

DIPARTIMENTO PIEMONTE SUD OVEST



**MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NEL
COMUNE DI BERNEZZO
NELL'AUTUNNO – INVERNO 2015-2016**

II RESPONSABILE

Prot. 90390 /H10.00

Cuneo, 26 ottobre 2016

Ill. mo Sindaco del Comune di
BERNEZZO
bernezzo@cert.legalmail.it

Spett.le Assessorato Ambiente
PROVINCIA di CUNEO
protocollo@provincia.cuneo.legalmail.it

Spett.le Assessorato Ambiente
REGIONE PIEMONTE
territorio-ambiente@cert.regione.piemonte.it

Spett.le Dipartimento Prevenzione
Azienda ASL CN1 Cuneo
protocollo@aslcn1.legalmailPA.it

Documento inviato esclusivamente via PEC

Oggetto: Monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Bernezzo nell'autunno-inverno 2015-2016

Si comunica alle Amministrazioni in indirizzo che la relazione tecnica sulle risultanze delle indagini analitiche effettuate a Bernezzo nel periodo compreso tra il mese di settembre 2015 ed il mese di febbraio 2016, parte integrante della presente nota, viene messa a disposizione di tutta l'utenza sul sito internet dell'Agenzia alla pagina:

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria>

Per chi si avventurerà nella lettura di questo documento, che ha assunto, per i motivi meglio spiegati in seguito, la connotazione di in un vero e proprio studio sulla qualità dell'aria che incide su un comune di 4100 abitanti ai piedi dei primi contrafforti montuosi, si riassume brevemente la genesi dello studio stesso.

Nel comune di Bernezzo è collocata, in un vallone prossimo all'abitato, una moderna industria per la produzione di calce, il cui ciclo produttivo parte direttamente dalla materia prima, il calcare dolomitico (carbonato di calcio e magnesio), che viene cotto in forni attualmente alimentati a metano. A livello locale la polemica è esponenzialmente aumentata quando la ditta, giustificandola con esigenze prettamente economiche dovute alla crisi generalizzata, nel corso dell'anno 2015 ha presentato domanda per ottenere l'autorizzazione a trasformare l'alimentazione di un forno da metano a mista metano e pet-coke. Il pet-coke è indubbiamente un combustibile meno "pulito" del metano e l'Arpa è stata subito coinvolta per rispondere alla domanda: "Questa trasformazione impiantistica è ambientalmente sostenibile?". Non stiamo qui a percorrere tutta la fase del percorso istruttorio che ha portato il nostro Dipartimento ad affermare che "...il progetto possa essere compiutamente analizzato e valutato nell'ambito degli iter amministrativi di RIESAME di AIA cui il progetto verrà sottoposto ai sensi della Direttiva IED sulle emissioni industriali..." (nota prot. n° 51155 del 23/06/2015)

La conclusione del processo amministrativo, a seguito di conferenze di servizio, ha portato all'emissione da parte dell'Amministrazione competente, la Provincia di Cuneo, di un nuovo

aggiornamento dell'AIA (Provvedimento n. 04/2016 del 24/05/2016) , nell'ambito del procedimento di riesame in relazione alle BAT Conclusioni di settore e contestuale modifica sostanziale provvedimento AIA, che autorizza la possibilità di procedere con l'adeguamento richiesto dall'azienda, anche se con forti vincoli e prescrizioni, come da Arpa stessa richiesto formalmente con i propri contributi tecnici.

In più sedi, comprese le conferenze di servizio preliminari e in quella conclusiva, Arpa ha sempre evidenziato la disponibilità nel sostenere la comunità locale per ogni azione che potesse aumentare le conoscenze sulla qualità dell'aria con monitoraggi approfonditi da effettuarsi prima e dopo l'intervento tecnologico, e il documento che alleghiamo costituisce lo stato ambientale locale "prima" dell'intervento tecnico proposto e non ancora realizzato. Da recenti contatti con la parte a seguito di chiarimenti richiestici sulle prescrizioni da noi proposte e recepite nel provvedimento autorizzativo peraltro si è appreso che detta realizzazione, anche a causa di una favorevole situazione di mercato dovuta all'elevata qualità del prodotto, non è di immediata realizzazione.

Questo è il quadro generale della situazione redatto appunto per chi non ha seguito in prima persona la situazione e ci si augura che i lettori siano molti di più di chi è localmente interessato, anche perché durante lo studio sono emersi dati viappiù interessanti e bisognosi di approfondimenti, tanto da raggiungere senza tema di smentita che il lavoro prodotto è un vero e proprio studio scientifico, esportabile in tutte le realtà pedemontane della nostra regione. Un aspetto che potrebbe mettere in difficoltà il lettore meno addentro alla materia è che la mole di dati raccolta è tale e tanta che i nostri valenti collaboratori hanno dovuto redigere un documento tecnico di 68 pagine necessariamente in modo specialistico, e quindi non di facile o immediata comprensione. Nello stimolare tutti comunque alla lettura, anche perché se il testo può essere ostico le rappresentazioni grafiche sono in genere di immediata comprensione, questa mia introduzione di seguito vorrà riassumere in modo immediato e comprensibile alcune delle più significative risultanze. Il tema della qualità dell'aria è da molte parti "strumentalizzato" per sostenere o combattere tesi contrapposte e questo lavoro ci darà altresì possibilità di trarre dai dati sperimentali raccolti considerazioni che spero possano contribuire a chiarire aspetti della tematica.

La principale considerazione che si può trarre è che non è assolutamente detto che in certi periodi dell'anno la qualità dell'aria nei piccoli centri rurali sia migliore che nei vicini centri cittadini. A livello regionale e padano l'imputato principale del mancato rispetto delle normative comunitarie in materia è indubbiamente il materiale particolato fine, il famigerato PM10.

Dai dati rilevati in Bernezzo emerge che la situazione locale nei mesi freddi non è certamente ottimale in riferimento alla situazione geografica e altimetrica del sito. Gli approfondimenti analitici effettuati per la prima volta sulla nostra provincia sui residui di combustione della cellulosa (principale costituente del legno e lo studio si è soffermato su alcuni particolari tipi di zuccheri quali il levoglucosano) evidenziano che la qualità dell'aria delle piccole comunità prealpine è sostanzialmente peggiorata dal diffuso uso di biomassa come fonte energetica di riscaldamento domestico. Se poi a questo uso diffuso si aggiunge l'uso di pratiche agricole che prevedono la combustione diretta di scarti vegetali si vedono raggiunti livelli sicuramente molto elevati.

A prescindere dalle disgraziate giornate caratterizzate da molti focolai locali per la pulizia dei castagneti (e altresì da un incendio di considerevoli dimensioni innescato con ogni probabilità da queste datate pratiche agricole nella vicina valle Stura) dalla letteratura scientifica in materia il problema pare essenzialmente legato all'utilizzo di stufe e caminetti. A questo proposito in altre regioni a noi vicine ci si è già mossi per regolamentarne e/o limitarne l'uso. Ciò non solo per l'aumento dei PM10, ma anche per l'aumento sostanziale della concentrazione in aria di sostanze chiaramente pericolose come gli IPA, idrocarburi policiclici aromatici. L'analisi degli IPA adsorbiti sulle polveri fini prelevate in aria evidenzia che più il punto di prelievo è vicino alla conurbazione più le concentrazioni sono elevate. In altri termini più si è vicini alle case più ci sono stufe in funzione e più alto è l'inquinamento. L'analisi dei metalli sulle stesse polveri non evidenzia situazioni che necessitano di segnalazione, se non valori superiori al normale atteso di cromo (ben correlati con i dati di rame che tuttavia hanno concentrazioni in linea con quelli delle centraline). Pur non avendo raggiunto valori "allarmanti" la differenza con siti urbani è comunque chiara. Allo stato non esistono spiegazioni dovute a tipicità produttive locali e l'indice potrebbe essere diretto nuovamente sulla combustione domestica: cosa si brucia nelle stufe?

Certo la maggioranza degli utenti brucia biomassa raccolta nei boschi locali, mal che vada ci potranno essere residui di alberi da frutto che conservano residui di trattamenti con fitofarmaci a

base di rame, ma nel caso del pellet di provenienza industriale, per la quasi totalità di provenienza estera, tutto quanto dichiarato (provenienza esclusiva da legno naturale) corrisponde al vero? Sicuramente sì, ma qualche partita border line potrebbe arrivare sul mercato senza i necessari controlli. Esiste poi un'altra ipotesi che evidenzia la necessità che tutti i membri della collettività abbiano a tenere comportamenti ambientalmente corretti. A priori non è infatti possibile escludere che, magari per disinformazione o sottovalutazione dei reali pericoli, nelle stufe non siano finiti monconi di pali telefonici e della rete elettrica trattati con antifungini inorganici. Questo tipo di smaltimento di rifiuti a tutti gli effetti tossici è proibito dalla norma, ma...

Ripeto che i valori di cromo rilevati nell'aria di Bernezzo sono stati chiaramente anomali ma non pericolosi, comunque questo fatto, aggiunto a quanto in precedenza descritto su PM10 e IPA evidenzia che la qualità dell'aria dipende dalle azioni di tutti, e non solo di qualcuno.

Per le eredità del passato in molti casi il mondo produttivo è stato causa di gravi alterazioni ambientali, ma oggi la normativa è diventata sempre più completa e l'industria può essere sottoposta a procedimenti autorizzativi approfonditi e a successive procedure di controllo che ne devono garantire la compatibilità locale.

Questa indagine dovrà essere ripetuta una volta entrata a regime la modifica proposta dall'azienda e i dati raccolti saranno oggetto di confronto con il passato e a quel punto sarà possibile confermare il reale impatto sull'ambiente circostante; impatto che la fase istruttoria ha evidenziato come sostenibile se tutte le prescrizioni impartite saranno rispettate (e lo devono essere).

Deve altresì essere chiaro agli abitanti di Bernezzo che i dati rilevati, per la verità non ottimali, non sono dissimili da quello che avremmo rilevato in qualsiasi altro centro con analoghe caratteristiche (numero abitanti, localizzazione pedemontana, largo uso di sistemi tradizionali per il riscaldamento domestico, ecc.) A conferma di ciò abbiamo i dati che arrivano dalla nostra rete fissa provinciale e regionale per il monitoraggio della qualità dell'aria. Come vi sarà agevole controllare, l'influenza dell'uso delle biomasse in stufe e caminetti è da noi da anni denunciato nelle relazioni annuali sulla qualità dell'aria in provincia di Cuneo, da quando cioè sono pubblicati i dati del benzo(a)pirene (IPA cancerogeno di cui sono stati definiti limiti annuali di concentrazione). L'unica località nella nostra provincia che ha evidenziato valori prossimi al limite (a volte anche leggermente superiori) è stata la centralina di Saliceto. Centralina che per la collocazione rurale al confine delle provincie di Cuneo e Savona è addirittura per altri parametri tenuta come riferimento di zero (cioè di aria non condizionata da attività industriali o antropiche come il traffico veicolare). Tutta la letteratura in nostro possesso evidenzia la correlazione stretta tra IPA e combustione di biomasse in impianti non ottimali. E' a questo punto opportuno chiarire che gli impianti industriali di combustione di biomasse (es. quelli utilizzati per il teleriscaldamento) utilizzano tecniche che consentono l'abbattimento degli IPA a differenza degli impianti domestici.

L'affermazione relativa alla validità dei dati ottenuti dallo studio per una platea ben più vasta della sola comunità di Bernezzo mi consente una triplice puntualizzazione.

-La valorizzazione economica di questo studio, effettuata sulla base del tariffario Arpa attualmente in vigore ha superato i 120.000 euro (valore riferito ai 4 mesi di monitoraggio con più apparati di prelievo sommato alle successive indagini di laboratorio – non è valutato nella valorizzazione il tempo in ore_uomo dedicato agli approfondimenti scientifici); un investimento di questa entità sarebbe comunque difficilmente giustificabile se l'intervento fosse stato programmato esclusivamente per le richieste di parte pubblica pervenute a seguito del forte clamore mediatico generato dalla vicenda. I dati ottenuti infatti non si discostano in modo significativo da quanto preconizzato dai nostri uffici ed utilizzato per le funzioni di supporto istruttoria per emettere il nostro parere di compatibilità in presenza di precise prescrizioni. Come Direzione dipartimentale si rimarca che l'intervento è stato così programmato e approfondito nei dati in quanto già in premessa era prevedibile che risultati ottenuti nello studio sarebbero stati utili anche per altre realtà che non necessariamente affronteranno tematiche identiche

-dati significativi si ottengono solo con campagne di lunga durata i cui risultati per essere compiutamente analizzati devono essere confrontati coi dati raccolti per anni dalla rete fissa di riferimento. Campagne di monitoraggio di un paio di settimane o addirittura di un paio di giorni (o

meno, come nel caso del “Treno verde” che qualche anno fa girava l’Italia con grande risvolto mediatico) non danno alcuna seria informazione e servono veramente a poco.

-i dati meteorologici dell’inverno passato non hanno evidenziato un freddo particolare, anzi con ogni probabilità è stato uno degli inverni più caldi dell’era moderna. Chissà se questo fatto ha influito sull’uso delle stufe e sul conseguente tenore di PM10 nell’aria dei paesini (come Bernezzo, ma anche i più piccoli). Mi spiego meglio: se fa più freddo chi usa anche il legno usa la stufa di più o di meno? Dato che nei paesini delle nostre parti quasi tutti hanno più di un sistema di riscaldamento, quando la stufa passa da sistema integrativo a sistema primario, e viceversa? Certo è che molti utenti sono passati ad un’unica caldaia domestica a pellet (e non stufa), scelta favorita dal fatto che il combustibile biomassa è gravato solamente di IVA e non dalle altre accise.

Chiudo con un’ultima aggiunta, che non è ultima per importanza: a livello nazionale, ma anche locale, permangono sacche di resistenza all’accettazione di un dato che scientificamente è incontrovertibile, il cambiamento climatico in atto, giustificato da numeri, milioni di numeri. Noi, che sulla base dei numeri rilevati, prima in letteratura, e poi con il nostro piccolo ma grande lavoro di monitoraggio ambientale a Bernezzo, effettuato sulla base delle nostre forze, abbiamo formulato i nostri pareri di compatibilità ambientale, cerchiamo di coniugare tecnica e scienza e facciamo parte di quella Arpa Piemonte che ha incentrato la presentazione di quest’anno sullo stato dell’ambiente, sui cambiamenti climatici.

Fenomeno innegabile, imponente e necessario del contributo di tutti per la mitigazione degli inevitabili effetti che in ogni caso condizioneranno l’avvenire delle generazioni future.

Gli incoraggianti risultati ottenuti nel tempo per gli inquinanti monitorati dalla rete della qualità dell’aria ci devono infatti suggerire che, se è stato possibile arrivare alle riduzioni evidenziate, è possibile intervenire in modo più netto anche con politiche integrate di riduzione, non solo degli inquinanti dannosi per la salute, ma di quelli clima-alteranti. Infatti ancora molte delle misure di riduzione delle sorgenti emmissive agiscono in modo benefico per una delle problematiche ed in modo dannoso per l’altra.

E’ pertanto indispensabile intraprendere al più presto azioni integrate che tengano conto delle retroazioni qualità dell’aria/clima, esse infatti costituiscono le migliori strategie di politica ambientale anche in termini di costi sociali ed economici¹.

A tal fine sono di fondamentale importanza sia le misure tecnologiche che quelle comportamentali, per le quali è indispensabile il coinvolgimento attivo di tutti noi cittadini.

Al lavoro allegato, per il quale ringrazio tutti coloro che hanno partecipato alla realizzazione dei campionamenti, alle analisi di laboratorio (effettuate dal Collegi del Laboratorio Arpa di Torino-sede di Grugliasco), alla elaborazione dei dati ottenuti, verrà data la più ampia diffusione con la pubblicazione sul nostro sito istituzionale, con la speranza che i dati raccolti possano contribuire a stemperare le tensioni locali dovute anche sicuramente alla mancanza di informazioni oggettive che consentano di rispondere ai timori sempre giusti quando si parla di ambiente e di salute.

Non a caso la recentissima legge regionale 18 del 26 settembre 2016 afferma che “ l’Agenzia regionale per la protezione ambientale del Piemonte (ARPA) già istituita con la legge regionale 13 aprile 1995, n. 60 (Istituzione dell’Agenzia regionale per la protezione ambientale), al fine di assicurare efficacia all’esercizio dell’azione conoscitiva e di controllo pubblico della qualità dell’ambiente a supporto delle politiche di sostenibilità ambientale e di prevenzione sanitaria a tutela della salute pubblica” (art.1) “garantisce l’imparzialità e la terzietà nell’esercizio delle attività ad essa affidate” (art.2 comma5)

Distinti saluti

Dr. Silvio CAGLIERO
(firmato digitalmente)

Allegati:
Relazione tecnica (pagine 68, Allegato pagine 11)

¹ “*Inquinamento atmosferico e clima: due facce della stessa medaglia*” **Maria Cristina Facchini** - Istituto Di Scienze Dell’atmosfera E Del Clima - Consiglio Nazionale Delle Ricerche - Bologna

**STRUTTURA COMPLESSA DIPARTIMENTO TERRITORIALE DI CUNEO
 PIEMONTE SUD OVEST**

OGGETTO: *Monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Bernezzo nell'autunno – inverno 2015-2016*

Realizzazione del monitoraggio	Bardi Luisella Martini Sara Pellutiè Aurelio	Corino Flavio Pascucci Luca Tosco Marco
Redazione	Funzione: Collab. Tecnico Professionale Nome: Bardi Luisella Funzione: Collab. Tecnico Professionale Nome: Martini Sara	
Verifica ed approvazione Data: 25/10/2016	Funzione: Responsabile Produzione Nome: Riccardi Ivo	

INDICE

INTRODUZIONE	3
SITI DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE	5
ANALISI DEI DATI DELLA QUALITA' DELL'ARIA	11
BIOSSIDO DI AZOTO – NO ₂	11
MATERIALE PARTICOLATO – PM ₁₀	17
METALLI ED IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	29
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO ₂ , MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE	44
OZONO – O ₃	45
APPROFONDIMENTI.....	47
ANIDROZUCCHERI E COMBUSTIONE DI BIOMASSA.....	47
ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI IN RELAZIONE AL VENTO	55
DETERMINAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI BIOSSIDO DI AZOTO IN	
ATMOSFERA MEDIANTE CAMPIONATORI PASSIVI	58
SITUAZIONE METEOROLOGICA E DATI LOCALI	62
CONCLUSIONI.....	67
ALLEGATO.....	1
Gli inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi	1

INTRODUZIONE

La relazione illustra i risultati dei monitoraggi della qualità dell'aria effettuati nel periodo compreso tra il settembre 2015 ed il febbraio 2016 nel Comune di Bernezzo.

I monitoraggi sono stati eseguiti per valutare la situazione della qualità dell'aria nel territorio di Bernezzo nell'attuale configurazione emissiva dell'impianto di produzione della calce presente nel vallone del Cugino, con forni di produzione alimentati a metano.

Dal 20 ottobre 2015 al 26 febbraio 2016 sono stati utilizzati per i campionamenti sia il laboratorio mobile della qualità dell'aria di cui dispone il Dipartimento Arpa di Cuneo, che è stato installato in tre differenti siti del Comune, che un campionatore sequenziale di polveri ed una stazione meteorologica portatile installati, per tutto il periodo, in località Cava presso l'abitazione di via Aldo Bruno n. 50, in prossimità dell'impianto di produzione della calce.

Il laboratorio mobile è stato posizionato dal 20 ottobre al 22 dicembre '15 nel cortile della scuola primaria di piazza Solidarietà e Volontariato; dal 22 dicembre '15 al 26 gennaio '16 nella piazzetta Monsignor Giorgis, in prossimità del Municipio; dal 26 gennaio al 26 febbraio presso il cimitero del Comune, che si trova a valle del Vallone del Cugino. In concomitanza del monitoraggio in quest'ultimo sito, per poter avere misure di confronto di PM₁₀ anche all'interno del centro abitato, è stato utilizzato un ulteriore campionatore sequenziale di polveri che è stato installato nel cortile della scuola primaria.

Il laboratorio mobile del Dipartimento Arpa di Cuneo permette di analizzare i principali inquinanti per i quali sono fissati dei limiti dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, in attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa (ozono O₃, ossidi di azoto NO-NO₂-NO_x, monossido di carbonio CO, biossido di zolfo SO₂, benzene, materiale particolato PM₁₀ sia con tecnica gravimetrica che con tecnica nefelometrica per la produzione di dati orari), ed è dotato di un palo meteo per la misura dei principali parametri meteorologici (velocità e direzione vento, temperatura, umidità, pressione, radiazione solare globale).

I campionatori sequenziali permettono il campionamento su filtro del materiale particolato PM₁₀ ai fini della determinazione con tecnica gravimetrica, indicata come riferimento dalla normativa vigente.

In totale sono stati ottenuti 281 dati giornalieri di PM₁₀, e sono state misurate le concentrazioni orarie dei diversi inquinanti per più di 3000 ore.

In modo eccezionale, rispetto alle consuete campagne di misura della qualità dell'aria, tutti i filtri campionati sia dai campionatori trasportabili che da quello installato sul laboratorio mobile sono stati sottoposti a successive analisi di laboratorio per la determinazione analitica di Idrocarburi Policiclici Aromatici e metalli.

I siti di monitoraggio sono stati scelti, insieme ai rappresentati dell'Amministrazione Comunale, sia per le caratteristiche di rappresentatività che per requisiti logistici (spazio a disposizione e adeguata alimentazione elettrica).

Oltre alle misure condotte con il laboratorio mobile ed i campionatori trasportabili sono state eseguite due campagne di misura con campionatori passivi di NO₂/SO₂ al fine di ottenere delle mappature del territorio potenzialmente interessato dalle ricadute dell'impianto di produzione della calce. Le due campagne, svolte a settembre e dicembre 2015, hanno interessato, oltre a Bernezzo, i territori dei comuni di Caraglio e Rittana.

Si ricorda che le indagini che si svolgono con laboratorio mobile e con la strumentazione portatile descrivono in modo puntuale le situazioni di un limitato periodo temporale di acquisizione, producendo dati ovviamente influenzati dalle condizioni meteorologiche presenti nel periodo di osservazione. Per questo motivo la descrizione corretta della

qualità dell'aria di una specifica località, non può far riferimento ai soli monitoraggi eseguiti in loco con campagne effettuate con mezzi mobili.

Il ventaglio delle differenti tipologie di qualità dell'aria che si possono incontrare nelle varie zone degli agglomerati urbani del nostro territorio sono invece rappresentate dai dati raccolti da una rete complessa di centraline fisse, quale il "Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria", istituito sulla base dei criteri indicati dalle norme nazionali, in recepimento di direttive comunitarie.

Lo scopo delle campagne di misura della qualità dell'aria è pertanto quello di confrontare quanto misurato nei diversi siti con i risultati delle postazioni fisse della rete, verificando se le emissioni locali determinino situazioni anomale o critiche rispetto al territorio circostante.

In questa relazione, dopo un primo capitolo in cui sono descritti i siti di monitoraggio, sono presentati i principali risultati ottenuti per i singoli inquinanti monitorati. In particolare i dati forniti dal laboratorio mobile e dai campionatori trasportabili sono stati confrontati con quelli misurati, nei medesimi periodi, dalle stazioni della rete fissa della qualità dell'aria.

Un terzo capitolo è stato dedicato ad approfondire le peculiarità locali emerse dai dati misurati e sono inoltre presentati i risultati di analisi aggiuntive realizzate per valutare il contributo della combustione della biomassa ai livelli di inquinamento locale.

I risultati delle due campagne di monitoraggio eseguite con i campionatori passivi sono illustrate nel quarto capitolo.

Nel capitolo successivo è descritta la situazione meteorologica del periodo di monitoraggio, con particolare attenzione agli aspetti che più condizionano i livelli dell'inquinamento atmosferico, ed è presente un'analisi dei principali parametri meteorologici locali misurati dal laboratorio mobile e dalla stazione meteorologica installata in località Cava.

In allegato sono riportate le schede descrittive delle caratteristiche di ciascuno degli inquinanti della qualità dell'aria monitorati, insieme ai riferimenti normativi in vigore.

La maggior parte delle elaborazioni sono state realizzate con il software R, in particolare con il pacchetto *Openair*², strumento open-source per l'analisi e l'elaborazione statistica dei dati di concentrazione di inquinanti in aria.

Si ringrazia il Laboratorio del Dipartimento territoriale di Torino, sede di Grugliasco, per aver eseguito, in via eccezionale, le analisi di metalli ed IPA su un numero molto elevato di campioni che si sono aggiunti alle attività pianificate, e per le ulteriori analisi di anidrozuccheri.

² Carslaw, D.C. and K. Ropkins (2012). "*openair – an R package for air quality data analysis*". Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, pp. 52-61

Carslaw, D.C. (2015). "*The openair manual – open-source tools for analysing air pollution data*". Manual for version 1.1-4, King's College London

SITI DI MONITORAGGIO E STRUMENTAZIONE

Comune

BERNEZZO

Ortofoto - indicazione dei siti di monitoraggio



<i>Sito</i>	<i>n. 1</i>
<i>Localizzazione</i>	<i>Piazza Solidarietà e Volontariato, cortile scuola primaria</i>
<i>Coordinate UTM WGS84</i>	<i>X= 375560 m; Y= 4915762 m</i>
<i>Periodo</i>	<i>dal 20 ottobre al 22 dicembre 2015</i>

LABORATORIO MOBILE



<i>Periodo</i>	<i>dal 26 gennaio al 26 febbraio 2016</i>
----------------	---

CAMPIONATORE PM₁₀



Sito	n. 2
Localizzazione	Piazzetta Monsignor Giorgis, vicinanze Municipio
Coordinate UTM WGS84	X= 375328 m; Y= 4916235 m
Periodo	dal 22 dicembre 2015 al 26 gennaio 2016

LABORATORIO MOBILE



Sito	n. 3
Localizzazione	Strada di ingresso al cimitero
Coordinate UTM WGS84	X= 375119 m; Y= 4916661 m
Periodo	dal 26 gennaio al 26 febbraio 2016

LABORATORIO MOBILE



Sito	n. 4
Localizzazione	Località Cava, Via Aldo Bruno n.50
Coordinate UTM WGS84	X= 374353 m; Y= 4916677 m
Periodo	dal 20 ottobre 2015 al 1 marzo 2016

CAMPIONATORE PM₁₀



STAZIONE METEOROLOGICA



Strumentazione Laboratorio mobile:

PARAMETRO MISURATO	STRUMENTO	MODELLO	METODO DI MISURA
NO – NO ₂	Analizzatore API	200E	Chemiluminescenza
CO	Analizzatore API	300E	Spettrometria a infrarossi
Benzene, Toluene, Xilene	Analizzatore SYNTECH SPECTRAS	GC955 BTX ANALYSER	Gas Cromatografia con rilevatore a fotoionizzazione
SO ₂	Analizzatore API	100E	Fluorescenza
O ₃	Analizzatore API	400E	Assorbimento UV
PM ₁₀	Analizzatore UNITECH	LSPM10	Nefelometria
PM ₁₀	Campionatore TCR TECORA	Charlie HV-Sentinel PM	Gravimetria
Velocità e direzione vento, radiazione solare globale, temperatura, umidità, pressione	Stazione meteorologica LSI-Lastem		

Campionatori PM:

PARAMETRO MISURATO	STRUMENTO:	MODELLO:	METODO DI MISURA
PM ₁₀	Campionatore TCR TECORA	Skypost PM HV	Gravimetria

Stazione meteorologica:

PARAMETRI MISURATI:	STRUMENTO:	MODELLO:
Velocità e direzione vento, radiazione solare globale, temperatura, umidità, pressione atmosferica, precipitazione	Stazione automatica VAISALA	MAWS201

ANALISI DEI DATI DELLA QUALITA' DELL'ARIA

BIOSSIDO DI AZOTO – NO₂

La normativa per la qualità dell'aria stabilisce, ai fini della protezione della salute umana, due limiti di concentrazione che, per gli ossidi di azoto, riguardano il biossido: uno relativo alla media annuale (40 µg/m³) e l'altro alla media su un'ora (200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile).

Nelle figure 1÷3 sono rappresentate le sequenze temporali delle concentrazioni medie orarie di NO₂ misurate nei tre siti di Bernezzo, confrontate con l'intervallo definito dalle concentrazioni massime e minime rilevate, ora per ora, dalle centraline della rete fissa presenti in provincia di Cuneo (in grigio). Come già anticipato nell'introduzione, i livelli di concentrazione degli inquinanti in atmosfera dipendono fortemente dalle condizioni atmosferiche, per poter valutare la qualità dell'aria in un sito è pertanto fondamentale confrontare i dati ivi misurati con quelli rilevati nello stesso periodo dalle stazioni fisse della rete. Il biossido di azoto viene monitorato in tutte le centraline della rete fissa le quali, ognuna rappresentativa di una realtà specifica, forniscono nell'insieme un intervallo di concentrazioni che ben descrive la qualità dell'aria media incidente sul territorio.

Dall'analisi delle figure emerge come le concentrazioni misurate nei tre siti di Bernezzo risultino coerenti negli andamenti e nei valori con quelli della rete delle centraline fisse. In particolare nelle postazioni delle scuole e del cimitero i valori sono per lo più prossimi ai valori più bassi misurati dalla rete.

Nel corso della campagna di misura presso le scuole si sono verificate alcune interruzioni nell'alimentazione elettrica fornita al laboratorio mobile e pertanto sono state perse alcune ore di dati.

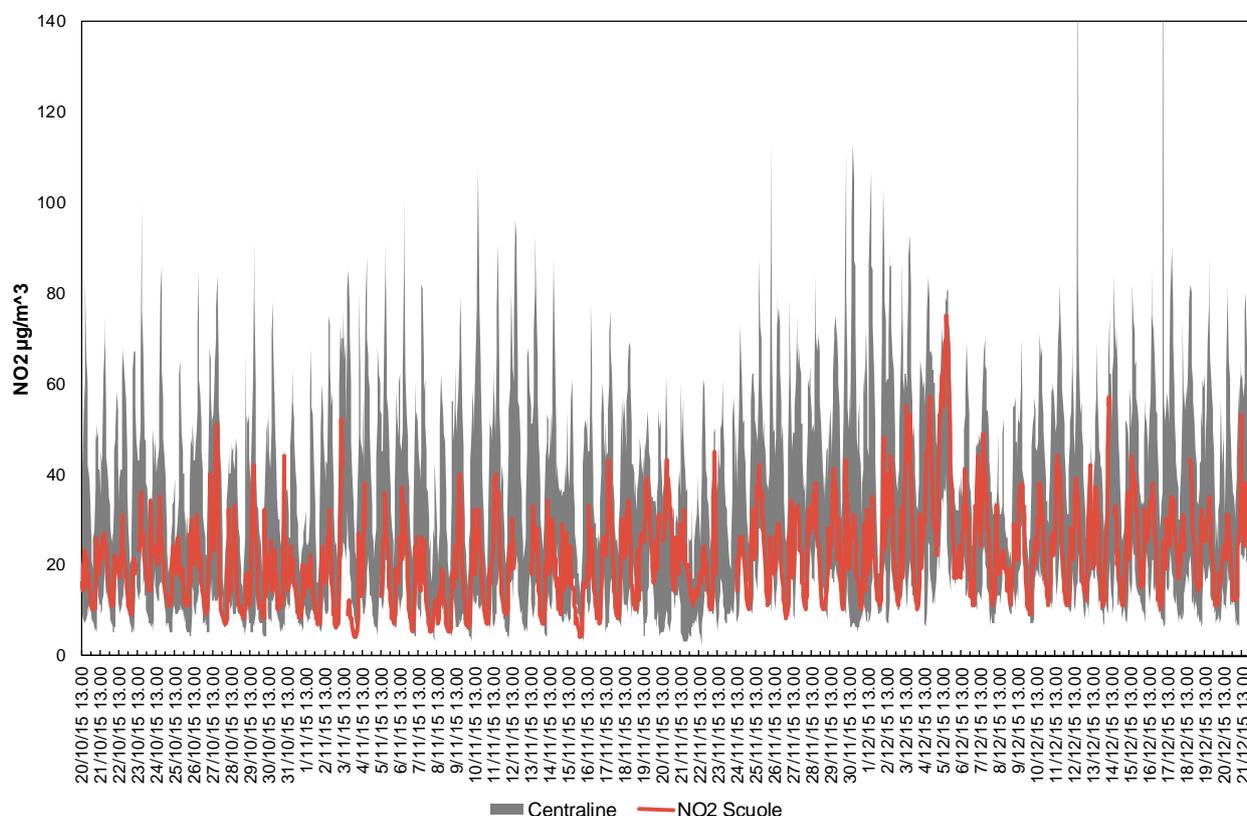


Figura 1) NO₂: concentrazioni medie orarie rilevate dal laboratorio mobile nel sito delle scuole di Bernezzo e intervallo di valori misurati presso le centraline della provincia di Cuneo.

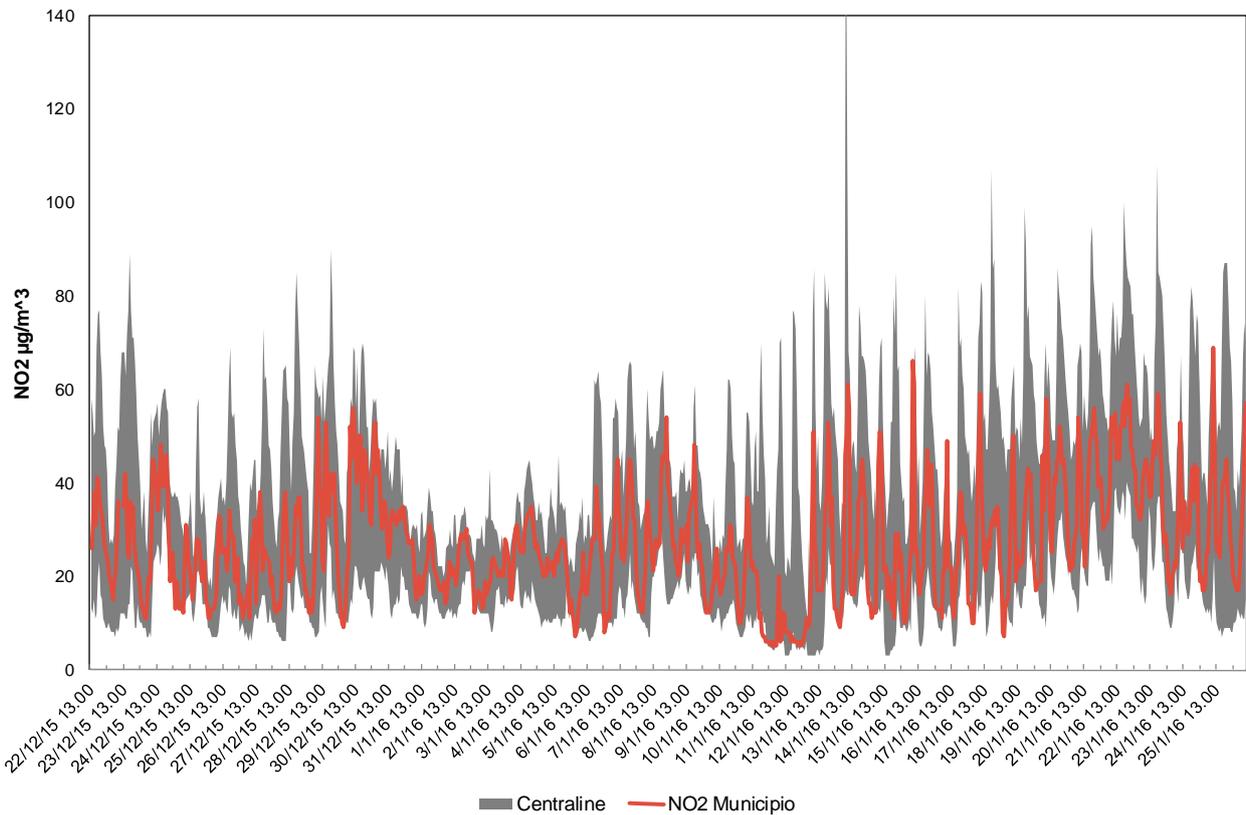


Figura 2) NO₂: concentrazioni medie orarie rilevate dal laboratorio mobile nel sito presso il Municipio di Bernezzo e intervallo di valori misurati presso le centraline della provincia di Cuneo.

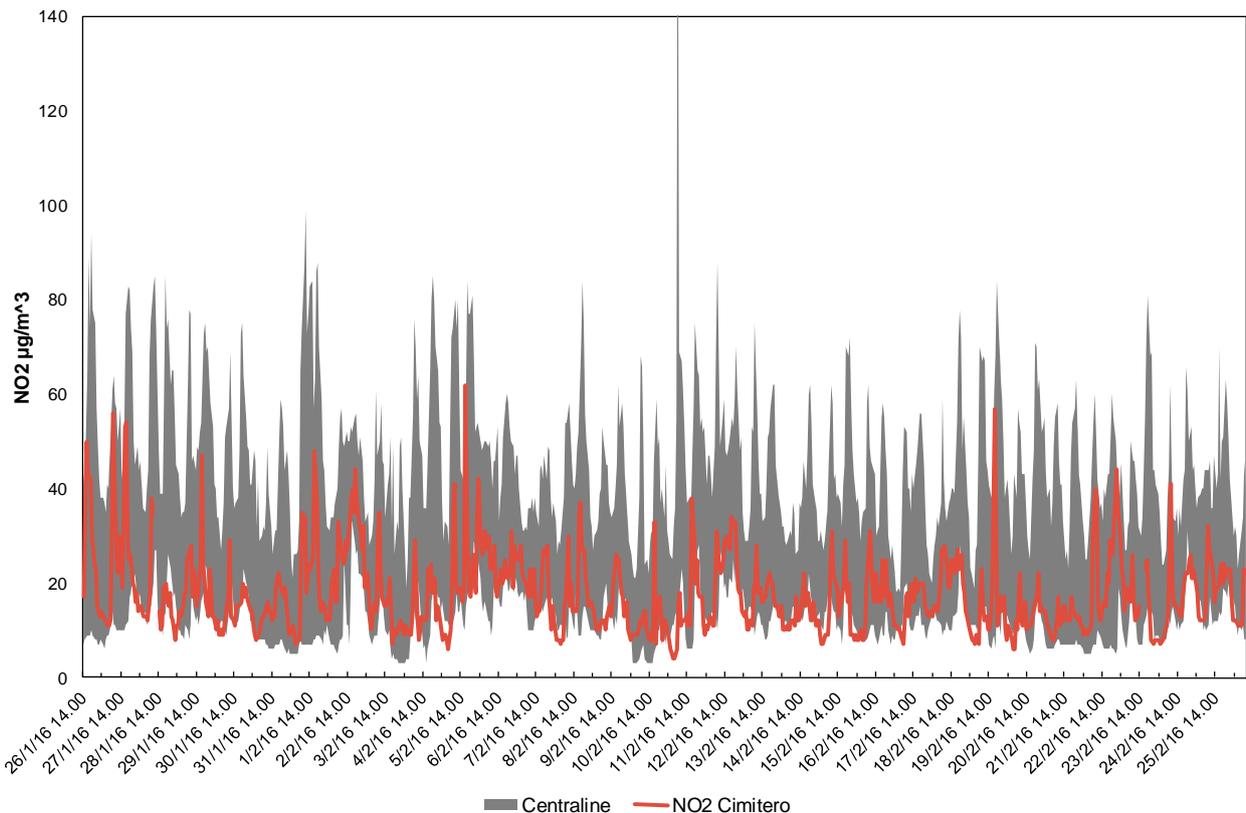


Figura 3) NO₂: concentrazioni medie orarie rilevate dal laboratorio mobile nel sito presso il Cimitero di Bernezzo e intervallo di valori misurati presso le centraline della provincia di Cuneo.

Le distribuzioni di tutte le medie orarie di NO₂ rilevate dal laboratorio mobile durante i monitoraggi nei tre siti di Bernezzo sono rappresentate, nelle tre figure seguenti, con grafici a box e confrontate con quelle ottenute, negli stessi periodi, da ciascuna centralina della rete fissa della qualità dell'aria della provincia.

Il box plot sintetizza la posizione di tutti i dati orari ottenuti nella campagna di misura: la scatola, che è il rettangolo centrale, contiene il 50% dei dati (compresi tra il 25° e il 75° percentile³), la linea orizzontale al suo interno è la mediana e la sua posizione all'interno della scatola evidenzia l'eventuale asimmetria (solo in caso di distribuzione simmetrica media e mediana coincidono); i segmenti che escono dalla scatola, i "baffi", delimitano la zona al di fuori della quale i valori sono definiti outliers (anomali) ed esprimono l'asimmetria della distribuzione dei dati degli inquinanti.

I box plot relativi ai dati del laboratorio mobile evidenziano come le distribuzioni dei dati orari rilevati nei tre siti di Bernezzo abbiano valori contenuti rispetto a quelli delle stazioni fisse della rete e siano per lo più superiori solamente a quelli misurati dalle stazioni di fondo rurale (Saliceto e Staffarda).

Al di sotto di ciascuna figura sono riportate in tabelle le concentrazioni medie, mediane e massime orarie di NO₂ rilevate dal laboratorio mobile durante le singole campagne di monitoraggio, insieme ai valori ottenuti, negli stessi periodi, dalle centraline della rete fissa. Nelle tabelle è indicata anche la tipologia delle diverse stazioni (TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale) definite secondo quanto stabilito dal Decreto Legislativo n. 155 del 2010. Per i siti delle scuole e del cimitero di Bernezzo i valori degli indicatori considerati sono di poco superiori a quelli relativi alle stazioni di fondo rurale, mentre per il sito del Municipio sono intermedi tra quelli delle stazioni rurali e quelle urbane.

Relativamente al periodo di monitoraggio il limite normativo orario è stato rispettato nelle tre postazioni, infatti le rispettive concentrazioni massime orarie sono ampiamente inferiori al limite di 200 µg/m³.

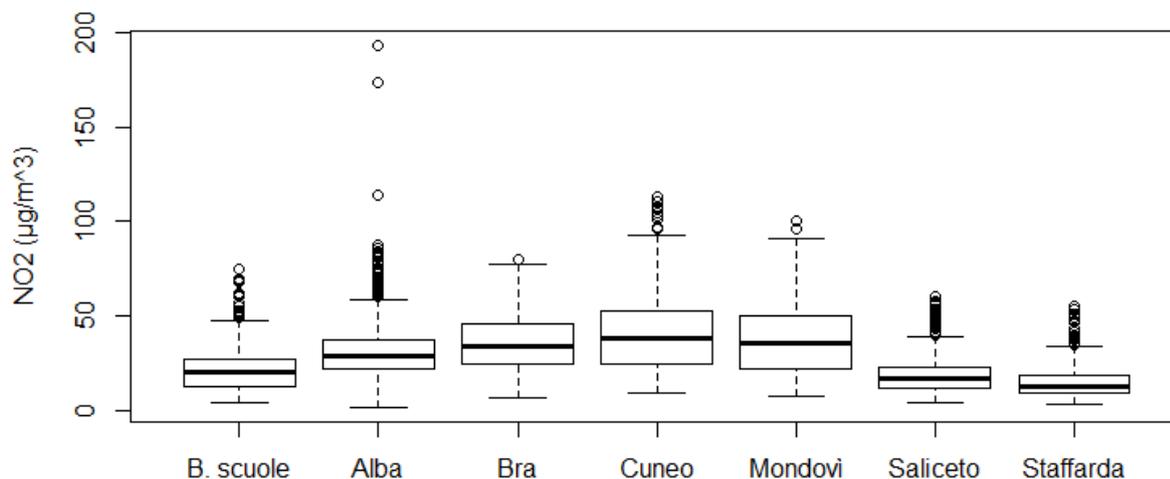


Figura 4) NO₂: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate dal laboratorio mobile presso le scuole di Bernezzo e dalle centraline della provincia di Cuneo (periodo 20 ottobre ÷ 22 dicembre '15)

20 ott '15 h13 ÷ 22 dic '15 h10	Bernezzo Scuole	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovi (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	22	32	36	40	37	18	15
Mediana	20	29	34	38	36	17	13
Massima	75	193	80	113	100	60	55

Tabella 1) NO₂: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate presso le scuole di Bernezzo e dalle centraline della provincia di Cuneo.

³ Percentile di ordine k (P_k) è il numero che suddivide la successione dei valori ordinati in senso crescente in due parti, tali che i valori minori o uguali a P_k siano una percentuale uguale a k%. La mediana corrisponde al 50° percentile.

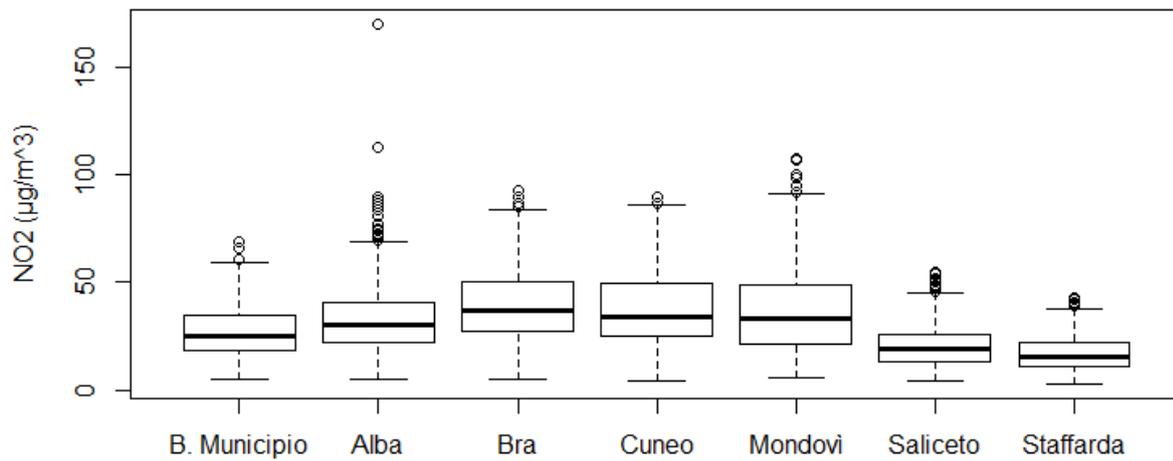


Figura 5) NO₂: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate dal laboratorio mobile presso il Municipio di Bernezzo e dalle centraline della provincia di Cuneo (periodo 22 dicembre '15 ÷ 26 gennaio '16)

22 dic'15 h13 ÷ 26 gen '16 h10	Bernezzo Municipio	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovi (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	27	34	40	37	36	21	17
Mediana	25	30	37	34	33	19	15
Massima	69	170	93	90	108	55	43

Tabella 2) NO₂: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate presso il Municipio di Bernezzo e dalle centraline della provincia di Cuneo.

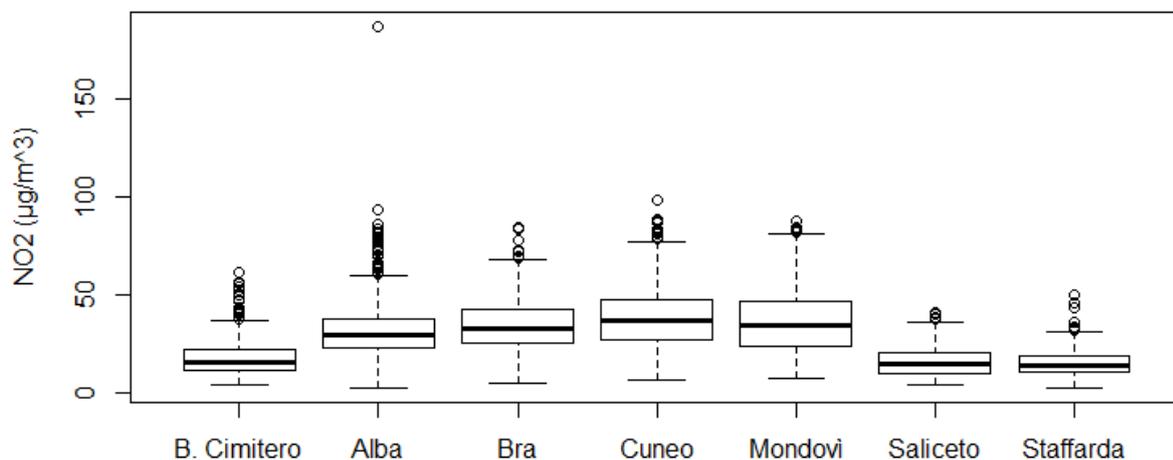


Figura 6) NO₂: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate dal laboratorio mobile presso il cimitero di Bernezzo e dalle centraline della provincia di Cuneo (periodo 26 gennaio ÷ 26 febbraio '16)

26 gen '16 h14 ÷ 26 feb '16 h9	Bernezzo Cimitero	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovi (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	18	32	35	38	37	16	15
Mediana	16	30	33	37	35	15	14
Massima	62	187	85	99	88	41	50

Tabella 3) NO₂: confronto tra le concentrazioni medie, mediane e massime orarie rilevate presso il cimitero di Bernezzo e dalle centraline della provincia di Cuneo.

Poiché le campagne di monitoraggio si riferiscono ad un intervallo di tempo limitato rispetto all'intero anno, fare un confronto diretto delle concentrazioni medie con il limite annuale non è corretto. Per stimare l'entità delle medie annuali è indispensabile fare riferimento ai dati registrati dalle centraline della rete fissa. Per ciascun periodo di misura delle campagne di Bernezzo e per ciascuna delle 6 stazioni della rete provinciale le concentrazioni medie relative al periodo della campagna (riportate nelle tabelle 1, 2 e 3) sono state rapportate alle concentrazioni medie dell'ultimo anno civile completo di dati (2015) e sono state calcolate le regressioni lineari tra le sei coppie di dati ottenuti per ciascuno dei tre periodi delle campagne di misura a Bernezzo.

Nei grafici di figura 7 sono rappresentati i dati utilizzati insieme alle loro rette di regressione. I test eseguiti sui coefficienti R di Pearson ottenuti per i tre periodi di misura indicano correlazioni statisticamente significative. A partire dalle regressioni lineari trovate sono state quindi stimate le seguenti concentrazioni medie annuali, riferite al 2015, per i tre differenti siti di misura di Bernezzo ed i rispettivi errori standard:

- Sito Scuole: $16.6 \pm 2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Sito Municipio: $19.0 \pm 4.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Sito Cimitero: $13.8 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tali valori indicano un pieno rispetto del limite normativo annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

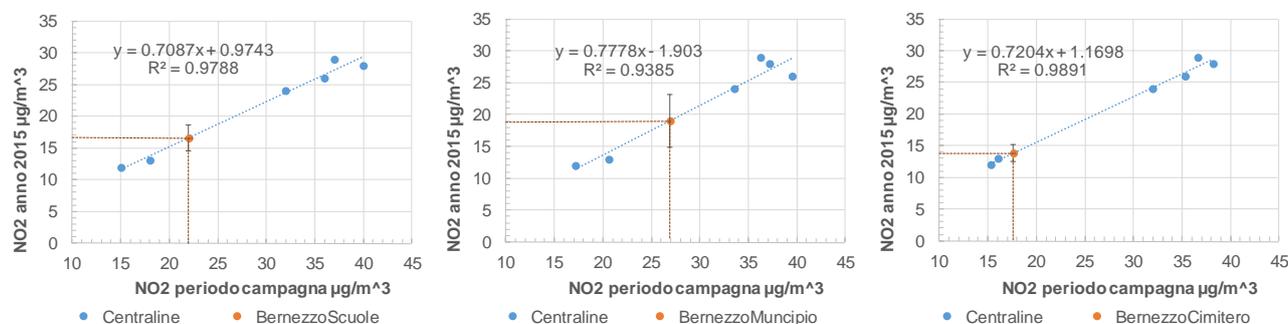


Figura 7) NO₂: stima delle concentrazioni medie annuali nei tre siti di misura di Bernezzo (scuole, Municipio e cimitero) mediante regressione lineare tra le concentrazioni misurate dalle centraline fisse durante i periodi delle tre campagne e le medie dell'anno 2015.

Per questo inquinante gli andamenti del “giorno medio” e della “settimana media”⁴ sono rappresentati, per ciascun sito di Bernezzo, nelle figure seguenti e confrontati con quelli, relativi ai medesimi periodi, delle centraline di fondo urbano di Cuneo e di fondo rurale di Saliceto. La fascia colorata dei grafici rappresenta l'intervallo di confidenza al 95% della media.

I giorni medi presentano il tipico andamento che rispecchia il ciclo giornaliero delle emissioni antropiche ed in particolare del traffico veicolare, con valori che aumentano a partire dalle prime ore del mattino, raggiungono il massimo tra le 8 e le 10, per poi decrescere e risalire nelle ore pomeridiane, raggiungendo un nuovo picco e tornando a diminuire a partire dalle ore 20 (dalle 18 per il sito del cimitero).

Dai grafici delle settimane medie si può osservare, per tutti i siti di Bernezzo, una riduzione delle concentrazioni nelle domeniche, presente anche nei dati delle stazioni fisse e dovuta alla riduzione del traffico veicolare che si verifica nei giorni festivi. La riduzione presente in corrispondenza del venerdì nelle settimane medie del periodo della seconda campagna può essere condizionato dalle festività del 25 dicembre e 1 gennaio, che si sono verificate proprio in questo giorno della settimana.

Anche da questi grafici, nel confronto relativo ai dati delle centraline, emergono per il sito del Municipio livelli di concentrazione di NO₂ che, sebbene non critici, risultano superiori a quelli degli altri due siti.

⁴ I giorni medi sono ottenuti mediando i dati rilevati alla stessa ora di ogni giorno, le settimane medie sono ottenute mediando i dati misurati nello stesso giorno della settimana.

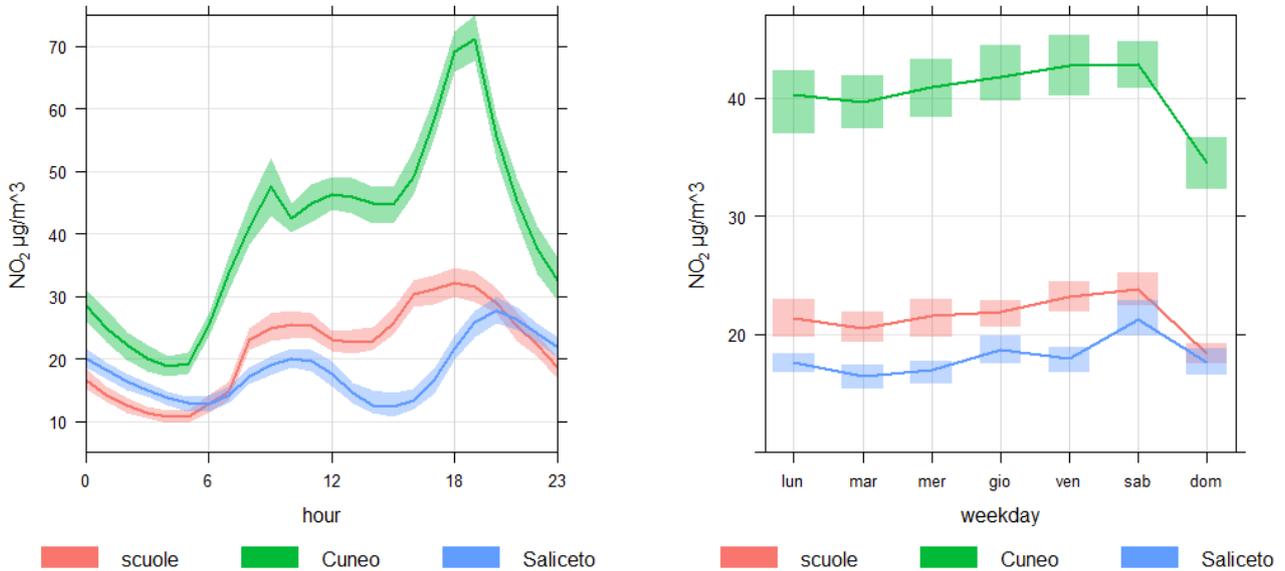


Figura 8) NO₂: giorno medio e settimana media dei dati del sito delle scuole confrontati con quelli delle centraline fisse di Cuneo e Saliceto (periodo: 20 ottobre ÷ 22 dicembre '15).

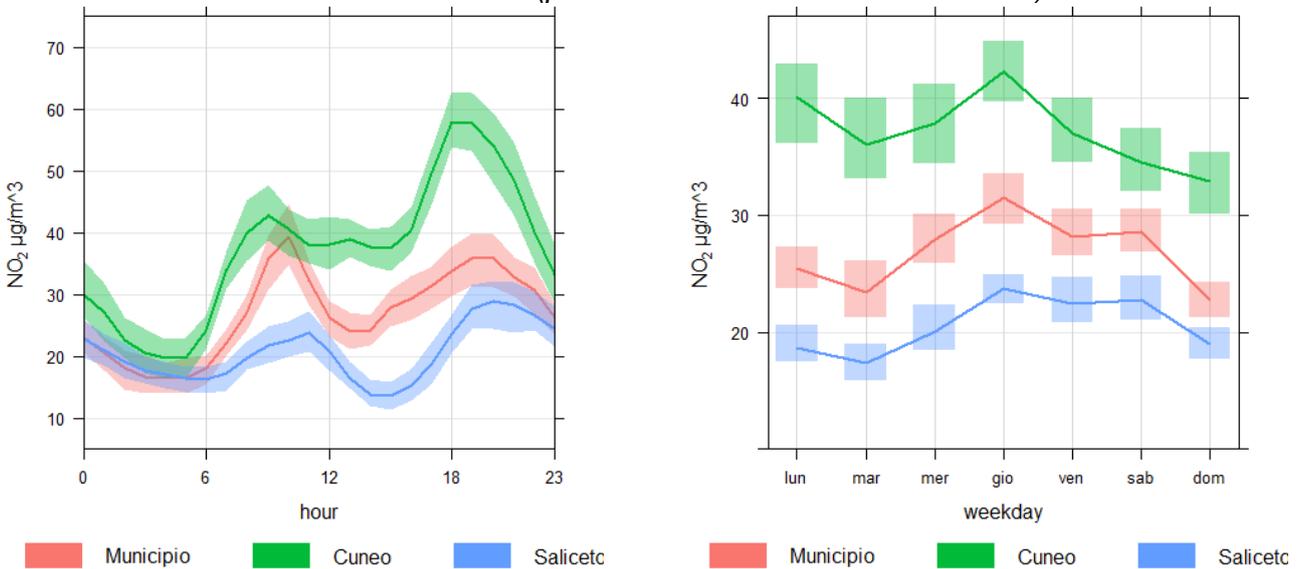


Figura 9) NO₂: giorno medio e settimana media dei dati del sito del Municipio confrontati con quelli delle centraline fisse di Cuneo e Saliceto (periodo: 22 dicembre '15 ÷ 26 gennaio).

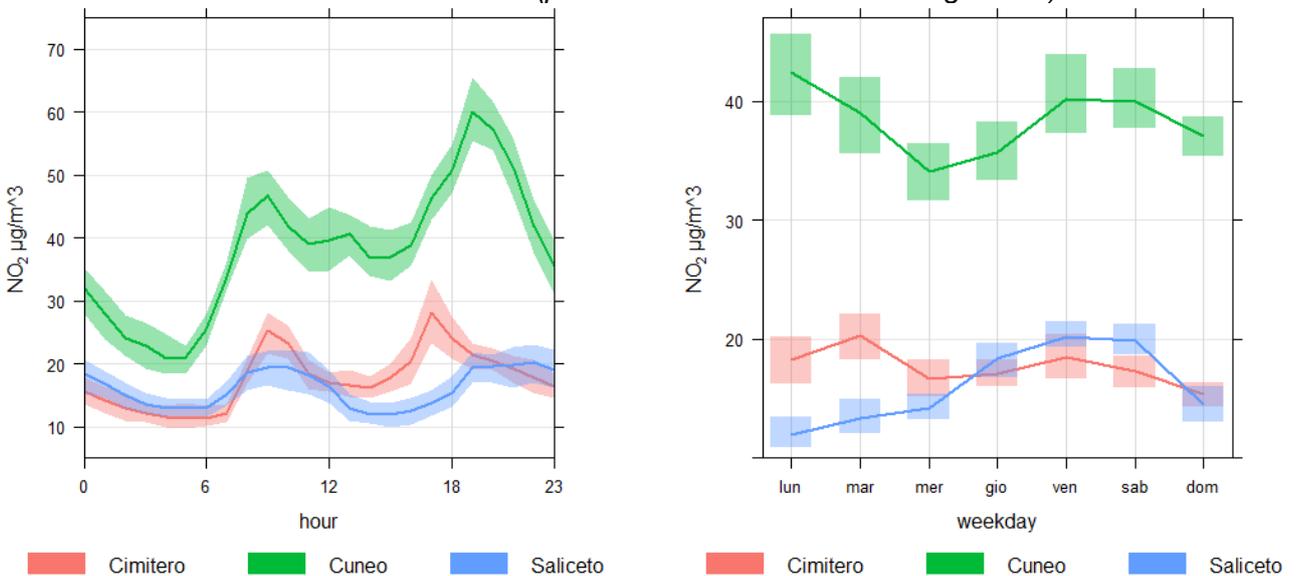


Figura 10) NO₂: giorno medio e settimana media dei dati del sito del cimitero confrontati con quelli delle centraline fisse di Cuneo e Saliceto (periodo: 26 gennaio ÷ 26 febbraio '16).

MATERIALE PARTICOLATO – PM₁₀

La normativa vigente per la qualità dell'aria prevede la determinazione della concentrazione media giornaliera di PM₁₀ eseguita con metodo gravimetrico (condizionamento e pesatura dei filtri con bilancia di precisione prima e dopo il campionamento). Sul laboratorio mobile, oltre ad un campionatore gravimetrico, è presente uno strumento che utilizza la metodica nefelometrica, che si basa sulla determinazione dell'intensità della luce diffusa dagli aerosol e consente di ottenere in modo automatico e pertanto subito disponibili, misure con cadenza oraria.

Nella figura 11 le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ misurate con tecnica gravimetrica in tutti i siti del comune di Bernezzo, sia dal laboratorio mobile⁵ che dai campionatori trasportabili, sono confrontate con l'intervallo di concentrazioni definito dai dati rilevati dalle centraline della rete fissa della provincia di Cuneo in cui il particolato viene misurato (in grigio) e con il limite di 50 µg/m³ che la normativa prevede non venga superato per più di 35 giorni all'anno. Nella figura sono riportate anche le precipitazioni misurate in località Cava e un indicatore di presenza di Foehn nel territorio Regionale⁶.

Da questo grafico si può osservare innanzitutto come le variazioni nel tempo delle concentrazioni registrate in tutti i siti di Bernezzo, siano generalmente in buon accordo con gli andamenti del PM₁₀ misurato nello stesso periodo dalle centraline della rete fissa.

Ciò è legato alle caratteristiche che contraddistinguono le polveri sottili, in particolare al lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) di questo inquinante che ne consente il trasporto su grandi distanze e lo rende ubiquitario su vasta scala. Questa peculiarità fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. Concentrazioni maggiori sono riscontrate, proprio per questo, nei periodi freddi dell'anno; in particolare, i periodi invernali, con situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, favoriscono l'accumulo delle polveri atmosferiche e sono perciò caratterizzati da concentrazioni elevate, mentre nei periodi estivi la consistente altezza dello strato di rimescolamento dell'atmosfera consente la diluizione degli inquinanti in volumi molto più ampi e pertanto determina valori di concentrazione più bassi. Le precipitazioni atmosferiche ed il vento sono inoltre fattori di rimozione delle polveri sottili e pertanto di riduzione delle loro concentrazioni.

Il monitoraggio della qualità dell'aria svolto nel comune di Bernezzo ha coperto i mesi generalmente più critici per l'inquinamento da materiale particolato che, nella fattispecie, sono stati tutti caratterizzati da anomalie termiche positive e dalla quasi assenza di precipitazioni, causate dalla prevalenza di condizioni di alta pressione (per maggiore dettaglio si veda il capitolo "Situazione meteorologica e dati locali"). Sebbene i mesi del monitoraggio siano stati pertanto contraddistinti dall'elevata occorrenza di periodi di accumulo degli inquinanti, la situazione dell'inquinamento da polveri sottili rilevata dalla rete di centraline fisse sulla provincia di Cuneo non è stata così "critica" come ci sarebbe potuti aspettare (per approfondimenti in merito alla situazione provinciale dell'inquinamento si rimanda alla relazione annuale della qualità dell'aria⁷). Riteniamo che questo sia il risultato delle diminuzioni delle emissioni degli inquinanti atmosferici che, sia le migliori tecnologie adottate negli ultimi anni, sia la crisi economica, che la riduzione delle emissioni da riscaldamento dovuta agli inverni sempre più miti, stanno determinando.

⁵ Nel corso della campagna di misura presso le scuole si sono verificate alcune interruzioni nell'alimentazione elettrica del laboratorio mobile e pertanto sono stati persi alcuni dati.

⁶ Sebbene i diversi episodi di Foehn abbiano tra loro caratteristiche differenti e possano coinvolgere porzioni di territorio diverse, essi sono stati riportati nei grafici in quanto sovente determinano diluizione del materiale particolato, e pertanto riduzione delle concentrazioni, a livello regionale.

Fonte dei dati degli episodi di Foehn: Analisi climatica mensile - Arpa Piemonte, Sistemi Previsionali

⁷ Per approfondimenti: "Monitoraggio della qualità dell'aria – Anno 2015" Arpa Dipartimento Piemonte Sud Ovest. <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/relazione-sulla-qualita-dellaria-2015>

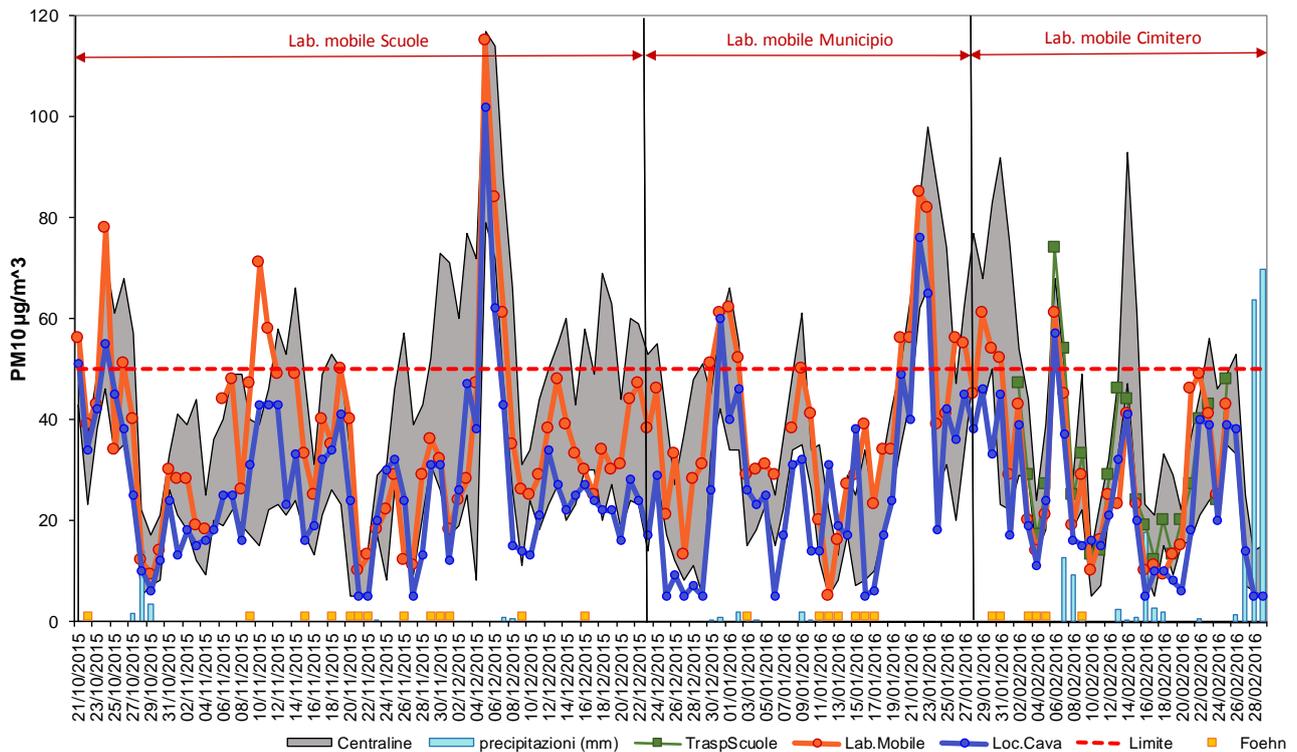


Figura 11) PM_{10} : concentrazioni medie giornaliere rilevate a Bernezzo nell'intero periodo di monitoraggio: con il laboratorio mobile (scuole, municipio, cimitero), e con i campionatori presso la località Cava e presso le scuole; in grigio intervallo di concentrazioni delle centraline fisse.

Generalmente le caratteristiche di dispersione e formazione secondaria del particolato fanno sì che l'inquinamento da polveri sottili nella provincia di Cuneo sia caratterizzato da livelli che peggiorano procedendo dalla zona pedemontana alla zona di pianura, con situazioni "aggravate" nei punti maggiormente esposti a emissioni locali intense, per lo più dovute al traffico veicolare. La zona di pianura della provincia costituisce infatti l'estremo ovest della pianura Padana e pertanto risente dell'inquinamento che, a causa della conformazione orografica e delle emissioni presenti, ristagna e caratterizza tutto il bacino padano, soprattutto per quanto riguarda inquinanti cosiddetti "ubiquitari" come le polveri sottili. Tra le centraline della provincia che attualmente misurano il PM_{10} , quella di Cuneo, grazie alla sua collocazione geografica, è caratterizzata da concentrazioni di polveri sottili più contenute di quelle rilevate dalle centraline di Alba e Bra che risentono maggiormente dell'inquinamento di fondo del bacino padano e per le quali il superamento, anche nel 2015, del limite stabilito per le concentrazioni giornaliere conferma una situazione di criticità per il PM_{10} .

Nelle tre figure seguenti le concentrazioni giornaliere di PM_{10} misurate a Bernezzo con tecnica gravimetrica sono state suddivise in base al sito di misura del laboratorio mobile e confrontate con i dati della sola stazione di fondo di Cuneo che, per le sue caratteristiche e la sua prossimità, dovrebbero costituire un buon riferimento anche per il territorio del comune di Bernezzo.

Già da questi grafici si vede però come solamente le concentrazioni misurate in località Cava e presso il cimitero assumano valori analoghi a quelle della centralina di Cuneo, mentre le concentrazioni misurate presso le scuole ed il Municipio di Bernezzo abbiano valori quasi sempre superiori a quelli della centralina fissa di riferimento.

Durante la campagna di misura con il laboratorio mobile presso le scuole (figura 12) si sono evidenziati in particolare tre episodi di criticità. L'ultimo si è verificato nell'ambito di un forte evento, a livello regionale, di accumulo degli inquinanti, che ha portato, il 5 e 6 dicembre, a raggiungere le concentrazioni massime giornaliere del monitoraggio in Bernezzo, con un valore di picco, misurato presso le scuole il giorno 5, di $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tale

dato, come atteso per questo tipo di eventi, è però del tutto analogo a quello registrato presso la stazione di Cuneo ($117 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e in località Cava ($102 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

I primi due episodi hanno invece interessato in modo particolare i livelli di concentrazione registrati presso le scuole di Bernezzo. Il primo si è verificato il 24 ottobre, e, sebbene abbia determinato superamenti del valore limite in tutte le stazioni fisse della provincia, ad eccezione di Saliceto, la concentrazione massima a livello provinciale è stata registrata dal laboratorio mobile a Bernezzo ($78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contro i $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Cuneo e località Cava). Nel secondo, del 10 ed 11 novembre, il limite normativo è stato superato solamente presso le scuole di Bernezzo, con valori di concentrazione più che doppi rispetto alla media delle concentrazioni misurate dalle centraline della provincia; tale episodio è attribuibile a emissioni prettamente locali.

Nel periodo della campagna di misura svolta nei pressi del Municipio (figura 13) si sono verificati due episodi con superamenti: nel primo, iniziato a fine anno, le concentrazioni massime registrate dal laboratorio mobile sono state del tutto analoghe a quelle misurate a Cuneo; nel secondo, iniziato nell'abitato di Bernezzo in corrispondenza del minimo di temperatura del 20 gennaio, sono stati registrati presso il Municipio due giorni di superamento in più rispetto alla centralina di Cuneo e valori di concentrazioni sempre superiori a quelli di quest'ultima.

Nel corso della campagna di misura con il laboratorio mobile presso il cimitero (figura 14) un ulteriore campionatore gravimetrico è stato collocato nel cortile della scuola primaria. Installato il 26 gennaio, per problemi strumentali ha iniziato a campionare solamente dal 2 febbraio, perdendo informazioni relative ad un importante periodo di accumulo di inquinanti dovuto all'espansione, nell'ultima settimana di gennaio, di un promontorio anticiclonico di matrice africana. Durante tale periodo sono stati registrati superamenti in tutta la provincia e, dei due siti di Bernezzo con campionamento attivo, solamente presso il cimitero le concentrazioni hanno superato il limite giornaliero.

Il 6 febbraio sono stati nuovamente registrati superamenti in tutta la provincia. A Bernezzo i dati del cimitero e di località Cava sono stati analoghi a quelli della stazione di Cuneo, mentre il dato delle scuole è stato nettamente superiore ($74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contro i $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di Cuneo) inoltre, a differenza dei dati della rete fissa, è rimasto al di sopra del limite anche nella giornata successiva. In seguito, probabilmente anche grazie alle precipitazioni nevose che si sono verificate, non sono più stati registrati superamenti né a Cuneo, né nei siti di Bernezzo.

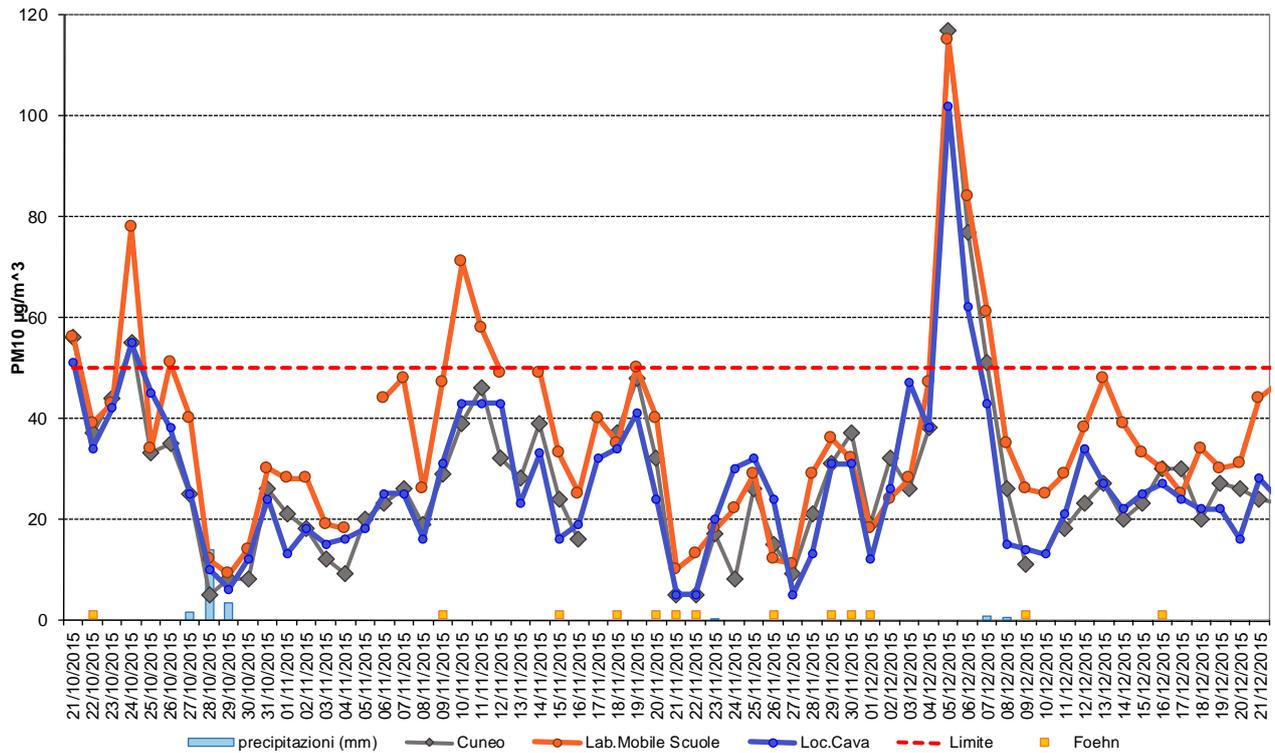


Figura 12) PM_{10} : concentrazioni medie giornaliere rilevate a Bernezzo presso le scuole ed in località Cava confrontate con le concentrazioni misurate dalla centralina di Cuneo.

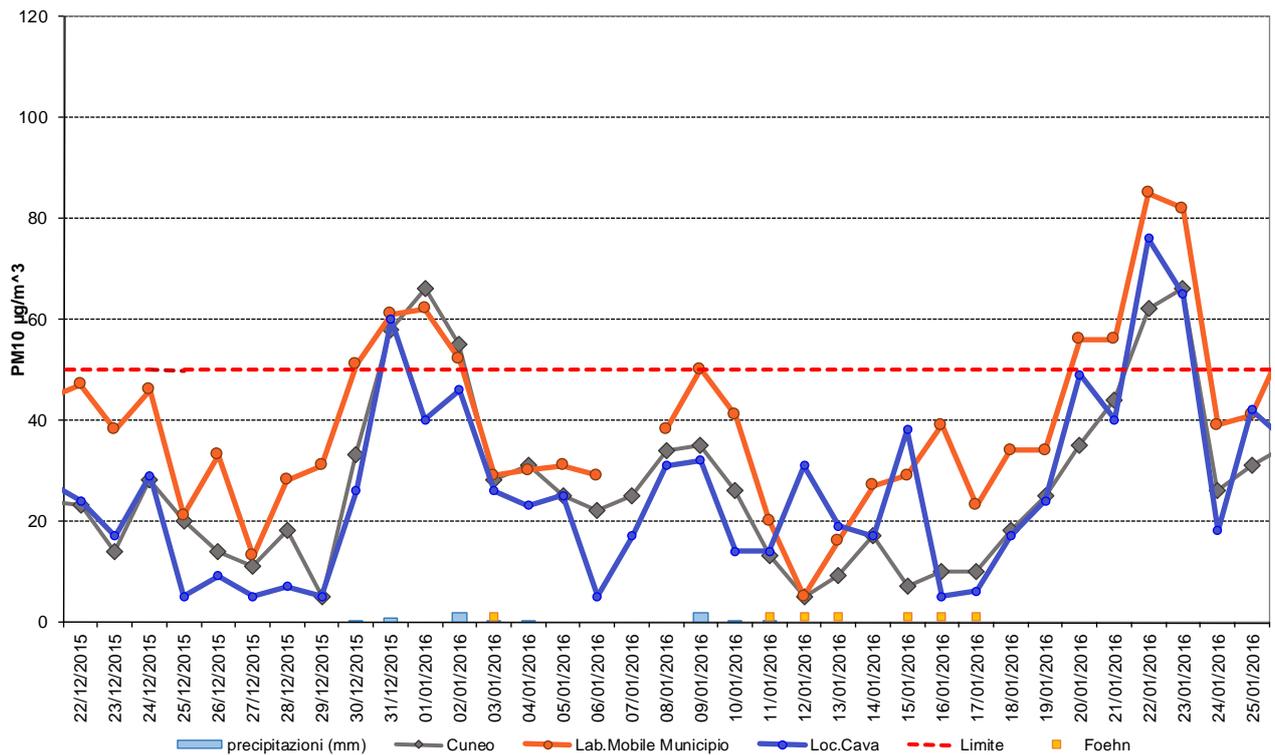


Figura 13) PM_{10} : concentrazioni medie giornaliere rilevate a Bernezzo presso il Municipio⁸ ed in località Cava confrontate con le concentrazioni misurate dalla centralina di Cuneo.

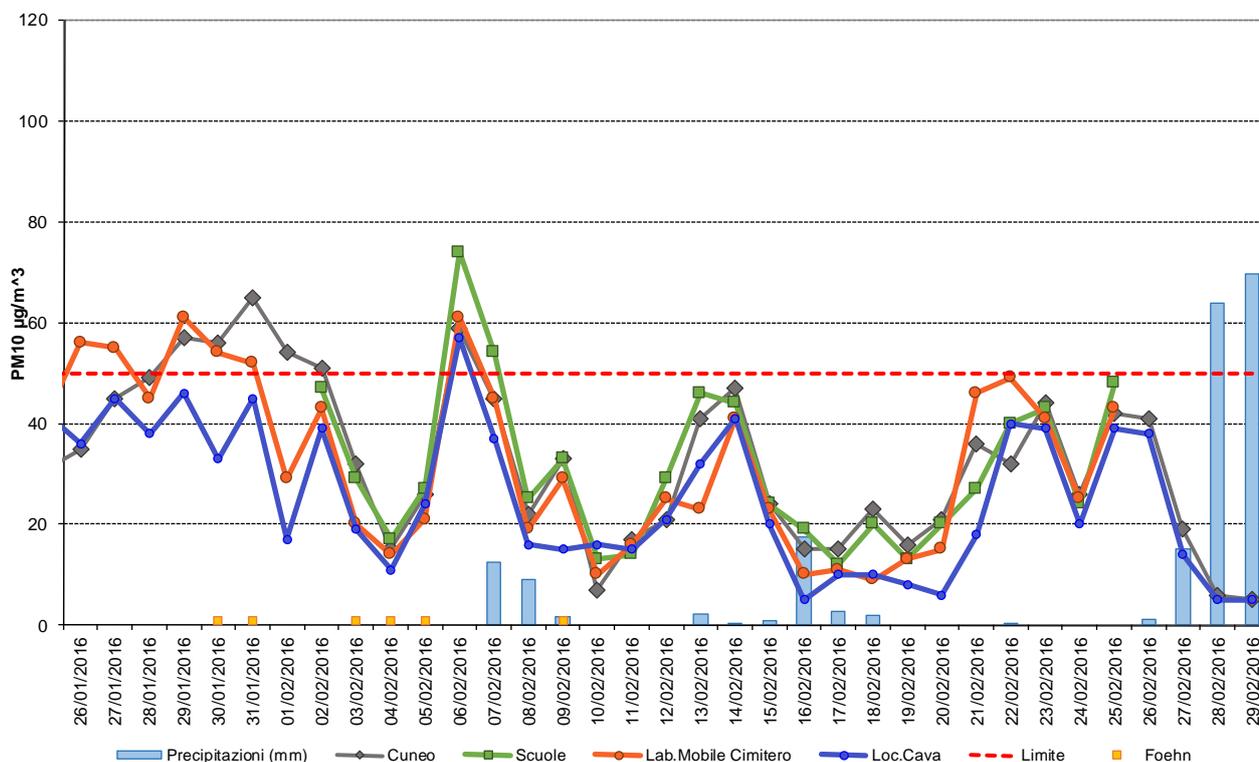


Figura 14) PM_{10} : concentrazioni medie giornaliere rilevate a Bernezzo⁸ con il laboratorio mobile presso il cimitero⁹, in località Cava e presso le scuole, confrontate con le concentrazioni misurate dalla centralina di Cuneo.

Nella figura seguente sono rappresentati, con grafici a dispersione, i dati giornalieri rilevati in ciascun sito di Bernezzo (sull'asse delle ordinate) in funzione dei corrispondenti dati rilevati presso la stazione di Cuneo (asse delle ascisse). Per ogni set di dati in blu è disegnata la linea di regressione lineare, di cui è riportata l'equazione insieme al quadrato del coefficiente di correlazione di Pearson; in fucsia è rappresentata la bisettrice del grafico (se i dati sono al di sopra di essa la stazione riportata sull'asse y ha concentrazioni superiori di quella sull'asse x, più si avvicinano alla bisettrice più i due set di dati sono simili fra loro).

Questi grafici evidenziano la presenza di correlazioni statisticamente significative con i dati della stazione di Cuneo per tutti i siti di Bernezzo, ma anche situazioni differenti dei livelli di inquinamento da PM_{10} nei diversi siti. In particolare, per entrambi i siti del centro abitato di Bernezzo, emerge una netta prevalenza di eventi con concentrazioni superiori a quelle di Cuneo (grafici in alto di figura 15), mentre nei siti del cimitero e di località Cava le situazioni appaiono più bilanciate e le linee di tendenza indicano livelli di concentrazione inferiori a quelle di Cuneo.

⁸ Il 22/12/2015 il laboratorio mobile è stato spostato dalle scuole al Municipio, il dato di PM_{10} della giornata è pertanto stato ottenuto campionando in entrambi i siti, ma è stato attribuito al secondo sito per la prevalenza di ore.

⁹ Il 26/01/2016 il laboratorio mobile è stato spostato dal Municipio al cimitero, il dato di PM_{10} della giornata è pertanto stato ottenuto campionando in entrambi i siti, ma è stato attribuito al cimitero per la prevalenza di ore.

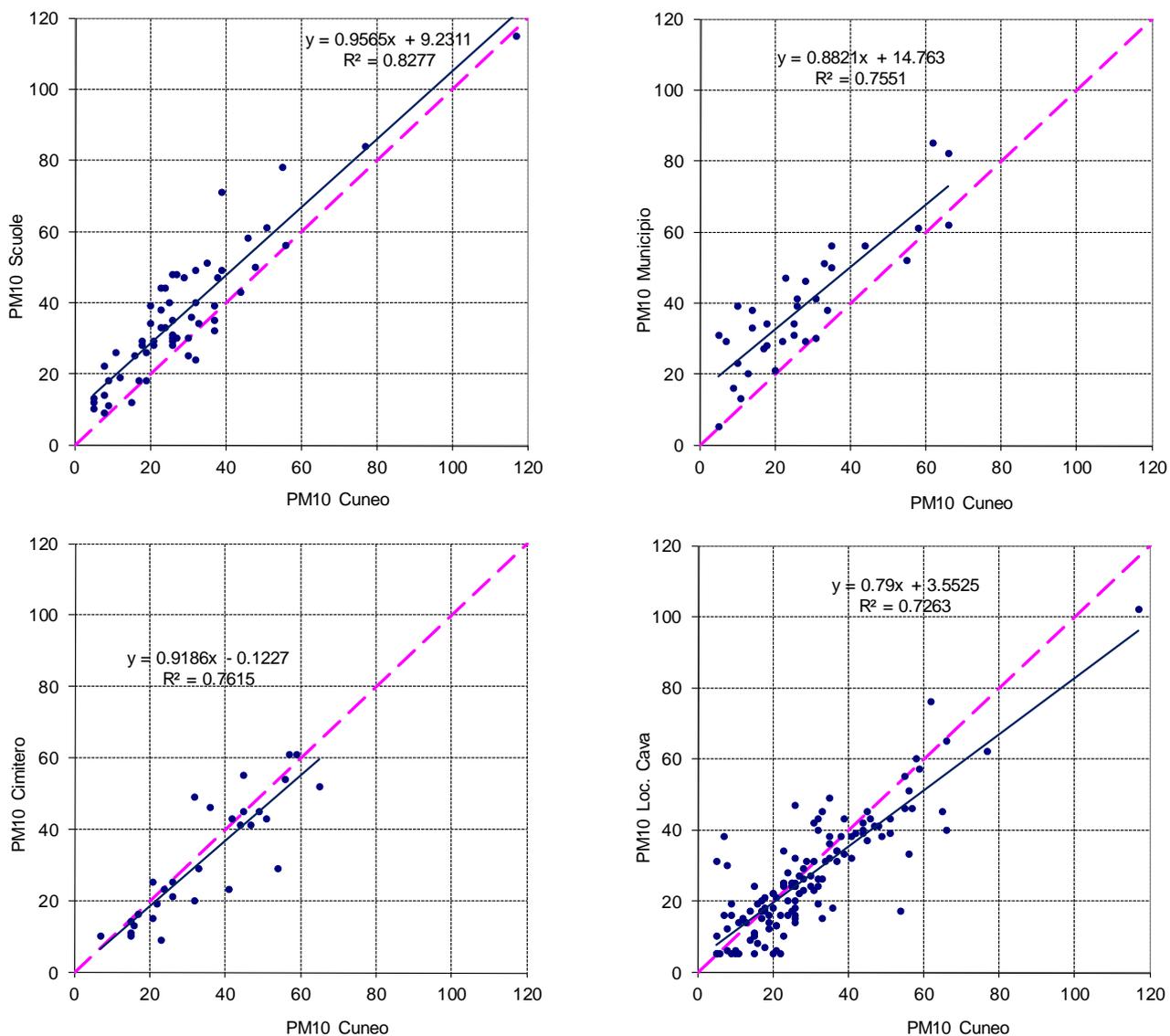


Figura 15) PM₁₀: Diagrammi a dispersione delle concentrazioni rilevate dal laboratorio mobile nei tre siti di misura (scuole, Municipio e cimitero) e dal campionatore in località Cava in funzione delle concentrazioni misurate in parallelo presso la centralina di Cuneo.

Le distribuzioni di tutte le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ ottenute con tecnica gravimetrica nei siti di Bernezzo sono rappresentate, nelle figure delle pagine seguenti, con grafici a box e confrontate con quelle ottenute, negli stessi periodi, da ciascuna centralina della rete fissa della provincia di Cuneo. Nelle prime tre figure i dati sono stati suddivisi in base ai periodi di campionamento del laboratorio mobile nei tre siti: presso le scuole, il Municipio ed il cimitero. Il quarto grafico è stato aggiunto in quanto, a causa del periodo più limitato di funzionamento del campionatore gravimetrico installato presso le scuole rispetto alla corrispondente campagna del laboratorio mobile presso il cimitero, non sarebbe stato corretto inserire i suoi dati nel confronto con l'intero periodo di monitoraggio presso il cimitero.

Nelle tabelle presenti sotto ciascuna figura sono riportati per ciascun periodo e ciascun punto di misura: numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³, concentrazioni medie, mediane e massime giornaliere di PM₁₀ e numero di dati disponibili. Nelle tabelle è indicata anche la tipologia delle diverse stazioni (TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale) definite secondo quanto stabilito dal Decreto Legislativo n. 155 del 2010. Distinguere le stazioni in base alla tipologia, in particolare la differenza tra stazioni di fondo e di traffico, è importante: la stazione di traffico di Mondovì ad esempio, sebbene come quella di Cuneo sia caratterizzata dalle concentrazioni di fondo contenute tipiche della zona pedemontana, risente fortemente delle emissioni locali del traffico veicolare a

causa della posizione a ridosso di una strada percorsa da un intenso traffico anche di tipo pesante e presenta quindi generalmente concentrazioni maggiori a quella della stazione di fondo di Cuneo.

Dall'analisi dei box plot e degli indicatori riportati nelle tabelle, oltre che dalle elaborazioni precedenti, emerge, per il sito di misura di località di Cava, una situazione di inquinamento da particolato sottile del tutto analoga o leggermente migliore (soprattutto per quanto riguarda il numero di superamenti) a quella rappresentata dalla stazione di fondo urbano di Cuneo.

Il livello di inquinamento da polveri sottili riscontrato con i monitoraggi sia nel sito delle scuole che in quello nei pressi del Municipio risulta "anomalo" rispetto ai livelli della stazione di fondo di Cuneo ed anche della vicina postazione di misura di località Cava, e più simile a quello delle stazioni con le concentrazioni più elevate della provincia.

Solamente nell'ultimo monitoraggio svolto con campionatore trasportabile nel cortile delle scuole (di durata molto più limitata rispetto al primo) le concentrazioni sono risultate "meno anomale" nel confronto con le altre postazioni più vicine. Tuttavia si ritiene che ciò possa essere dovuto alle migliori condizioni di dispersione del periodo e pertanto ad una riduzione, su ampia scala spaziale, delle concentrazioni di fondo (evidenziata dai box plot delle diverse stazioni in figura 19 molto più contenuti e sovrapponibili fra loro).

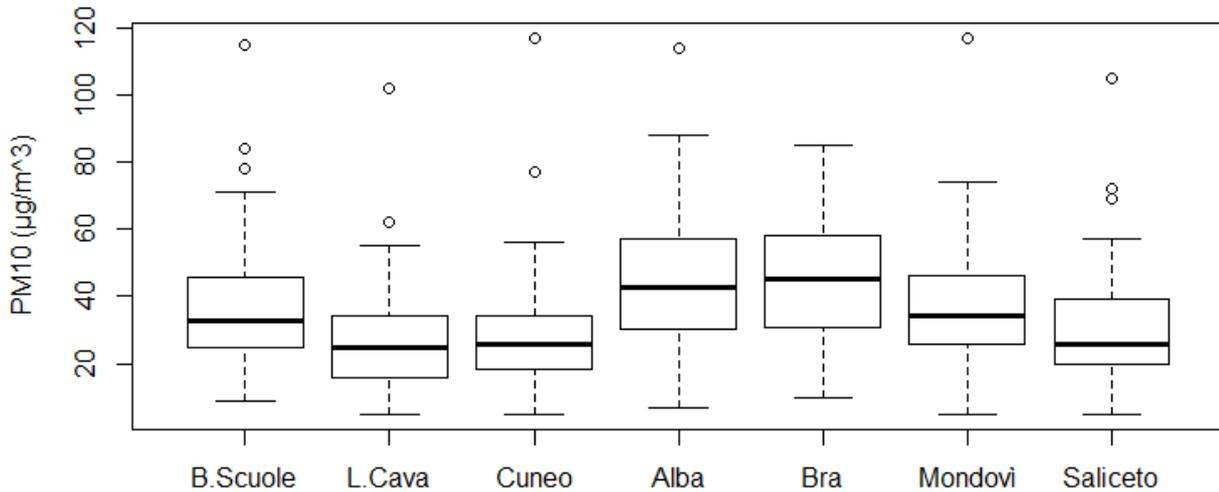


Figura 16) PM_{10} : confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere rilevate presso le scuole di Bernezzo, località Cava e centraline fisse (periodo 21 ottobre ÷ 21 dicembre '15)

21ott÷21dic	Bernezzo Scuole	Bernezzo Loc.Cava	Cuneo (FU)	Alba (FU)	Bra (TU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)
Superamenti limite 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8	4	5	21	22	9	4
Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36	28	28	44	45	38	31
Mediana($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	33	25	26	43	45	34	26
Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	115	102	117	114	85	117	105
Num. dati	60	62	60	60	61	61	62

Tabella 4) PM_{10} : confronto tra numero di superamenti, concentrazioni medie, mediane e massime giornaliere rilevate presso le scuole di Bernezzo, località Cava e centraline fisse.

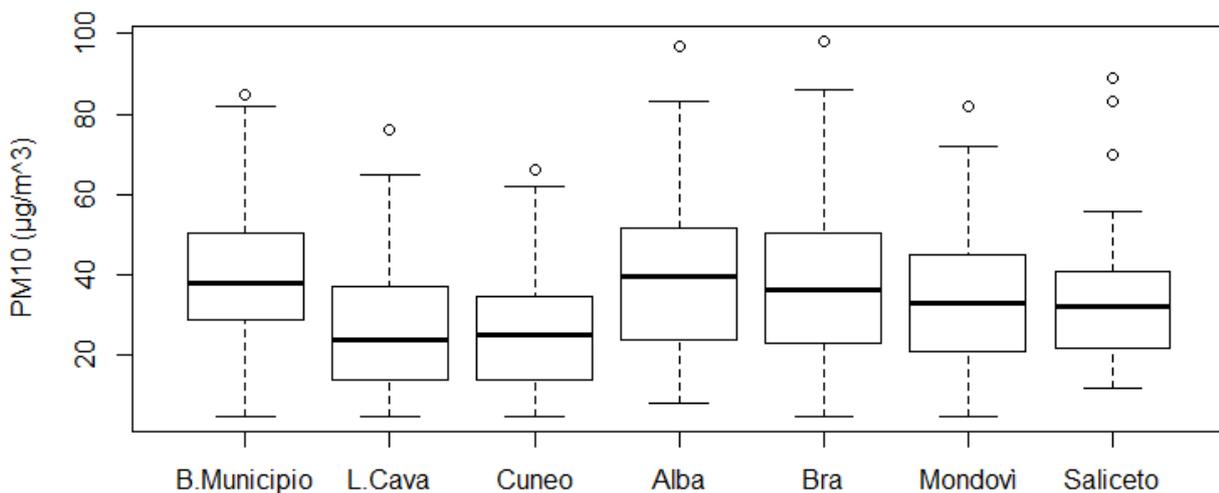


Figura 17) PM_{10} : confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere rilevate presso Municipio di Bernezzo, località Cava e centraline fisse (periodo 22 dicembre '15 ÷ 25 gennaio '16)

22dic÷25gen	Bernezzo Municipio	Bernezzo Loc.Cava	Cuneo (FU)	Alba (FU)	Bra (TU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)
Superamenti limite 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8	3	5	9	9	5	5
Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	39	26	27	41	39	34	35
Mediana($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36	24	25	37	36	33	32
Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	85	76	66	97	98	82	89
Num. dati	34	35	35	35	35	34	34

Tabella 5) PM_{10} : confronto tra numero di superamenti, concentrazioni medie, mediane e massime giornaliere rilevate presso Municipio di Bernezzo, località Cava e centraline fisse.

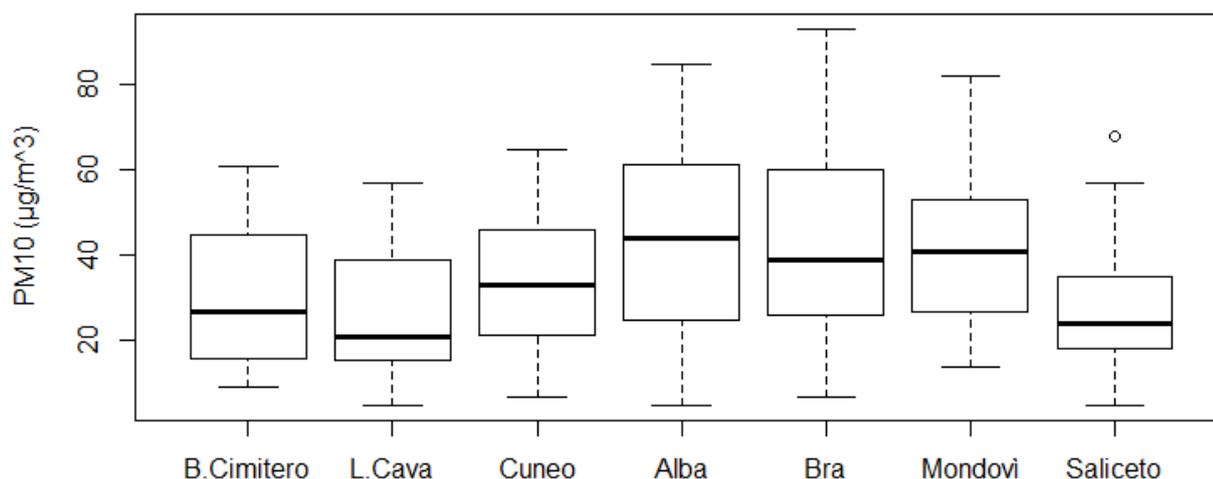


Figura 18) PM_{10} : confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere rilevate presso cimitero di Bernezzo, località Cava e centraline fisse (periodo 26 gennaio ÷ 25 febbraio '16)

26gen÷25feb	Bernezzo Cimitero	Bernezzo Loc.Cava	Cuneo (FU)	Alba (FU)	Bra (TU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)
Superamenti limite 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6	1	6	10	11	9	3
Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	32	27	35	43	42	42	28
Mediana($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29	21	33	44	39	41	23
Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	61	57	65	85	93	82	68
Num. dati	31	32	32	32	31	32	32

Tabella 6) PM_{10} : confronto tra numero di superamenti, concentrazioni medie, mediane e massime giornaliere rilevate presso cimitero di Bernezzo, località Cava e centraline fisse.

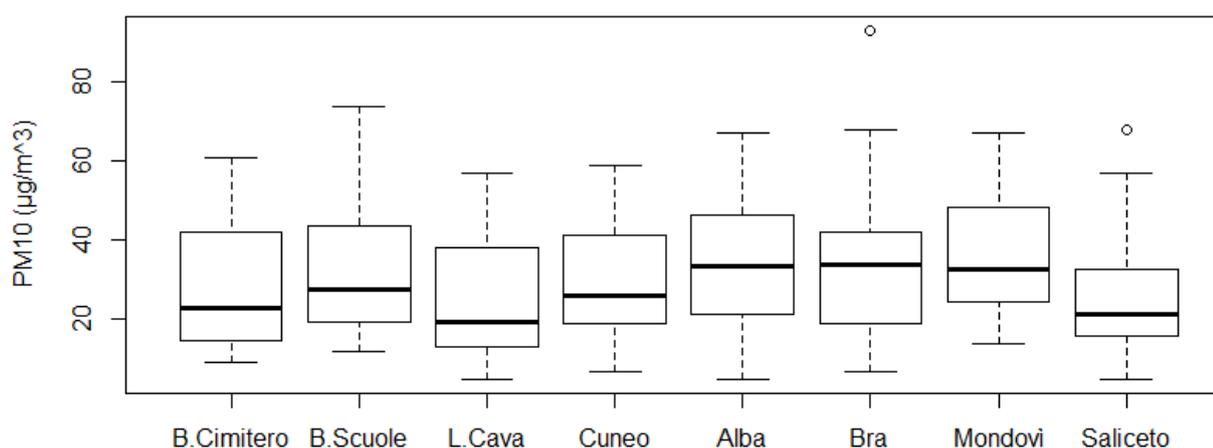


Figura 19) PM_{10} : confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni giornaliere rilevate presso cimitero e scuole di Bernezzo, località Cava e centraline fisse (periodo 2 ÷ 25 febbraio '16)

2÷25feb	Bernezzo Cimitero	Bernezzo Scuole	Bernezzo Loc.Cava	Cuneo (FU)	Alba (FU)	Bra (TU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)
Superamenti limite 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1	2	1	2	3	4	4	2
Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	27	31	23	30	35	34	37	26
Mediana($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	23	28	20	26	34	34	33	22
Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	61	74	57	59	67	93	67	68
Num. dati	24	24	24	24	24	23	24	24

Tabella 7) PM_{10} : confronto tra numero di superamenti, concentrazioni medie, mediane e massime giornaliere rilevate presso cimitero e scuole di Bernezzo, località Cava e centraline fisse.

Analogamente a quanto eseguito per il biossido di azoto, per ogni sito di misura nel comune di Bernezzo sono state stimate le medie annuali facendo riferimento ai dati registrati dalle centraline della rete fissa. Siccome le stazioni della provincia di Cuneo che misurano il PM₁₀ sono cinque, al fine di aumentare la significatività statistica e ridurre l'entità degli errori standard, per il calcolo delle regressioni sono stati utilizzati anche i dati campionati da ulteriori tre stazioni della rete regionale, scelte tra quelle di fondo e prossime alla nostra provincia (Torino Lingotto, Torino Rubino e Vinchio – At). Per ciascuna delle 8 stazioni di misura del PM₁₀ le concentrazioni medie relative ai periodi delle campagne sono state rapportate alle concentrazioni medie dell'ultimo anno civile completo di dati (2015) e sono state calcolate le regressioni lineari tra le otto coppie di dati ottenute per ciascuno dei quattro periodi di misura nei siti di Bernezzo¹⁰.

Nei grafici di figura 20 sono rappresentati, per ciascun sito di misura, i dati utilizzati insieme alle loro rette di regressione. I test eseguiti sui coefficienti R di Pearson ottenuti per i tre periodi di misura indicano correlazioni statisticamente significative. A partire dalle regressioni lineari trovate sono state quindi stimate le seguenti concentrazioni medie annuali, riferite al 2015, per i quattro differenti siti di misura di Bernezzo ed i rispettivi errori standard (gli errori per i dati del Municipio e del cimitero sono maggiori a causa della minor durata delle campagne):

- Sito Scuole: 26.9 ± 2.9 µg/m³
- Sito Municipio: 29.2 ± 5.5 µg/m³
- Sito Cimitero: 23.5 ± 8.7 µg/m³
- Sito Loc. Cava: 22.4 ± 2.9 µg/m³

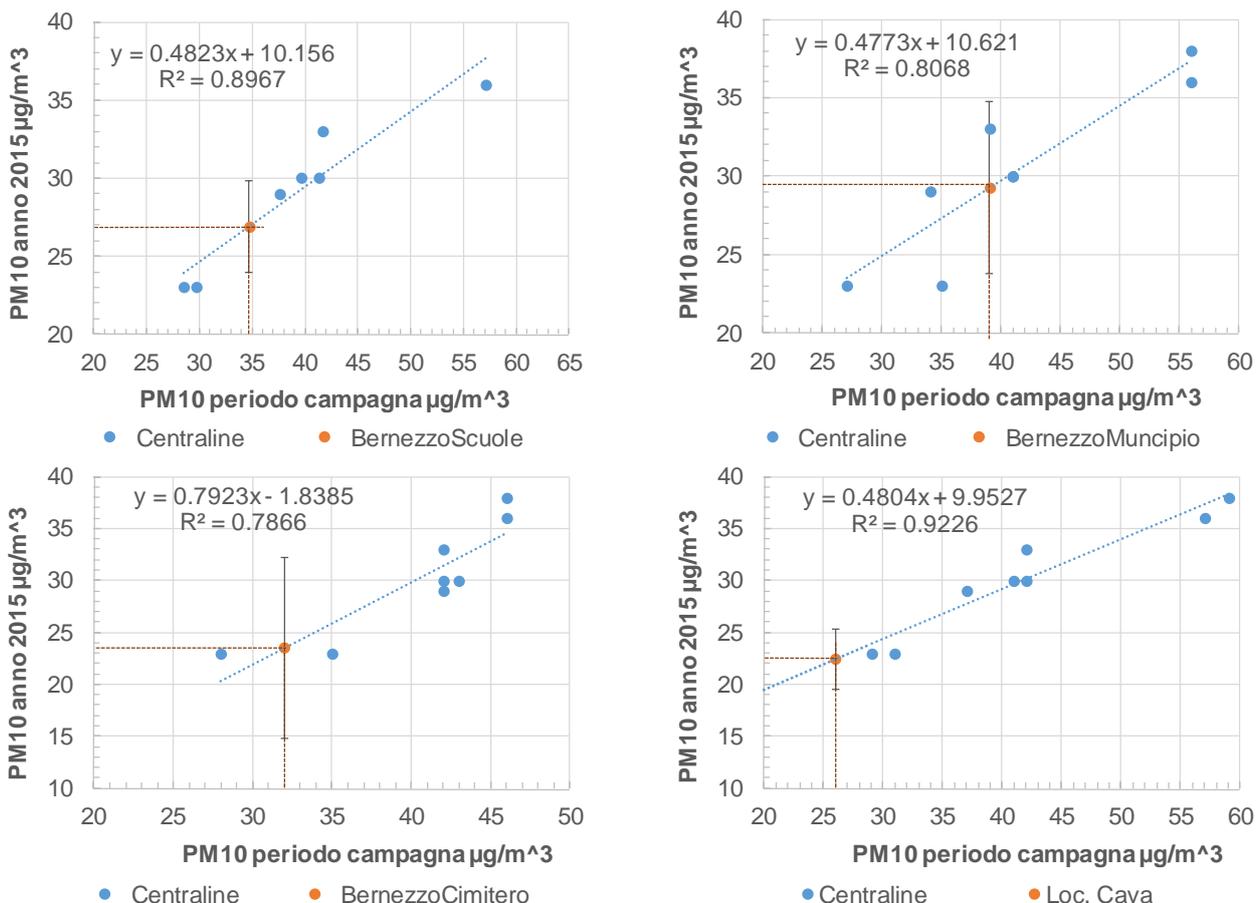


Figura 20) PM₁₀: stima delle concentrazioni medie annuali nei quattro siti di misura di Bernezzo (scuole, Municipio, cimitero e località Cava) mediante regressione lineare tra le concentrazioni misurate dalle centraline fisse durante i periodi delle tre campagne e le medie dell'anno 2015.

¹⁰ Concentrazioni misurate nelle stazioni fuori provincia (µg/m³)

	21ott÷21dic	22dic÷25gen	26gen÷25feb	21ott÷29feb	Anno 2015
Lingotto (FU)	60	56	46	59	38
Rubino (FU)	57	56	46	57	36
Vinchio (FR)	40	41	42	41	30

Tali valori indicano il rispetto del limite normativo sulla media annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e possono essere confrontati con le medie dei valori misurati presso le stazioni fisse della provincia nel 2015:

	Cuneo (FU)	Alba (FU)	Bra (TU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)
Media anno 2015 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23	30	33	29	23

Tabella 8) PM_{10} : concentrazioni medie dell'anno 2015 per le centraline della provincia di Cuneo.

Complessivamente, valutando tutti i risultati riportati nelle tabelle precedenti, i valori di PM_{10} misurati nel sito di località Cava risultano inferiori a quelli ottenuti in tutte le stazioni della rete provinciale e pertanto confermano una situazione consona ad una postazione di fondo rurale della zona pedemontana cuneese.

I valori misurati presso il sito del cimitero di Bernezzo sono confrontabili con quelli registrati dalla stazione di fondo urbano di Cuneo.

I risultati ottenuti presso le scuole di Bernezzo risultano superiori a quelli misurati presso la stazione di fondo urbano di Cuneo e prossimi a quelli ottenuti presso la stazione di Mondovì, caratterizzata da livelli più elevati di PM_{10} a causa della posizione a ridosso di una strada percorsa da un intenso traffico anche di tipo pesante.

I livelli misurati nel sito del Municipio, sia in termini di concentrazione media che numero di superamenti, sono prossimi a quelli misurati presso le centraline di Alba e Bra che, per la loro collocazione geografica, risentono maggiormente dell'inquinamento di fondo del bacino padano e per le quali il superamento, anche nel 2015, del limite stabilito per le concentrazioni giornaliere conferma una situazione di criticità per il PM_{10} .

I dati di PM_{10} acquisiti con cadenza oraria dal nefelometro del laboratorio mobile hanno permesso di elaborare i giorni medi per le tre campagne di monitoraggio di Bernezzo che, nei grafici della figura 21, sono confrontati con quelli ottenuti dai dati misurati in contemporanea dalla stazione di Cuneo. Siccome le tecniche di misura sono differenti (nefelometrica sul laboratorio mobile e attenuazione beta nella centralina di Cuneo) è più rilevante ed affidabile confrontare, tra le due stazioni di misura, gli andamenti piuttosto che i valori delle concentrazioni.

Mentre la crescita delle concentrazioni di PM_{10} a Cuneo avviene in modo piuttosto graduale nel corso delle ore diurne, quando sono maggiormente presenti le attività antropiche (comportamento che può essere spiegato con i tempi necessari alla formazione della frazione "secondaria" del particolato che generalmente ne costituisce la parte preponderante e si origina in atmosfera dalla trasformazione di precursori quali NO_x , VOC, NH_3), nei due siti dell'abitato di Bernezzo, dopo il minimo centrato intorno alle ore 6, le concentrazioni subiscono una rapidissima crescita raggiungendo un primo massimo intorno alle ore 10-11, che nel sito del Municipio è superiore a quello serale, per decrescere fino alle ore 13-14 e quindi tornare nuovamente a crescere rapidamente per raggiungere un secondo massimo intorno alle ore 19. Tali rapide variazioni sono indice di sorgenti locali di particolato "primario" (emesso cioè in atmosfera direttamente come particolato).

Nel sito del cimitero, sebbene sia presente un picco nelle ore centrali del mattino, la variazione nelle ore delle concentrazioni è molto più contenuta.

La minore ampiezza dell'intervallo di confidenza al 95%, rappresentato dalla fascia colorata, per il sito delle scuole di Bernezzo è dovuta alla maggior durata della campagna, quindi alla maggior numerosità del campione di dati.

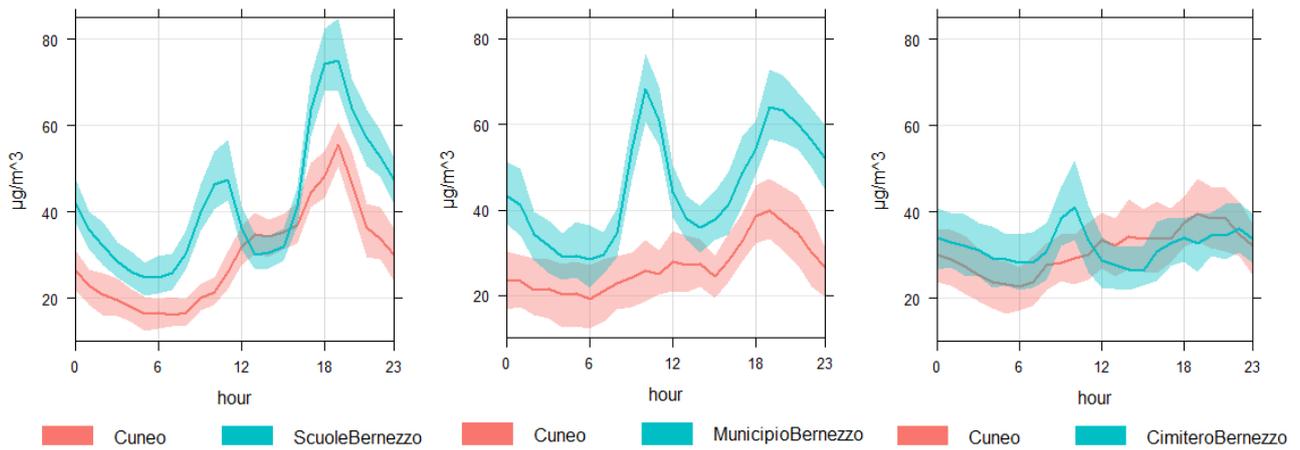


Figura 21) PM₁₀: giorni medi delle campagne nei tre siti di Bernezzo confrontati con quelli della centralina fissa di Cuneo (periodi: scuole 20 ottobre ÷ 22 dicembre '15; Municipio 22 dicembre ÷ 26 gennaio '16; cimitero 26 gennaio ÷ 26 febbraio '16).

METALLI ED IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Per tutti i campioni di polveri acquisiti nei diversi siti monitorati di Bernezzo, dopo la misura gravimetrica della concentrazione di PM₁₀, si è proceduto alla determinazione in laboratorio delle concentrazioni di metalli ed Idrocarburi Policiclici Aromatici (nel seguito IPA) presenti nel particolato campionato.

Per motivi di limiti di quantificazione delle tecniche analitiche, i campioni sono stati aggregati a gruppi di cinque (sei in tre casi), pertanto le concentrazioni sono state determinate con risoluzione temporale di cinque o sei giorni. Sui 56 campioni così ottenuti il Laboratorio del Dipartimento territoriale di Torino, sede di Grugliasco, ha eseguito determinazioni per 7 tipologie differenti di IPA e 13 metalli, per un totale di 1120 determinazioni.

I risultati di tutte le concentrazioni ottenute sono riportate nella tabella 9 per gli IPA e nella tabella 10 per i metalli. Le concentrazioni presenti in alcuni campioni, indicate nelle tabelle con colore verde ed in corsivo, sono inferiori o prossime¹¹ al limite di rilevabilità del metodo analitico (LCL). In particolare per Cobalto, Selenio e Vanadio tutti i campioni hanno avuto concentrazioni non quantificabili, per Arsenico e Cadmio solo uno dei 56 campioni ha avuto concentrazioni quantificabili ma prossime comunque al limite di rilevabilità, e per i pochi campioni di Nichel, Antimonio e Titanio per i quali è stata possibile la quantificazione le concentrazioni sono risultati compatibili con i dati misurati dalle centraline fisse.

Per ciascuno degli IPA determinati e per i cinque metalli presenti in concentrazioni rilevabili in tutto il periodo di campionamento (Piombo, Cromo, Rame, Zinco e Manganese) nelle figure 22÷33 sono rappresentati e confrontati tutti i valori dei siti di Bernezzo.

Mentre per i metalli le differenze tra i siti dell'abitato e quello di località Cava sono contenute, le concentrazioni di tutti gli IPA presenti nei campioni del centro abitato di Bernezzo sono risultate nettamente superiori, anche di un ordine di grandezza, rispetto a quelle misurate in località Cava.

Gli andamenti nel tempo delle concentrazioni delle diverse molecole di IPA nei siti campionati dal laboratorio mobile appaiono molto simili fra loro (si discosta leggermente il Pirene) e, in effetti, i coefficienti di correlazione con il benzo(a)pirene sono molto elevati per tutti gli IPA determinati (coefficiente $R \geq 0.98$), solamente per il Pirene è più basso ($R=0.77$), ma ancora statisticamente significativo. Tali forti correlazioni sono indice di un'origine comune.

La norma vigente per la qualità dell'aria stabilisce per Arsenico, Cadmio, Nichel e Benzo(a)pirene dei valori obiettivo ed un valore limite per il Piombo, riferiti al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolati come media su un anno civile. Pertanto, soltanto per queste sostanze, e solamente su base mensile, la determinazione è costantemente eseguita per le centraline della rete fissa della qualità dell'aria dove il campionamento del PM₁₀ viene effettuato. Degli altri metalli, quali Cobalto, Cromo, Rame, Selenio, Vanadio, Zinco, Antimonio, Manganese e Titanio si è iniziata negli ultimi anni, a scopo di studio, la determinazione per un numero limitato di centraline. In modo analogo la determinazione degli IPA è stata estesa alle molecole che sono state indagate anche per i siti di Bernezzo, solamente negli ultimi due anni, ma per tutte le centraline fisse¹².

Per poter eseguire un confronto con i dati della rete fissa, disponibili solo come medie mensili, le concentrazioni di metalli e IPA ottenute nei siti di Bernezzo sono state mediate sui mesi di misura. Nei grafici delle figure 34÷45 sono riportati i valori delle concentrazioni medie delle diverse molecole rilevate a Bernezzo e presso le stazioni della rete fissa per i mesi di novembre ÷ febbraio.

¹¹ Massa campione < LCL/2 + bianco

¹² I risultati di tutti questi composti riportati nel seguito sono preliminari e non ancora validati

Per quanto riguarda gli IPA, i livelli riscontrati nel sito di località Cava sono nettamente inferiori ai livelli rilevati nei siti delle centraline fisse, mentre per i siti dell'abitato di Bernezzo i livelli sono tra i più elevati riscontrati nella provincia, e confrontabili con quelli di Saliceto, sito in cui anche nel 2015 è stato superato il valore obiettivo stabilito dalla normativa per il benzo(a)pirene, verosimilmente a causa del diffuso uso della legna negli impianti di riscaldamento.

Mediamente le concentrazioni sono risultate più elevate nei mesi di dicembre e gennaio, ciò può essere determinato dalle peggiori caratteristiche dispersive che l'atmosfera presenta nei mesi più freddi dell'anno ed in particolare alla minore altezza dello strato di rimescolamento.

Per quanto riguarda i metalli, il confronto con i dati delle centraline, permette di affermare che i valori riscontrati nei siti di Bernezzo sono confrontabili, e per lo più inferiori, alle concentrazioni presenti in provincia. Solamente per il Cromo si evidenziano livelli nettamente superiori a quelli delle centraline fisse.

	Benzo(a)pirene (ng/m ³)			Indeno(1,2,3-cd)pirene (ng/m ³)			Crisene (ng/m ³)			Pirene (ng/m ³)			Benzo(g,h,i)perilene (ng/m ³)			Benzo(a)antracene (ng/m ³)			Benzo(b+j+k)fluorantene (ng/m ³)			
	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	
21-25ott15	0.7	0.1		0.7	0.2		0.5	0.2		0.2	0.0		0.7	0.2		0.4	0.1		1.9	0.4		
26-31ott15	0.9	0.1		0.9	0.1		0.7	0.1		0.2	0.0		0.8	0.1		0.5	0.0		2.4	0.3		
1-5nov15	1.0	0.1		1.0	0.2		0.9	0.1		0.3	0.1		0.9	0.1		0.7	0.0		2.2	0.3		
6-10nov15	1.7	0.1		1.5	0.1		1.5	0.1		0.5	0.1		1.3	0.1		1.1	0.0		3.6	0.2		
11-15nov15	1.2	0.1		1.2	0.2		1.1	0.2		0.3	0.1		1.0	0.2		0.7	0.1		2.8	0.3		
16-20nov15	2.0	0.5		1.7	0.6		1.5	0.5		0.7	0.2		1.7	0.5		1.3	0.3		4.2	1.1		
21-25nov15	1.6	0.3		1.4	0.3		1.6	0.2		0.9	0.2		1.4	0.3		1.5	0.2		3.5	0.7		
26-30nov15	2.9	0.2		2.4	0.3		3.1	0.4		1.2	0.4		2.3	0.3		2.7	0.5		6.3	0.7		
1-5dic15	2.6	0.3		2.3	0.4		3.2	0.4		1.4	0.3		2.4	0.4		2.7	0.2		5.9	1.0		
6-10dic15	2.4	0.2		2.2	0.3		3.1	0.3		1.4	0.2		2.1	0.3		2.3	0.2		5.5	0.7		
11-15dic15	2.3	0.1		2.2	0.2		3.0	0.2		1.0	0.2		2.1	0.2		2.2	0.1		5.5	0.5		
16-21dic15	2.2	0.1		2.1	0.2		2.3	0.2		0.8	0.2		2.1	0.2		1.8	0.1		5.0	0.5		
22-26dic15	3.3	0.1		2.9	0.2		3.3	0.2		0.9	0.2		3.0	0.2		2.7	0.1		6.8	0.5		
27-31dic15	3.7	0.3		3.3	0.4		3.9	0.4		0.8	0.2		3.3	0.4		3.2	0.2		7.6	0.9		
1-6gen16	2.7	0.3		2.4	0.6		2.7	0.5		1.8	0.3		2.5	0.6		1.9	0.3		5.7	1.1		
7-11gen16	1.9	0.3		2.0	0.5		2.2	0.3		2.5	0.2		2.1	0.4		1.9	0.2		4.4	0.9		
12-16gen16	4.7	0.1		4.0	0.1		5.5	0.2		4.5	0.3		4.3	0.1		4.8	0.1		8.5	0.3		
17-21gen16	4.7	0.3		4.7	0.4		5.6	0.5		4.9	0.5		4.9	0.4		4.9	0.3		10.7	0.8		
22-26gen16	3.1	0.3		2.9	0.4		4.2	0.5		4.2	0.7		3.0	0.4		3.2	0.2		7.0	1.0		
27-31gen16	0.4	0.1		0.7	0.3		0.7	0.2		1.1	0.2		0.7	0.2		0.4	0.1		1.3	0.5		
1-5feb16	0.5	0.2	1.2	0.5	0.3	1.1	0.3	0.2	1.3	0.5	0.2	0.9	0.6	0.3	1.3	0.4	0.2	1.7	1.3	0.7	3.2	
6-10feb16	0.6	0.2	1.3	0.6	0.2	1.3	0.4	0.2	1.7	0.3	0.1	0.8	0.8	0.2	1.3	0.5	0.2	1.8	1.8	0.7	3.3	
11-15feb16	0.5	0.1	1.0	0.5	0.2	1.1	0.4	0.1	1.2	0.3	0.1	0.4	0.7	0.2	1.2	0.5	0.1	1.5	1.5	0.5	2.8	
16-20feb16	0.3	0.1	0.6	0.3	0.1	0.6	0.2	0.1	0.4	0.2	0.1	0.3	0.4	0.1	0.8	0.3	0.1	0.9	0.9	0.4	1.7	
21-25feb16	0.4	0.2	0.8	0.4	0.2	0.8	0.2	0.1	0.5	0.2	0.1	0.3	0.5	0.2	1.0	0.3	0.1	0.9	1.2	0.6	2.2	
26-29feb16		0.1			0.2			0.1			0.1			0.2			0.1			0.4		

Tabella 9) IPA: concentrazioni rilevate nei filtri campionati dal laboratorio mobile (scuole 21ott-21dic, municipio 22dic-26gen, cimitero 27gen-25feb) e dai campionatori installati presso la località Cava e le scuole.

	Arsenico (ng/m ³)		Cadmio (ng/m ³)		Nichel (ng/m ³)		Piombo (µg/m ³)		Cobalto (ng/m ³)		Cromo (ng/m ³)		Rame (ng/m ³)		Selenio (ng/m ³)		Vanadio (ng/m ³)		Zinco (ng/m ³)		Antimonio (ng/m ³)		Manganese (ng/m ³)		Titanio (ng/m ³)														
	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole	Lab. Mobile	Loc. Cava	Scuole												
21-25ott15	0.7	0.7		0.1	0.1		1.6	1.3		0.004	0.004		0.4	0.4		0.7	0.7		0.7	0.7		14.6	7.5		0.7	0.7		6.4	4.7		1.5	1.5							
26-31ott15	0.6	0.6		0.1	0.1		1.5	0.9		0.002	0.002		0.3	0.3		1.8	1.8		2.1	0.6		0.6	0.6		0.6	0.6		4.5	3.2		1.2	1.2							
1-5nov15	0.9	0.7		0.1	0.1		1.6	0.7		0.003	0.002		0.5	0.4		3.1	0.7		0.9	0.7		0.9	0.7		0.9	1.2		8.7	4.3		1.8	1.5							
6-10nov15	0.7	0.7		0.1	0.1		0.7	0.7		0.002	0.001		0.4	0.4		3.5	0.7		1.3	2.6		0.7	0.7		3.7	2.1		19.0	4.5		1.5	1.5							
11-15nov15	0.7	0.7		0.1	0.1		0.9	1.6		0.005	0.002		0.4	0.4		5.6	3.4		6.1	1.5		0.7	0.7		0.7	0.7		14.6	5.3		1.5	1.5							
16-20nov15	0.7	0.7		0.1	0.1		0.7	0.9		0.005	0.004		0.4	0.4		3.2	5.6		5.9	0.7		0.7	0.7		0.7	0.7		12.4	7.2		1.5	1.5							
21-25nov15	0.9	0.7		0.1	0.1		0.9	0.7		0.002	0.001		0.5	0.4		5.8	5.7		0.9	0.7		0.9	0.7		0.9	0.7		6.4	2.5		1.8	1.5							
26-30nov15	0.7	0.7		0.1	0.1		0.7	0.7		0.002	0.001		0.4	0.4		3.7	7.5		0.7	0.7		0.7	0.7		0.7	0.7		9.2	6.0		1.5	1.5							
1-5dic15	0.7	0.7		0.1	0.1		0.9	0.7		0.005	0.003		0.4	0.4		1.9	0.9		6.9	3.5		0.7	0.7		0.7	0.7		13.5	5.3		1.5	1.5							
6-10dic15	0.7	0.7		0.1	0.1		0.7	0.7		0.003	0.004		0.4	0.4		1.2	2.3		0.7	0.7		0.7	0.7		0.7	0.7		5.6	3.4		1.5	1.5							
11-15dic15	0.8	0.7		0.1	0.1		0.8	0.7		0.004	0.002		0.4	0.4		1.4	3.2		4.5	0.7		0.8	0.7		0.8	0.7		7.0	4.1		1.5	1.5							
16-21dic15	0.6	0.6		0.1	0.1		0.6	3.1		0.003	0.002		0.3	0.3		2.2	6.4		1.2	1.2		0.6	0.6		0.6	0.6		6.2	4.5		1.2	1.2							
22-26dic15	0.7	0.7		0.1	0.1		0.7	0.7		0.004	0.002		0.4	0.4		2.8	5.0		17.0	0.7		0.7	0.7		0.7	0.7		6.4	3.5		1.5	1.5							
27-31dic15	0.7	0.7		0.1	0.1		0.7	0.7		0.004	0.002		0.4	0.4		2.3	8.9		1.0	1.8		0.7	0.7		0.7	0.7		6.4	2.9		1.5	1.5							
1-6gen16	0.6	0.6		0.1	0.1		0.6	0.6		0.003	0.002		0.3	0.3		5.5	3.8		10.9	3.2		0.6	0.6		0.6	0.6		2.9	1.2		1.2	1.2							
7-11gen16	0.7	0.7		0.1	0.1		0.7	0.7		0.003	0.002		0.4	0.4		2.9	6.3		6.1	3.4		0.7	0.7		0.7	0.7		2.5	1.5		1.5	1.5							
12-16gen16	0.7	0.7		0.1	0.1		0.7	0.7		0.002	0.001		0.4	0.4		5.0	7.2		11.0	6.0		0.7	0.7		0.7	0.7		5.6	3.4		1.5	1.5							
17-21gen16	0.7	0.7		0.1	0.1		0.7	0.7		0.005	0.003		0.4	0.4		5.9	7.2		9.5	3.8		0.7	0.7		0.7	0.7		7.6	4.4		2.3	1.5							
22-26gen16	0.9	0.7		0.4	0.1		0.7	0.9		0.007	0.005		0.4	0.4		7.5	9.4		10.6	7.1		0.7	0.7		0.7	0.7		11.7	6.6		3.7	3.1							
27-31gen16	0.7	0.7		0.1	0.1		0.7	0.9		0.005	0.005		0.4	0.4		6.9	8.2		18.3	10.0		0.7	0.7		0.7	0.7		5.9	4.3		1.8	2.5							
1-5feb16	0.7	0.7	0.8	0.1	0.1	0.1	0.7	0.7	0.8	0.003	0.002	0.003	0.4	0.4	0.4	6.3	5.1	6.6	10.5	7.5	9.4	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	12.0	6.5	14.6	0.7	0.7	0.8	5.7	4.5	10.5	1.5	1.5	2.8
6-10feb16	0.7	0.7	0.7	0.1	0.1	0.1	0.7	0.7	0.7	0.003	0.002	0.003	0.4	0.4	0.4	8.8	8.4	8.2	10.3	9.1	7.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	12.0	9.2	16.1	0.7	0.7	0.7	4.0	3.5	5.1	1.5	1.5	1.5
11-15feb16	0.7	0.7	0.7	0.1	0.1	0.1	0.7	0.7	0.7	0.007	0.003	0.003	0.4	0.4	0.4	7.5	7.3	7.5	7.3	15.8	8.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	30.0	8.2	13.0	0.7	0.7	0.7	3.4	1.9	4.2	1.5	1.5	1.5
16-20feb16	0.7	0.7	0.7	0.1	0.1	0.1	0.7	2.9	0.7	0.001	0.001	0.001	0.4	0.4	0.4	8.2	10.3	6.1	6.1	8.8	7.2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	4.2	7.0	3.5	0.7	0.7	0.7	1.9	1.5	2.8	1.5	1.5	1.5
21-25feb16	0.7	0.7	0.7	0.1	0.1	0.1	0.7	0.7	0.7	0.003	0.003	0.003	0.4	0.4	0.3	8.4	11.0	7.7	17.7	10.3	15.4	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	10.5	11.0	12.5	0.7	0.7	0.7	7.3	5.6	7.8	6.3	4.8	6.3
26-29feb16		0.9			0.1			0.9		0.001				0.5		8.3					9.2			0.9			0.9		5.5			0.9		1.8		1.8			

Tabella 10) Metalli: concentrazioni rilevate nei filtri campionati dal laboratorio mobile (scuole 21ott÷21dic, municipio 22dic÷26gen, cimitero 27gen÷25feb) e dai campionatori installati presso la località Cava e le scuole.

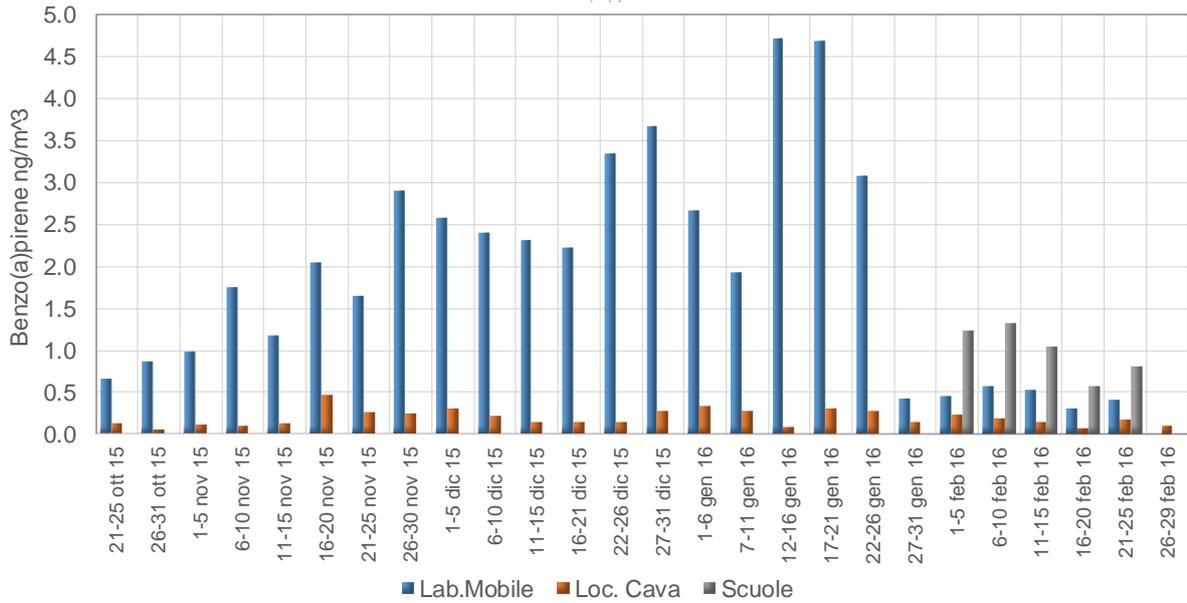


Figura 22) **Benzo(a)pirene**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

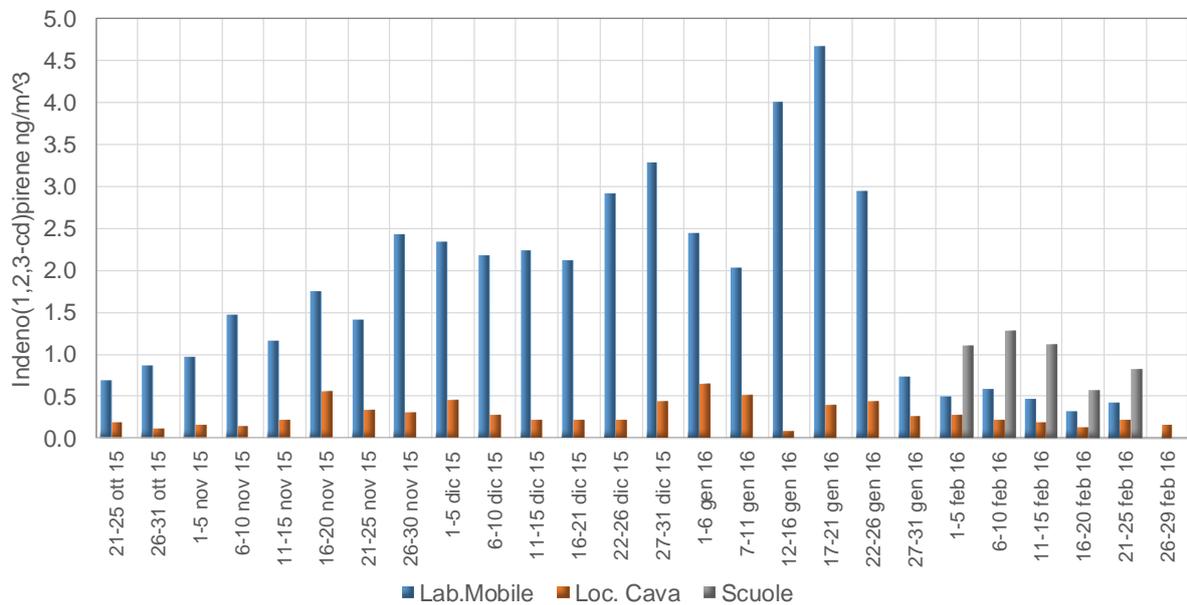


Figura 23) **Indeno(1,2,3-cd)pirene**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

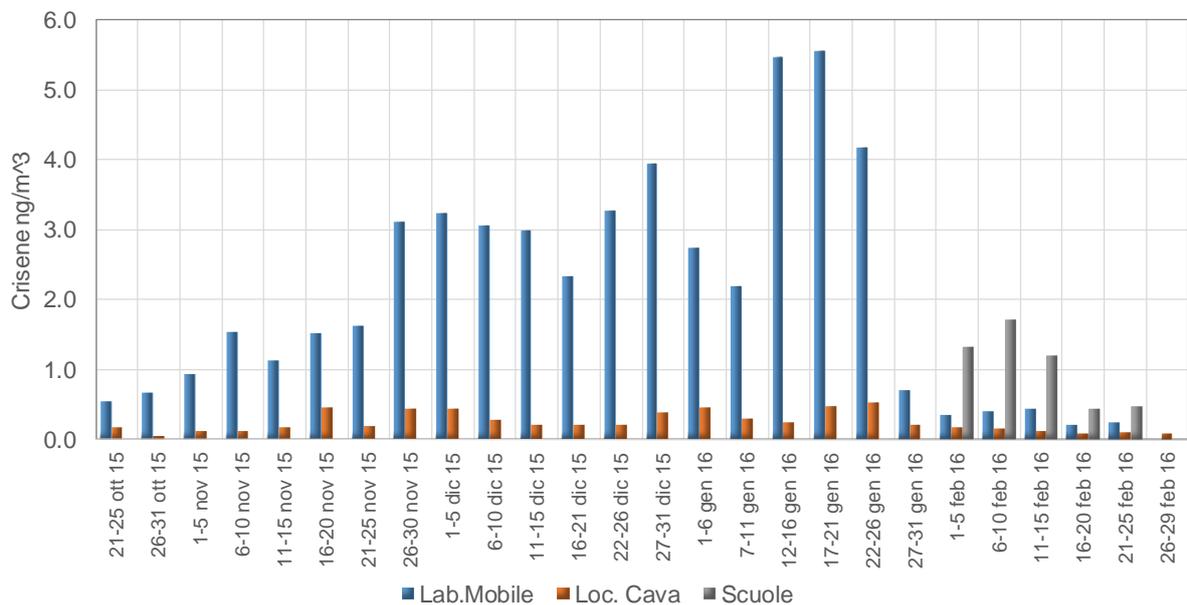


Figura 24) **Crisene**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

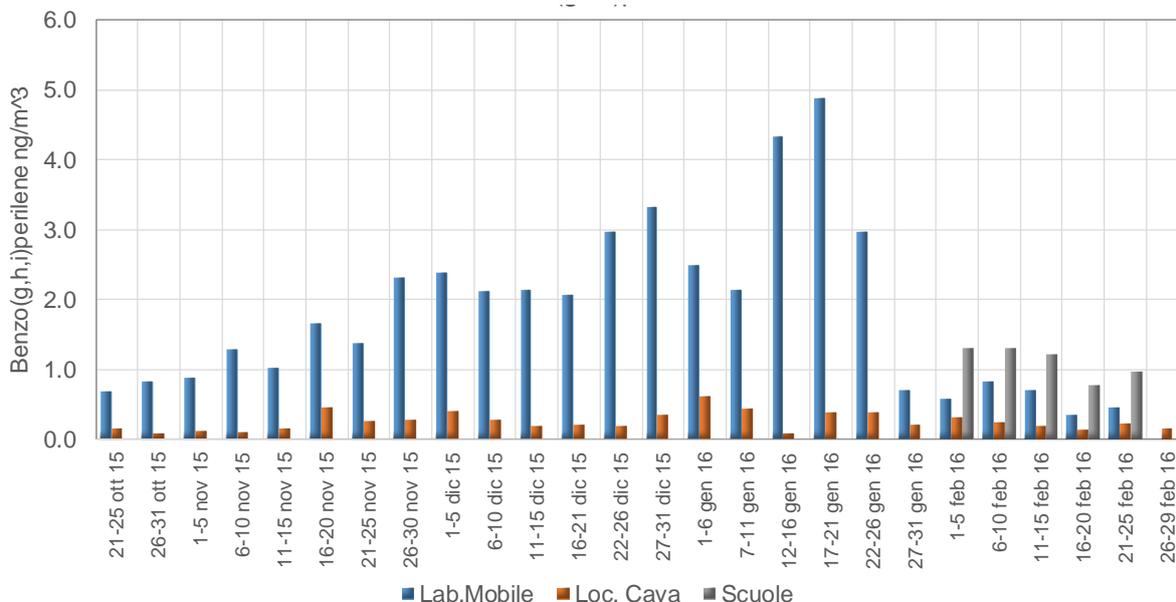


Figura 25) **Benzo(g,h,i)perilene**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

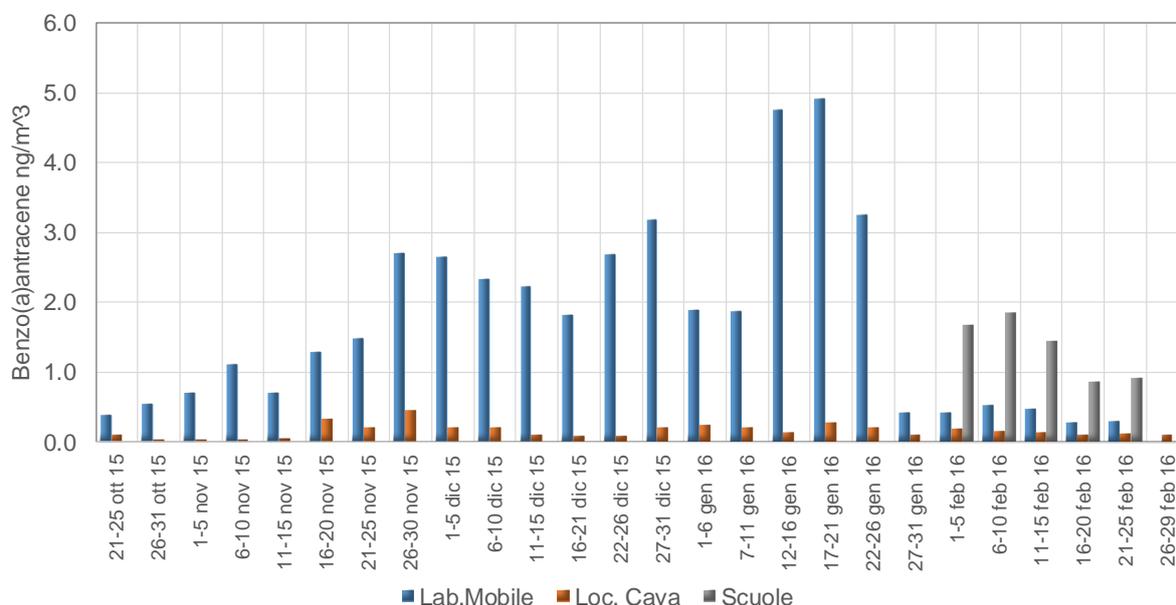


Figura 26) **Benzo(a)antracene**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

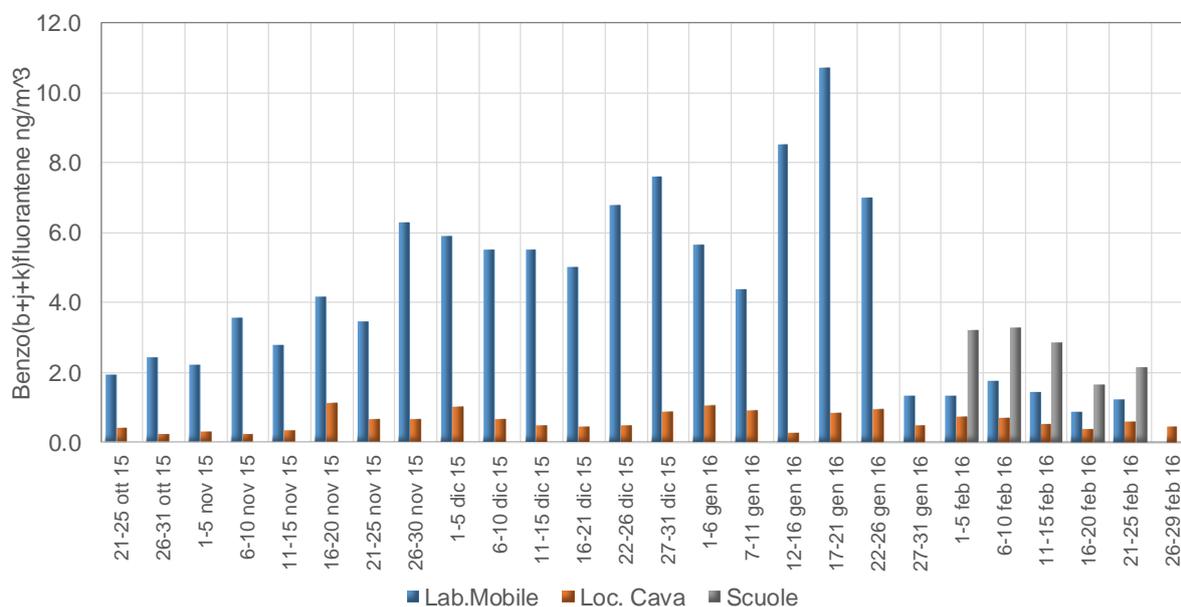


Figura 27) **Benzo(b+j+k)fluorantene**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

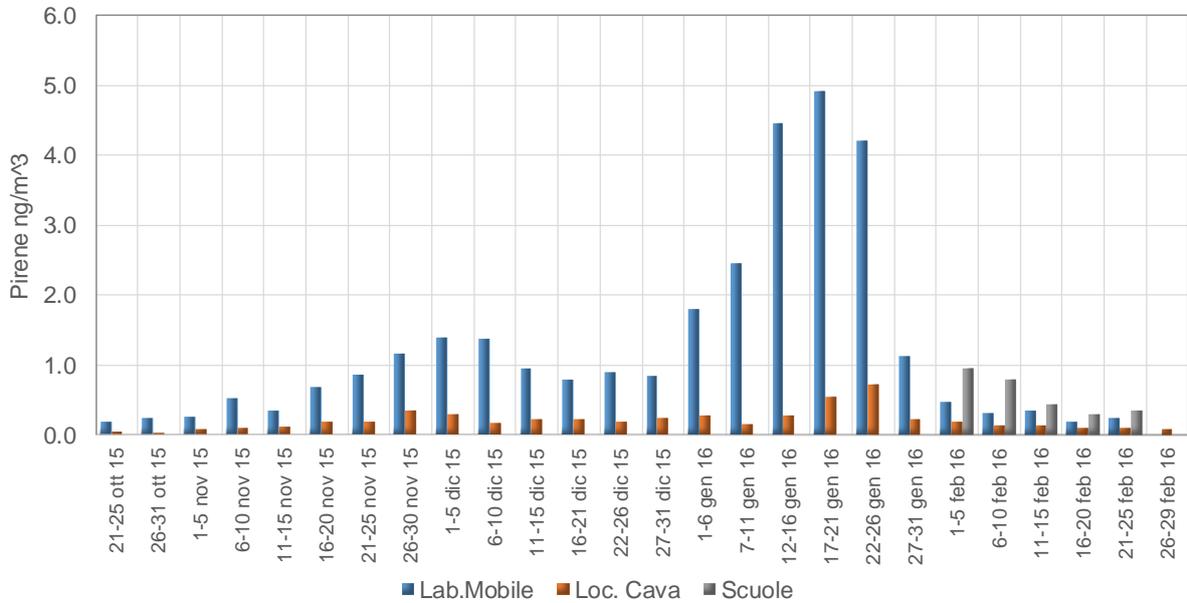


Figura 28) **Pirene**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

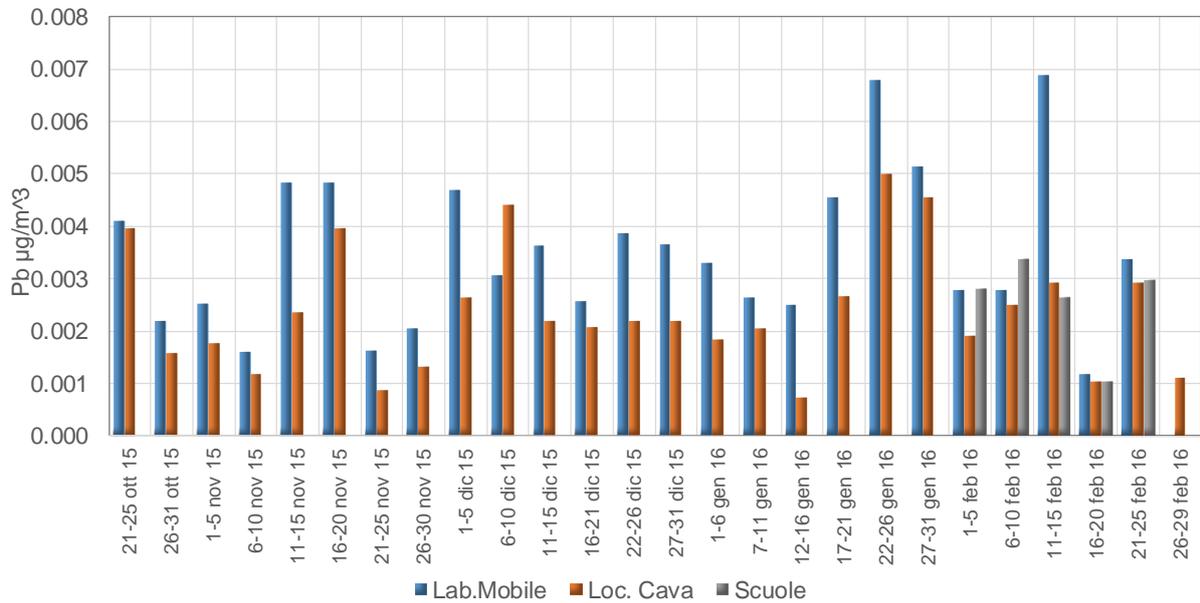


Figura 29) **Piombo**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

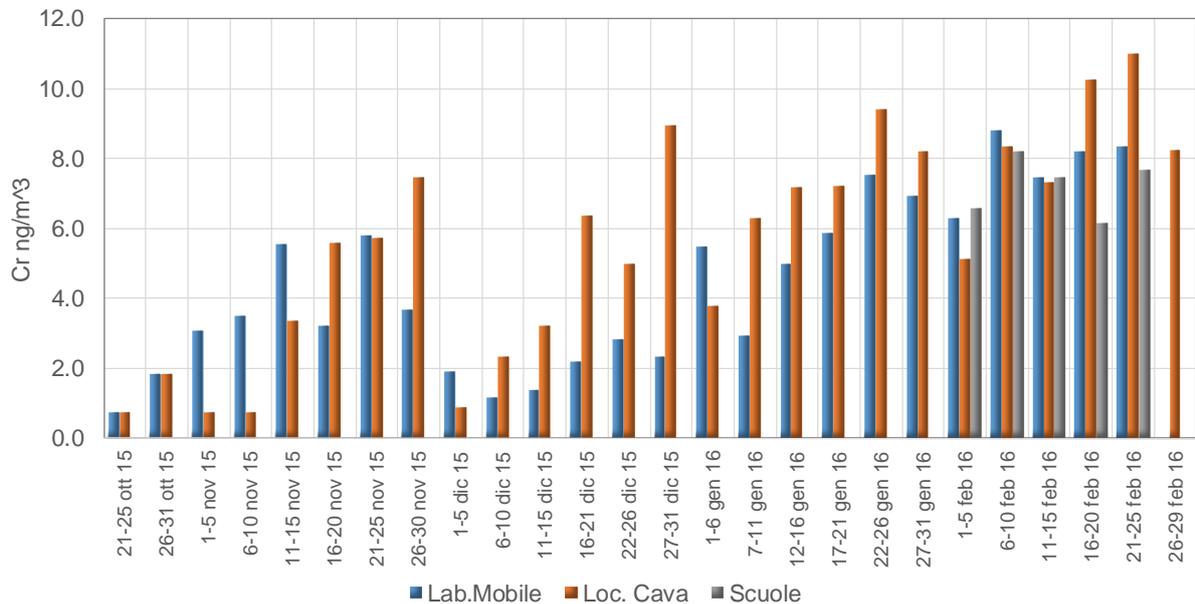


Figura 30) **Cromo**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

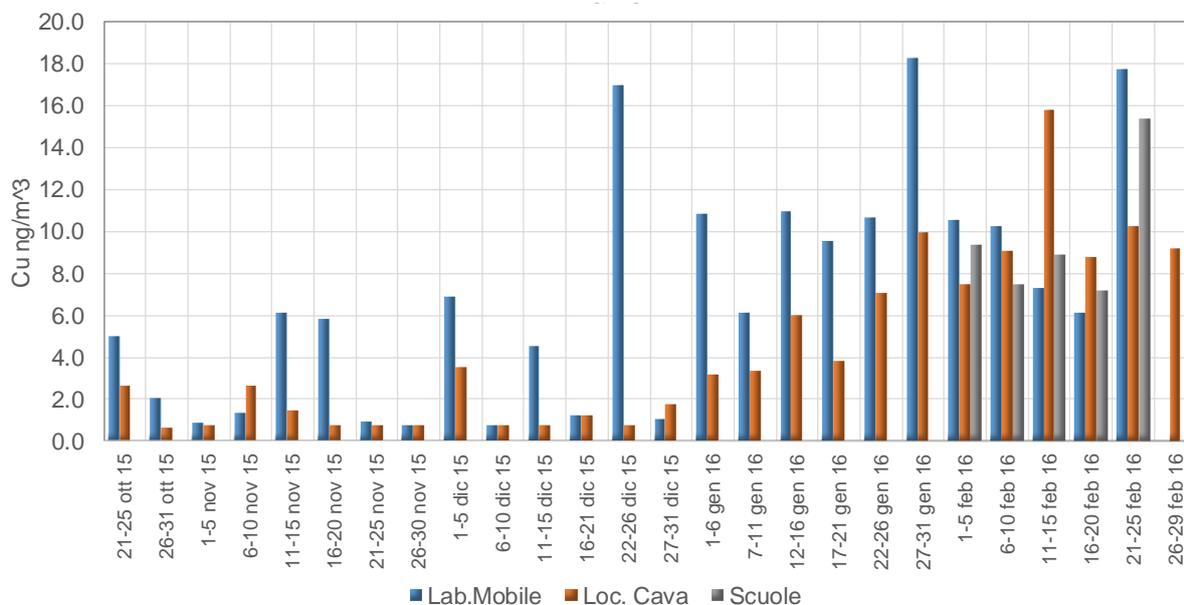


Figura 31) **Rame**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

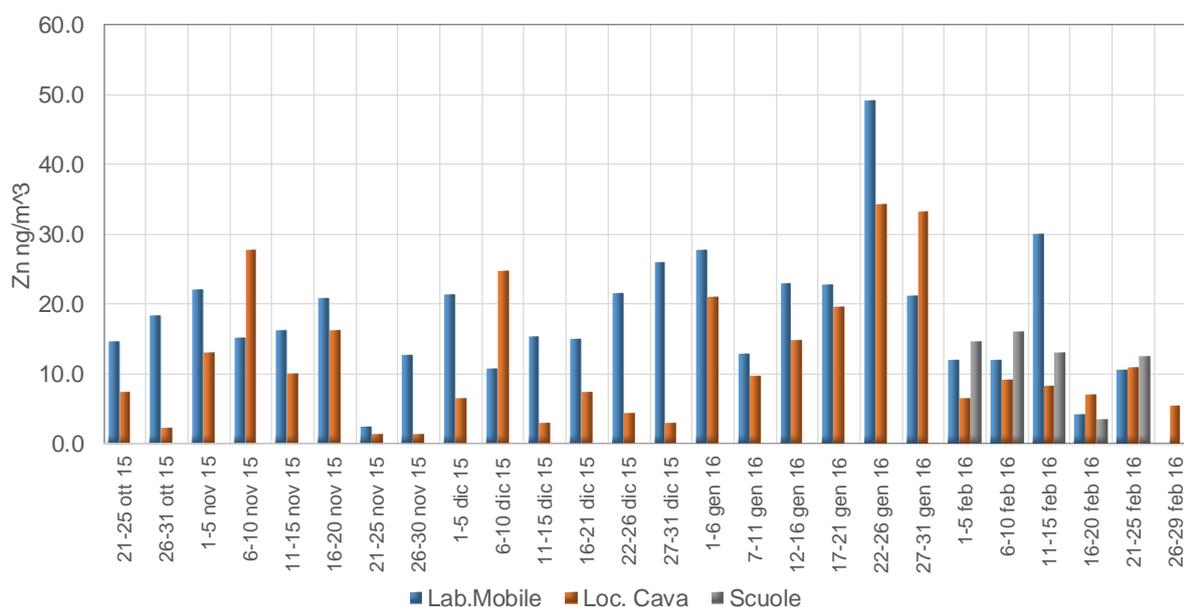


Figura 32) **Zinco**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

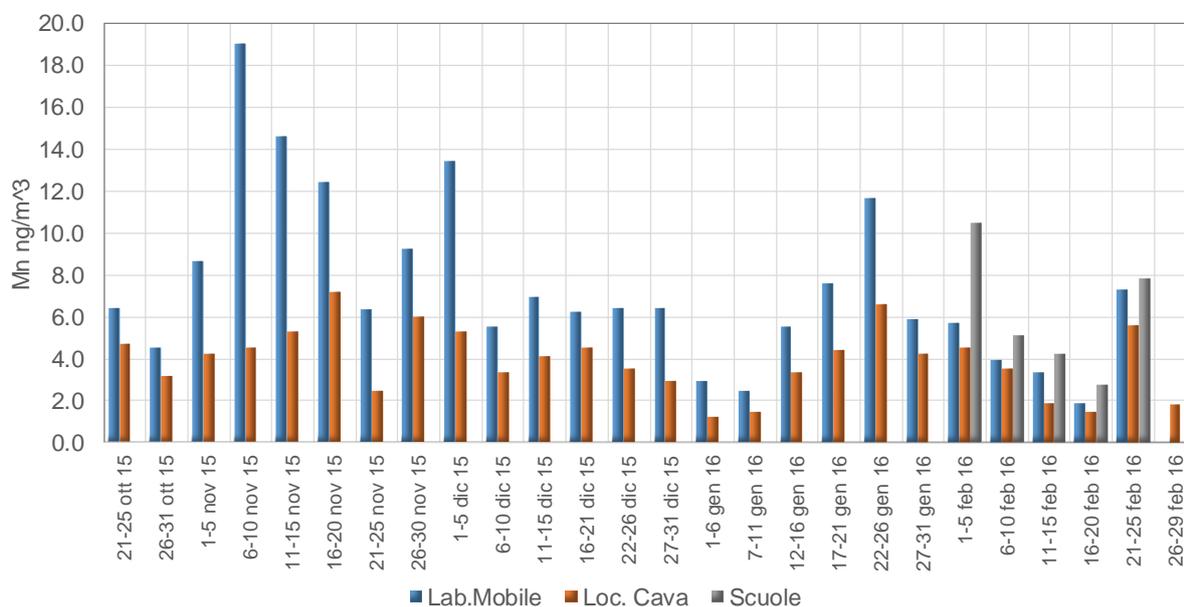


Figura 33) **Manganese**. Confronto tra i valori dei siti di Bernezzo.

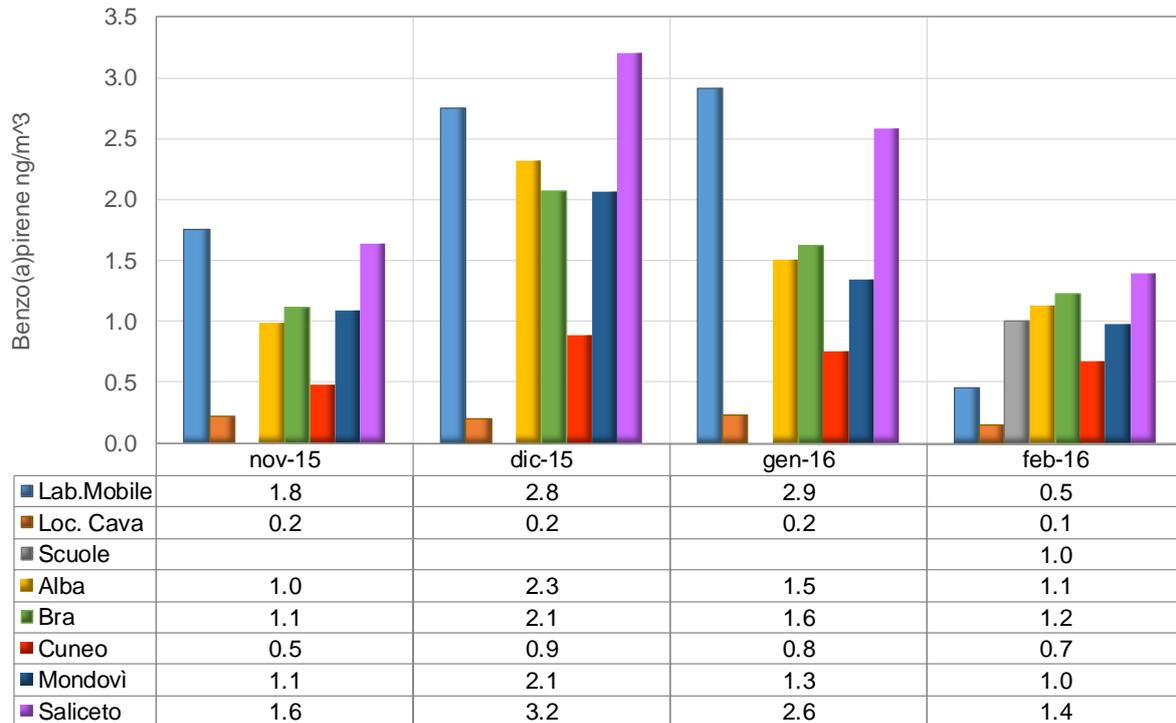


Figura 34) **Benzo(a)pirene**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

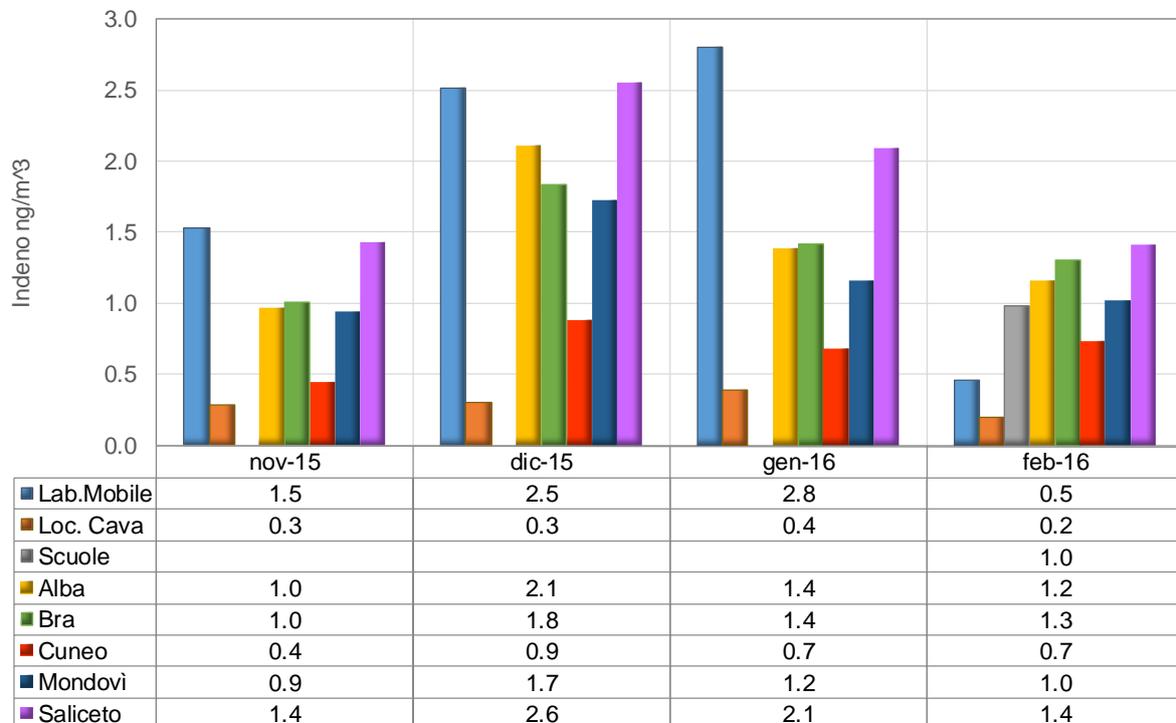


Figura 35) **Indeno(1,2,3-cd)pirene**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

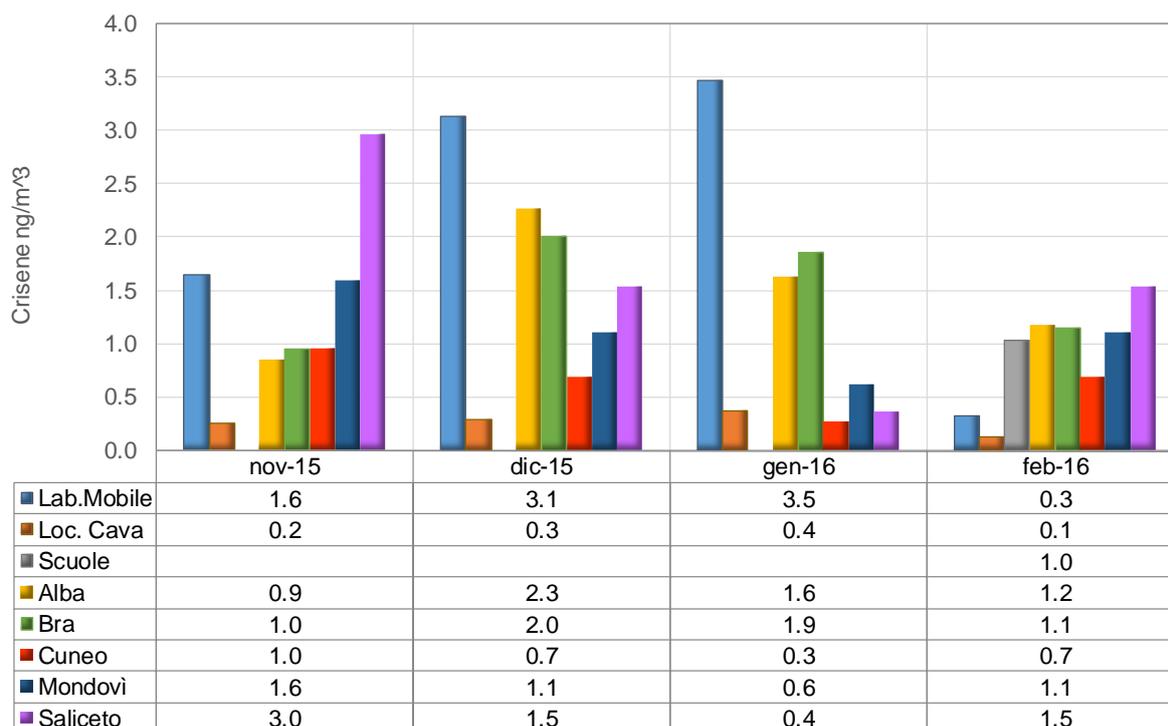


Figura 36) **Crisene**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

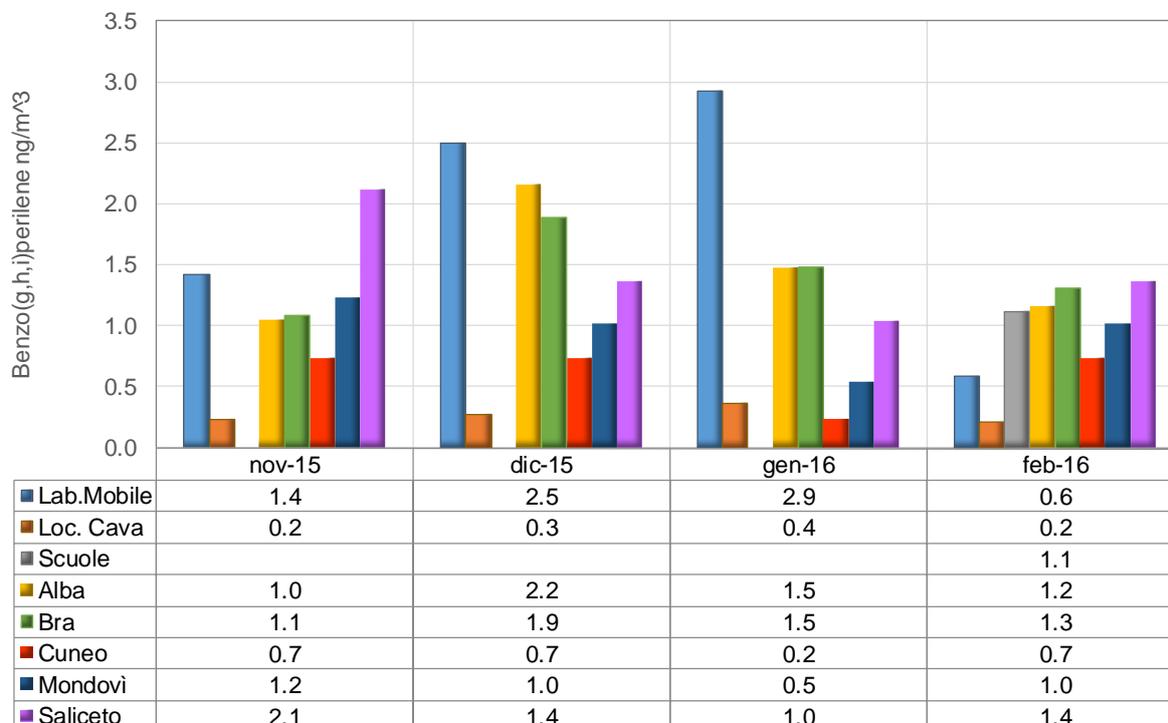


Figura 37) **Benzo(g,h,i)perilene**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

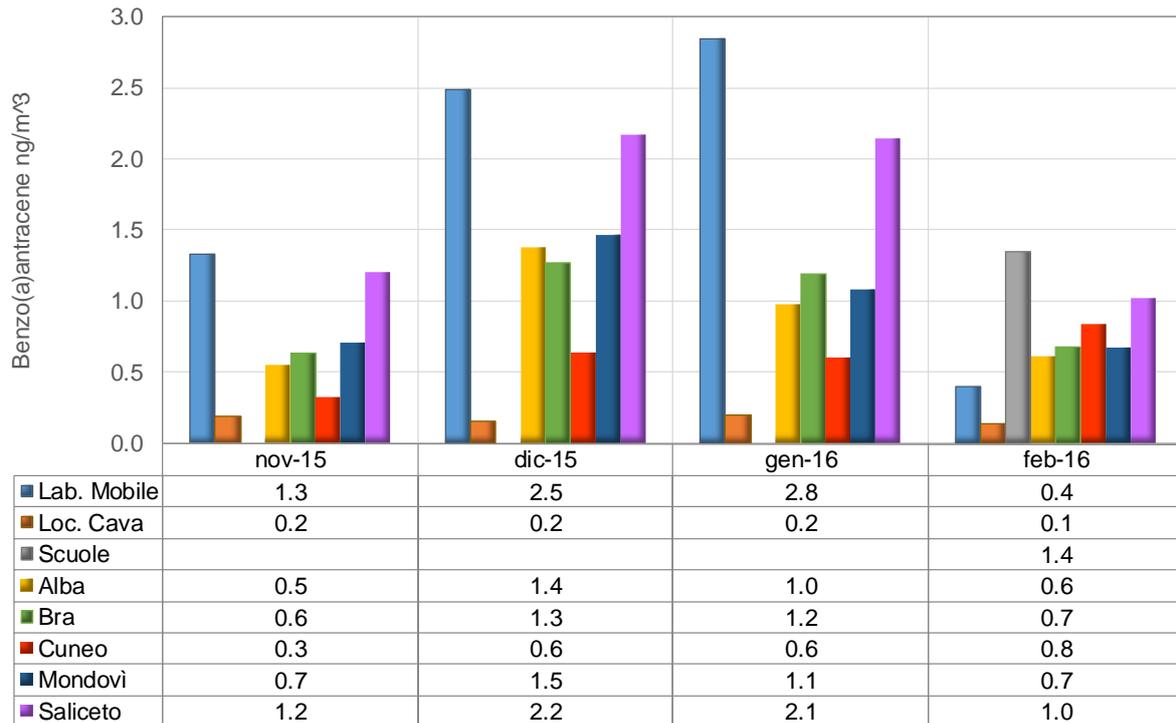


Figura 38) **Benzo(a)antracene**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

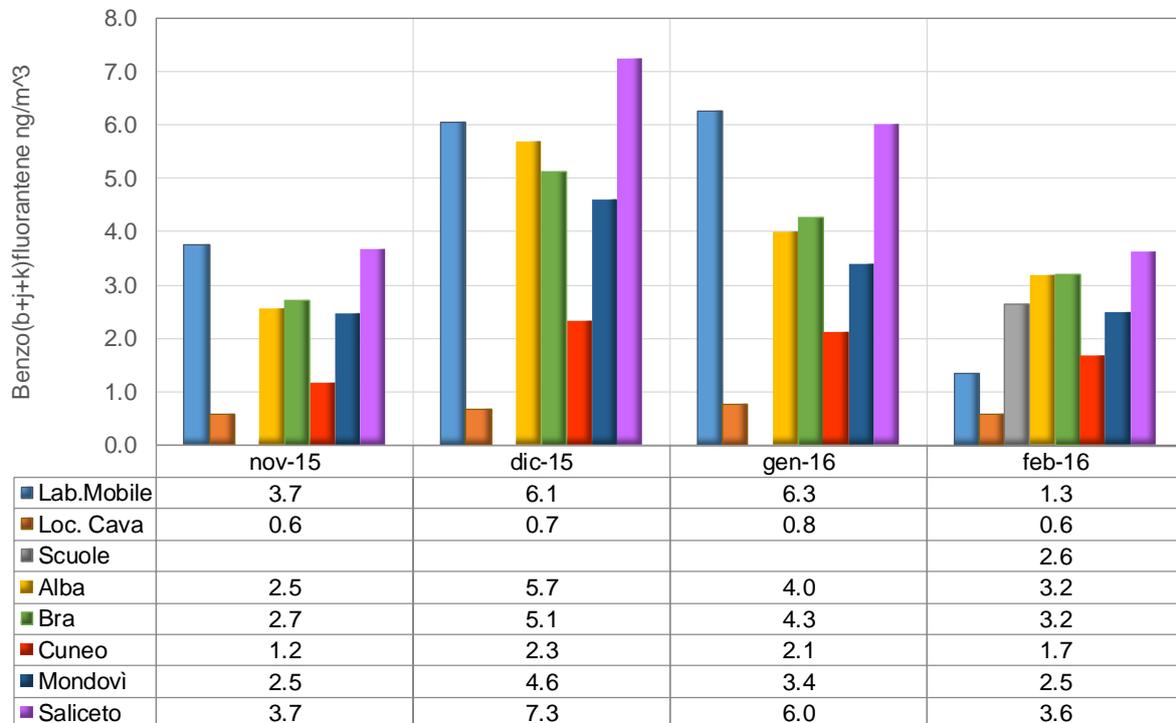


Figura 39) **Benzo(b+j+k)fluorantene**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

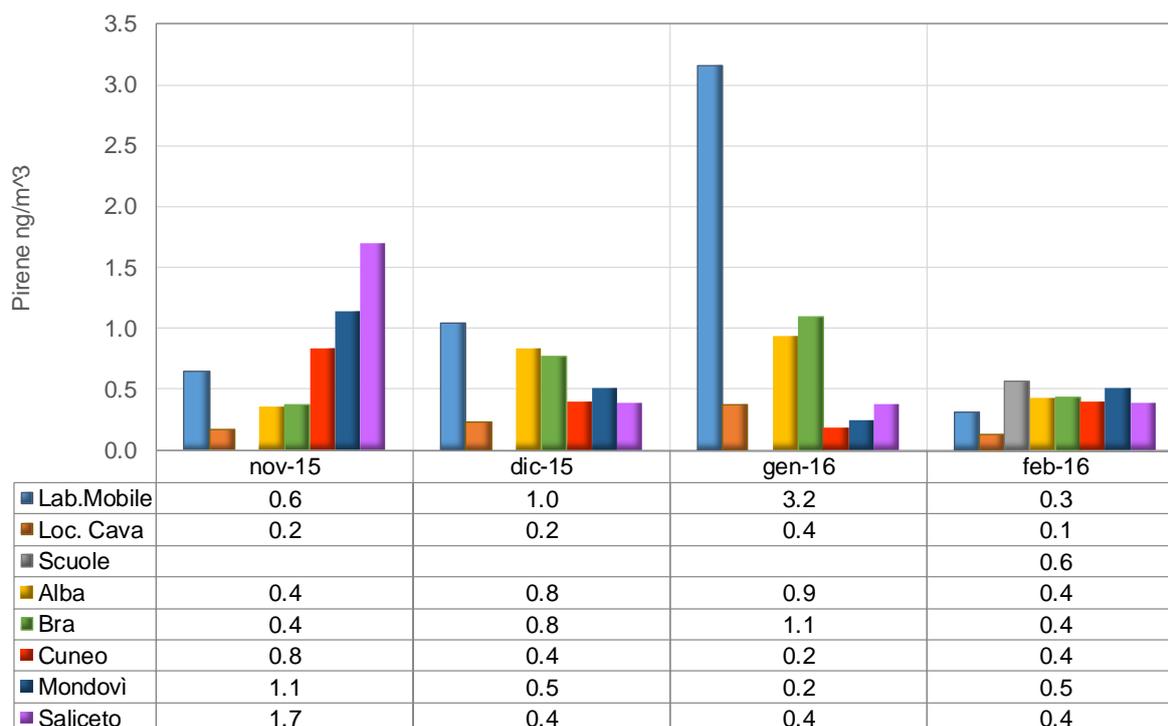


Figura 40) **Pirene**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

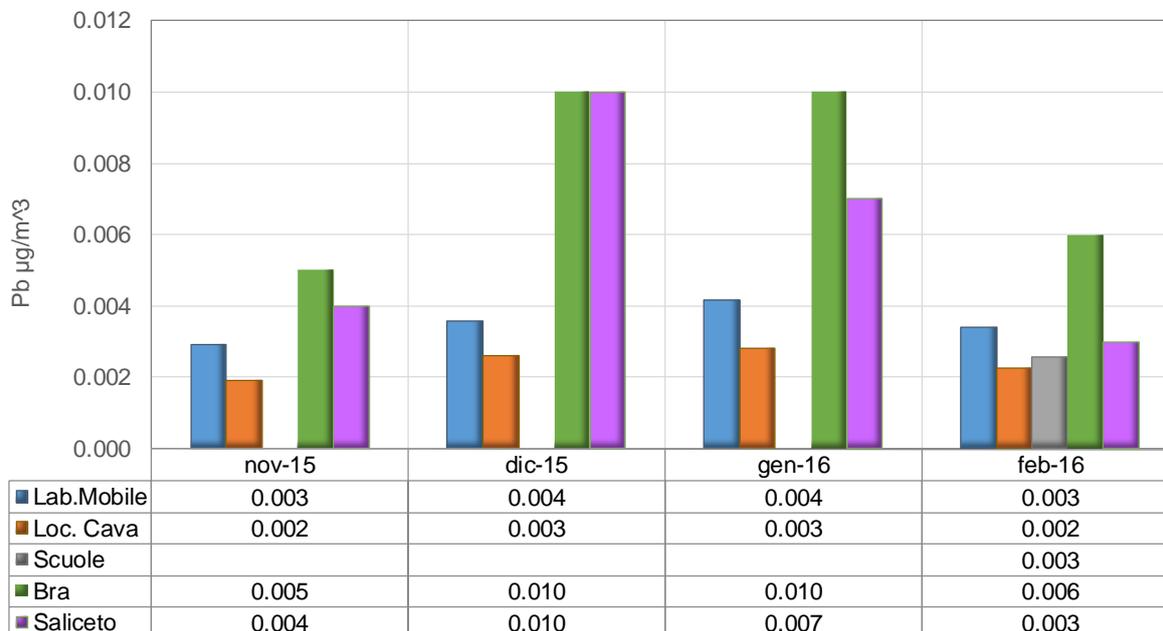


Figura 41) **Piombo**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

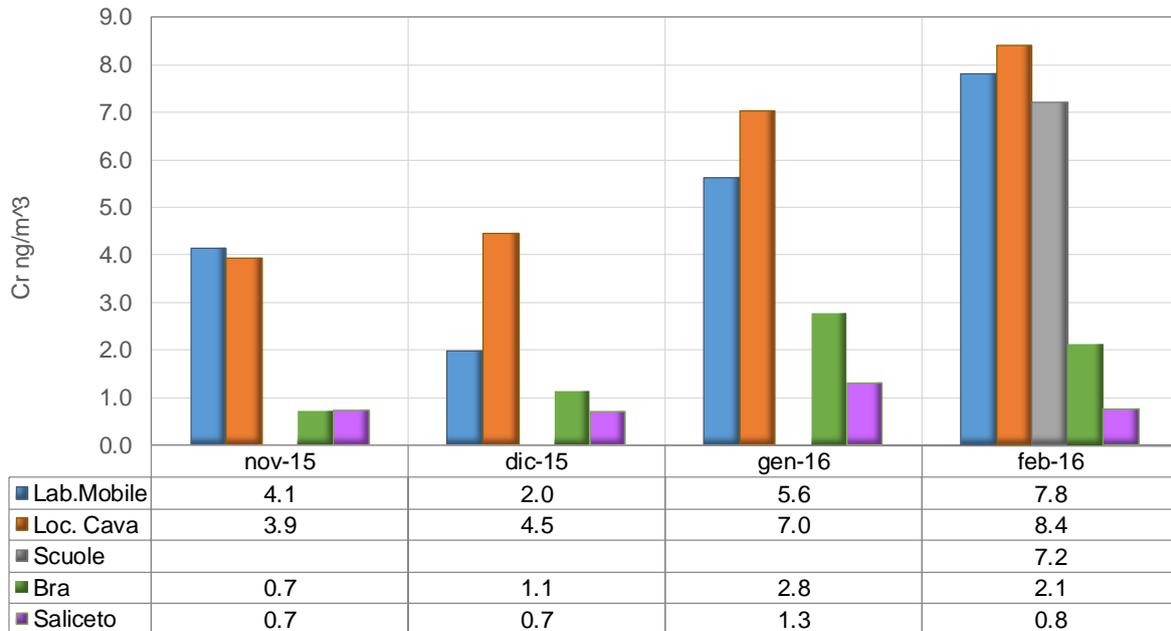


Figura 42) **Cromo**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

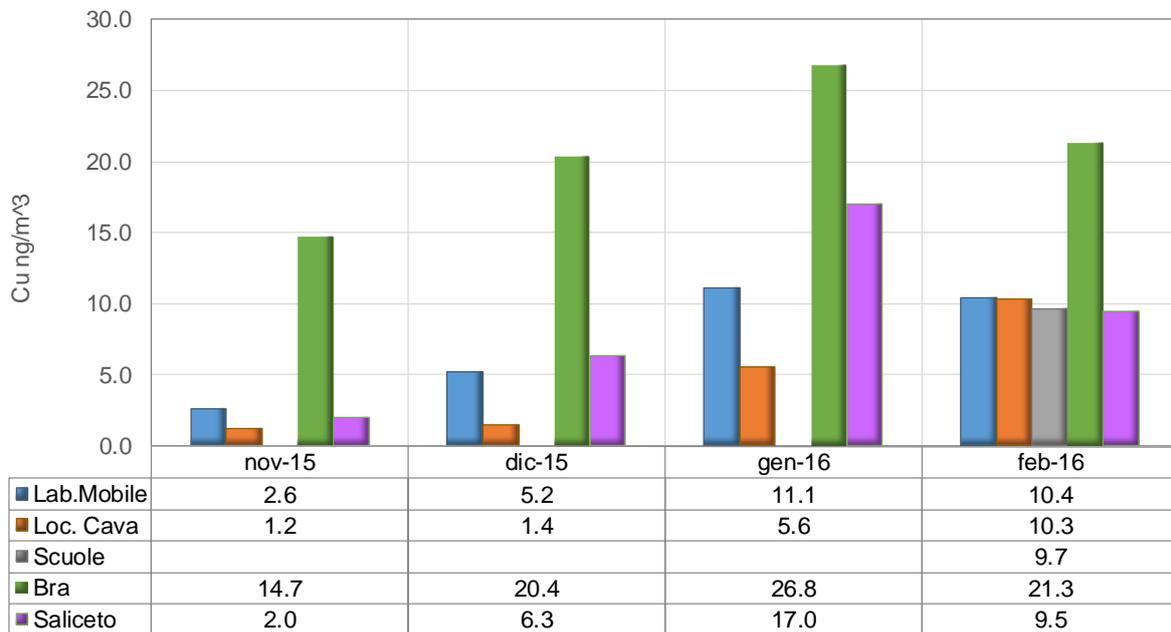


Figura 43) **Rame**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

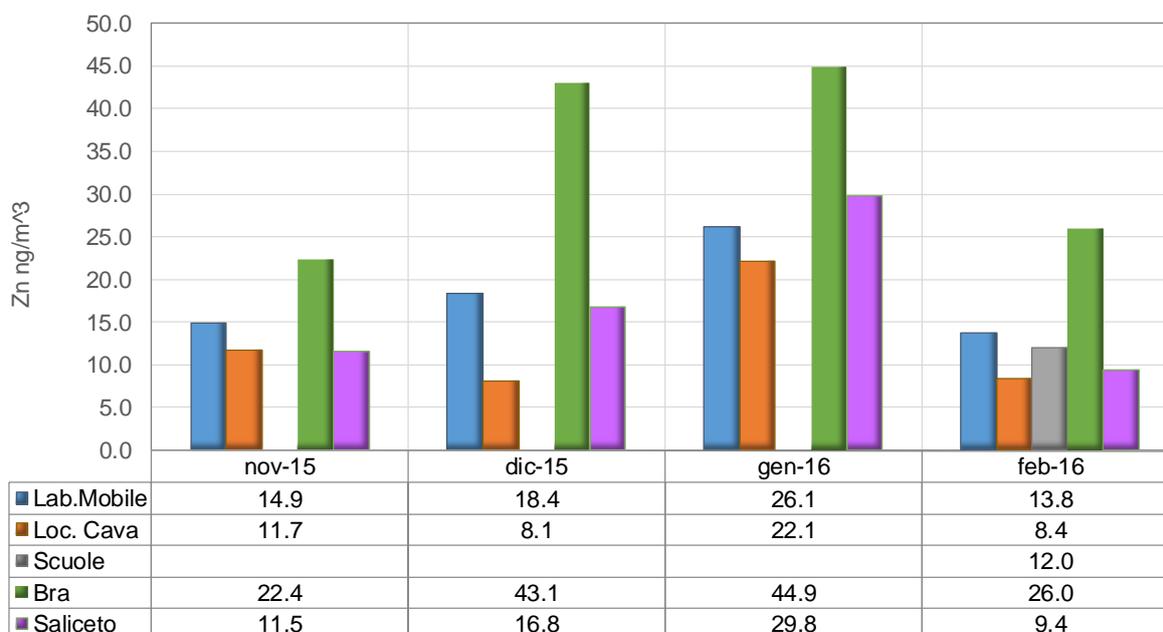


Figura 44) **Zinco**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

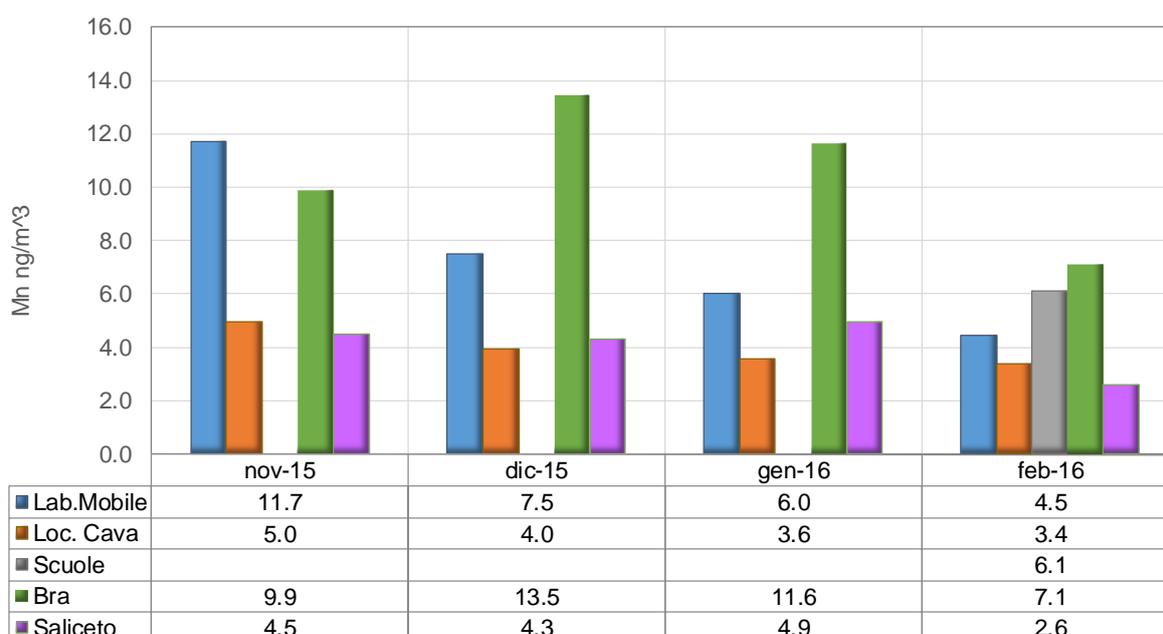


Figura 45) **Manganese**: Confronto delle medie mensili misurate nei siti di Bernezzo e presso le centraline fisse.

Nelle tabelle 11 e 12 sono riportate le medie complessive delle concentrazioni ottenute nei quattro siti campionati del comune di Bernezzo. Sono indicati i valori obiettivo, stabiliti dalla normativa come medie su anno civile, per Arsenico, Cadmio, Nichel e benzo(a)pirene ed il valore limite per il Piombo.

Come detto in precedenza, tra i metalli solamente il Cromo presenta concentrazioni "anomali" nel confronto con i dati della rete delle centraline.

Sebbene il Rame sia stato riscontrato in concentrazioni confrontabili con quelle delle centraline, sono presenti correlazioni statisticamente significative tra i dati di Cromo e Rame in tutti i siti campionati. Ciò risulta particolare e un'ipotesi potrebbe essere che sia avvenuta nella zona la combustione di legnami trattati con sostanze contenenti tali elementi, ma i dati riscontrati richiederebbero un'ampia estensione, sia temporale che spaziale, del fenomeno che pertanto si ritiene improbabile.

Relativamente al periodo di misura, per i metalli per i quali esistono limiti normativi, questi sono stati ampiamente rispettati.

Il benzo(a)pirene è l'unico componente della famiglia degli Idrocarburi Policiclici Aromatici per il quale è definito un valore obiettivo, ed è usualmente utilizzato, anche a livello normativo, come indicatore di esposizione in aria per l'intera classe degli IPA. Mentre la maggior parte degli altri componenti sono classificati dallo I.A.R.C nel gruppo 2B ("possibili cancerogeni per l'uomo"), per il B(a)P la cancerogenicità è accertata (è classificato nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo").

I diversi IPA misurati nei siti dell'abitato di Bernezzo hanno evidenziato valori elevati nel confronto con i dati delle centraline, e, nel confronto con il valore obiettivo, le concentrazioni medie dei campioni dei siti delle scuole e del municipio di Bernezzo, seppure relativi ad un periodo limitato rispetto all'intero anno, ne risultano superiori.

	As (ng/m ³)	Cd (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Pb (µg/m ³)	Co (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Se (ng/m ³)	Va (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	Sb (ng/m ³)	Mn (ng/m ³)	Ti (ng/m ³)
Valore obiettivo¹³ (media anno civile)	6.0	5.0	20.0	0.5									
Scuole (21ott-21dic, 1-25feb)	0.7	0.1	0.9	0.003	0.4	4.1	5.0	0.7	0.7	14.4	0.9	8.5	1.8
Municipio (22dic-26gen)	0.7	0.1	0.7	0.004	0.4	4.6	9.4	0.7	0.7	26.2	0.7	6.2	1.9
Cimitero (27gen-25feb)	0.7	0.1	0.7	0.004	0.4	7.7	11.7	0.7	0.7	15.0	0.7	4.7	2.3
Loc.Cava (21ott-29feb)	0.7	0.1	1.0	0.002	0.4	5.6	4.3	0.7	0.7	11.9	0.8	3.9	1.7

Tabella 11) Metalli: medie delle concentrazioni rilevate nei diversi siti di Bernezzo (in verde ed in corsivo sono indicate le medie derivanti da più dell'80% dei dati inferiori o prossimi¹⁴ al limite di quantificazione del metodo analitico (LCL)).

	Benzo(a) pirene (ng/m ³)	Indeno(1,2,3- cd)pirene (ng/m ³)	Crisene (ng/m ³)	Pirene (ng/m ³)	Benzo(g,h,i) perilene (ng/m ³)	Benzo(a) antracene (ng/m ³)	Benzo(b+j+k) fluorantene (ng/m ³)
Valore obiettivo (media anno civile)	1.0						
Scuole (21ott-21dic, 1-25feb)	1.6	1.4	1.6	0.7	1.4	1.5	3.6
Municipio (22dic-26gen)	3.4	3.2	3.9	2.8	3.3	3.2	7.2
Cimitero (27gen-25feb)	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6	0.4	1.3
Loc.Cava (21ott-29feb)	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.6

Tabella 12) IPA: medie delle concentrazioni rilevate nei diversi siti di Bernezzo.

¹³ Per il Piombo non si tratta di "valore obiettivo" ma "valore limite"

¹⁴ Massa campione < LCL/2 + bianco

Per poter avere una stima della media annuale per il benzo(a)pirene di Bernezzo si è proceduto, in modo analogo a quanto fatto per il biossido di azoto ed il PM₁₀, utilizzando i dati registrati dalle centraline della rete fissa. In questo caso, al fine di aumentare la rappresentatività statistica, i dati campionati presso le scuole e presso il municipio di Bernezzo nel periodo compreso tra novembre e febbraio sono stati accorpati calcolandone la concentrazione media (2.2 ng/m³). Per ciascuna delle cinque stazioni fisse di misura, la concentrazione media del benzo(a)pirene relativa ai mesi di novembre, dicembre, gennaio e febbraio è stata rapportata alla concentrazione media dell'ultimo anno civile completo di dati (2015) ed è stata calcolata la regressione lineare tra le cinque coppie di dati ottenute. Nel grafico di figura 46 sono rappresentati i dati utilizzati insieme alla retta di regressione. Il test eseguito sul coefficiente R di Pearson attribuisce significatività statistica alla correlazione. A partire dalla regressione lineare calcolata e dal dato medio misurato nei due siti dell'abitato di Bernezzo sono stati quindi stimati la concentrazione media annuale, riferita al 2015, di Bernezzo ed il suo errore standard, risultanti pari a:

$$1.1 \pm 0.1 \text{ ng/m}^3$$

Tale valore stimato conferma una criticità per l'abitato di Bernezzo, poiché superiore al valore obiettivo stabilito dalla normativa per il Benzo(a)pirene al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso.

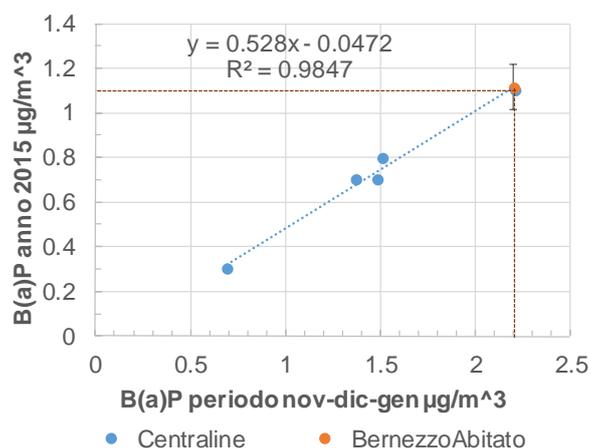


Figura 46) Benzo(a)pirene: stima della concentrazione media annua nell'abitato di Bernezzo (scuole e Municipio) mediante regressione lineare tra le concentrazioni misurate dalle centraline fisse durante il periodo novembre ÷ febbraio e le medie dell'anno 2015.

BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂, MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE

Il benzene ed il monossido di carbonio sono due inquinanti la cui emissione è legata principalmente al traffico veicolare, ma i cui quantitativi si sono notevolmente ridotti negli anni grazie ai miglioramenti tecnologici nei sistemi di combustione e le modifiche qualitative delle benzine. Sensibili miglioramenti sono stati riscontrati anche per il biossido di zolfo, che ha tra le sue sorgenti il traffico veicolare (6-7%), in particolare i motori diesel, e che era ritenuto fino agli anni '80 il principale inquinante atmosferico; con il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili dovuto al minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffineria, ed il sempre più diffuso uso del gas metano, è diminuita sensibilmente la presenza di SO₂ nell'aria.

Per il **biossido di zolfo** il Decreto Legislativo 155/2010 prevede due classi di limiti per la protezione della salute umana: uno relativo alla media oraria, pari a 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte per anno civile e l'altro, per la media giornaliera, di 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile.

I valori orari misurati con il laboratorio mobile nei tre siti di Bernezzo, analogamente a quanto rilevato nei medesimi periodi presso la centralina della qualità dell'aria di Cuneo dove l'SO₂ viene monitorato, sono stati inferiori a 20 µg/m³, pertanto oltre ad essere di un ordine di grandezza inferiori ai limiti normativi, sono prossimi ai limiti di rilevabilità strumentali.

Per il **monossido di carbonio** la normativa stabilisce un valore limite per la protezione della salute umana di 10 mg/m³ come media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

In provincia di Cuneo i valori di CO registrati dalla rete delle centraline fisse, molto al di sotto del limite sin dall'inizio delle misure, sono andati diminuendo e le concentrazioni medie su 8 ore si sono assestate negli ultimi cinque anni a valori inferiori a 2 mg/m³.

Nelle campagne di Bernezzo le massime concentrazioni medie su 8 ore sono state pari a 2.2 mg/m³ per il sito delle scuole, 2.0 mg/m³ per il sito del Municipio e 1.0 mg/m³ per il sito del cimitero. I valori misurati nei due siti dell'abitato di Bernezzo, pur essendo leggermente superiori a quelli rilevati dalle centraline della rete (compresi nel periodo in analisi tra 1.1 e 1.8 mg/m³ come massime concentrazioni medie su 8 ore), sono ampiamente inferiori al valore limite stabilito per la protezione della salute umana.

Anche per questo inquinante i livelli sono ormai confrontabili con i limiti di rilevabilità degli strumenti di analisi.

Il Decreto Legislativo 155/2010 riprende per il **benzene** il valore limite per la protezione della salute umana già specificato dalla legislazione precedente di 5 µg/m³ su base annuale. Tale limite è ampiamente rispettato in tutto il territorio regionale, comprese le stazioni di traffico. A differenza delle centraline fisse, siccome il monitoraggio eseguito con il laboratorio mobile riguarda un intervallo di tempo limitato dell'anno, non è possibile trarre conclusioni dirette sul rispetto del limite annuale. Tuttavia, dal confronto con quanto rilevato nello stesso periodo presso le altre stazioni della provincia dove questo inquinante viene monitorato, si può desumere che anche nei siti di misura di Bernezzo non sussistano rischi di superamento del limite per tale inquinante. Le concentrazioni medie ottenute, pari a 1.9 µg/m³, 2.7 µg/m³ e 1.1 µg/m³, sono infatti del tutto analoghe a quelle ottenute negli stessi periodi presso le altre stazioni.

OZONO – O₃

L'ozono presente nella parte bassa dell'atmosfera è un inquinante secondario, ovvero la sua formazione è legata alla presenza di altri inquinanti (precursori), quali ossidi di azoto e composti organici volatili, che reagiscono catalizzati da fattori meteorologici, in particolare dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria. Conseguentemente questa molecola ha un andamento caratteristico nell'arco della giornata: concentrazioni più basse nelle ore notturne e nelle prime ore del mattino, che aumentano con l'innalzarsi della temperatura e della radiazione solare dalla tarda mattinata al pomeriggio. Analogamente l'ozono presenta un andamento stagionale in cui la concentrazione inizia a crescere in primavera per raggiungere valori massimi nei mesi estivi.

Il comportamento giornaliero si può appurare nella figura seguente, dove sono rappresentati i giorni medi delle concentrazioni misurate con il laboratorio mobile nei tre siti di Bernezzo. Le concentrazioni maggiori rilevate presso il sito del cimitero si possono spiegare con il differente comportamento che l'ozono subisce tra siti urbani e siti meno antropizzati: quando l'ozono prodotto nelle aree urbane è trasportato verso le aree suburbane o rurali, acquista un tempo di vita superiore a causa del minore inquinamento da NO e può quindi accumularsi raggiungendo concentrazioni superiori a quelle urbane.

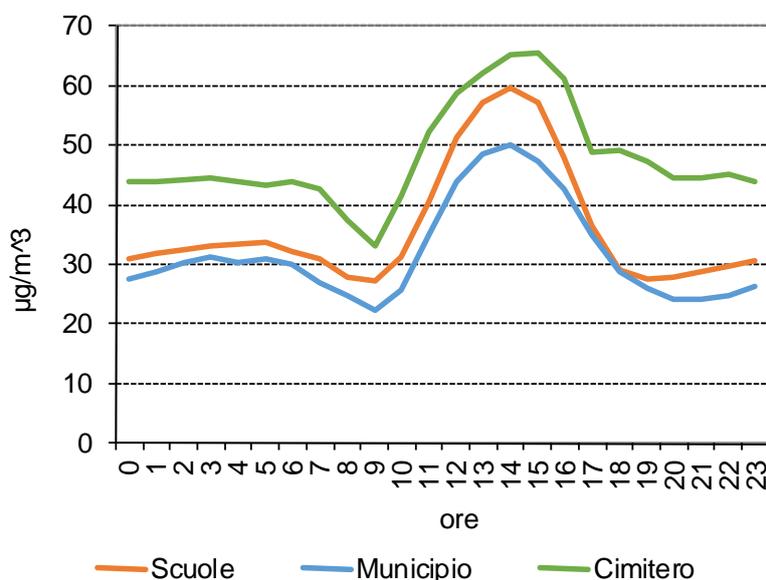


Figura 47) O₃: giorni medi delle campagne di Bernezzo (periodi: 20 ottobre ÷ 22 dicembre '15; 22 dicembre '15 ÷ 26 gennaio '16; 26 gennaio ÷ 26 febbraio '16).

Nel grafico di figura 48 sono riportate le concentrazioni massime giornaliere di ozono misurate nei tre siti di Bernezzo, confrontate con l'intervallo dei valori massimi giornalieri misurati dalle centraline fisse della provincia di Cuneo. Il buon accordo tra gli andamenti consente di affermare che i valori delle centraline della rete sono rappresentativi anche del territorio oggetto dell'indagine ambientale. Ciò si può attribuire alla peculiarità dell'inquinamento da ozono, considerato un fenomeno di mesoscala o addirittura transfrontaliero; le principali variazioni delle sue concentrazioni interessano pertanto non la scala locale ma distanze di centinaia e migliaia di chilometri.

Nello stesso grafico si possono confrontare gli andamenti delle concentrazioni di ozono con quello della temperatura massima giornaliera misurata dal laboratorio mobile: sebbene la temperatura non sia l'unica variabile da cui dipende l'ozono emerge abbastanza chiaramente una corrispondenza tra gli andamenti della temperatura e della concentrazione di ozono.

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 prevede, per le concentrazioni medie orarie di ozono, soglie di informazione e di allarme pari a $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente. Stabilisce inoltre un valore obiettivo per la protezione della salute umana che fa riferimento ad una media massima giornaliera su 8 ore, e che è pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni, che attualmente viene disatteso in tutte le centraline della provincia.

Coerentemente con il periodo autunno-invernale in cui è stato svolto il monitoraggio, i livelli di ozono registrati sono stati piuttosto contenuti. Infatti, come si può osservare dalla figura 48, anche le massime concentrazioni orarie sono state inferiori al valore obiettivo per la protezione della salute umana che andrebbe confrontato con le concentrazioni medie su 8 ore.

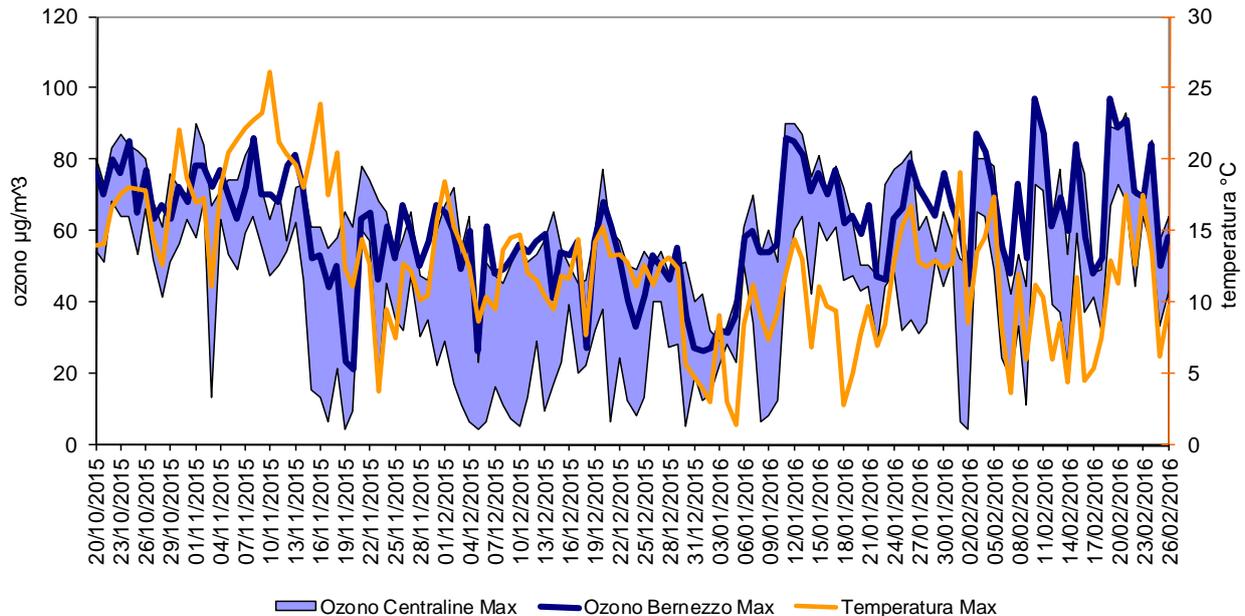


Figura 48) O₃: concentrazioni massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile a Bernezzo e presso le centraline fisse della provincia di Cuneo. Temperatura massima giornaliera misurata dal laboratorio mobile.

APPROFONDIMENTI

ANIDROZUCCHERI E COMBUSTIONE DI BIOMASSA

In base ai risultati descritti nei capitoli precedenti, appare evidente che gli inquinanti più rilevanti nell'abitato di Bernezzo risultino essere il particolato sottile PM₁₀ e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

Le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ rilevate nel sito delle scuole e presso il Municipio, hanno evidenziato un numero di superamenti del limite giornaliero maggiore a quello della vicina stazione di fondo urbano di Cuneo, con livelli di concentrazione "anomali" e più simili a quelli delle stazioni della rete fissa che registrano le concentrazioni più elevate della provincia.

I diversi composti degli IPA, misurati nell'abitato di Bernezzo, presentano valori elevati nel confronto delle centraline ed il valore stimato per la media annua del benzo(a)pirene, idrocarburo policiclico aromatico riconosciuto come cancerogeno per l'uomo, non rispetta il valore obiettivo di 1 ng/m³.

Il periodo autunno-invernale in cui si è svolta la campagna di monitoraggio, è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche calde e secche e, probabilmente favorita da tali condizioni, soprattutto nel mese di novembre, nei boschi della zona pedemontana del Cuneese è stata largamente eseguita la pratica agricola dell'abbruciamento dei residui vegetali.

Nella mattinata del 10 novembre, nel corso di uno dei periodici sopralluoghi tecnici alla strumentazione installata, è stata evidenziata una particolare criticità che coinvolgeva il territorio del Comune di Bernezzo. Come si può osservare dalle prime tre fotografie scattate dal personale Arpa e riportate nelle figure seguenti, l'abitato di Bernezzo era avvolto da una coltre di fumo proveniente dai boschi dei valloni di Sant'Anna e di San Giacomo, dove si innalzavano numerosi pennacchi di fumo. Nella stessa giornata stava inoltre proseguendo un incendio, iniziato il giorno precedente, che interessava i boschi tra Aisone e Demonte in Valle Stura, posti a circa 17 km da Bernezzo e 25 km da Cuneo.



Figura 49) Fotografia dell'abitato di Bernezzo scattata il mattino del 10 novembre 2015 dalla Cappella della Maddalena



Figura 50) Fotografia dell'abitato di Bernезzo e dell'imbocco dei valloni di Sant'Anna e San Giacomo scattata il mattino del 10 novembre 2015 dalla Cappella della Maddalena



Figura 51) Fotografia scattata il mattino del 10 novembre 2015 dalla Cappella della Maddalena in direzione dei valloni di Sant'Anna e San Giacomo.

Come descritto a pagina 19, proprio nel giorno del 10 novembre e nel giorno seguente le concentrazioni giornaliere di PM₁₀ rilevate con la tecnica di riferimento presso le scuole di Bernезzo hanno evidenziato il superamento del limite giornaliero di 50 µg/m³ (tabella 13),

mentre sia nel sito di località Cava che presso la centralina di Cuneo le concentrazioni, seppure più elevate di quelle registrate negli altri siti della provincia, hanno rispettato il limite.

	Bernezzo Scuole	Bernezzo Loc.Cava	Cuneo (FU)	Alba (FU)	Bra (TU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)
10 nov 2015	71	43	39	32	32	33	15
11 nov 2015	58	43	46	37	32	33	22

Tabella 13) PM_{10} : concentrazioni medie giornaliere in $\mu g/m^3$ rilevate con tecnica gravimetrica.

Nel grafico di figura 52 sono rappresentati i valori delle concentrazioni orarie misurate dal laboratorio mobile tra il 9 ed il 12 novembre insieme a quelle misurate contemporaneamente presso la centralina di Cuneo. Come già detto in precedenza, siccome le tecniche di misura dei dati orari sono differenti (nefelometrica sul laboratorio mobile e attenuazione beta nella centralina di Cuneo) un confronto tra i valori assoluti può non essere del tutto affidabile, tuttavia si possono confrontare gli andamenti. In particolare, valutando i picchi di concentrazione più elevati, si può individuare una sorta di corrispondenza tra i picchi avvenuti sia a Bernezzo che a Cuneo nelle ore tardo-serali del giorno 9 a cui, date le direzioni di provenienza del vento in quelle ore (da SudSudOvest per Bernezzo e SudOvest per Cuneo), potrebbero avere contribuito i fumi provenienti dall'incendio di Aisone. Nella giornata del 10 novembre invece, sebbene il fondo, definito dalle concentrazioni minime, sia cresciuto in entrambi i siti, i massimi di Cuneo sono rimasti piuttosto contenuti rispetto ai valori del giorno precedente, mentre il laboratorio mobile è arrivato a registrare, nel sito delle scuole di Bernezzo, le massime concentrazioni orarie rilevate con tale tecnica di misura nel corso di tutti i monitoraggi finora realizzati in provincia. I valori dei massimi relativi della giornata sono stati pari a: $191 \mu g/m^3$ alle ore 11 (ora successiva a quella durante la quale sono state scattate le fotografie), $211 \mu g/m^3$ alle ore 17 e $290 \mu g/m^3$ alle ore 19 (l'ora di riferimento è quella solare).

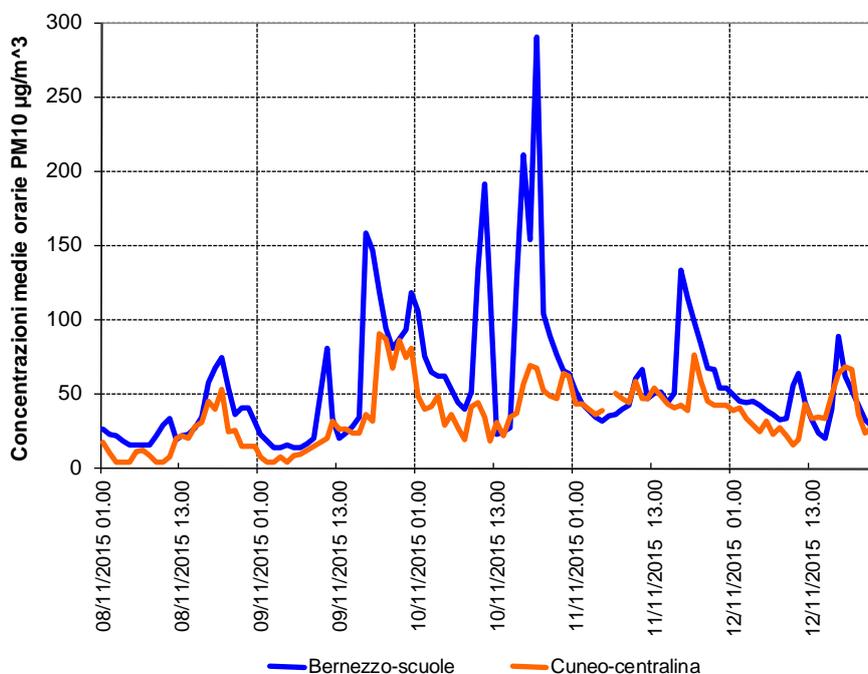


Figura 52) PM_{10} : concentrazioni orarie rilevate dal laboratorio mobile presso le scuole di Bernezzo (tecnica nefelometrica) e dalla centralina fissa di Cuneo (attenuazione beta) tra il 9 ed il 12 novembre 2015.

Le concentrazioni rilevate nel sito delle scuole di Bernezzo ed i superamenti registrati nei giorni 10 e 11 novembre si delineano quindi come una criticità dell'abitato di Bernezzo, verosimilmente attribuibile, per la maggior parte, alle emissioni provenienti dagli intensi ed evidenti abbruciamenti che in quei giorni sono stati eseguiti nei boschi locali.

Sebbene gli abbruciamenti boschivi si siano protratti a lungo nel periodo del monitoraggio a Bernezzo, fortunatamente non sempre con modalità così intense come quelle dell'episodio sopra evidenziato, le concentrazioni di PM₁₀ e di IPA misurate presso le scuole ed il Municipio di Bernezzo hanno avuto valori pressoché sempre superiori a quelli riscontrati nei due punti di misura più prossimi, ovvero nel sito in località Cava e presso la centralina fissa di Cuneo. Tale situazione non può pertanto essere ricondotta esclusivamente alla pratica agricola evidenziata.

Concentrazioni elevate di IPA nelle zone rurali sono generalmente ascrivibili all'uso del legno come combustibile. La fotografia scattata il 22 novembre 2015 verso l'abitato di Bernezzo (figura 53) suggerisce come possa essere diffuso l'utilizzo di impianti di riscaldamento domestici a legna e come, probabilmente anche a causa della collocazione del paese ai piedi di rilievi orografici, la zona possa essere particolarmente interessata da condizioni di ristagno dei fumi emessi dagli impianti civili locali.



Figura 53) Fotografia della zona dell'abitato di Bernezzo scattata il 22 novembre 2015 dalla Strada Provinciale 23

Date le criticità riscontrate nei siti dell'abitato di Bernezzo, per poter ulteriormente valutare le sorgenti del particolato, un'analisi aggiuntiva è stata eseguita per determinare le concentrazioni di anidrozuccheri sui filtri raccolti del PM₁₀. Purtroppo, anche a causa dell'elevato e inusuale numero di campioni sottoposti alla determinazione di IPA e metalli, è stato possibile estendere le analisi a questi ulteriori elementi solamente per un numero limitato di campioni. Avendo ottenuto la disponibilità del laboratorio di Grugliasco per l'analisi di anidrozuccheri su 10 campioni, sono stati individuati cinque giorni del periodo di monitoraggio e, per tali date, sono stati analizzati i filtri campionati dal laboratorio mobile e dalla centralina fissa di Bra, scelta al fine di avere termini di confronto in quanto distante dal sito di Bernezzo.

In particolare per le analisi sono stati scelti i seguenti giorni:

- 10 novembre 2015 (giornata di superamento del limite per PM₁₀ per il solo sito di Bernezzo e caratterizzata da intensi abbruciamenti boschivi)
- 11 novembre 2015 (giornata di superamento del limite per PM₁₀ per il solo sito di Bernezzo)
- 6 dicembre 2015 (giornata all'interno di un episodio critico a livello regionale, con superamento in tutti i siti della provincia del limite per i PM₁₀)
- 9 gennaio 2016 (giornata in cui era escluso l'impianto di abbattimento polveri del forno Maerz2 dell'Unicalce S.p.A.¹⁵)
- 20 gennaio 2016 (giornata caratterizzata dal raggiungimento del minimo del periodo per la temperatura dell'aria)

Gli anidrozuccheri ricercati nei campioni analizzati sono il levoglucosano, il mannosano ed il galattosano. Il levoglucosano, prodotto della pirolisi della cellulosa, è considerato tra i differenti prodotti della combustione della legna il miglior marker identificativo delle emissioni dovute al *biomass burning* in campioni di particolato atmosferico¹⁶. Esso infatti tra i composti organici identificati è il più abbondante, inoltre è stabile in atmosfera nel periodo invernale ed è un tracciante univoco per la sorgente di *biomass burning*¹⁷ poiché la combustione di altri materiali, come ad esempio combustibili fossili, la biodegradazione e l'idrolisi della cellulosa non producono levoglucosano. Mannosano e galattosano sono, per abbondanza, rispettivamente il secondo ed il terzo degli anidrozuccheri presenti nei fumi derivanti dalla combustione della legna.

I valori delle concentrazioni ottenute per i campioni analizzati per i due siti sono indicati in tabella 14 insieme alle corrispondenti concentrazioni di PM₁₀.

Sito	Data	Levoglucosano µg/m ³	Mannosano µg/m ³	Galattosano µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³
Bra	10/11/2015	1.85	0.16	0.08	32
	11/11/2015	0.61	0.05	0.03	32
	06/12/2015	0.69	0.06	0.03	85
	09/01/2016	1.02	0.08	0.04	61
	20/01/2016	1.28	0.09	0.05	50
Bernezzo	10/11/2015 (scuole)	4.73	0.33	0.23	71
	11/11/2015 (scuole)	2.31	0.16	0.15	58
	06/12/2015 (scuole)	2.56	0.15	0.07	84
	09/01/2016 (Municipio)	2.01	0.14	0.09	50
	20/01/2016 (Municipio)	2.17	0.14	0.08	56

Tabella 14) Concentrazioni di levoglucosano, mannosano, galattosano insieme alle concentrazioni di PM₁₀ riscontrate nei siti di Bra e Bernezzo nei campioni delle giornate indicate.

¹⁵ L'impianto di abbattimento è stato escluso per 78 ore, dall'8 all'11 gennaio, al fine di consentire la riaccensione ed il riscaldamento del forno. Comunicazione dell'Unicalce S.p.A. del 12/01/2016

¹⁶ Progetto PARFIL – Rapporto tecnico dettagliato – terza annualità. UO3 – Università degli Studi di Milano

¹⁷ Simoneit B.R. et al., 1999 Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning atmospheric particles. Atmospheric Environment 33, 173-182

Per i cinque giorni considerati le concentrazioni di levoglucosano dei filtri campionati a Bernezzo sono sempre risultate superiori a quelle riscontrate nei filtri campionati a Bra, con un valore particolarmente elevato il 10 novembre e valori più contenuti e simili fra loro nelle altre quattro giornate analizzate. Nel confronto con i dati medi di levoglucosano presenti in letteratura¹³ anche valori superiori a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono comunque elevati e confrontabili con le medie ottenute in siti caratterizzati da un consumo elevato di legna per il riscaldamento domestico.

Nella figura 54 sono rappresentati i rapporti levoglucosano/PM₁₀ e, nonostante il numero limitato di campioni, si possono fare alcune considerazioni sulle differenti tipologie di giornate. Si può innanzitutto osservare come la percentuale di levoglucosano presente nei filtri del 10 novembre sia la più elevata tra i campioni analizzati per entrambi i siti e con valori tra loro prossimi. L'elevata percentuale del marker della combustione di biomassa riscontrata anche nel campione di Bra del giorno 10, come suggerisce la letteratura, può essere spiegata dall'elevata stabilità del levoglucosano, che fa sì che esso possa essere trovato anche a considerevoli distanze dalle fonti di emissione, e pertanto, considerando anche la prevalenza dei venti da SudSudOvest, dal contributo degli incendi che si sono sviluppati a partire dalla giornata del 9 novembre non solo nella zona tra Aisone e Demonte, ma anche a Roccaforte Mondovì e Frabosa Soprana.

La percentuale inferiore di levoglucosano è presente, come atteso, nei campioni del 6 dicembre, infatti negli episodi di accumulo degli inquinanti che determinano concentrazioni molto elevate di PM a livello regionale, il processo di formazione di particolato secondario ha la prevalenza e determina una predominanza di composti inorganici quali nitrati, solfati ed ammonio.

Per entrambi i siti, nei campioni delle altre tre giornate il levoglucosano rappresenta una percentuale del PM₁₀ intermedia e con valori simili nei tre campioni: mediamente il 4% per il sito di Bernezzo ed il 2% per il sito di Bra.

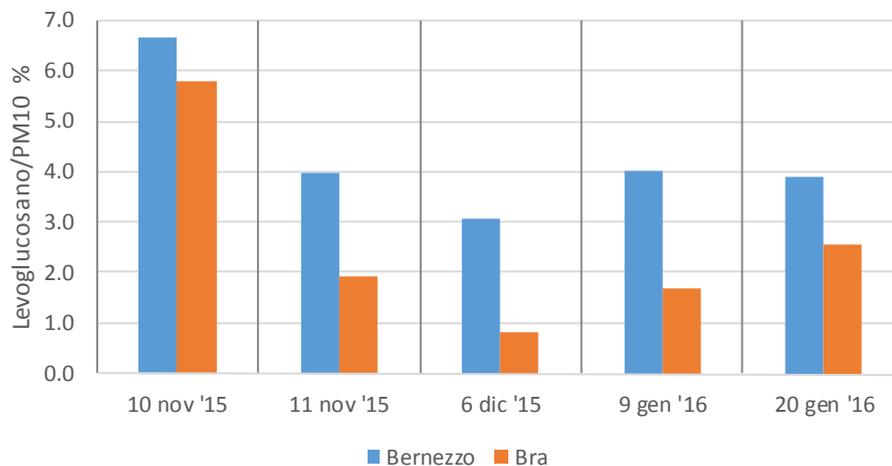


Figura 54) Confronto tra i rapporti Levoglucosano/PM₁₀ nei siti di Bernezzo e Bra.

In letteratura sono molto diffusi gli studi che stimano la quantità di materiale particolato dovuto alla combustione di biomassa (PM_{bb} - *biomass burning*) a partire dalle concentrazioni misurate di levoglucosano e utilizzando fattori di emissione differenti a seconda delle tipologie di legna utilizzati.

Un approccio rigoroso richiederebbe di determinare il fattore di emissione specifico del caso, ovvero calcolato in base ai tipi di legno bruciati, in assenza di tali informazioni, si è provato a valutare, per i campioni analizzati di Bernezzo e Bra, il contributo al PM₁₀ dovuto alla combustione di biomassa, utilizzando i dati di letteratura delle zone a noi più prossime (Lombardia). Sono stati usati i rapporti derivanti da due differenti approcci presentati nello

studio di *Piazzalunga et al.*¹⁸. In particolare è stato utilizzato un fattore di emissione medio, calcolato pesando i dati presenti in letteratura in base alle percentuali dei diversi tipi di legno abbattuti in Lombardia, ed un fattore derivante da un approccio alternativo, che utilizza il rapporto ottenuto applicando il metodo statistico di quantificazione delle sorgenti della *Positive Matrix Factorization* (PMF), valutato nello studio di letteratura come più robusto.

I quantitativi di PM₁₀ derivanti dalla combustione di biomassa ottenuti applicando i due differenti fattori ai dati di Levoglucosano dei campioni di Bernezzo e Bra sono rappresentati nei grafici delle due figure seguenti, insieme ai rispetti valori di PM₁₀ totali misurati su ciascun filtro.

Come si può osservare dai grafici sopra riportati, l'utilizzo del fattore di emissione derivante dalla PMF (figura 56), determina contributi maggiori della combustione di biomassa al particolato, rispetto a quelli ottenuti con il fattore di emissione pesato (figura 55).

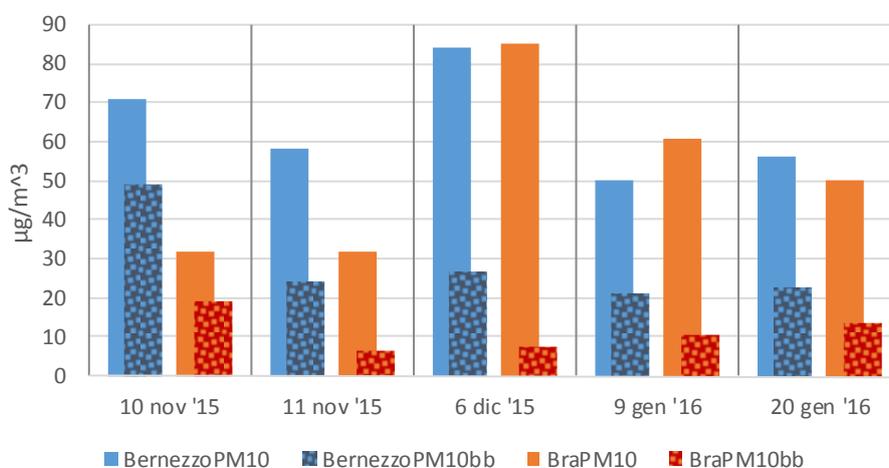


Figura 55) Valori stimati di PM₁₀ da combustione di biomassa calcolati con fattore di emissione pesato, confrontati con le concentrazioni totali di PM₁₀ nei siti di Bernezzo e Bra.

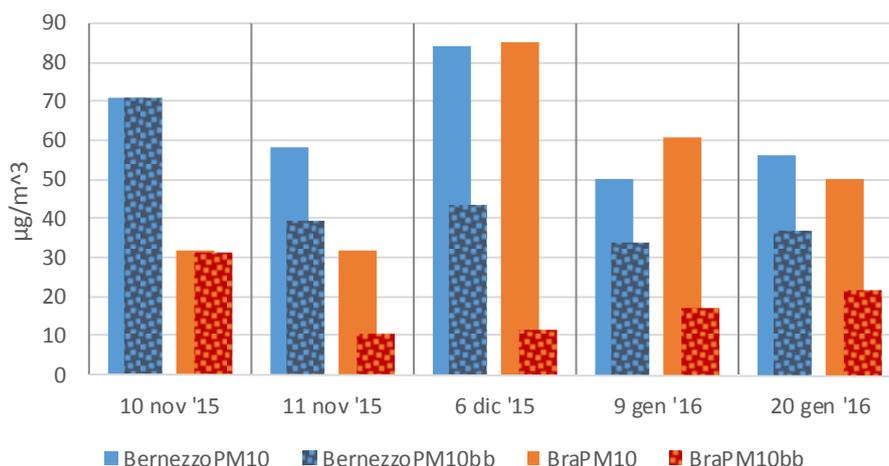


Figura 56) Valori stimati di PM₁₀ da combustione di biomassa calcolati con fattore derivante da PMF, confrontati con le concentrazioni totali di PM₁₀ nei siti di Bernezzo e Bra.

Nella tabella 15 sono riportati, per tutti i campioni analizzati, i contributi percentuali della combustione di biomassa al PM₁₀ totale, stimati con i due fattori.

¹⁸ Piazzalunga A. et al. 2011 Estimates of wood burning contribution to PM by the macro-tracer method using tailored emission factors. Atmospheric Environment 45, 6642-6649

Come si può osservare, nel giorno del 10 novembre a Bernezzo la stima attribuisce alla combustione della biomassa un contributo compreso tra il 69% ed il 100%, il 6 dicembre il contributo minimo compreso tra il 32% ed il 52%, e nei tre giorni rimanenti contributi molto simili e compresi tra il 40% ed il 68%. Ad esclusione del campione del 10 novembre, i valori ottenuti per Bra sono decisamente inferiori a quelli di Bernezzo (circa la metà) e presentano maggiore variabilità.

Sito	Data	%PM10bb
Bra	10/11/2015	60-98
	11/11/2015	20-32
	06/12/2015	8-14
	09/01/2016	17-28
	20/01/2016	27-43
Bernezzo	10/11/2015	69-100
	11/11/2015	42-68
	06/12/2015	32-52
	09/01/2016	42-68
	20/01/2016	40-66

Tabella 15) Intervalli stimati per il contributo percentuale della combustione di biomassa (PM10bb) al PM₁₀.

Si può pertanto affermare che date le elevate concentrazioni di levoglucosano riscontrate nei campioni dell'abitato di Bernezzo rispetto sia alle concentrazioni presenti nei campioni di Bra relativi agli stessi giorni, sia rispetto ai dati presenti in letteratura, il contributo della combustione della legna sulle concentrazioni di particolato sottile costituisca una peculiarità locale che contribuisce in modo determinante alle criticità riscontrate nei siti dell'abitato di Bernezzo relativamente agli elevati livelli di PM₁₀ e di Idrocarburi Policiclici Aromatici.

ANALISI DELLE CONCENTRAZIONI IN RELAZIONE AL VENTO

Le concentrazioni orarie degli inquinanti generalmente più critici per la qualità dell'aria (NO₂ e PM₁₀) sono state analizzate anche in relazione ai corrispondenti dati di velocità e direzione del vento. Nei grafici delle figure seguenti le concentrazioni medie e massime orarie dei due inquinanti misurate dal laboratorio mobile nei tre siti di Bernezzo sono rappresentate in coordinate polari. Ogni punto del piano è identificato da un angolo, che individua la direzione di provenienza del vento, da una distanza dal centro, che indica la velocità del vento, e da un colore che rappresenta, secondo la scala indicata nella legenda a fianco, la concentrazione media (nel grafico di sinistra) o massima (nel grafico di destra) dell'inquinante, corrispondente a quei valori di direzione e velocità del vento.

Si segnala che in tutti i grafici è utilizzata la medesima scala di colore, che rappresenta quindi, di volta in volta, valori di concentrazioni molto differenti a seconda dell'inquinante e, soprattutto, a seconda del sito di misura (come visto nei capitoli precedenti livelli maggiori di inquinanti hanno interessato i siti delle scuole e del Municipio).

Per il sito delle scuole si deduce che mediamente (grafico di sinistra di fig. 57) le concentrazioni più elevate di NO₂ si sono verificate in corrispondenza di condizioni di calma di vento (velocità inferiore a 0.5 m/s), situazione generalmente attribuibile a sorgenti locali con emissioni prossime al suolo (traffico veicolare e riscaldamento domestico). I valori massimi orari di NO₂ si sono invece verificati in corrispondenza di vento con valori di velocità variabili dalla calma di vento a velocità di poco inferiori a 2 m/s, e direzione di provenienza da SudSudOvest (ovvero dall'imbocco del vallone di Sant'Anna, direzione prevalente di provenienza del vento per il sito delle scuole – si veda la rosa dei venti di pag. 66).

Le condizioni con vento proveniente da SudSudOvest e velocità comprese dalla calma a circa 2 m/s, sono state anche le responsabili delle concentrazioni maggiori di PM₁₀ sia in media che per i valori massimi. In particolare i valori massimi sono stati osservati con velocità del vento tra 1.5 e 2 m/s.

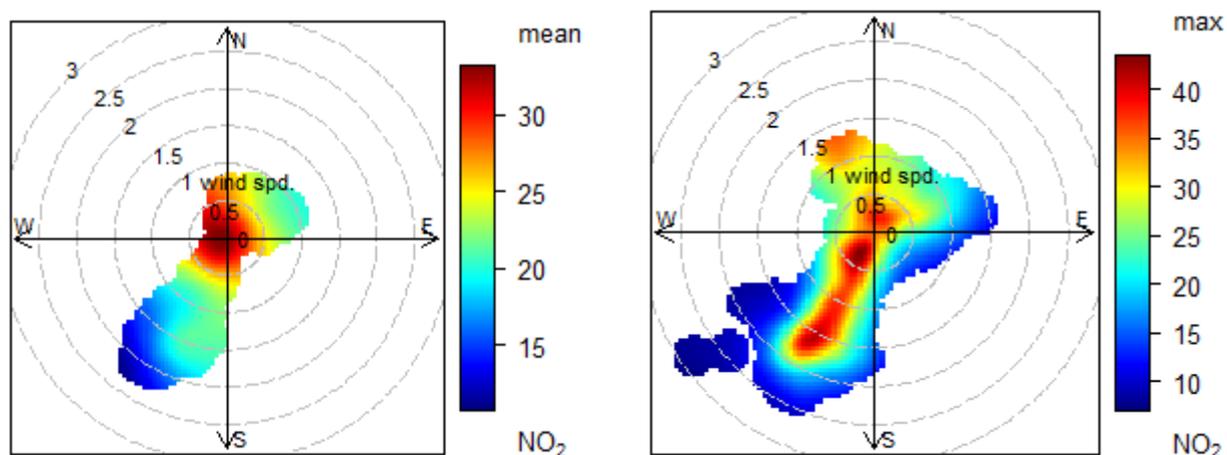


Figura 57): NO₂ sito scuole di Bernezzo: concentrazioni medie (a sinistra) e massime (a destra) in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità.

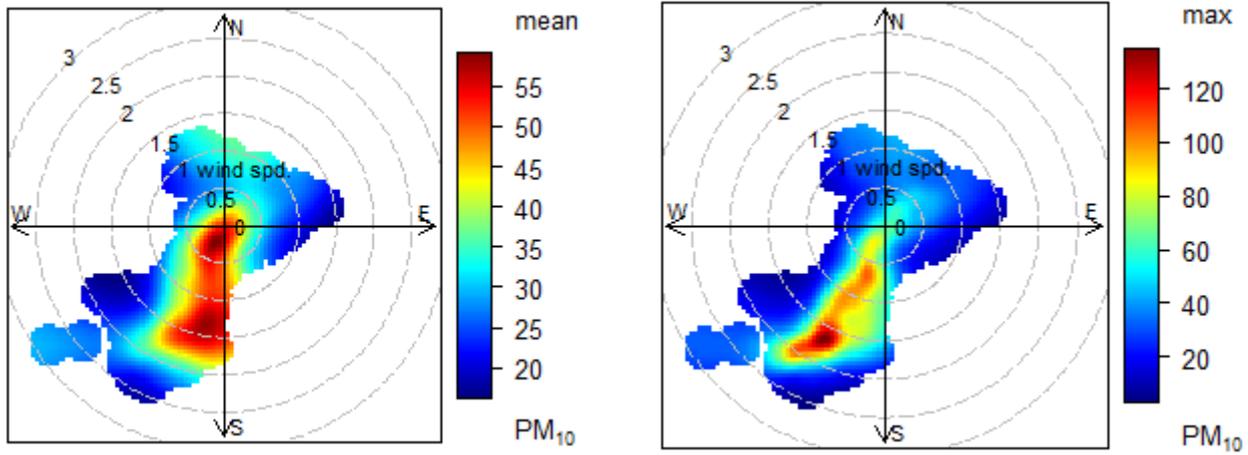


Figura 58): PM_{10} sito scuole di Bernezzo: concentrazioni medie (a sinistra) e massime (a destra) in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità.

Il sito di misura prossimo al Municipio è stato caratterizzato da un'elevata percentuale di calme di vento (si veda pagina 66) e dai grafici delle figure 59 e 60 si può osservare come, sia in termini di contributi medi, che massimi, le concentrazioni maggiori di entrambi gli inquinanti considerati si siano verificate in corrispondenza di calma vento o comunque velocità molto contenute e siano pertanto attribuibili a sorgenti locali con emissioni prossime al suolo.

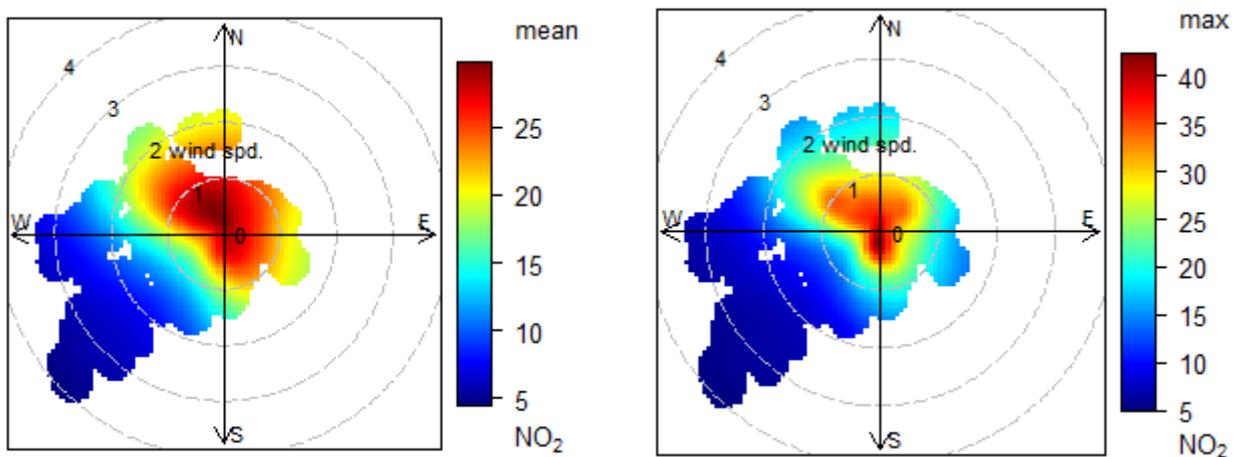


Figura 59): NO_2 sito Municipio di Bernezzo: concentrazioni medie (a sinistra) e massime (a destra) in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità.

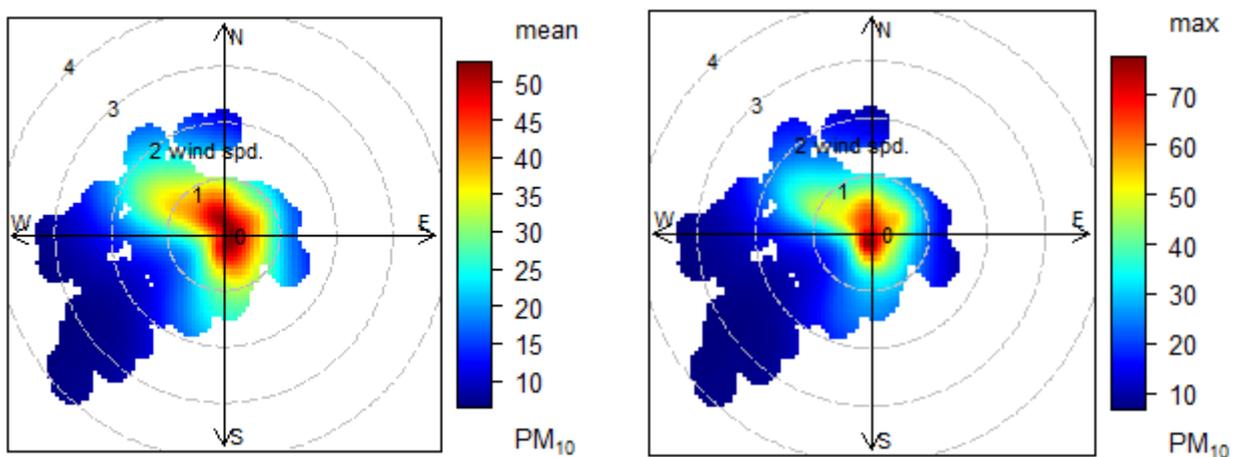


Figura 60): PM_{10} sito Municipio di Bernezzo: concentrazioni medie (a sinistra) e massime (a destra) in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità.

Nel sito del cimitero il contributo mediamente più elevato alle concentrazioni di NO₂ è proveniente dal quadrante SudEst (fig. 61 grafico di sinistra), direzione in cui si trova l'abitato di Bernezzo, mentre le concentrazioni orarie maggiori sono risultate provenire da OvestSudOvest, ovvero dal vallone del cugino, direzione prevalente di provenienza del vento per il sito di misura.

Per il PM₁₀ la situazione è analoga, con contributi mediamente maggiori in condizioni di vento dal quadrante SudEst (grafico di sinistra) e concentrazioni massime orarie più elevate in corrispondenza di vento dai settori Ovest ed OvestSudOvest (grafico di destra), ma in questo sito, rispetto all'NO₂, per le polveri risultano più influenti condizioni di velocità del vento limitate.

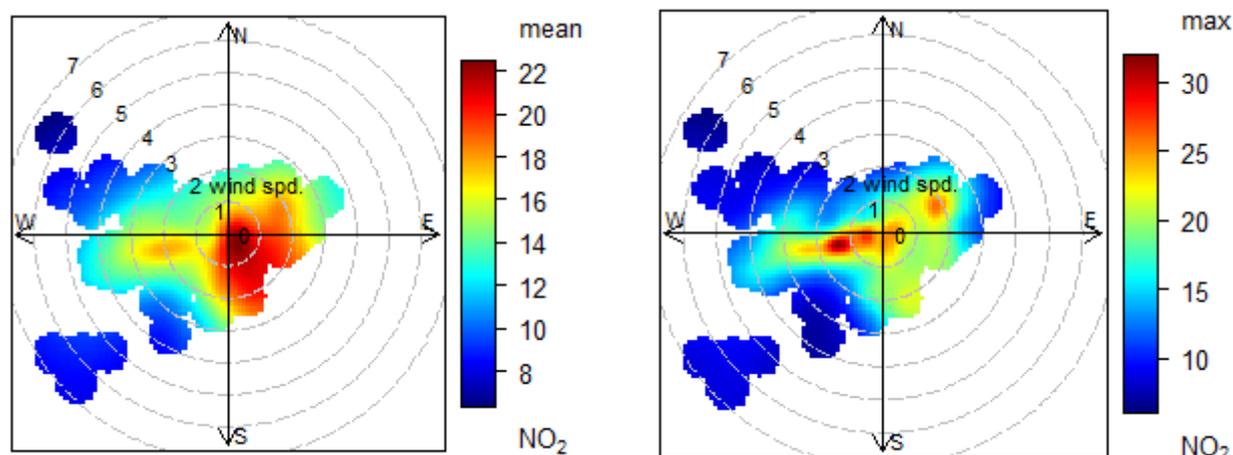


Figura 61): NO₂ sito cimitero di Bernezzo: concentrazioni medie (a sinistra) e massime (a destra) in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità.

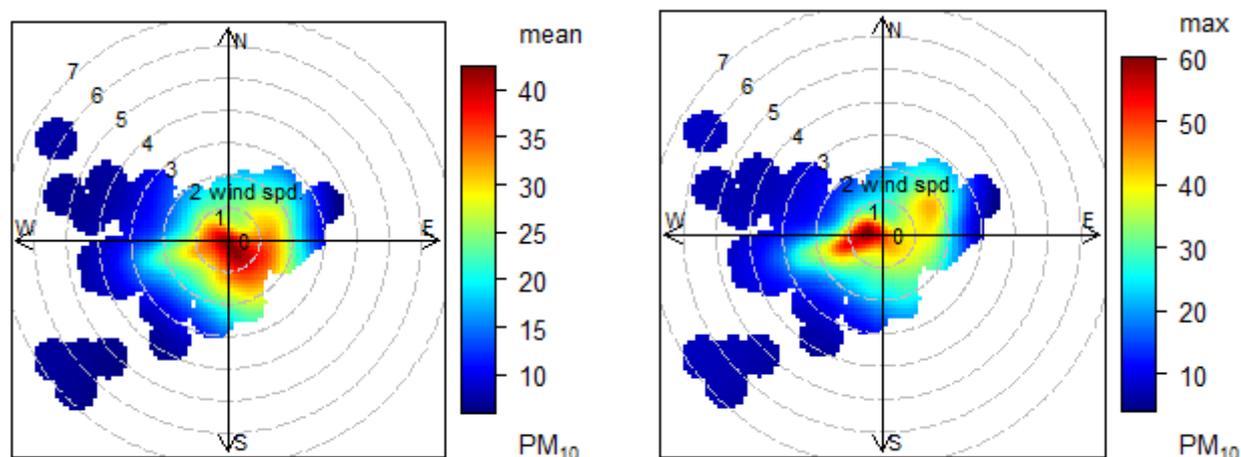


Figura 62): PM₁₀ sito cimitero di Bernezzo: concentrazioni medie (a sinistra) e massime (a destra) in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità.

DETERMINAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI BIOSSIDO DI AZOTO IN ATMOSFERA MEDIANTE CAMPIONATORI PASSIVI

Relativamente al biossido di azoto si è scelto di approfondire l'indagine realizzando una mappatura di tutto il territorio oggetto del monitoraggio, al fine di poter conoscere la distribuzione spaziale dell'inquinante nell'attuale configurazione emissiva dell'impianto locale di produzione della calce.

Per realizzare la misura simultanea in molti punti diversi è necessario ricorrere a campionatori passivi. Sono stati pertanto utilizzati campionatori passivi di tipo diffusivo (Radiello®). Questi sono dispositivi adsorbenti (specifiche fiale riempite con materiali idonei) che, esposti all'aria per un certo periodo di tempo, sono in grado di trattenere determinate sostanze. Le successive analisi forniscono le concentrazioni medie del periodo.

Un primo monitoraggio è stato eseguito in un periodo in cui gli impianti di riscaldamento civili non erano funzionanti e l'esposizione dei campionatori è durata dal 3 al 15 settembre 2015. Una seconda campagna si è svolta in un periodo invernale, esponendo i campionatori dal 14 al 22 dicembre 2015.

In entrambi i monitoraggi, i campionatori sono stati installati in 18 punti distribuiti su un territorio di circa 20 chilometri quadrati che si reputa potrebbe essere interessato dalle eventuali ricadute delle emissioni in atmosfera dello stabilimento della calce (alcuni campionatori sono stati collocati in corrispondenza di punti recettori dello studio diffusionale presentato dall'azienda Unicalce S.p.A. nella procedura di Verifica di VIA). Un diciannovesimo campionario è stato installato presso la centralina fissa della qualità dell'aria di Cuneo.

I campionatori sono stati collocati a circa 2.5 metri da terra in supporti appositi per la protezione dalle intemperie. Nell'ortofoto di figura 63 è indicata la posizione dei 19 punti di misura, mentre in figura 64 sono riportate le fotografie di tutti i siti in cui sono stati installati i campionatori.

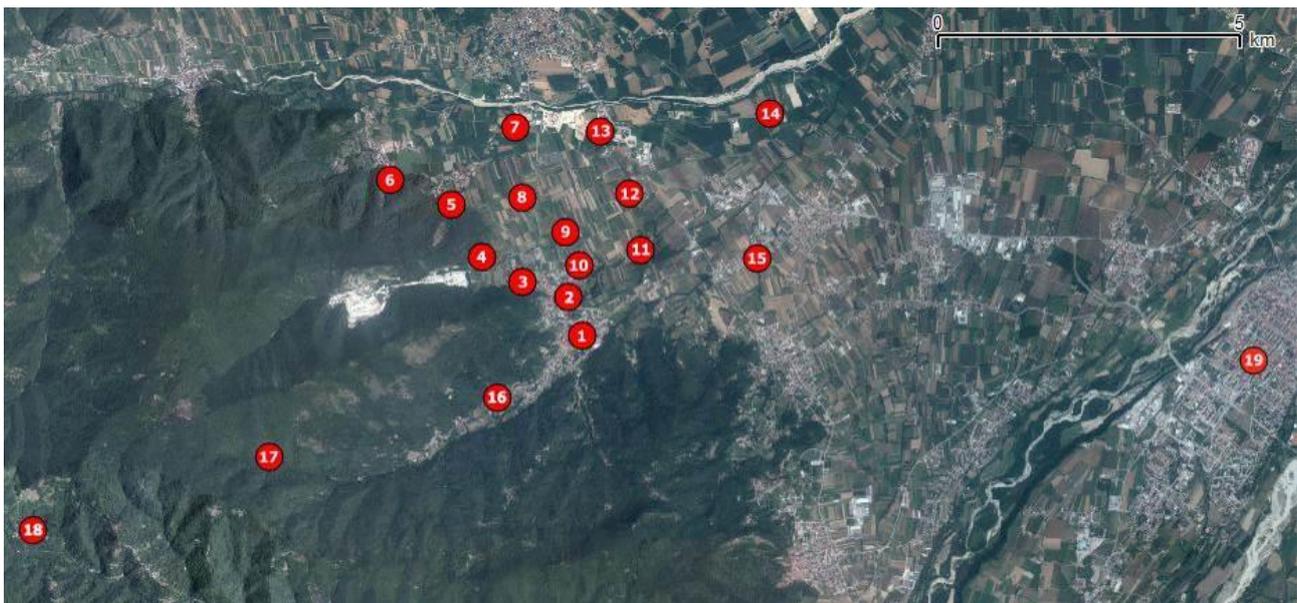


Figura 63) Ortofoto con i punti di monitoraggio.



1 Bernezzo: piazza Solidarietà e Vol.



2 Bernezzo: Via d.Dalmasso



3 Bernezzo: via Alpi



4 Bernezzo: loc. Cava



5 Caraglio: roata Chiabo.



6 Caraglio: roata Bruno



7 Caraglio: via Vallera Sottana



8 Caraglio: traversa via Bernezzo



9 Bernezzo: traversa via Bernezzo



10 Bernezzo: via Villanis



11 Bernezzo: cascina Villanis



12 Bernezzo: via Mattalia



13 Caraglio: via Divisione Cuneense



14 Caraglio: tetto Rossetto



15 Bernezzo: via Torrette 37-39



16 Bernezzo: via S.Anna 83



17 Bernezzo - via Bagot



18 Rittana- Gorrè



19 Cuneo: piazza II Reggimento Alpini

Figura 64) Fotografie dei campionatori passivi posizionati.

Per ogni punto di campionamento nelle tabelle sottostanti sono riportate le coordinate del sito e i valori di concentrazione di NO₂ ottenuti in ciascuna campagna (tra parentesi è indicato l'eventuale codice recettore, dello studio diffusionale proposto dall'azienda in fase di Verifica VIA, corrispondente al punto di misura, es: R1, R4...). I campionatori utilizzati permettono anche la misura del biossido di zolfo, ma le relative concentrazioni sono risultate inferiori al limite di rivelabilità in tutti i punti di entrambe le campagne di misura, e pertanto non riportate nel seguito.

SITO	DESCRIZIONE	NO ₂	NO ₂
		(µg/m ³) 3-15sett	(µg/m ³) 14-22dic
1	Bernezzo, Piazza della Solidarietà (R4) (x=375621m; y=4915745m)	2.8	18.3
2	Bernezzo, via d. Dalmasso – casa riposo (x= 375479 m; y= 4916205 m)	2.6	22.0
3	Bernezzo, via Alpi (R1) (x= 374941 m; y= 4916400 m)	2.3	9.9
4	Bernezzo, località Cava (x= 374458 m; y= 4916706 m)	1.9	9.2
5	Caraglio, roata Chiabo (R6) (x= 374110 m; y= 4917336 m)	1.5	7.3
6	Caraglio, roata Bruno (R11) (x= 373391 m; y= 4917639 m)	1.7	0.8*
7	Caraglio, via Vallerà Sottana (x= 374879 m; y= 4918241 m)	1.8	7.8
8	Caraglio, traversa via Bernezzo (x= 374947 m; y= 4917409 m)	2.2	6.9
9	Bernezzo, traversa via Bernezzo – pilone (x= 375456 m; y= 4916988 m)	1.7	8.4
10	Bernezzo, via Villanis (R9) (x= 375602 m; y= 4916584 m)	2.0	17.4
11	Bernezzo, cascina Villanis (x= 376341 m; y= 4916761 m)	1.8	9.7
12	Bernezzo, via Mattalia (x= 376221 m; y= 4917420 m)	1.9	8.8
13	Caraglio, via Divisione Cuneense (x= 375894 m; y= 4918174 m)	2.3	10.1
14	Caraglio, tetto Rossetto (x= 377902 m; y= 4918341 m)	1.9	12.8
15	Bernezzo, via Torrette 37-39 (x= 377708 m; y= 4916628 m)	3.2	13.4
16	Bernezzo, via S. Anna 83 (R5) (x= 374606 m; y= 4915037 m)	1.6	3.6
17	Bernezzo, via Bagot (x= 371896 m; y= 4914381 m)	1.3	0.0
18	Rittana - Gorrè (R10) (x= 369092 m; y= 4913570 m)	1.0	4.0
19	Cuneo, piazza Il Reggimento Alpini - Centralina (x= 383555 m; y= 4915314 m)	8.0	26.4

Tabella 16) Siti monitorati con i campionatori passivi (coordinate UTM – WGS84) e concentrazioni medie dei due periodi di monitoraggio (3-15 settembre 2015, 14-22 dicembre 2015).

*Questo dato è dubbio in quanto il campionario è stato ritrovato nel sito ma visibilmente manomesso.

Le concentrazioni ottenute nei diversi punti nei due periodi di misura sono rappresentate nelle due mappe seguenti. In ciascuna mappa ogni punto la concentrazione di NO₂ rilevata è rappresentata con un colore. Ad ogni colore è associato un intervallo di concentrazione, la scelta è stata fatta attribuendo il colore blu alle concentrazioni più basse, il verde e giallo ai valori intermedi ed il rosso scuro ai livelli più elevati rilevati in ciascuna campagna.

Ciò che si reputa importante in tali tipologie di monitoraggi sono, per ciascuna campagna di misura, non tanto i valori assoluti delle concentrazioni quanto il confronto tra i valori nei diversi punti, che forniscono informazioni sulla distribuzione spaziale dell'inquinante.

Come si può osservare dalla mappa di figura 65, i risultati della prima campagna di misura evidenziano valori molto bassi rispetto al sito della centralina di Cuneo. Solamente i due campionatori installati all'interno dell'abitato di Bernezzo (piazza Solidarietà e Volontariato e via don Dalmasso, nei pressi della casa di riposo) e in via Torrette, ovvero in zone con più influenza del traffico, presentano valori leggermente più elevati degli altri installati in posizioni più distanti da strade trafficate.

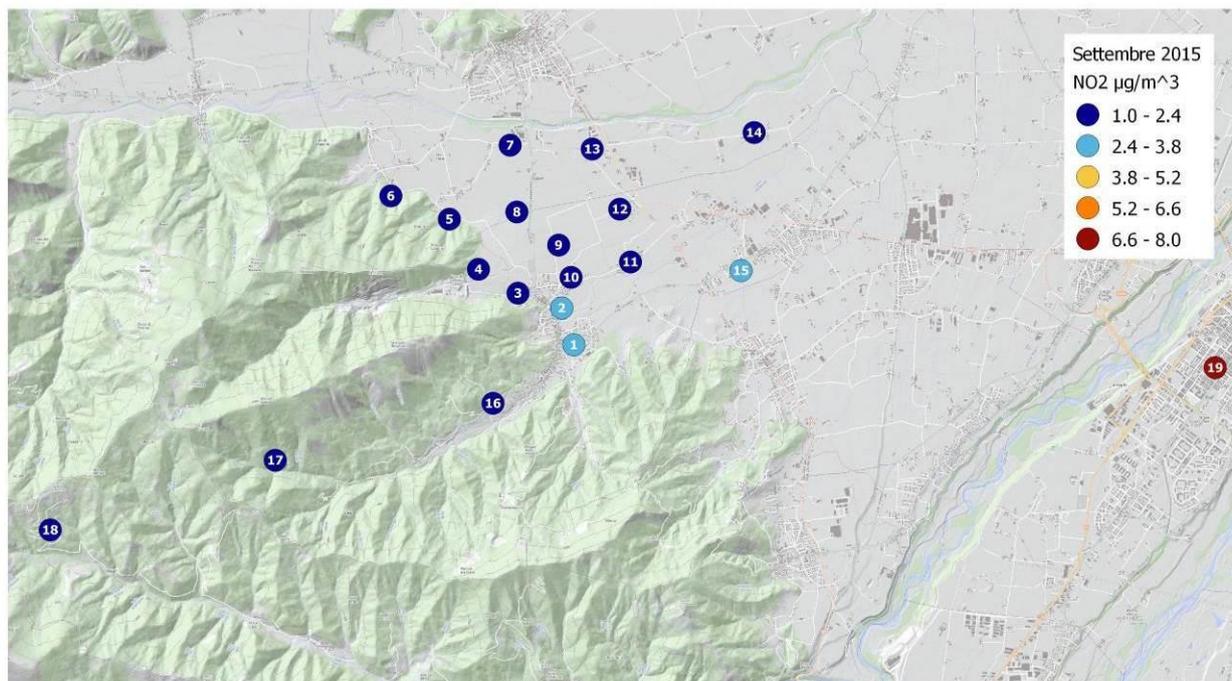


Figura 65) Mappa con le concentrazioni misurate con i campionatori passivi nel periodo 3÷15 settembre 2015, 14÷22 dicembre 2015.

La seconda campagna è stata svolta in periodo invernale, stagione tipicamente caratterizzata da maggiori concentrazioni, sia a causa delle emissioni stagionali del riscaldamento domestico, che delle minori capacità dispersive dell'atmosfera. Purtroppo però, a differenza della prima campagna, durante il periodo della seconda dei due forni di cui è dotato lo stabilimento di produzione della calce solamente uno ha regolarmente funzionato. La mappa di figura 66 evidenzia concentrazioni prossime a quelle della centralina di Cuneo solamente nel sito di via don Dalmasso, e come i valori siano via via inferiori allontanandosi dai centri abitati e dagli assi stradali più trafficati.

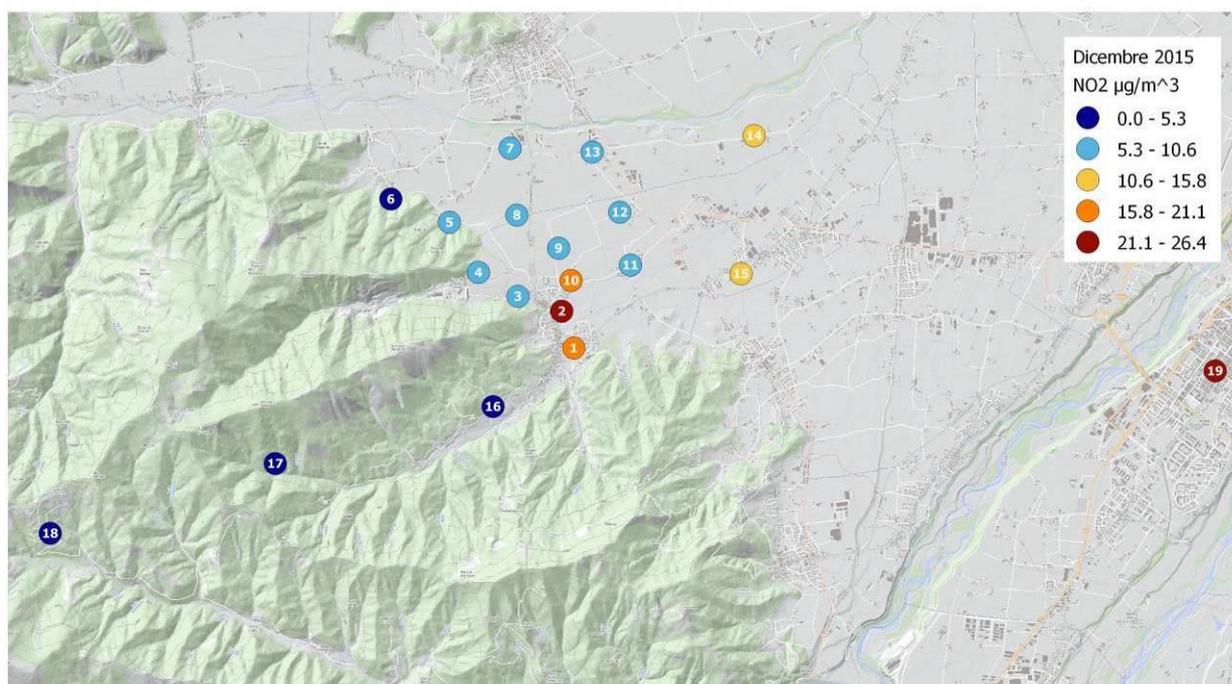


Figura 66) Mappa con le concentrazioni misurate con i campionatori passivi nel periodo 14÷22 dicembre 2015.

Da nessuna delle due mappe emergono evidenze di ricadute delle emissioni dell'azienda della calce.

SITUAZIONE METEOROLOGICA E DATI LOCALI

Le condizioni meteorologiche influiscono sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa. È pertanto importante che i livelli di concentrazione misurati siano valutati alla luce delle condizioni meteorologiche verificatesi nel periodo di monitoraggio.

Complessivamente, nonostante le stagioni coinvolte, il periodo durante il quale si è svolto il monitoraggio nel comune di Bernezzo si può definire caldo e secco. Infatti, a livello regionale, il novembre 2015 è risultato il più caldo mese di novembre dell'intera serie storica dal 1958 ad oggi ed il terzo mese di novembre più secco nella distribuzione storica degli ultimi 58 anni, l'inverno 2015/2016 (dicembre, gennaio e febbraio) è risultato il secondo più caldo dopo quello del 2006/2007 ed il trentaduesimo più secco degli ultimi 59 anni.

Dopo le precipitazioni che si sono verificate in modo diffuso sul territorio piemontese a partire dalla serata del 27 ottobre e fino alla mattinata del 29, in Piemonte è iniziato un periodo di siccità che è perdurato fino a gennaio 2016.

Il mese di novembre 2015 è stato infatti caratterizzato da un'ampia anomalia barica positiva sull'Europa occidentale, causata dall'espansione di un'area di alta pressione di matrice atlantica, con diretto interessamento del territorio piemontese, che ha goduto di condizioni di stabilità e temperature superiori alla norma per le prime due decadi del mese. Il picco termico è stato raggiunto il 10 novembre, risultato il giorno più caldo del mese con 22.2°C di media delle temperature massime in pianura. Si è trattata di una vera e propria "Estate di San Martino", in quanto si sono registrati valori record per il mese per circa una settimana, tra il 6 ed il 12 novembre.

La terza decade di novembre 2015 ha avuto un andamento completamente diverso dalle prime due, a causa di fredde correnti settentrionali di origine polare, che hanno determinato una vasta anomalia barica negativa sull'Europa centrale ed un marcato calo delle temperature sul territorio piemontese.

Le condizioni di stabilità atmosferica e marcata inversione termica che hanno caratterizzato le prime due decadi del mese di novembre hanno determinato una situazione di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km) per tutti i primi 21 giorni del mese. All'interno di tale periodo ci sono stati 3 eventi di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m). Nell'ultima decade del mese la forte ventilazione dai quadranti settentrionali ha determinato la dissipazione dei fenomeni nebbiosi. Complessivamente i valori sono in linea con gli episodi nebbiosi attesi per il mese dalla climatologia recente 2004-2014.

Nel 2015 anche il mese di dicembre è stato caratterizzato da un'ampia e marcata anomalia barica positiva sul bacino del Mediterraneo, causata dall'espansione di un'area di alta pressione di matrice nordafricana. Il territorio piemontese ha pertanto goduto di condizioni di stabilità sostanzialmente per tutto il mese in esame.

Infatti sono caduti appena 3 mm di precipitazione, con un deficit del 94% rispetto alla media del periodo 1971-2000, e la nebbia si è verificata in 30 giorni su 31 del mese rendendo il dicembre 2015 in assoluto il più nebbioso da quando è attiva la rete dei visibilimetri di Arpa Piemonte (dal 2004). Il picco termico è stato raggiunto il 1° dicembre, risultato il giorno più caldo del mese e uno dei più caldi della stagione invernale.

L'anno 2016 si è aperto con il passaggio sul territorio piemontese di una saccatura di origine atlantica tra il 2 ed il 3 gennaio. Dopo il passaggio di tale saccatura, si sono avute condizioni di instabilità anche nei giorni 3 e 4 gennaio, a causa di correnti umide occidentali. In entrambi i casi si è trattato di episodi in cui i valori di precipitazione nevosa che hanno interessato l'arco alpino piemontese sono risultati deboli o localmente moderati e a carattere sparso, con assenza di fenomeni su vaste zone.

Il giorno del mese più ricco di precipitazioni è risultato l'11 gennaio, quando si sono avute precipitazioni localmente forti sul territorio piemontese.

Il valore medio della precipitazione sul Piemonte è risultato pari a 5.1 mm, cioè appena al di sopra della soglia di 5 mm, che definisce un giorno "secco" su una determinata area per eliminare quei brevi episodi di precipitazione localizzata che esulano dal contesto climatico generale. Tuttavia per trovare una giornata con pioggia più abbondante sul territorio piemontese occorre andare indietro di circa due mesi e mezzo, ossia al 28 ottobre 2015.

Il giorno più freddo dell'inverno è stato il 18 gennaio, quando il Piemonte è stato interessato da fredde correnti settentrionali, che hanno determinato un valore medio delle temperature in pianura pari a -1.7°C , con minime mediamente sui -5.6°C , valore risultato il più basso dal 15 febbraio 2012. Valori di temperatura media inferiori a 0°C e di temperatura minima al di sotto di -4°C in pianura sono perdurati fino al 22 gennaio.

L'ultima settimana del mese è stata in prevalenza caratterizzata dall'espansione di un promontorio anticiclonico di matrice africana verso l'Europa centrale.

Nel mese di gennaio 2016 il numero di episodi nebbiosi è stato inferiore alla norma. Infatti si sono verificati 12 episodi di nebbia ordinaria, rispetto ai 21 attesi per il mese. Da quando è attiva la rete dei visibilimetri Arpa Piemonte (2004) solo in un caso (gennaio 2015) si era registrato un numero di eventi nebbiosi ancora inferiore.

La formazione dei fenomeni nebbiosi nel corso del mese in esame è stata ostacolata dalla prevalenza di correnti occidentali, secche e più intense rispetto alla norma, e dall'anomalia positiva delle temperature, in particolare nei valori massimi.

Il 1° febbraio 2016 è risultato il giorno mediamente più caldo della stagione invernale in Piemonte, grazie ad un promontorio anticiclonico di matrice africana che ha determinato valori di temperatura al di sopra della norma. La temperatura media giornaliera sulla regione è stata di 9.8°C , oltre 8°C al di sopra della norma del periodo.

In seguito si è avuto un peggioramento più incisivo il 7 febbraio; la struttura depressionaria che si è creata ha apportato nevicate oltre i 600-700 m nel Cuneese, localmente a 500 m, e oltre i 600-900 m nei restanti settori.

Il giorno 21 febbraio una nuova espansione di un anticiclone africano verso il Mediterraneo occidentale ha apportato sul territorio piemontese una marcata anomalia termica positiva.

Si è trattato del giorno con i valori di temperatura più elevati dell'inverno 2015/2016 sulle zone pianeggianti, con circa 16°C di media delle massime.

Nel mese di febbraio i fenomeni nebbiosi sono risultati sostanzialmente nella norma: 19 episodi di nebbia ordinaria (rispetto ai 17 attesi per il mese), e tre giorni di nebbia fitta (5 giorni attesi).

Gli eventi di foehn sono stati 9 nel mese di novembre, 3 a dicembre, 9 a gennaio e 4 a febbraio.¹⁹

Dai dati acquisiti dal laboratorio mobile a Bernezzo si ricava che, su base oraria, la temperatura massima del periodo del monitoraggio, registrata il 10 novembre, è stata di 26.1°C , la media di 5.7°C e la minima di -4.8°C , raggiunta il 20 gennaio.

Nel grafico della figura 67 sono rappresentate le temperature medie, minime e massime giornaliere misurate nell'intero periodo di monitoraggio dal laboratorio mobile e dalla stazione meteorologica posizionata in località Cava, che risultano coerenti con la situazione rilevata a livello regionale. Nello stesso grafico è rappresentato il totale giornaliero della radiazione solare globale misurata dalla stazione in località Cava.

¹⁹ Il clima in Piemonte. Estate 2015. Arpa Piemonte, Sistemi Previsionali
Il clima in Piemonte. Autunno 2015. Arpa Piemonte, Sistemi Previsionali

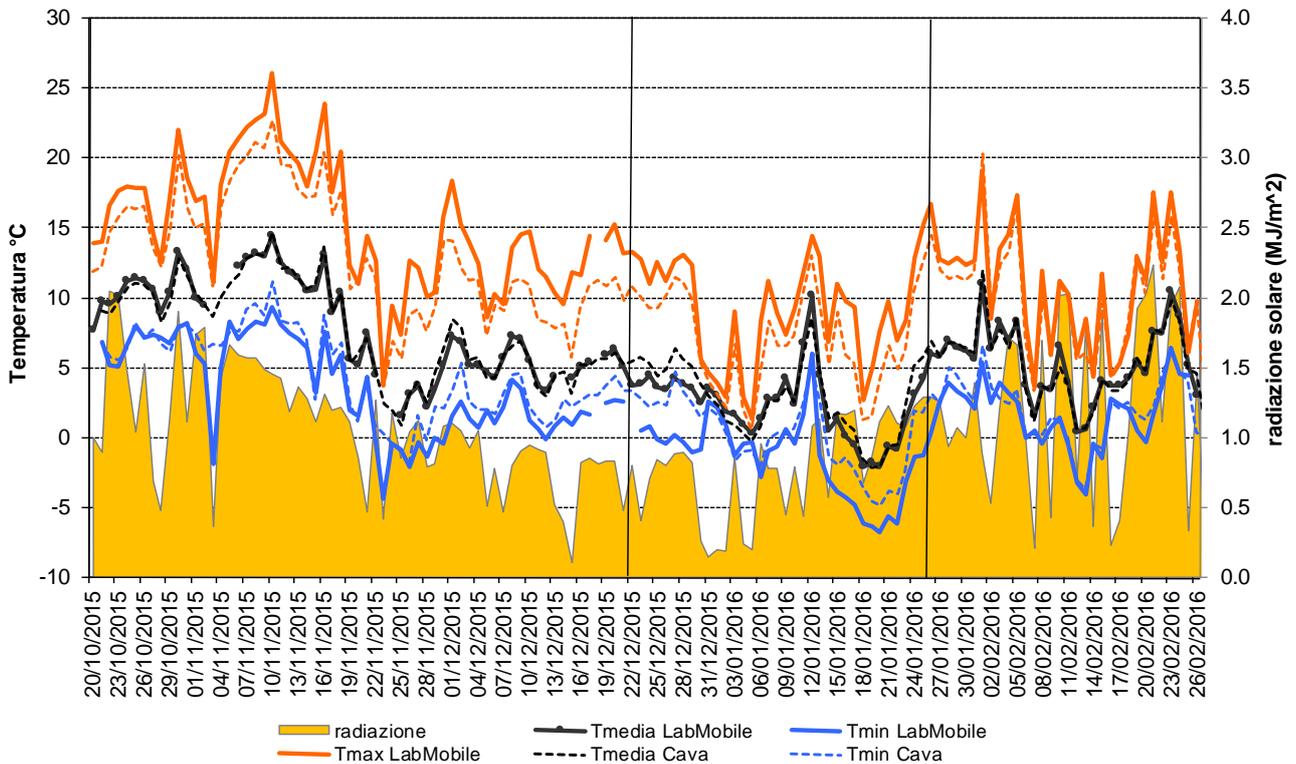


Figura 67) Temperatura dell'aria media, minima e massima giornaliera registrata con il laboratorio mobile nei tre siti di misura e dalla stazione meteo posizionata in località Cava, e totale giornaliero della radiazione solare globale misurata in località Cava.

Nella figura 68 sono riportati, per ciascun giorno, la media della pressione atmosferica, la radiazione totale giornaliera, insieme ai dati della precipitazione giornaliera cumulata registrati dalla stazione meteorologica in località Cava.

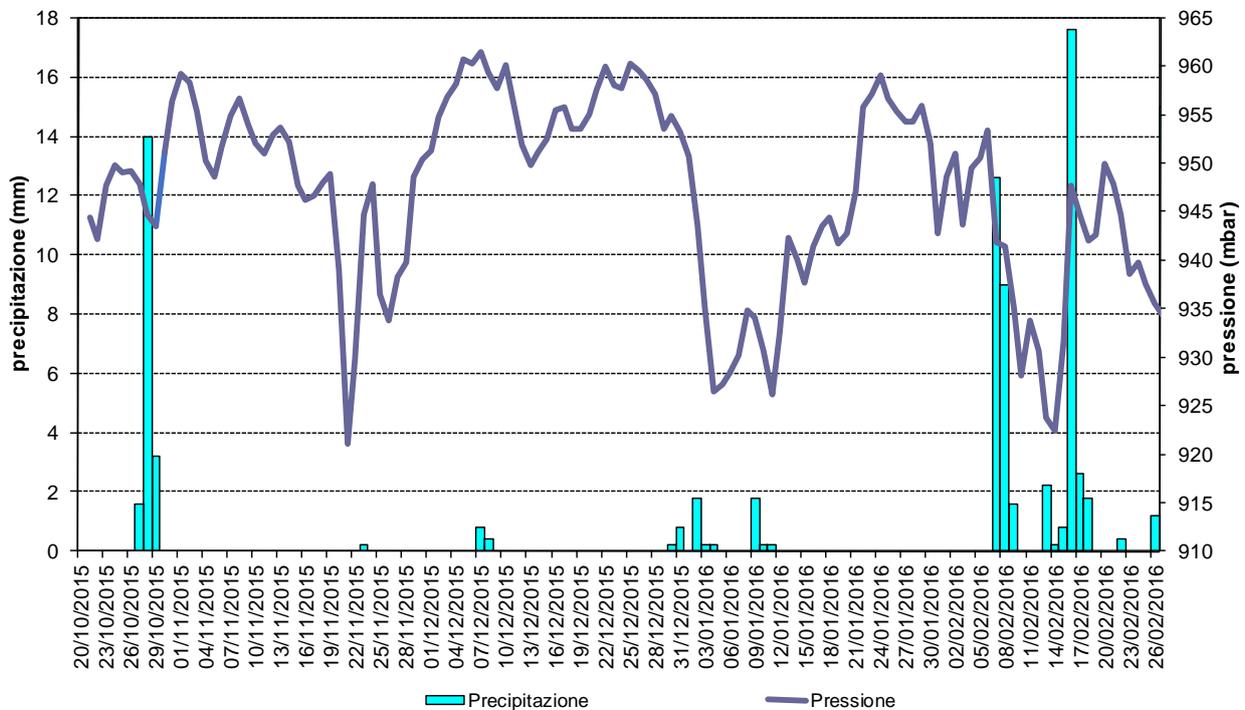


Figura 68) Precipitazione cumulata giornaliera e pressione atmosferica media misurate dalla stazione meteorologica in località Cava.

I grafici delle figure seguenti rappresentano, per le quattro postazioni di misura, le frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento registrate e le rose di

provenienza dei venti, suddivise tra ore diurne e notturne²⁰, per i rispettivi periodi di monitoraggio.

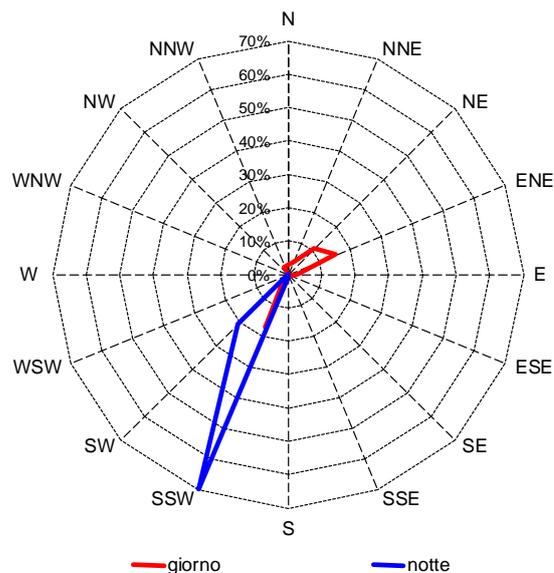
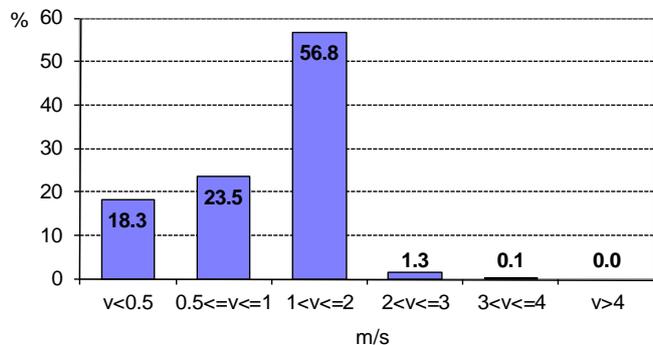


Figura 69) Bernezzo Scuole: Frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento e rosa dei venti (periodo: 20 ottobre ÷ 22 dicembre '15).

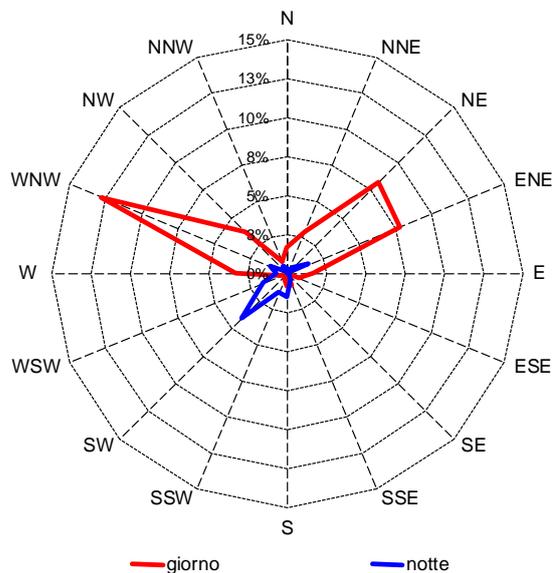
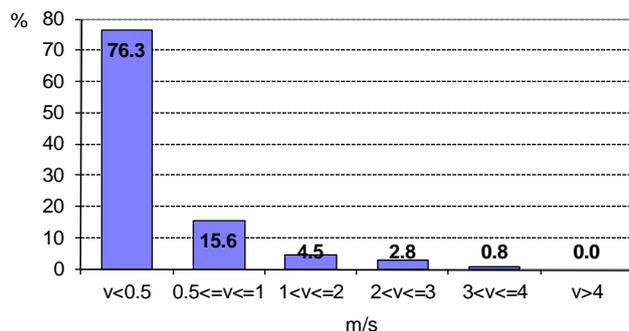


Figura 70) Bernezzo Municipio: Frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento e rosa dei venti (periodo: 22 dicembre '15 ÷ 26 gennaio '16).

²⁰ Per queste valutazioni sono considerate "ore notturne" quelle comprese da un'ora prima del tramonto ad un'ora dopo l'alba.

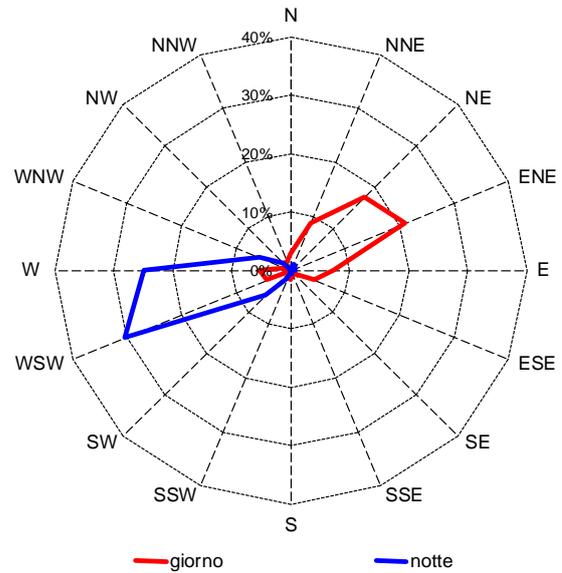
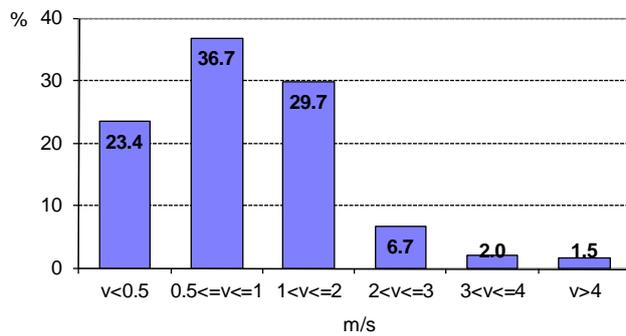


Figura 71) Bernezzo Cimitero: Frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento e rosa dei venti (periodo: 26 gennaio ÷ 26 febbraio '16).

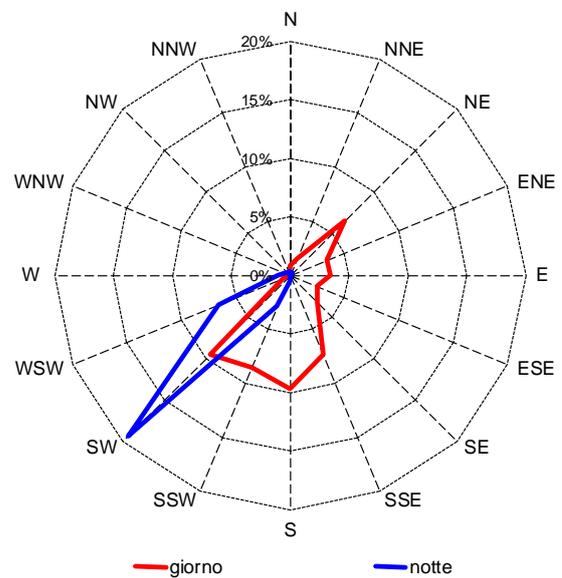
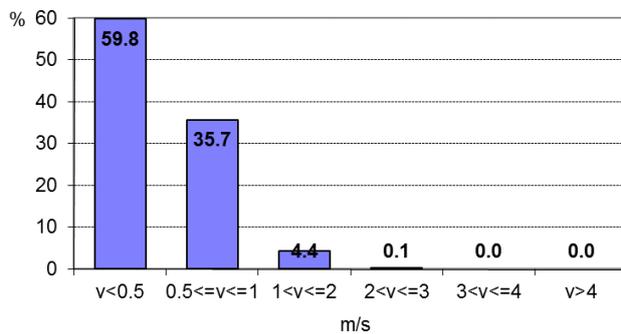


Figura 72) Bernezzo Località Cava: Frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento e rosa dei venti (periodo: 20 ottobre '15 ÷ 7 marzo '16).

Le calme di vento (velocità inferiori a 0.5 m/s) sono particolarmente elevate nel sito della scuola e in quello di località Cava a causa dell'effetto di schermatura dovuto agli edifici ed alla vegetazione.

CONCLUSIONI

Analogamente a tutto il territorio provinciale, nei siti del comune di Bernezzo monitorati con il laboratorio mobile, non sono state evidenziate criticità per il benzene, il monossido di carbonio ed il biossido di zolfo, inquinanti le cui concentrazioni si sono notevolmente ridotte negli anni.

Coerentemente con il periodo autunno-invernale in cui è stato svolto il monitoraggio, i livelli dell'ozono, inquinante tipicamente estivo, sono stati piuttosto bassi.

I dati di biossido di azoto rilevati dal laboratorio mobile evidenziano, nei tre siti di Bernezzo, valori contenuti rispetto a quelli delle stazioni fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria. In particolare, nei siti delle scuole e del cimitero di Bernezzo, i livelli di inquinamento da ossidi di azoto sono di poco superiori a quelli relativi alle stazioni di fondo rurale della provincia, mentre nel sito del Municipio il livello è intermedio tra quelli delle stazioni rurali e quelle urbane.

Anche i risultati del monitoraggio eseguito con i campionatori passivi di NO₂, che sono stati posizionati nel territorio del comune di Bernezzo e di Caraglio al fine di conoscere la distribuzione spaziale dell'inquinante nell'attuale configurazione emissiva dell'impianto locale di produzione della calce, confermano quanto riscontrato con il laboratorio mobile. In particolare sono stati evidenziati livelli di concentrazione di molto inferiori a quelli misurati presso la centralina di Cuneo, con valori più elevati nell'abitato ed in prossimità delle vie più trafficate, e non sono emerse evidenze di ricadute delle emissioni dell'azienda della calce.

Per quanto riguarda l'inquinamento da polveri sottili, nell'abitato di Bernezzo è stata riscontrata una situazione che contraddice quanto rilevato a livello provinciale nello stesso periodo, ovvero nell'autunno e inverno 2015-2016. I dati delle stazioni fisse della rete presente nella provincia di Cuneo hanno infatti confermato, anche nel 2015, la tendenza alla diminuzione delle concentrazioni del materiale particolato. Nonostante il periodo prolungato di assenza di precipitazioni dei mesi di novembre e dicembre 2015 e le numerose occorrenze di condizioni favorevoli all'accumulo degli inquinanti, i numeri di superamenti sono stati contenuti e le concentrazioni di picco, anche quando superiori al limite, non sono state elevate come in passato. Come commentato nella Relazione annuale della qualità dell'aria²¹, riteniamo che questo miglioramento sia il risultato delle diminuzioni delle emissioni degli inquinanti atmosferici che, le migliori tecnologie adottate negli ultimi anni, la crisi economica e la riduzione delle emissioni da riscaldamento dovuta agli inverni sempre più miti, stanno determinando.

Il livello di inquinamento da PM₁₀ riscontrato con i monitoraggi sia presso le scuole che presso il Municipio di Bernezzo risulta "anomalo", sia in termini di numero di superamenti del limite giornaliero che di concentrazioni raggiunte, rispetto ai livelli della vicina stazione di Cuneo che, date le peculiarità dell'inquinamento da polveri sottili, dovrebbe costituire un riferimento rappresentativo delle realtà di fondo urbano della zona.

I livelli di PM₁₀ dell'abitato di Bernezzo, ed in particolare quelli misurati presso il Municipio, sono risultati più simili a quelli delle stazioni con le concentrazioni più elevate della provincia (Alba e Bra), per le quali il superamento, anche nel 2015, del limite stabilito per le concentrazioni giornaliere conferma una situazione di criticità.

Le rapide variazioni riscontrate negli andamenti dei dati orari del PM₁₀ nei siti del paese di Bernezzo sono indice di una forte influenza di sorgenti locali di particolato "primario"²².

²¹ Per approfondimenti: "Monitoraggio della qualità dell'aria – Anno 2015" Arpa Dipartimento Piemonte Sud Ovest. <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/relazione-sulla-qualita-dellaria-2015>

²² A differenza del "secondario", che in genere costituisce la parte preponderante del PM₁₀ e si origina in atmosfera dalla trasformazione di precursori gassosi, il "primario" è emesso in atmosfera direttamente come materiale particolato.

Anche i diversi composti degli Idrocarburi Policiclici Aromatici determinati nel materiale particolato campionato nell'abitato di Bernezzo, presentano valori elevati nel confronto delle centraline della rete. Il valore stimato per la media annua del benzo(a)pirene, Idrocarburo Policiclico Aromatico riconosciuto come cancerogeno per l'uomo, non rispetta il valore obiettivo di 1 ng/m^3 , stabilito dalla normativa al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso.

Le concentrazioni di PM_{10} e degli Idrocarburi Policiclici Aromatici presenti nel materiale particolato campionato nel sito di località Cava, sono inferiori a quelle ottenute in tutte le stazioni della rete provinciale e pertanto confermano una situazione consona ad una postazione di fondo rurale della zona pedemontana cuneese.

Date le criticità riscontrate nell'abitato di Bernezzo, analisi aggiuntive sono state eseguite per poter valutare ulteriormente le sorgenti del particolato. Nei campioni analizzati delle scuole e del Municipio di Bernezzo sono state riscontrate concentrazioni di levoglucosano (tracciante della combustione di biomassa) elevate rispetto sia alle concentrazioni presenti nei campioni di Bra relativi agli stessi giorni, sia rispetto ai dati presenti in letteratura.

A conclusione di tutte le analisi condotte si può pertanto affermare che il contributo dato alle concentrazioni di particolato sottile da parte delle emissioni della combustione della legna nel riscaldamento domestico, e degli abbruciamenti boschivi in modo più circoscritto nel tempo, costituisca una peculiarità locale che ha contribuito in modo determinante alle criticità emerse per i siti dell'abitato di Bernezzo relativamente agli elevati livelli di PM_{10} e di Idrocarburi Policiclici Aromatici.

Si ricorda che, per l'inquinamento da polveri sottili, nonostante il miglioramento riscontrato dalla rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria, permane nella nostra regione, come in tutto il bacino Padano, la criticità per il mancato rispetto dei limiti normativi stabiliti per la tutela della salute umana. Per poter pervenire al rispetto di tali limiti occorre realizzare, sempre più in modo omogeneo e congiunto in tutto il bacino Padano, misure di contrasto all'inquinamento atmosferico.

ALLEGATO

Gli inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi

Il Decreto Legislativo n° 155/2010 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”, definisce “inquinante: qualsiasi sostanza presente nell'aria ambiente” (cioè l'aria esterna presente nella troposfera), “che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso”.

Il quadro normativo sulla qualità dell'aria, a partire da evidenze scientifiche e con approccio conservativo, identifica gli inquinanti per i quali è necessario il monitoraggio al fine di perseguire gli obiettivi di tutela della salute umana e degli ecosistemi.

I parametri analizzati nelle campagne di monitoraggio con mezzo mobile sono i seguenti:

- materiale particolato - PM₁₀
- biossido di azoto (NO₂)
- ozono
- biossido di zolfo (SO₂)
- monossido di carbonio (CO)
- benzene

Le pagine seguenti presentano per ogni inquinante oggetto di monitoraggio, le principali informazioni, facendo riferimento ai seguenti punti:

Caratteristiche: elementi distintivi dell'inquinante

Tipologia: suddivisione in base all'origine in

- **primario** → emesso direttamente in atmosfera da specifiche fonti
- **secondario** → prodotto come risultato di reazioni chimico-fisiche degli inquinanti primari

Fonte:

- **naturale**, emesso in atmosfera ad opera di fenomeni naturali
- **antropica**, generato da attività umane (industriali, civili ecc...)

Permanenza spazio-temporale: ovvero i tempi e l'estensione territoriale coinvolti nella “dispersione” dell'inquinante. Infatti a seguito della loro emissione in atmosfera i composti sono soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione (secca e umida), e possono subire nel contempo processi di trasformazione chimico-fisica, che possono determinarne la rimozione o la generazione di inquinanti secondari; tutti questi processi condizionano la variabilità nello spazio e nel tempo degli inquinanti in atmosfera.

Effetti: descrizione dei principali bersagli sui quali può agire l'inquinante e gli effetti da esso prodotti. Gli inquinamenti atmosferici possono produrre effetti nocivi, che variano in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante, delle sue concentrazioni e dei tempi di permanenza in atmosfera.

Misura: indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

Situazione generale: condizione attuale e l'andamento negli anni dell'inquinante

Limiti normativi: i limiti indicati dalla normativa cogente, identificati in relazione ai livelli di riferimento così descritti:

Soglia di informazione: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

Soglia di allarme: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

Valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato.

Valori obiettivo: livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.

Obiettivo a lungo termine: livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

MATERIALE PARTICOLATO – PM₁₀

Caratteristiche <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i>	Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine PM₁₀ si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine PM_{2.5} comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro inferiore a 2.5 µm.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Nell'aria viene generato da processi naturali quali eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, azione del vento sulla polvere e sul terreno, aerosol marino , ecc, e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le emissioni industriali , particelle di polveri, ceneri, e combustioni incomplete, e il traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici, risollevarimento delle polveri depositate sulle strade) rappresentano le fonti più significative.
Tipologia <i>primario</i> <i>secondario</i>	Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", immesso direttamente in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO₂, NO_x, COVs, NH₃ .
Permanenza spazio temporale	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) che ne consente il trasporto su grandi distanze . Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate.
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti: <ul style="list-style-type: none"> - il PM₁₀, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali. - Il PM_{2.5}, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare. Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di malattie dell'apparato respiratorio , quali asma, bronchiti ed enfisemi . Il PM può inoltre adsorbire sulla sua superficie e quindi veicolare nell'apparato respiratorio dei microinquinanti, quali metalli e IPA, ai quali possono essere associati effetti tossicologici rilevanti. <p>La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione costituendo, sulla superficie fogliare, una pellicola non dilavabile dalle piogge, che può inibire il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti.</p> <p>I materiali subiscono danni diretti legati a fenomeni di imbrattamento e fenomeni di corrosione in relazione alla composizione chimica del particolato.</p>
Misura <i>gravimetrica</i>	Il PM ₁₀ e il PM _{2.5} sono determinati mediante campionamento su filtro in condizioni ambiente e successiva determinazione gravimetrica delle polveri filtrate. La testa del campionatore ha una geometria standardizzata che permette il solo passaggio della frazione di polveri avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10µm o 2.5µm.
 Situazione generale <i>critica</i>	La situazione nell'ultimo decennio, per il particolato PM ₁₀ , è in miglioramento anche se continua a rappresentare una delle criticità più significative . Le condizioni meteo climatiche influenzano fortemente l'andamento.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
PM10	24 ore	50 µg/m ³	35 per anno civile	1 gennaio 2005
	anno civile	40 µg/m ³		1 gennaio 2005

BIOSSIDO DI AZOTO – NO₂

Caratteristiche NO ₂	Gli ossidi di azoto (NO, NO ₂ , N ₂ O ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione che utilizzano l'aria come comburente; infatti ad elevate temperature l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria atmosferica reagiscono, con le seguenti reazioni principali : $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$. L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO ₂ è infatti un gas tossico, di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante ed è un energico ossidante, molto reattivo. Gli ossidi di azoto sono da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, anche perché in presenza di forte irraggiamento solare, danno inizio ad una serie di reazioni secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti, quali l'ozono, acido nitrico, ecc, complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico" che sono importanti precursori del PM ₁₀ .
Fonte naturale antropica	In natura gli ossidi di azoto sono prodotti dall' attività batterica sui composti dell'azoto, dall' attività vulcanica e dai fulmini : ciò produce un apporto minimo ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione : ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il traffico veicolare ne rappresenta la fonte più significativa .
Tipologia primario secondario	Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al massimo il 5% degli ossidi di azoto emessi direttamente dalle combustioni in aria . La maggior parte dell' NO ₂ presente in atmosfera deriva invece dall'ossidazione del monossido di azoto , ed è quindi di natura secondaria.
Permanenza spazio temporale	Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO ₂ e quattro giorni per l'NO.
Effetti salute ambiente materiali	Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO ₂ sono dovuti alla sua azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio . Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie , quali bronchite cronica e asma, e riduzione della funzionalità polmonare . Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi coinvolti , e producono fenomeni corrosivi sui metalli e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un invecchiamento più rapido delle strutture .
Misure chemiluminescenza	Gli ossidi di azoto sono determinati con il metodo a chemiluminescenza , che si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono in grado di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Per misurare il biossido è necessario ridurlo a monossido tramite un convertitore al molibdeno. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo (µg/m ³).
Situazione generale stabile  	L'introduzione delle marmitte catalitiche non ha ridotto in maniera incisiva la concentrazione di NO ₂ che, nell'ultimo decennio, non ha avuto un calo tanto netto quanto il CO. Ciò è dovuto anche al fatto che i motori a benzina non sono l'unica fonte di NO ₂ , ma altrettanto importanti sono i veicoli diesel e gli impianti per la produzione d'energia. Nel settore industriale miglioramenti tecnologici hanno permesso di ridurre parzialmente gli apporti emissivi.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
Biossido di Azoto	1 ora	200 µg/m ³	18 per anno civile	1 gennaio 2010
	anno civile	40 µg/m ³	-	1 gennaio 2010

OZONO

Caratteristiche O_3	L'Ozono è un gas molto reattivo, fortemente ossidante, di odore pungente caratteristico, la cui molecola è costituita da tre atomi di ossigeno.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	E' un gas presente nell'atmosfera la cui origine e concentrazione dipende dalla porzione di atmosfera a cui le osservazioni si riferiscono. Negli strati alti dell'atmosfera, la stratosfera, esso è presente naturalmente e svolge un'importante azione protettiva per la salute umana e per l'ambiente, assorbendo un'elevata percentuale delle radiazioni UV provenienti direttamente dal sole. A questo livello l'ozono si produce a partire dalla reazione dell'ossigeno con l'ossigeno nascente (O), prodotto dalla scissione della molecola di ossigeno ad opera delle radiazioni ultraviolette. Negli strati di atmosfera più prossimi alla superficie terrestre, la troposfera, l'ozono si può originare dalla presenza di precursori sia naturali (composti organici volatili biogenici prodotti dalle piante), che antropici (ossidi di azoto e sostanze organiche volatili -VOC- emessi da attività umane), in condizioni meteorologiche caratterizzate da forte irraggiamento, oppure da scariche elettriche in atmosfera.
Tipologia <i>secondario</i>	A livello troposferico l'ozono è un inquinante cosiddetto secondario, cioè non viene emesso direttamente da una sorgente, ma è prodotto dalle complesse trasformazioni chimico fisiche che avvengono in atmosfera tra gli ossidi di azoto e i composti organici volatili. L'insieme dei prodotti di queste reazioni costituiscono il cosiddetto inquinamento fotochimico o <i>smog fotochimico</i> .
Permanenza spazio temporale	L'inquinamento secondario trae generalmente origine da contesti fortemente antropizzati, dove può essere elevata l'emissione di precursori, durante episodi estivi caratterizzati da condizioni meteorologiche stagnanti, quando persistono forte insolazione ed elevate temperature. Gli inquinanti secondari prodotti in queste condizioni possono dar luogo a grandi concentrazioni e fenomeni di accumulo anche a notevole distanze dalle zone di immissione. Per tale motivo l'inquinamento da ozono rappresenta un fenomeno su scala regionale e/o transfrontaliero.
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	I principali effetti sulla salute si riscontrano a carico delle vie respiratorie dove, all'aumentare della concentrazione, possono essere indotti effetti infiammatori di gravità crescente, sino ad una riduzione della funzionalità polmonare. Sugli ecosistemi vegetali gli effetti ossidanti della molecola interferiscono con la funzione clorofilliana e con la crescita delle piante. I materiali, come la gomma e le fibre tessili, subiscono alterazione chimiche che ne compromettono le caratteristiche e la resistenza.
Misura <i>assorbimento</i> <i>caratteristico</i>	La misura dell'ozono sfrutta il metodo basato sull'assorbimento caratteristico che questa molecola presenta verso le radiazioni ultraviolette (UV) ad una lunghezza d'onda di 254 nm (nanometri). La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di O_3 ed è misurata da un apposito rivelatore. L'unità di misura con la quale sono espresse le concentrazioni di O_3 è il microgrammo al metro cubo ($\mu g/m^3$).
Situazione generale  stabile 	Nonostante l'attuale stabilità del trend delle concentrazioni in atmosfera dei precursori, tra i quali gli ossidi di azoto, l'influenza determinante delle condizioni meteorologiche, fa sì che l'andamento delle concentrazioni di O_3 possa variare considerevolmente e sia difficilmente controllabile.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	valore	N° superamenti ammessi
Soglia informazione Protezione della salute umana	Media oraria	180 µg/m ³	
Soglia di allarme Protezione della salute umana	Media oraria	240 µg/m ³	non più di 3 ore consecutive
Valore obiettivo Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 µg/m ³ (*)	25 volte per anno civile come media su 3 anni
Valore obiettivo Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 18000 µg/m ³ *h come media sui 5 anni (*)	
Obiettivo a lungo termine Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 µg/m ³	
Obiettivo a lungo termine Protezione della vegetazione		AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 6000 µg/m ³ *h	

(*) il raggiungimento dell'obiettivo sarà valutato nel 2013 (riferimento triennio 2010-2012) per il valore obiettivo di protezione della salute umana e nel 2015 (riferimento quinquennio 2010-2015, per la protezione della vegetazione)

(**) Per AOT40 (espresso in µg/m³*h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (=40 parti per miliardo) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (CET)

BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂

Caratteristiche SO ₂	Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas incolore, di odore pungente, prodotto dell'ossidazione dello zolfo.			
Fonte : <i>naturale</i> <i>antropica</i>	La fonte principale degli ossidi di zolfo (SO ₂ e SO ₃) presenti in atmosfera è di origine <i>naturale</i> . Infatti una percentuale variabile dal 62% all'89% delle emissioni prodotte in Italia ²³ è attribuita all' <i>attività vulcanica</i> . Le principali emissioni <i>antropiche</i> di SO ₂ derivano invece dai processi di combustione che utilizzano combustibili fossili (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità. In città una fonte significativa è rappresentata dal riscaldamento domestico , mentre solo una percentuale molto bassa di SO ₂ proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel.			
Tipologia <i>primario</i>	L'ossido di zolfo è un inquinante primario.			
Permanenza spazio temporale	Il tempo medio di permanenza in atmosfera del biossido di zolfo varia da alcuni giorni a settimane e l'estensione dei fenomeni interessa la scala locale e regionale.			
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il biossido di zolfo è un forte irritante delle vie respiratorie . Un'esposizione prolungata a concentrazioni basse può causare patologie all'apparato respiratorio (asma, tracheiti, bronchiti) mentre esposizioni di breve durata a concentrazioni elevate possono provocare aumento della frequenza respiratoria e del ritmo cardiaco oltre a irritazione agli occhi, gola e naso. Gli ossidi di zolfo sono i principali responsabili dell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche (piogge acide) che comporta la compromissione degli equilibri degli ecosistemi coinvolti. Sulle piante l'aumento delle concentrazioni di SO ₂ provoca danni via via crescenti agli apparati fogliari sino alla necrosi tessutale . L'azione sui materiali interessa maggiormente i metalli , nei quali viene accelerato il fenomeno di corrosione , ed i materiali da costruzione (in particolare di natura calcarea) sui quali l'azione acida, comportando una trasformazione dei carbonati in solfati solubili, diminuisce la resistenza meccanica dei materiali , da cui i conseguenti danneggiamenti dei monumenti e delle facciate degli edifici.			
Misura <i>fluorescenza</i>	Il biossido di zolfo è misurato con un metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale sono inviate radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di SO ₂ presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rivelatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO ₂ presente nell'aria. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di zolfo è il microgrammo al metro cubo (µg/m ³).			
Situazione <i>buona</i>  	Il biossido di zolfo ha rappresentato per molti anni uno dei principali inquinanti dell'aria. Oggi il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffinazione) ed il sempre più diffuso uso del gas metano hanno diminuito nettamente la sua presenza.			

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
Ossido di Zolfo	1 ora	350 µg/m ³	24 per anno civile	1 gennaio 2005
	1 giorno	125 µg/m ³	3 per anno civile	1 gennaio 2005

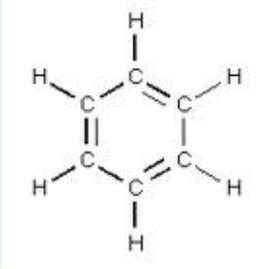
²³ ISPRA -inventario emissioni in atmosfera-CONAIR IPPC- dati 1980-2008

MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

Caratteristiche CO	Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico. Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Le principali fonti naturali sono agli incendi boschivi , le eruzioni dei vulcani , le emissioni da oceani e paludi . La fonte antropica più significativa è rappresentata dal traffico veicolare , in particolare dalle emissioni prodotte dagli autoveicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo, fasi di decelerazione, ecc...): per questi motivi viene identificato come tracciante di inquinamento veicolare. Altre fonti sono gli impianti di riscaldamento domestico , le centrali termoelettriche , gli inceneritori di rifiuti , per i quali il contributo emissivo risulta minore in quanto la combustione avviene in condizioni più controllate.
Tipologia <i>primario</i>	Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera.
Permanenza spazio temporale	Nonostante il tempo di permanenza in atmosfera sia elevato (anni), meccanismi di rimozione naturali (assorbimento da parte di terreno, delle piante, ossidazione in atmosfera) limitano prevalentemente a scala locale, urbana, l'azione inquinante del monossido di carbonio.
Effetti salute	Sull'uomo il monossido di carbonio ha effetti particolarmente pericolosi in quanto forma con l'emoglobina del sangue la carbossemoglobina, un composto fisiologicamente inattivo, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti, ed è in grado di produrre, ad elevate concentrazioni, esiti letali . A basse concentrazioni provoca emicranie, vertigini, e sonnolenza . Essendo inodore e incolore, è un inquinante insidioso soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni elevate. Sull'ambiente ha effetti trascurabili.
Misure <i>Assorbimento IR</i>	Il CO è analizzato mediante assorbimento di Radiazioni Infrarosse (IR). La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR e la variazione dell'intensità delle IR è proporzionale alla concentrazione di CO. L'unità di misura utilizzata per esprimere la concentrazione di Monossido di Carbonio è il milligrammo al metro cubo (mg/m ³).
 Situazione generale <i>buona</i> 	Il CO ha avuto, negli ultimi trent'anni, un nettissimo calo delle concentrazioni rilevate in atmosfera dovuto allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico che ha portato ad un aumento dell'efficienza nei motori e l'introduzione delle marmitte catalitiche. Ciò ha fatto sì che nonostante il numero crescente degli autoveicoli in circolazione, e quindi un aumento delle emissioni, la concentrazione si riducesse in modo significativo. Ulteriori miglioramenti si otterranno quando le auto a benzina non catalizzate saranno completamente sostituite con veicoli dotati di marmitta catalitica.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	<i>Periodo di mediazione temporale</i>	Valore limite	<i>N° superamenti ammessi</i>	<i>Data di raggiungimento limite</i>
Monossido di carbonio	Media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore	10 mg/m ³	-	1 gennaio 2005

BENZENE

<p>Caratteristiche C_6H_6</p> 	<p>Il benzene è un idrocarburo aromatico, che si presenta a temperatura ambiente come un liquido incolore, dal tipico odore aromatico, in grado di evaporare velocemente. Si ottiene prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio. Viene impiegato come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta impiegati per produrre plastiche, resine, detersivi, pesticidi, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. E' utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".</p>
<p>Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i></p>	<p>In natura il benzene viene prodotto negli incendi boschivi e durante le eruzioni vulcaniche, ma le concentrazioni in atmosfera prodotte da queste fonti sono quantitativamente irrilevanti. La fonte principale è di natura antropica. La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina: stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene. Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentato dal fumo di tabacco.</p>
<p>Tipologia <i>primario</i></p>	<p>E' un inquinante primario.</p>
<p>Permanenza spazio temporale</p>	<p>Il benzene rilasciato in atmosfera si trova prevalentemente in fase vapore, non è soggetto direttamente a fotolisi, ma reagisce con gli idrossi-radicali prodotti fotochimicamente. Il tempo teorico di dimezzamento della concentrazione è di circa 13 giorni, ma in atmosfera inquinata, in presenza di ossidi di azoto o zolfo, l'emivita si riduce a 4 – 6 ore.</p>
<p>Effetti <i>salute</i></p>	<p>Il benzene è tossico, molto irritante per pelle, occhi e mucose ed è inserito dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) tra le sostanze con sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo. La principale via di esposizione per l'uomo è l'inalazione, a causa della notevole volatilità del benzene.</p>
<p>Misura <i>Gasromatografia PID</i></p>	<p>Le misure sono effettuate mediante un sistema gascromatografico, dotato di rivelatore a fotoionizzazione. L'unità di misura con la quale si misura la concentrazione di benzene è il microgrammo al metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).</p>
<p>Situazione generale <i>buona</i></p>  	<p>Le concentrazioni di benzene in atmosfera si sono significativamente ridotte nell'ultimo decennio a seguito delle pesanti limitazioni al suo uso come solvente, alla riduzione del suo contenuto nella benzina nonché all'aumento della percentuale di auto catalizzate sul totale di quelle circolanti.</p>

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
Benzene	Anno civile	5.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	1 gennaio 2010

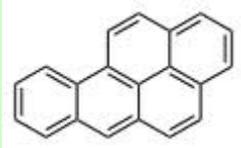
METALLI PESANTI: PIOMBO, ARSENICO, CADMIO E NICHEL

Caratteristiche Metalli pesanti	I metalli pesanti sono costituenti naturali della crosta terrestre e molti di essi, in determinate forme e a concentrazioni opportune, sono essenziali alla vita. Non venendo però degradati dai processi naturali e tendendo ad accumularsi negli organismi biologici (bioaccumulo) possono causare effetti negativi, anche gravi, sulla salute umana e sull'ambiente in generale. La scelta normativa di monitorare Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel discende dalla rilevanza che essi manifestano sotto il profilo tossicologico. In atmosfera sono rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	I metalli pesanti rappresentano un gruppo di inquinanti particolarmente diffuso nella biosfera, legato sia a fenomeni naturali (<i>eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione</i>) sia all'attività antropica; nell'atmosfera le sorgenti antropiche sono rappresentate principalmente dalle <i>combustioni</i> , dai <i>processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche)</i> e dalle <i>abrasioni dei materiali</i> .
Tipologia <i>primario</i>	I metalli pesanti sono inquinanti primari.
Permanenza spazio temporale	Essendo rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso, l'inquinamento da metalli pesanti presenta distribuzione spazio temporale analoga a quella dei PM ₁₀ .
Effetti <i>salute</i> <i>ambiente</i>	I metalli pesanti entrano nell'organismo umano principalmente con l'assunzione di cibo e acqua, ma l'apporto dovuto ad inalazione, in determinate realtà, può risultare estremamente significativo. All'esposizione ai metalli pesanti sono associati molteplici effetti sulla salute, con diversi gradi di gravità e condizioni: <i>problemi ai reni ed alle ossa, disordini neurocomportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e</i> , potenzialmente, anche cancro al polmone. Nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può <i>danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare</i> .
Misura <i>ICP-MS da filtro PM₁₀</i>	La frazione fine del particolato (PM ₁₀) campionato su filtri in fibra di quarzo è sottoposta a mineralizzazione mediante soluzione acida ossidante e sulla soluzione ottenuta si determina la concentrazione dei metalli mediante tecnica ICP-MS (spettrometria di massa abbinata al plasma accoppiato induttivamente).
Situazione <i>buona</i>  	Tutti questi metalli sono presenti in concentrazioni molto basse. Con l'introduzione delle benzine verdi (senza piombo) l'inquinamento urbano da piombo, significativo negli anni '70, ha visto una drastica riduzione.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	Data di raggiungimento valore obiettivo
Piombo	Anno civile	0.5 µg/m ³	1 gennaio 2005
	Periodo di mediazione temporale	Valore obiettivo(*)	Data di raggiungimento valore obiettivo
Arsenico	Anno civile	6.0 ng/m ³	31 dicembre 2012
Cadmio	Anno civile	5.0 ng/m ³	31 dicembre 2012
Nichel	Anno civile	20.0 ng/m ³	31 dicembre 2012

(*) valore riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

IPA - Benzo(a)pirene

<p>Caratteristiche Benzo(a)pirene</p> 	<p>Il benzo(a)pirene - B(a)P - è stato scelto come marker dell'esposizione agli IPA nell'aria ambiente.</p> <p>Il termine IPA è l'acronimo di Idrocarburi Policiclici Aromatici, una classe numerosa di composti organici tutti caratterizzati strutturalmente dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati fra loro. Gli IPA costituiti da tre a cinque anelli possono essere presenti sia come gas che come particolato, mentre quelli caratterizzati da cinque o più anelli tendono a presentarsi per lo più in forma solida.</p> <p>Gli IPA sono generalmente composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da una elevata capacità di aderire al materiale organico.</p>
<p>Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i></p>	<p>Queste sostanze si trovano in atmosfera come prodotto di processi di pirolisi e di combustioni incomplete, con formazione di particelle carboniose che li adsorbono e li veicolano.</p> <p>La fonte naturale di questi inquinanti è rappresentata dalle eruzioni vulcaniche e dagli incendi boschivi.</p> <p>Le fonti antropiche sono dovute ai processi di combustione incompleta di materiale organico e all'uso di olio combustibile, gas, carbone e legno nella produzione di energia e riscaldamento. Anche l'utilizzo dei vari carburanti produce una notevole quantità di queste sostanze. Le emissioni dovute al traffico stradale sono infatti una componente dominante nella emissione di IPA e di B(a)P nelle aree urbane, mentre nelle aree rurali un importante contributo deriva dalla combustione della legna.</p>
<p>Tipologia <i>primario</i></p>	<p>E' un inquinante primario.</p>
<p>Permanenza spazio temporale</p>	<p>In genere gli idrocarburi policiclici aromatici presenti nell'aria possono degradarsi reagendo con la luce del sole e con altri composti chimici nel giro di qualche giorno o settimana; quelli di massa maggiore aderiscono al particolato aerodisperso. Per questa loro relativa stabilità gli IPA si possono riscontrare anche a grandi distanze in località remote e molto lontane dalle zone di produzione.</p>
<p>Effetti <i>salute</i></p>	<p>Gli studi condotti sulla pericolosità degli IPA sembrano dimostrare che l'esposizione a concentrazioni significative di queste sostanze comporti vari danni a livello ematico, immunosoppressione e problemi al sistema polmonare; essendo dotate di effetto mutageno e pertanto cancerogeno l'organo legislativo ha stabilito obiettivi di qualità del tutto cautelativi per il benzo(a)pirene (peraltro l'unico IPA che finora è stato studiato approfonditamente).</p>
<p>Misura <i>GC da filtro PM₁₀</i></p>	<p>La frazione fine del particolato (PM₁₀) contenuta in un volume noto di aria è raccolta su membrana in fibra di vetro o di quarzo; tale membrana è sottoposta ad estrazione con solvente e nell'estratto i singoli composti degli IPA sono quantificati mediante tecnica gascromatografica.</p>
<p>Situazione <i>stabile</i></p>  	<p>L'andamento rileva una forte dipendenza stagionale e una situazione peggiore nelle stazioni non urbane rispetto a quelle urbane a causa del contributo ascrivibile all'uso del legno come combustibile. L'andamento nel corso degli anni rileva comunque un miglioramento.</p>

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore obiettivo(*)	Data di raggiungimento valore obiettivo
Benzo(a)pirene	Anno civile	1.0 ng/m ³	31 dicembre 2012

(*) valore riferito al tenore totale di Benzo(a)pirene presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile