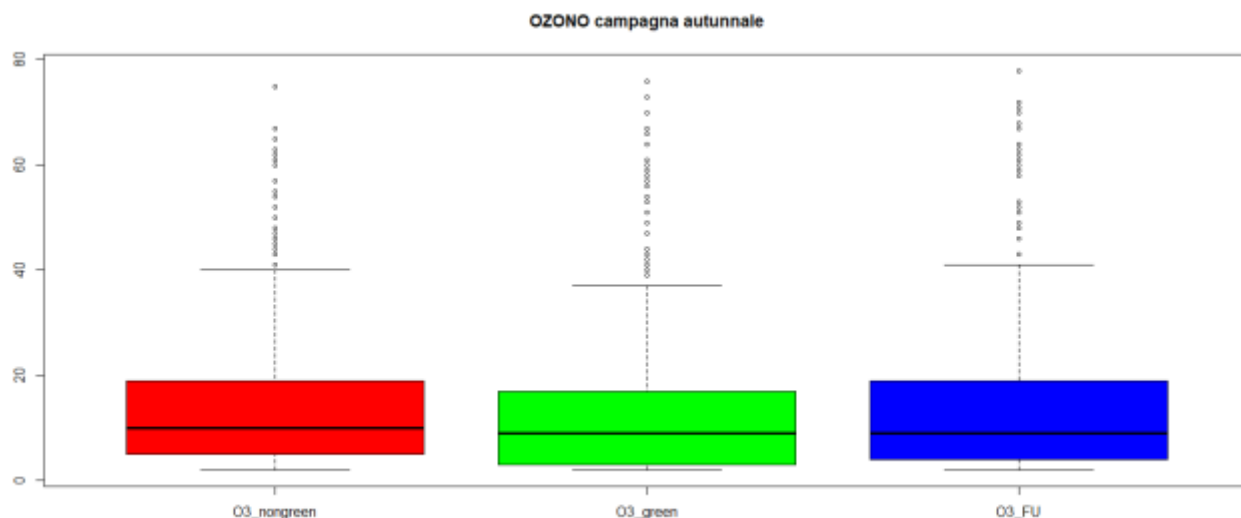


Time plot Ozono. In verde postazione “green” -Parco della Resistenza, in rosso postazione “non green” Piazza Statuto

Nel box-plot sottostante le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate presso i due siti di monitoraggio GREN e NONGREEN vengono confrontate tra loro e con quelle misurate presso la stazione di fondo urbano di Asti-D'Acquisto, stazione di riferimento per l'Ozono della città.

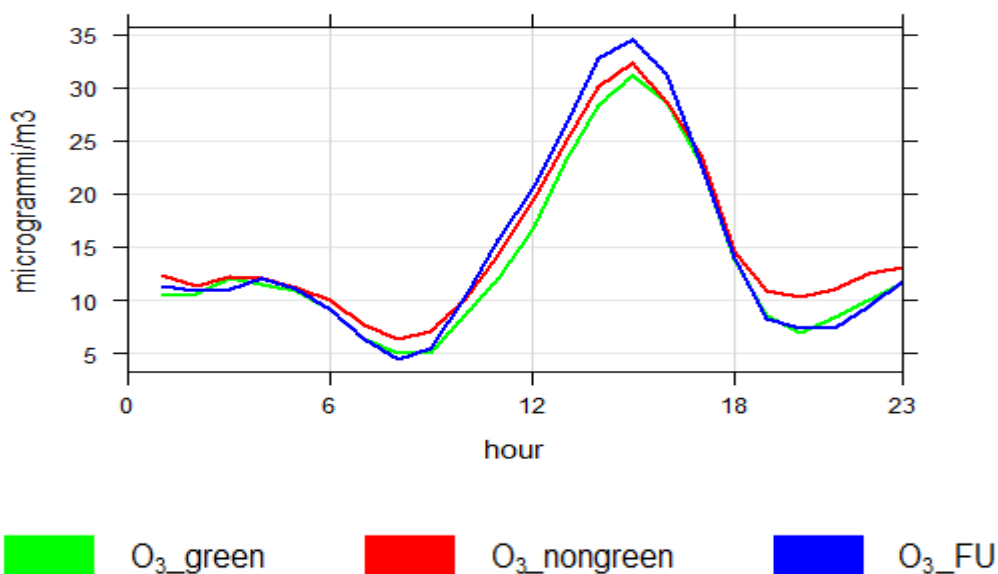
Come visibile le concentrazioni di Ozono rilevate presso il Parco della Resistenza sono molto simili a quelle rilevate presso la stazione fissa, mentre si osservano valori leggermente più elevati presso la postazione NONGREEN. L'effetto “ombreggiante” degli alberi sembra quindi incidere sulla produzione di ozono che risulta inferiore rispetto a Piazza Statuto, le condizioni “microclimatiche” di

Piazza Statuto sembrano portare quindi ad un incremento dei valori di Ozono del 10% circa rispetto a quanto misurato presso la postazione GREEN e pari al 4% circa rispetto a quanto misurato nella stazione di fondo urbano.



Ozono.Box-plot concentrazioni orarie rilevate dal 17/10/19 al 02/11/19 ad Asti (in rosso postazione “non green” Piazza Statuto, in verde postazione “green” Parco della Resistenza, in blu la stazione fisse di fondo urbano)

L’andamento del giorno tipo evidenzia come nella postazione NONGREEN le concentrazioni dell’inquinante siano leggermente superiori a quelle misurate nella stazione di fondo e nella postazione GREEN dalle 03:00 alle 08:00 circa e dalle 17:00 alle 24:00, mentre nelle ore centrali della giornata la stazione di fondo urbano registra livelli leggermente superiori.

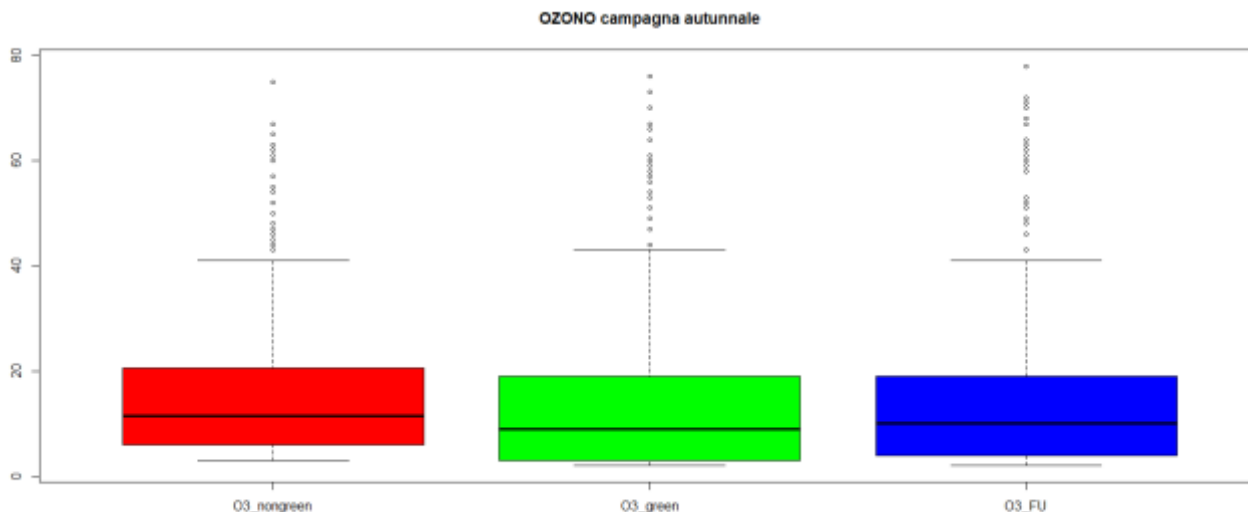


Ozono.giorno tipo periodo 17/10/19 al 02/11/19

Eliminando le giornate con valori di pioggia cumulata superiori ai 4 mm relative al periodo 17 ottobre-02 novembre (ovvero il 20, 21 e 24 ottobre) le concentrazioni rilevate nella postazione GREEN risultano più simili a quelle misurate nella stazione di fondo urbano, mentre in Piazza Statuto rimangono comunque leggermente più elevate.

Considerando solo le giornate con valori di pioggia cumulata inferiori a 4 mm si può affermare che le condizioni “microclimatiche” di Parco della Resistenza portano ad una riduzione di circa l’8%

rispetto alla adiacente Piazza Statuto, tuttavia occorre precisare che le differenze rilevate tra le concentrazioni sono dello stesso ordine di grandezza dell'incertezza propria della misura.



Ozono.Box-plot concentrazioni orarie rilevate dal 17/10/19 al 02/11/19 ad Asti-senza giorni con valori di pioggia cumulata superiori a 4 mm (in rosso postazione "non green" Piazza Statuto, in verde postazione "green" Parco della Resistenza, in blu la stazione fisse di fondo urbano)

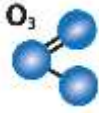
8. CONCLUSIONI

L'indagine eseguita ad Asti nel centro cittadino attraverso l'utilizzo di due laboratori mobili ha permesso di fornire un riscontro sperimentale relativamente ai benefici in termini di miglioramento della qualità dell'aria e di mitigazione degli effetti del cambiamento climatico apportati dalla vegetazione presente in ambiente urbano così come documentato da una nutrita letteratura scientifica a riguardo.

Il monitoraggio si è svolto in periodo autunnale presso aree comunali caratterizzate da differente presenza di vegetazione: Piazza Statuto (**sito NON GREEN**) e i giardini pubblici di Parco della Resistenza (**sito GREEN**) entrambi dislocati in area centrale.

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati della campagna autunnale 2019 confrontati con quelli eseguiti precedentemente nella campagna estiva 2018.

	AUTUNNO 2019	ESTATE 2018
TEMPERATURA 	Le temperature medie non mostrano differenze di rilievo. Si registrano +0.5°C nella postazione del Parco della Resistenza rispetto a quelle di Piazza Statuto nelle ore notturne e del primo mattino	Riduzione delle temperature medie pari al 14% nella postazione GREEN rispetto a quella NONGREEN.
PM10 	L'effetto della ZTL non ha evidenziato riduzioni del PM10 in confronto con quanto misurato nella stazione da traffico. La presenza di un Parco ha evidenziato invece una debole riduzione del PM10 pari al 9%, tuttavia le differenze rilevate tra le concentrazioni sono dello stesso ordine di grandezza dell'incertezza propria della misura	La presenza della ZTL ha evidenziato una riduzione del PM10 pari al 20% rispetto alla stazione da traffico. La presenza del parco alberato ha evidenziato un'ulteriore riduzione pari a circa il 15%. L'effetto congiunto ZTL +parco alberato porta ad una riduzione della componente primaria delle PM10 pari a circa il 35%
BIOSSIDO DI AZOTO 	La presenza di un parco alberato non ha effetti migliorativi sulle concentrazioni dell'inquinante rispetto a quanto misurato presso la ztl. L'alberatura ostacola probabilmente la distruzione di biossido di azoto in favore della formazione di ozono alterando	La presenza di un parco alberato non ha effetti migliorativi sulle concentrazioni dell'inquinante rispetto a quanto misurato presso la ztl. L'alberatura ostacola probabilmente la distruzione di biossido di azoto in favore della formazione di ozono

	quindi il ciclo foto stazionario presente tra le varie specie chimiche. È possibile quindi riscontrare concentrazioni di biossido di azoto maggiori nel Parco rispetto alla piazza assoluta	alterando quindi il ciclo foto stazionario presente tra le varie specie chimiche. È possibile quindi riscontrare concentrazioni di biossido di azoto maggiori nel Parco rispetto alla piazza assoluta
OZONO 	Si rileva un effetto debolmente positivo sulle concentrazioni di ozono con una riduzione del 8% presso il Parco rispetto alla adiacente Piazza Statuto, tuttavia le differenze rilevate tra le concentrazioni sono dello stesso ordine di grandezza dell'incertezza propria della misura	Effetto positivo dell'area verde con riduzioni del 20-25% di Ozono estivo.

Le risultanze analitiche si qui raccolte sono in linea con quanto emerso dai dati ottenuti da Arpa Piemonte in campagne analoghe svolte nel Comune di Alessandria e da Arpa Emilia-Romagna nell'ambito dei progetti europei Iscape e Life Urban Proof.

Le differenze di "cattura" del PM10 riscontrate tra la campagna estiva 2018 e quella in oggetto potrebbero essere correlate alle differenti condizioni microclimatiche dei due periodi (presenza di precipitazioni intense o meno, vento intenso o no) che influiscono notevolmente sulla capacità di cattura delle polveri. Potrebbero essere altresì imputabili al diverso tenore di polveri misurato oppure al numero limitato di dati a disposizione nella campagna estiva. Meritano comunque un approfondimento attraverso nuove misure sperimentali nelle varie stagioni.

9. BIBLIOGRAFIA

- Antoine P.R. Jeanjean, Riccardo Buccolieri, James Eddy, Paul S. Monk, Roland J. Leigh "Air quality affected by trees in real street canyons: The case of Marylebone neighbourhood in central London" **URBAN FORESTRY & URBAN GREENING 22(2017)41-53**
- Sara Janhall "Review on urban vegetation and particle air pollution e Deposition and dispersion"-**ATMOSPHERIC ENVIRONMENT 105(2015) 130-137**
- A.P.R. Jeanjean, P.S. Monks, R.J. Leigh "Modelling the effectiveness of urban trees and grass on PM2.5 reduction via dispersion and deposition at a city scale", **ATMOSPHERIC ENVIRONMENT 147(2016) 1-10**
- K.V. Abhijith, Prashant Kumar, John Gallagher, Aonghus McNabola, Richard Baldauf , Francesco Pilla, Brian Broderick , Silvana Di Sabatino ,Beatrice Pulvirenti "Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments -A review" **ATMOSPHERIC ENVIRONMENT 162(2017) 71-86**
- Timm Kroeger, Robert I. McDonald, Timothy Boucher, Ping Zhang, Longzhu Wang "Where the people are: Current trends and future potential targeted investments in urban trees for PM10 and temperature mitigation in 27 U.S. Cities" **LANDSCAPE AND URBAN PLANNING 177(2018) 227-240**