

Rif. AMB-15/2494
Documento di 50 pagine
e di 1 allegato

**INDAGINE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA
AGENTI CHIMICI**

Progetto “Franciacorta Sostenibile”

SINTESI DEI MONITORAGGI EFFETTUATI NELL'INVERNO 2015

**Insedimenti: Comuni di Ome, Cologne, Paratico, Castegnato,
Iseo, Palazzolo sull'Oglio, Coccaglio**

Committente: Fondazione Cogeme Onlus
Via XXV Aprile, 18
Rovato (BS)

Castelmella (BS) 11/12/2015

| | |
|--------------------------------------|--|
| Redatta Dott. Luigi Carbut | Verificata e approvata D.ssa chim. Livia Lelli |
|--------------------------------------|--|

La direzione tecnica dei laboratori è a cura del dott. Umberto Vergine, iscritto all'Ordine dei Chimici della Provincia di Brescia al n. 1



INDICE

| | | |
|----|---|---------|
| 1. | PREMESSA | pag. 5 |
| | 1.1 Obiettivi dell'indagine | |
| | 1.2 Descrizione dei punti e dei luoghi di rilevazione | |
| 2. | AGENTI CHIMICI RICERCATI E MODALITÀ DI ESPRESSIONE DEI RISULTATI | pag. 11 |
| 3. | STANDARD NORMATIVI DI RIFERIMENTO | pag. 13 |
| 4. | STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI | pag. 15 |
| 5. | PARAMETRI METEOROLOGICI | pag. 17 |
| 6. | RISULTATI DELLE MISURAZIONI, OSSERVAZIONI E CONFRONTI | pag. 18 |
| | 6.1 Particolato Fine (PM10) | |
| | 6.2 Particolato Respirabile (PM2.5) | |
| | 6.3 Ozono (O ₃) | |
| | 6.4 Biossido di Azoto (NO ₂) | |
| | 6.5 Benzene | |
| 7. | INDICE DI QUALITÀ DELL'ARIA (IQA) | pag. 44 |
| | 7.1 L'indice di qualità dell'aria dell'Emilia Romagna | |
| | 7.2 Applicazione dell'indice IQA alle campagne della Franciacorta | |



Castelmella (BS), rif. AMB-15/2494
pag. 4 di 50

ALLEGATI

Allegato 1: *Ortofotografie*



1. PREMESSA

1.1 – Obiettivi dell'indagine

L'indagine è stata commissionata dalla Fondazione Cogeme Onlus e si inserisce all'interno del progetto "FRANCIACORTA SOSTENIBILE", avviato nel 2010 dalla Fondazione con la collaborazione di alcuni comuni della Franciacorta, per il monitoraggio di diversi "indicatori ambientali", tra i quali la qualità dell'aria atmosferica. A tal fine è stato deciso di monitorare sul territorio di diversi comuni della Franciacorta, variandoli di anno in anno, alcuni inquinanti importanti per determinare le attuali condizioni ambientali della regione e come esse evolvano nel tempo.

Dopo una prima fase del progetto, terminata nel 2014, in cui i territori dei comuni venivano monitorati sia nella stagione estiva, sia in quella invernale ed in cui i comuni della Franciacorta venivano distinti in tre tipologie di sito di monitoraggio (punto di traffico in prossimità di arterie stradali di rilievo, punto di centro abitato e punto di fondo in area di contesto di tipo suburbano), questa volta si è deciso di effettuare i monitoraggi solamente nella stagione fredda (in quanto più critica) e scegliendo per ciascun comune un punto di monitoraggio che fosse di centro abitato (essendo questa tipologia di maggiore interesse per la popolazione).

La presente indagine è stata effettuata presso 7 comuni (Ome, Cologne, Paratico, Castegnato, Iseo, Palazzolo sull'Oglio, Coccaglio); le campagne nei sette punti, della durata di 13 giorni ciascuna, sono state effettuate in genere una di seguito all'altra (solamente i monitoraggi presso Castegnato e Iseo sono avvenuti in contemporanea), coprendo nel complesso il periodo che va dal 23 Gennaio al 29 Aprile 2015 (nel periodo dal 05 Marzo al 19 Marzo non è stato effettuato alcun monitoraggio).

Nella tabella seguente viene riportato come si sono articolate le 7 campagne, indicando, per ciascuna, il sito ed il periodo di monitoraggio, oltre al riferimento del rapporto di prova del nostro laboratorio in cui sono stati riportati in dettaglio i dati riscontrati. Va notato che, di fatto, solamente le campagne dei primi tre punti sono state effettuate nella stagione invernale vera e propria, mentre le altre quattro sono avvenute a primavera già iniziata.



| Punto | Sito | Periodo di monitoraggio | Relazione |
|--------------|--|--------------------------------|------------------|
| A | Comune di Ome Cimitero comunale | 23 Gennaio ÷ 04 Febbraio 2015 | AMB-15/1075 |
| B | Comune di Cologne Istituto Comprensivo | 06 Febbraio ÷ 18 Febbraio 2015 | AMB-15/1076 |
| C | Comune di Paratico SP BS 469 | 20 Febbraio ÷ 04 Marzo 2015 | AMB-15/1077 |
| D | Comune di Castegnato Piazza Dante | 20 Marzo ÷ 01 Aprile 2015 | AMB-15/1078 |
| E | Comune di Iseo Scuola dell'infanzia "A. Zucchi" | 20 Marzo ÷ 01 Aprile 2015 | AMB-15/1079 |
| F | Comune di Palazzolo sull'Oglio Scuola secondaria "E. Fermi" | 03 Aprile ÷ 15 Aprile 2015 | AMB-15/1080 |
| G | Comune di Coccaglio Piazza Luca Marenzio | 17 Aprile ÷ 29 Aprile 2015 | AMB-15/1081 |

I risultati ottenuti nelle presente campagna sono stati confrontati (si veda il capitolo 6) con i dati rilevati, nello stesso periodo, dalle stazioni della rete di monitoraggio dell'ARPA Lombardia, resi disponibili sul sito <http://ita.arpalombardia.it/ITA/qaria/Home.asp>. Sono stati inoltre utilizzati per il calcolo dell'Indice di Qualità dell'Aria (IQA; si veda il capitolo 7), definito come "una grandezza adimensionale rappresentativa dello stato complessivo dell'inquinamento atmosferico".

Per il monitoraggio degli inquinanti sono state utilizzate due centraline mobili di rilevamento fatta approntare appositamente dalla Fondazione (centraline ETL-BUS, allestite da Unitec s.r.l.), dotate di rilevatori/sensori che sfruttano tecnologie alternative a quelle tradizionali previste dalla normativa nazionale per il monitoraggio della qualità dell'aria, i quali risultano in una minore precisione, a vantaggio di una certa versatilità ed economia di gestione.

Tali centraline consentono il rilevamento dei seguenti parametri: Particolato Fine (PM10), Particolato Respirabile (PM2.5), Ozono, Biossido di Azoto, Benzene e parametri meteorologici.

Il monitoraggio del materiale particolato è stato effettuato solamente nelle campagne effettuate presso i comuni di Ome, Castegnato, Palazzolo sull'Oglio, Coccaglio; presso gli altri comuni sono stati monitorati solamente gli inquinanti gassosi.



1.2 – Descrizione dei punti e dei luoghi di rilevazione

Vengono qui brevemente descritti i sette punti di monitoraggio nei quali è stata installata la centralina mobile. Nell'Allegato 1 sono riportate le ortofotografie che rappresentano la collocazione dei punti all'interno del territorio della Franciacorta.

Punto A – Ome – Cimitero comunale

La centralina di monitoraggio è stata collocata nel prato situato lungo il lato meridionale del perimetro del cimitero comunale di Ome, collocato a lato del corso di via Provinciale (Strada Provinciale SP46). Il punto di rilevazione si trova a 224 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 37' 20''

Longitudine E 10° 07' 16'' rispetto a Greenwich.

La centralina è stata posizionata più o meno al centro del prato, a circa 60 m di distanza dalla carreggiata di via Provinciale, arteria stradale abbastanza trafficata che corre ad Est del prato, attraversando il centro abitato di Ome lungo l'asse Sud-Sud-Ovest/Nord-Nord-Est.

Punto B – Cologne – Istituto Comprensivo di Cologne

La centralina di monitoraggio è stata collocata nell'area parcheggio che fiancheggia la palestra dell'Istituto Comprensivo di Cologne, sito in via Corioni 2. Il punto di rilevazione si trova a 181 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 35' 52''

Longitudine E 09° 56' 40'' rispetto a Greenwich.

Il sito di monitoraggio si trova all'interno del centro abitato di Cologne, in una zona residenziale. Circa 560 m a Sud-Sud-Ovest del punto di monitoraggio corre la Strada Statale SS573.

La centralina è stata posizionata all'interno del cortile della scuola dalla parte che dà su via Garibaldi, vicino alla mensa.



Castelmella (BS), rif. AMB-15/2494
pag. 8 di 50

Punto C – Paratico – SP BS 469

La centralina di monitoraggio è stata collocata nell'area parcheggio situata all'estremità Sud-Est del tratto della Strada Provinciale SP BS 469 che attraversa il centro abitato del comune di Paratico, a lato della carreggiata della strada. Il punto di rilevazione si trova a 190 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 39' 33''

Longitudine E 9° 57' 52'' rispetto a Greenwich.

Il sito di monitoraggio si trova ad un centinaio di metri di distanza dalla costa Sud del lago d'Iseo, al confine tra la zona industriale di Paratico, che si estende ad Est e a Sud del punto di rilievo, ed il centro abitato, che si estende ad Ovest.

Il punto di rilevazione è collocato in una zona molto trafficata, essendo situato a solo una cinquantina di metri di distanza dalla rotonda in cui vanno a incrociarsi la SP BS 469, che proviene da Nord-Ovest e prosegue verso Sud, come via G. Garibaldi, sulla quale scorre il traffico da e per Capriolo, e la SP12, proveniente da Sud-Est, sulla quale fluisce il traffico da e per Iseo.

Punto D – Castegnato – Piazza Dante

La centralina di monitoraggio è stata collocata in Piazza Dante, alle spalle del Municipio di Castegnato. Il punto di rilevazione si trova a 144 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 33' 51''

Longitudine E 10° 06' 58'' rispetto a Greenwich.

Il sito si trova verso il limitare Nord-Est del centro abitato di Castegnato; a circa 130 m di distanza in direzione Nord-Est si estende la campagna, con campi ad uso coltivo.



Punto E – Iseo – Scuola dell’infanzia “Iseo Cap. A. Zuccoli”

La centralina di monitoraggio è stata collocata nel piazzale di ingresso della Scuola dell’infanzia “Iseo Cap. A. Zuccoli”, sita in viale Repubblica, nel territorio del comune di Iseo. Il punto di rilevazione si trova a 190 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 39’ 28’’

Longitudine E 9° 02’ 53’’ rispetto a Greenwich.

Il sito di monitoraggio si trova all’interno del centro abitato di Iseo, al limitare del centro storico, circa 200 m a Sud-Est delle sponde del lago d’Iseo.

L’ingresso della scuola è posizionato su una rotonda di incrocio tra viale Repubblica e via XX Settembre. Circa 200-250 m a Sud-Est del punto di monitoraggio corrono la linea ferroviaria e via Roma, la strada principale che attraversa il centro abitato di Iseo.

Punto F – Palazzolo sull’Oglio – Scuola secondaria “E. Fermi”

La centralina di monitoraggio è stata collocata nell’angolo Nord-Ovest del piazzale della Scuola secondaria “E. Fermi”, sita a Palazzolo sull’Oglio in via Roncaglie. Il punto di rilevazione si trova a 176 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 35’ 53’’

Longitudine E 9° 53’ 15’’ rispetto a Greenwich.

Il sito si trova all’interno del centro abitato di Palazzolo, in zona residenziale. La centralina era posizionata in prossimità dell’incrocio tra via Roncaglie e via G. Zanardelli, ovvero la Strada Provinciale SP BS 469, che taglia il centro abitato lungo la direzione Nord-Nord-Est/Sud-Sud-Ovest.



Castelmella (BS), rif. AMB-15/2494
pag. 10 di 50

Punto G – Coccaglio – Piazza Luca Marenzio

La centralina di monitoraggio è stata collocata in piazza Luca Marenzio, nel territorio del comune di Coccaglio.

Il punto di rilevazione si trova a 159 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 33' 48''

Longitudine E 9° 58' 41'' rispetto a Greenwich.

Il sito si trova all'interno del centro abitato di Coccaglio, in zona residenziale.

La centralina era posizionata davanti al monumento della piazza, immediatamente a lato della carreggiata della Strada Provinciale SP ex SS 11, strada piuttosto trafficata che taglia il centro abitato lungo la direzione Est/ Ovest.



2. AGENTI CHIMICI RICERCATI E MODALITÀ DI ESPRESSIONE DEI RISULTATI

I parametri ricercati sono tra quelli contemplati nel Decreto Legislativo n. 155 del 13 Agosto 2010, “Attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa”, e nel Decreto Legislativo n. 250 del 24 Dicembre 2012, “Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 Agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa”.

In dettaglio, si sono ricercati:

- Particolato Fine (PM10);
- Particolato Respirabile (PM2.5);
- Ozono (O₃);
- Biossido di Azoto (NO₂);
- Benzene.

I campionamenti degli inquinanti chimici sono stati effettuati contemporaneamente ai rilievi dei parametri meteorologici:

- velocità del vento;
- direzione del vento;
- temperatura;
- umidità relativa;
- pressione;
- irraggiamento solare globale;
- precipitazione.



Castelmella (BS), rif. AMB-15/2494
pag. 12 di 50

Le concentrazioni degli inquinanti ricercati sono espresse come medie su diversi periodi, a seconda dei criteri fissati nella normativa di riferimento:

- **media oraria:** media dei valori registrati nell'arco di un'ora;
- **media giornaliera:** media dei valori orari dalle 00.00 alle 24.00, per i gas; concentrazione media dalle 00.00 alle 24.00, per PM10 e PM2.5;
- **media massima giornaliera su 8 ore:** è il massimo delle medie mobili calcolate su 8 ore; ogni media di 8 ore è assegnata al giorno e all'ora nei quali finisce; così il primo periodo di 8 ore per ogni singolo giorno sarà quello compreso tra le ore 17.00 del giorno precedente e le ore 01.00 del giorno stesso;
- **media annua:** nel caso in esame si fa riferimento alla media dei valori misurati sull'intero periodo di osservazione (13 giorni).



3. STANDARD NORMATIVI DI RIFERIMENTO

Di seguito, per ciascun inquinante di interesse e a seconda dei casi, vengono riassunti i limiti, i valori obiettivo, i livelli di attenzione o di allarme che sono in vigore in Italia, secondo quanto previsto dal D.Lgs. n. 155 del 13/08/2010 e dal D.Lgs. n. 250 del 24/12/2012.

Unità di misura: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ = microgrammi di inquinante per m^3 di aria

Particolato Fine (PM10)

| PM10 (condizioni ambientali) | | | |
|---|--|----------------------------------|--|
| <i>TIPO</i> | <i>NORMA</i> | <i>PERIODO DI MEDIAZIONE</i> | <i>CONCENTRAZIONE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i> |
| <i>Valore limite per la protezione della salute umana</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 D.Lgs. n. 250 24/12/2012 | 1 giorno | 50 (da non superare più di 35 volte per anno civile) |
| <i>Valore limite per la protezione della salute umana</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 D.Lgs. n. 250 24/12/2012 | Anno civile | 40 |

Particolato Respirabile (PM2.5)

| PM2.5 (condizioni ambientali) | | | |
|---|--|----------------------------------|---|
| <i>TIPO</i> | <i>NORMA</i> | <i>PERIODO DI MEDIAZIONE</i> | <i>CONCENTRAZIONE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i> |
| <i>Valore limite</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 D.Lgs. n. 250 24/12/2012 | Anno civile | 25 |

Benzene

| Benzene (a 293 K, 101,3 kPa) | | | |
|--|--|----------------------------------|---|
| <i>TIPO</i> | <i>NORMA</i> | <i>PERIODO DI MEDIAZIONE</i> | <i>CONCENTRAZIONE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i> |
| <i>Valore limite</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 D.Lgs. n. 250 24/12/2012 | Anno civile | 5,0 |



Ozono

| O₃ (a 293 K, 101,3 kPa) | | | |
|---|-----------------------------|--|---|
| <i>TIPO</i> | <i>NORMA</i> | <i>PERIODO DI MEDIAZIONE</i> | <i>CONCENTRAZIONE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i> |
| <i>Soglia di allarme</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 | 1 ora | 240 (da non superare per più di 3 ore consecutive) |
| <i>Valore obiettivo per la protezione della salute umana</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 | Media massima giornaliera calcolata su 8 ore | 120 (da non superare più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni) |
| <i>Valore obiettivo per la protezione della vegetazione</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 | AOT40 ^(*) (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) da maggio a luglio | 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{-h}$ (come media su 5 anni) |
| <i>Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 | Media massima giornaliera calcolata su 8 ore nell'arco di un anno civile | 120 |
| <i>Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 | AOT40 ^(*) (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) da maggio a luglio | 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{-h}$ |

^(*) AOT40 = somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, rilevate in un dato periodo di tempo, e 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 08.00 e le 20.00, ora dell'Europa centrale.

Biossido di Azoto

| NO₂ (a 293 K, 101,3 kPa) | | | |
|---|--|--|---|
| <i>TIPO</i> | <i>NORMA</i> | <i>PERIODO DI MEDIAZIONE</i> | <i>CONCENTRAZIONE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i> |
| <i>Valore limite per la protezione della salute umana</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 D.Lgs. n. 250 24/12/2012 | 1 ora | 200 (da non superare più di 18 volte per anno civile) |
| <i>Soglia di allarme</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 | Misura su 3 ore consecutive, presso siti fissi di campionamento aventi un'area di rappresentatività di almeno 100 km ² , oppure pari all'estensione dell'intera zona o dell'intero agglomerato, nel caso questi siano meno estesi | 400 |
| <i>Valore limite per la protezione della salute umana</i> | D.Lgs. n. 155 13/08/2010 D.Lgs. n. 250 24/12/2012 | Anno civile | 40 |



4. STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI

Per il rilevamento degli inquinanti sono state utilizzate due centraline mobili (ETL-BUS) che la Fondazione Cogeme ha fatto approntare appositamente per i monitoraggi del Progetto “FRANCIACORTA SOSTENIBILE” dalla Unitec s.r.l., dotate di rilevatori/sensori che utilizzano una tecnologia differente da quella dei metodi tradizionali previsti dalla normativa nazionale, consentendo però una certa versatilità ed un abbassamento nei costi di gestione.

Tali strumenti non sono conformi al D.Lgs. n. 155 del 13 Agosto 2010; tuttavia, per poter fornire dei risultati attendibili, si è proceduto ad una validazione dei dati forniti dalle centraline della Fondazione mediante l’effettuazione di una campagna di confronto con gli strumenti/metodi di riferimento previsti dalla normativa.

Le centraline ETL-BUS sono dotate di un set di 3 sensori SENS3000, per il rilevamento degli inquinanti gassosi, e di un’unità per il rilevamento del materiale particellare. Qui di seguito vengono brevemente descritte le metodologie di campionamento ed i principi di misura utilizzati per il rilevamento dei vari inquinanti.

Ozono (O₃), Biossido di Azoto (NO₂) e Benzene – Centraline ETL-BUS n. 1 e n. 2

La determinazione della concentrazione dei tre inquinati gassosi è effettuata tramite centralina ETL3000 sviluppata dalla Unitec s.r.l., dotata di tre **sensori SENS3000 a film spesso**, per il monitoraggio in continuo rispettivamente di Ozono, Biossido di Azoto e Benzene. I sensori SENS3000 sono dispositivi in grado di trasformare la specifica interazione chimica della superficie attiva del sensore con un determinato analita (gas) in un segnale elettrico misurabile e direttamente correlabile alla concentrazione dell’analita stesso.

La parte informatica, relativa all’acquisizione ed al trattamento dei dati della centralina, è gestita per mezzo del software @Com3000, sviluppato dalla Unitec s.r.l.

| | | |
|------------------|----------------------|------------------------------|
| Campi di misura: | - Ozono: | 20 ÷ 500 µg/m ³ ; |
| | - Biossido di Azoto: | 0 ÷ 500 µg/m ³ ; |
| | - Benzene: | 0 ÷ 100 µg/m ³ ; |



Castelmella (BS), rif. AMB-15/2494
pag. 16 di 50

Particolato Fine (PM10) e Particolato Respirabile (PM2.5) – Centralina ETL-BUS n. 2

La determinazione della concentrazione di PM10 e PM2.5 è effettuata tramite **nefelometro pDR-1500** della Thermo Scientific, che consente il rilevamento in continuo della concentrazione in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 e PM2.5, mediante tecnologia a *light scattering*. L'aria campionata, aspirata ad un flusso costante di 1,19 l/min nel caso del PM10 e di 1,52 l/min per il PM2.5, passa attraverso un raggio laser in un fotometro, dove viene rilevata la luce diffratta dalle particelle di polvere presenti nell'aria. Ogni cinque minuti, viene automaticamente variato il flusso di aspirazione, in modo da passare dal campionamento del PM10 a quello del PM2.5 e viceversa, alternando l'analisi dei due tagli del particolato. I valori misurati in un'ora vengono poi mediati dal software, per dare un valore medio orario di concentrazione.

La parte informatica, relativa all'acquisizione ed al trattamento dei dati del nefelometro, è gestita per mezzo del software @Com3000, sviluppato dalla Unitec s.r.l.

Campo di misura: $0 \div 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



5. PARAMETRI METEOROLOGICI

La rilevazione dei parametri meteorologici è stata effettuata mediante sonde specifiche collegate ad una Console Wireless DAVIS Vantage Pro 2 per l'acquisizione e la pre-elaborazione dei dati meteorologici.

Le due stazioni sono costituite dai seguenti sensori:

- sensore di velocità del vento DAVIS;
- sensore di direzione del vento DAVIS;
- sensore di temperatura atmosferica DAVIS;
- sensore di umidità relativa DAVIS;
- sensore di pressione atmosferica DAVIS;
- sensore di radiazione solare totale DAVIS (solamente la stazione n. 2);
- sensore di precipitazione DAVIS.

La parte informatica, relativa all'acquisizione ed elaborazione dei dati, è gestita dal software WEATHER LINK, sviluppato da Davis Instruments.



6. RISULTATI DELLE MISURAZIONI, OSSERVAZIONI E CONFRONTI

Per i risultati in dettaglio delle quattro campagne effettuate, si rimanda agli allegati dei rapporti di prova INDAM relativi a ciascuna campagna di monitoraggio (Nss. Riff. AMB-15/1075÷1081) dove, in tabelle e grafici, vengono riportati i valori medi orari e giornalieri degli inquinanti e dei parametri meteorologici monitorati.

In questo capitolo si riporteranno in sintesi i risultati osservati nei sette punti di monitoraggio, cercando di dare un quadro generale della situazione “ARIA” della Franciacorta, tenendo conto ove possibile degli eventuali corrispondenti valori limite imposti dalla normativa nazionale e confrontando i dati con le condizioni di qualità dell’aria registrate, negli stessi periodi, in altri punti della provincia bresciana e della Lombardia.

Va ricordato, però, che la strumentazione utilizzata per le misurazioni non è conforme a quella prevista dalla normativa e, pertanto, eventuali confronti vanno considerati solo qualitativamente, riferendosi più agli andamenti riscontrati per le concentrazioni degli inquinanti ed alle medie rilevate su periodi relativamente lunghi, che non ai valori orari/giornalieri effettivi riscontrati, essendo questi ultimi affetti da un’imprecisione maggiore rispetto a quelli rilevati dalla strumentazione tradizionale.

Per disporre di informazioni sulla qualità dell’aria in provincia di Brescia e in Lombardia, si è fatto riferimento ai dati resi disponibili sul sito dell’ARPA Lombardia (http://ita.arpalombardia.it/ITA/qaria/doc_RichiestaDati.asp) e si sono selezionate alcune centraline della rete di monitoraggio dell’ARPA, sulla base delle loro caratteristiche (ARPA ha qualificato ogni stazione in base alla realtà territoriale rappresentata: di fondo, da traffico o industriale; zona rurale, urbana o suburbana), dei contesti geografici che rappresentano (città di Brescia, Cremona e Milano, valli bresciane, hinterland milanese, Pianura Padana) e dei parametri monitorati (ove possibile, si sono scelte stazioni che monitorassero PM10, NO₂ e O₃; inoltre si sono cercate stazioni delle province di Brescia, Cremona e Milano che rilevassero le concentrazioni di PM2.5 o Benzene in aria).

In base a questi criteri, sono state scelte le stazioni riportate nella tabella seguente; per ciascuna di esse vengono specificati la tipologia e gli inquinanti di cui sono disponibili i dati.



| Stazione | Tipo Stazione | Tipo Zona | Inquinanti disponibili |
|------------------------------------|---------------|-----------|---|
| Brescia – Broletto | Traffico | Urbana | PM10, PM2.5, NO ₂ |
| Brescia – Villaggio Sereno | Fondo | Urbana | PM10, PM2.5, O ₃ , NO ₂ |
| Brescia – via Ziziola | Fondo | Suburbana | Benzene, O ₃ , NO ₂ |
| Sarezzo (BS) – via Minelli | Fondo | Urbana | PM10, O ₃ , NO ₂ |
| Rezzato (BS) | Industriale | Suburbana | PM10, NO ₂ |
| Milano – Verziere | Traffico | Urbana | PM10, O ₃ , NO ₂ |
| Milano – Senato | Traffico | Urbana | PM2.5 |
| Milano – Pascal Città Studi | Fondo | Urbana | Benzene |
| Monza – via Machiavelli | Fondo | Urbana | PM10, PM2.5, O ₃ , NO ₂ |
| Osio Sotto (BG) | Fondo | Suburbana | PM10, O ₃ , NO ₂ |
| Rivolta d’Adda (CR) – via Beccaria | Fondo | Suburbana | PM10, NO ₂ |
| Cremona – via Fatebenefratelli | Fondo | Urbana | PM10, PM2.5, O ₃ , NO ₂ |

6.1 – Particolato Fine (PM10)

Nella tabella seguente vengono riportati in sintesi, per il PM10, i valori di concentrazione massimi (come media sulle 24 ore) e medi (sui 13 giorni di monitoraggio) riscontrati in ciascuna campagna di monitoraggio, nonché il numero di superamenti del valore di 50 µg/m³, imposto dal D.Lgs. n. 155 del 13/08/2010 e dal D.Lgs. n. 250 del 24/12/2012 come limite giornaliero da non superare più di 35 volte per anno civile.

| Punto | Comune | PM10 (µg/m ³) | | Superamenti limite giornaliero |
|-------|----------------------|---------------------------|-------|--------------------------------|
| | | Max | Media | |
| A | Ome | 67 | 33 | 2/13 |
| D | Castegnato | 82 | 34 | 4/13 |
| F | Palazzolo sull’Oglio | 66 | 27 | 1/13 |
| G | Coccaglio | 35 | 17 | 0/13 |

Diversamente da quanto atteso per la stagione fredda, caratterizzata da una maggiore stabilità atmosferica e un abbassamento dello strato di rimescolamento, i valori di concentrazione registrati per il PM10 sono risultati non particolarmente elevati, sia come valori di concentrazione massimi, sia come valori di concentrazione medi, con



Castelmella (BS), rif. AMB-15/2494
pag. 20 di 50

rari superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. D'altra parte, va precisato che dei quattro monitoraggi in cui è stato rilevato anche il materiale particolare, solamente il primo è stato effettuato realmente in inverno, mentre gli altri tre sono avvenuti a inizio primavera. L'abbassamento significativo nelle concentrazioni del PM10 legato al miglioramento delle condizioni meteorologiche è in particolar modo risultato evidente nell'ultimo punto di monitoraggio (G – Coccaglio); tuttavia, già nel primo monitoraggio i superamenti del limite riscontrati sono stati solamente due.

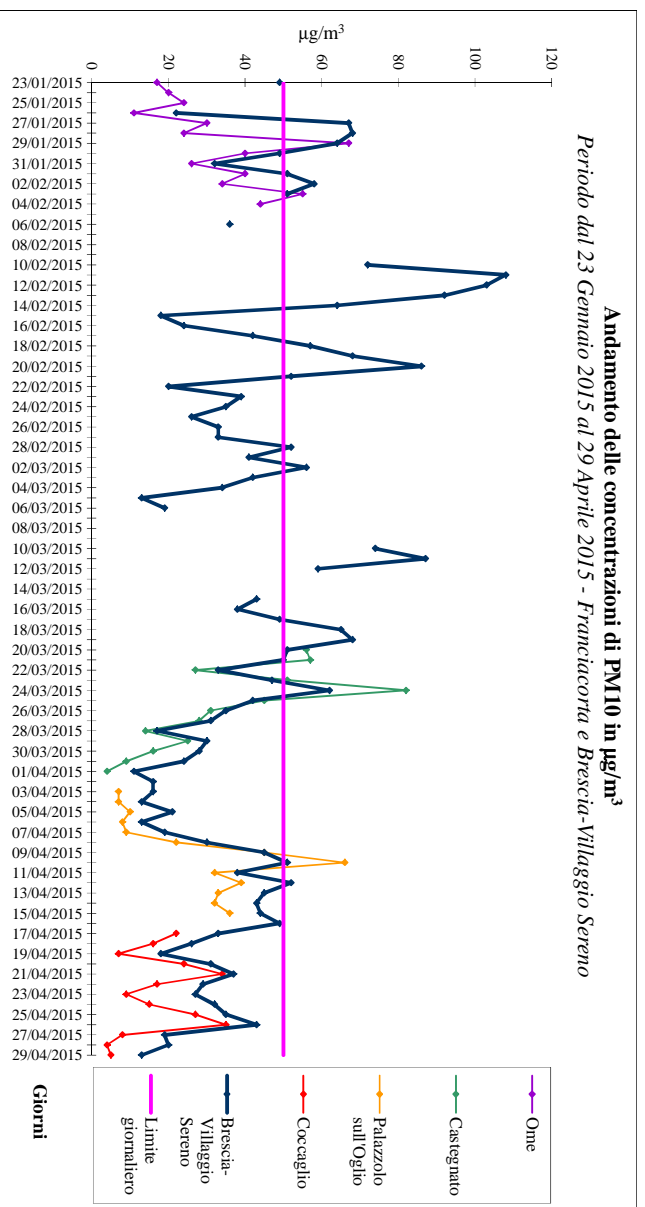
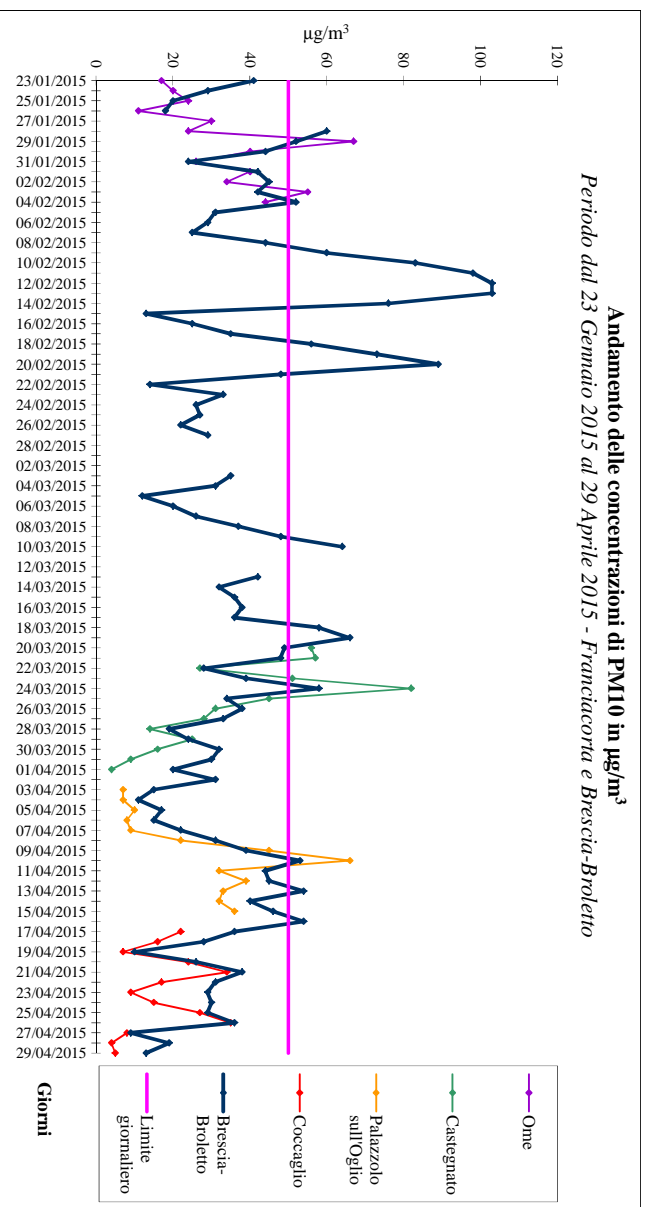
Le concentrazioni medie sui 13 giorni complessivi di monitoraggio sono risultate sempre inferiori al valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fissato dalla normativa nazionale, come media delle concentrazioni giornaliere nell'arco di un intero anno solare; va comunque ricordato che campagne di monitoraggio della durata di quelle effettuate non possono essere considerate rappresentative di un intero anno.

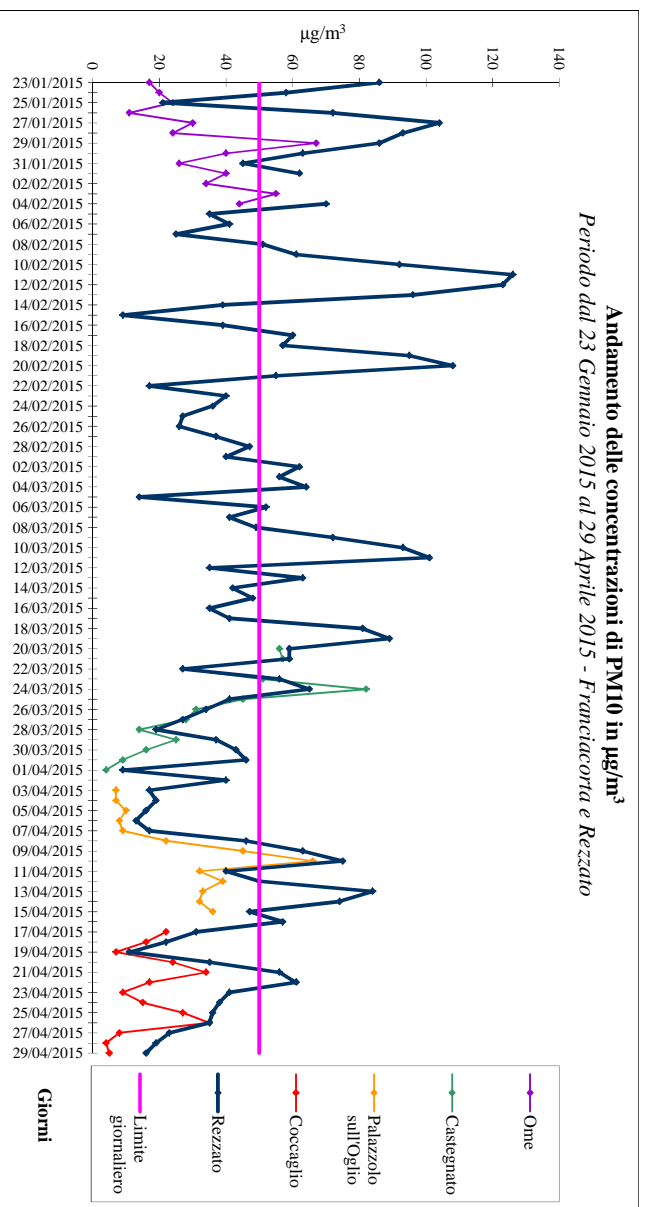
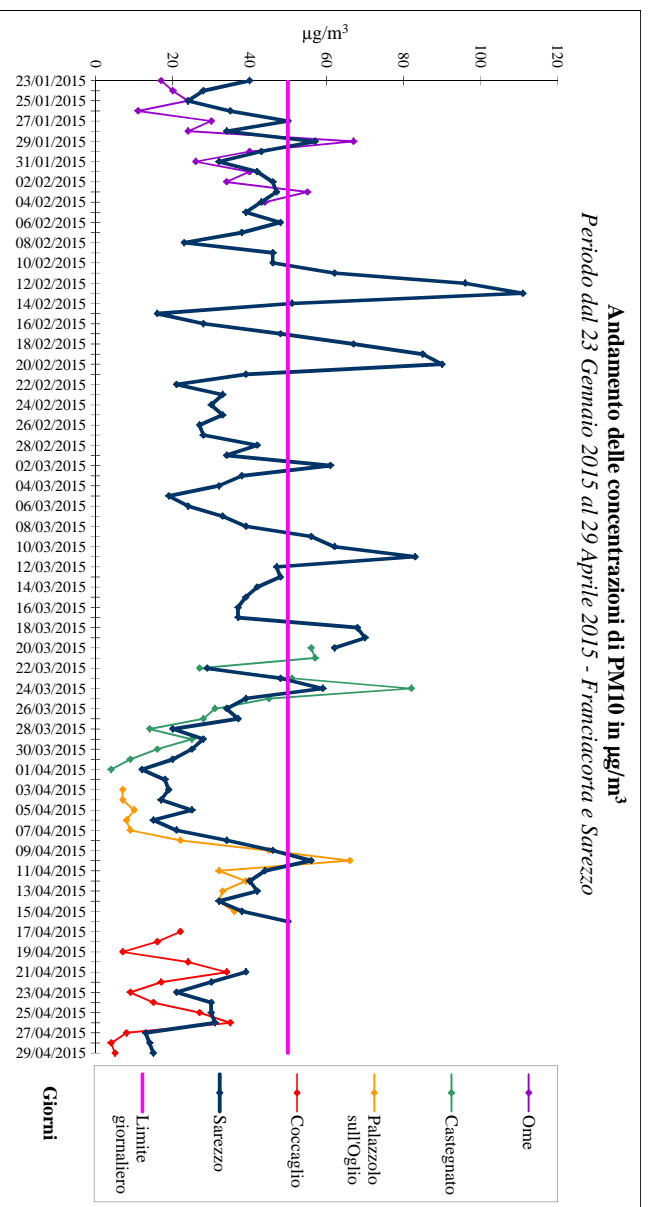
Il comportamento generale osservato per il PM10 ha trovato una conferma negli andamenti dei valori di concentrazione di PM10 rilevati in contemporanea, nel periodo complessivo di monitoraggio, dalle centraline ARPA (si vedano i grafici riportati di seguito, a fine paragrafo).

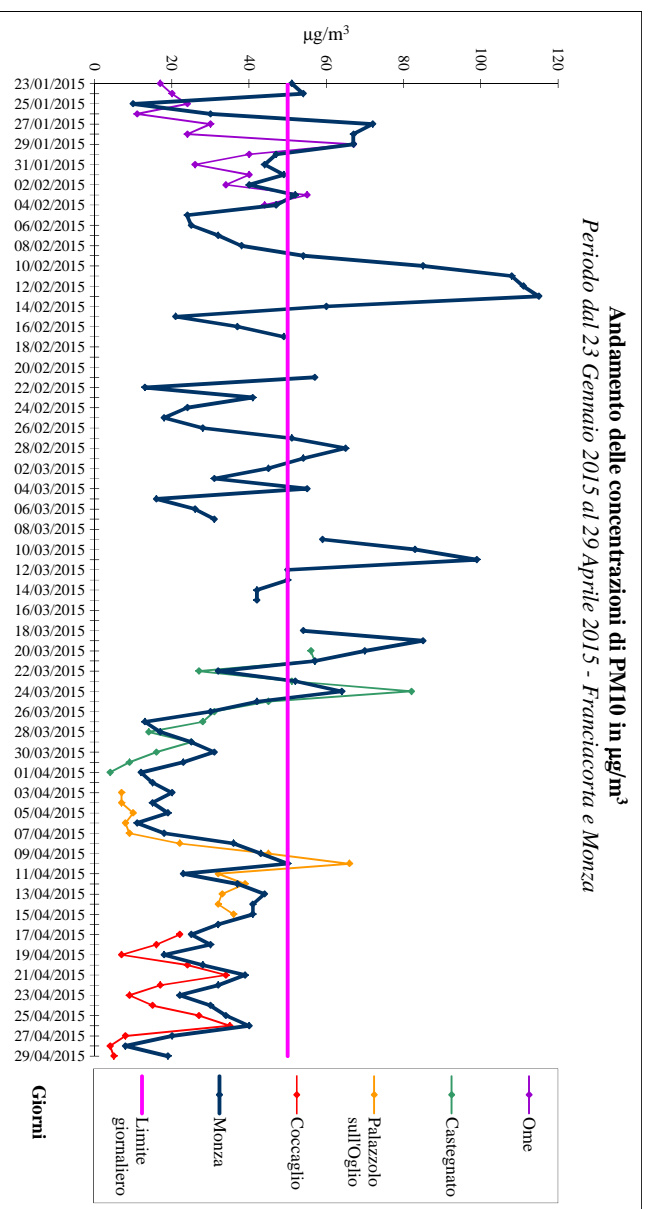
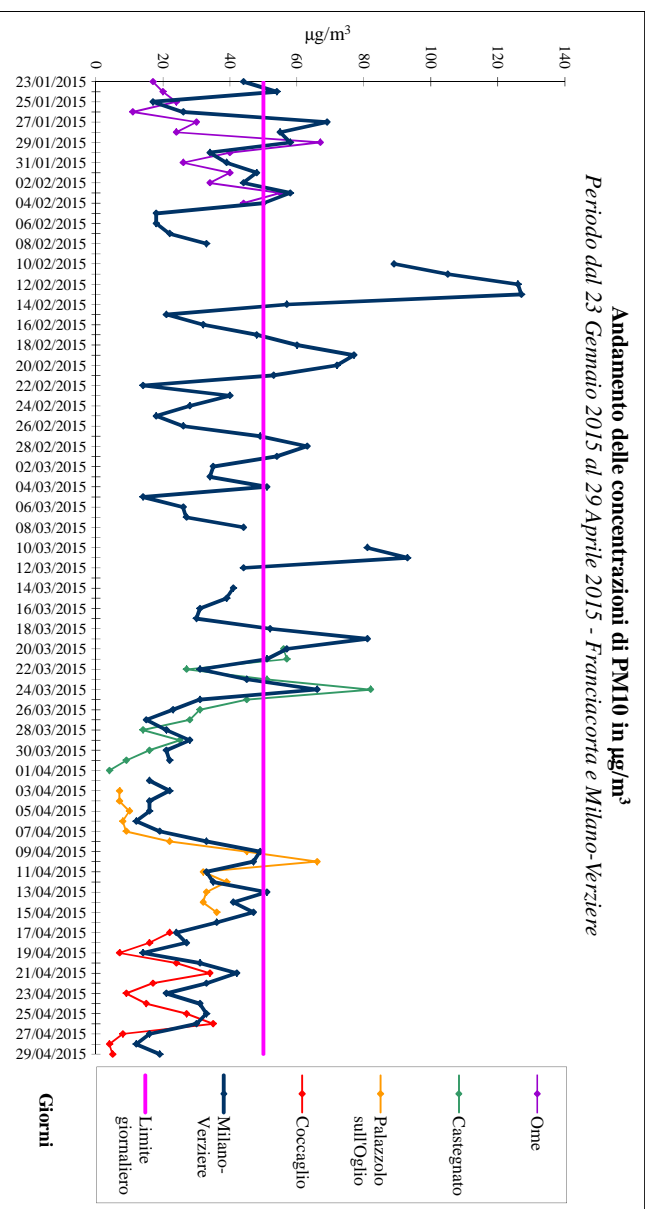
Come atteso, l'andamento del PM10 nelle zone della Franciacorta tende a seguire, in linea generale, quello riscontrato nelle altre zone della provincia di Brescia e della pianura lombarda, influenzato dalle condizioni meteo-climatiche tipiche della regione padana. Ad ogni modo, è solo l'andamento dei valori di concentrazione di PM10 a presentarsi ovunque abbastanza simile, mentre le concentrazioni assolute riscontrate nei diversi punti tendono a mostrare differenze che risentono dell'influenza delle sorgenti di particolato caratteristiche del sito stesso.

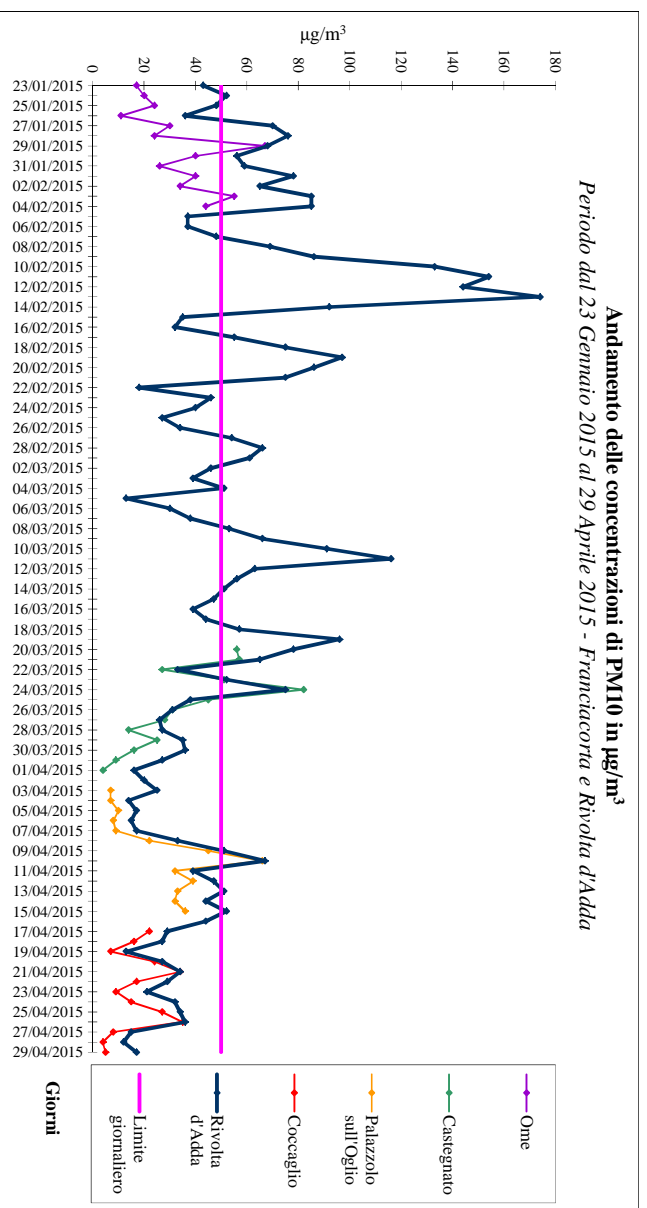
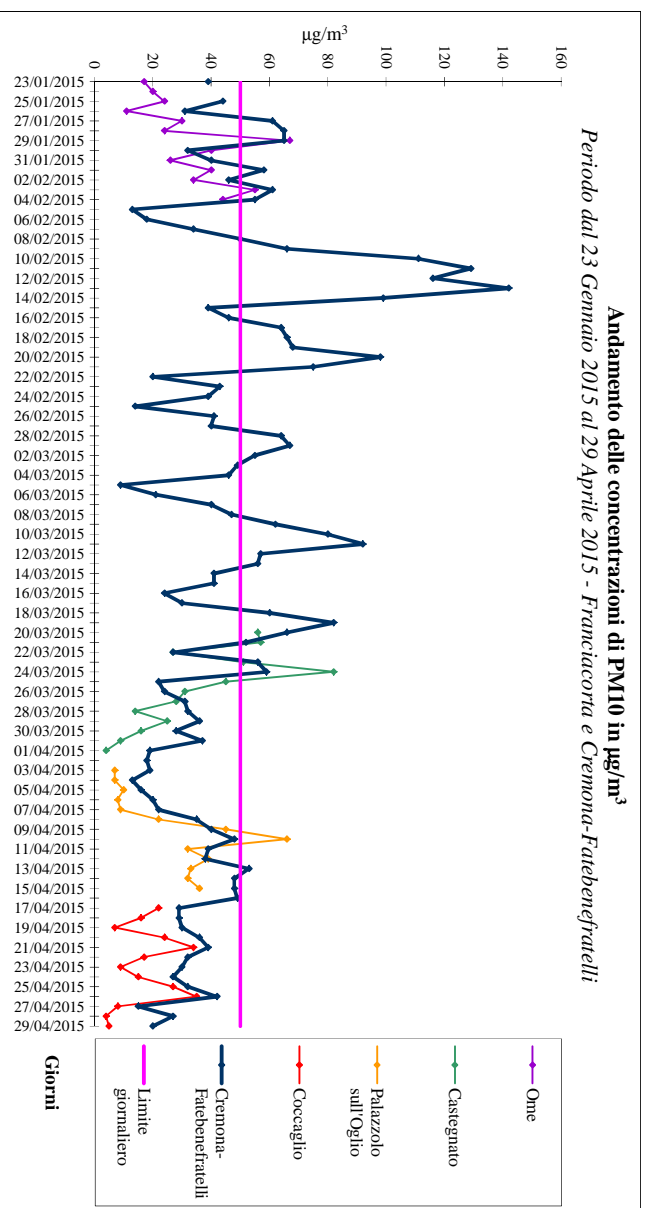
Osservando i dati ARPA, anche nei periodi in cui il monitoraggio del PM10 non è stato effettuato in punti della Franciacorta, si può notare una tendenziale diminuzione delle concentrazioni passando da Febbraio ad Aprile; tuttavia, anche le centraline ARPA hanno fatto registrare valori un po' più bassi in corrispondenza del monitoraggio presso il primo punto A – Ome, rispetto a quelli delle giornate successive.

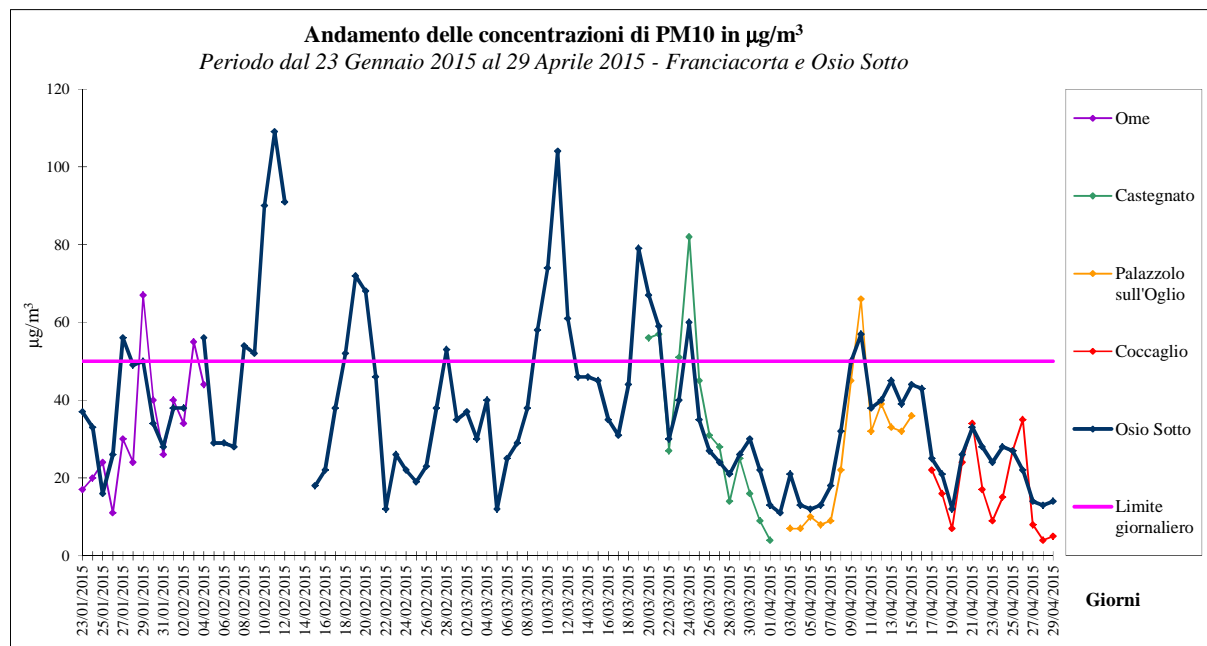
Come valori di concentrazione assoluti, quelli rilevati nei punti della Franciacorta sono risultati in generale un poco più bassi di quelli rilevati in contemporanea dalle stazioni ARPA.











6.2 – Particolato Respirabile (PM2.5)

Nella tabella seguente vengono riportati in sintesi, per il PM2.5, i valori di concentrazione massimi (come media sulle 24 ore) e medi (sui 13 giorni di monitoraggio) riscontrati in ciascuna campagna di monitoraggio.

| Punto | Comune | PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | |
|-------|----------------------|------------------------------------|-------|
| | | Max | Media |
| A | Ome | 46 | 23 |
| D | Castegnato | 59 | 25 |
| F | Palazzolo sull'Oglio | 48 | 20 |
| G | Coccaglio | 26 | 13 |

In generale l'andamento dei valori di concentrazione di PM2.5 ha seguito fedelmente quello del PM10, con un rapporto medio della concentrazione di PM2.5 rispetto a quella di PM10 simile nei vari punti, variabile tra il 70% e l'80%. Per il PM2.5 valgono pertanto considerazioni simili a quelle fatte per il PM10.

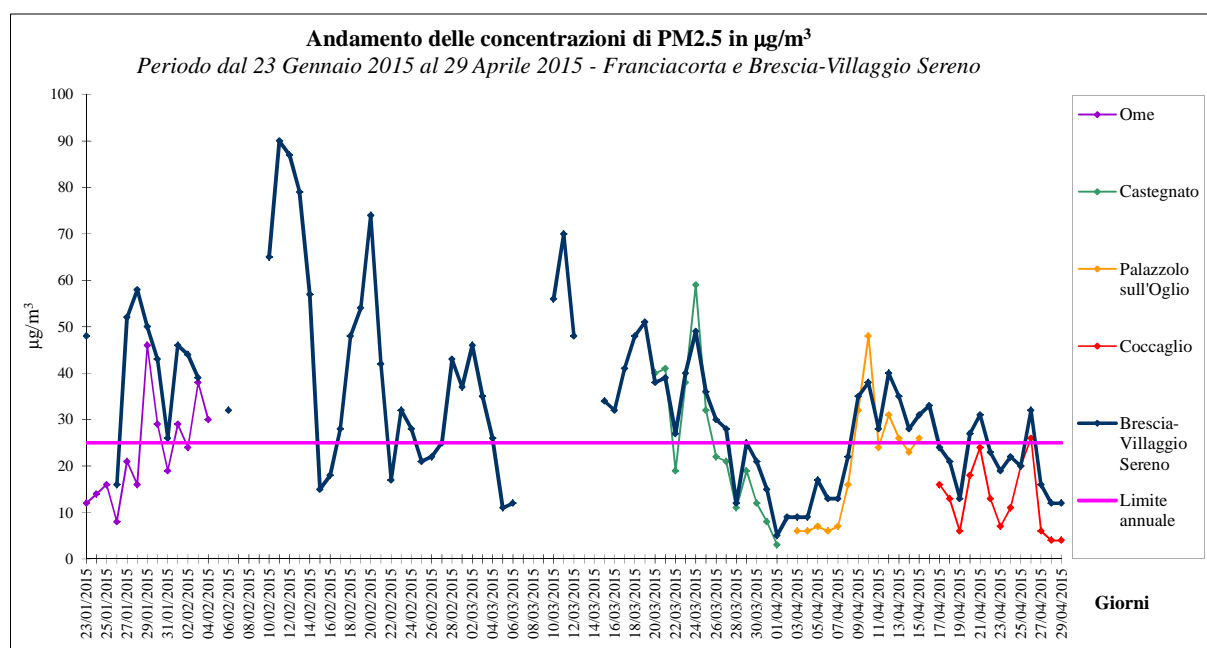


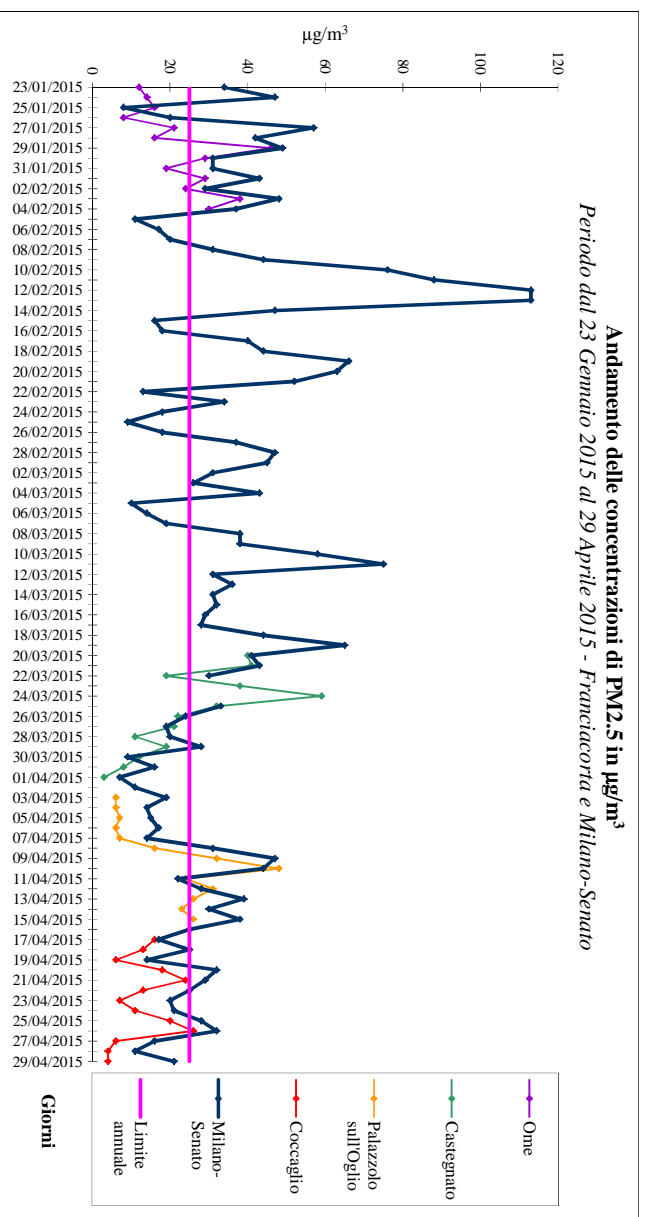
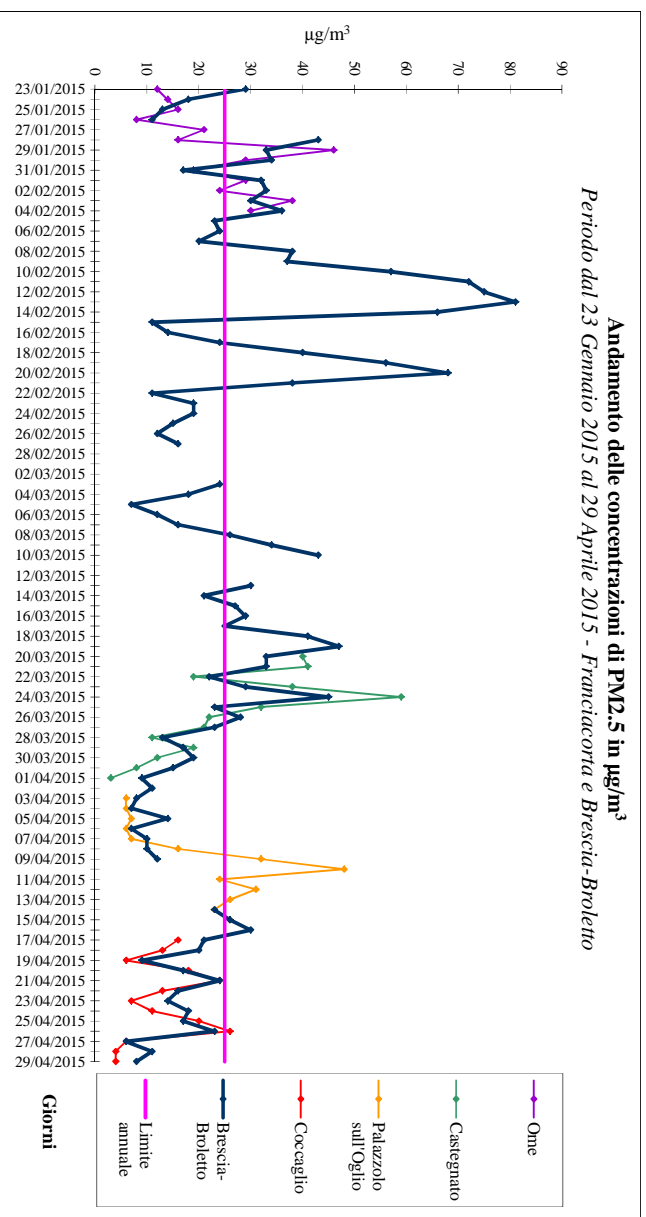
Castelmella (BS), rif. AMB-15/2494
pag. 26 di 50

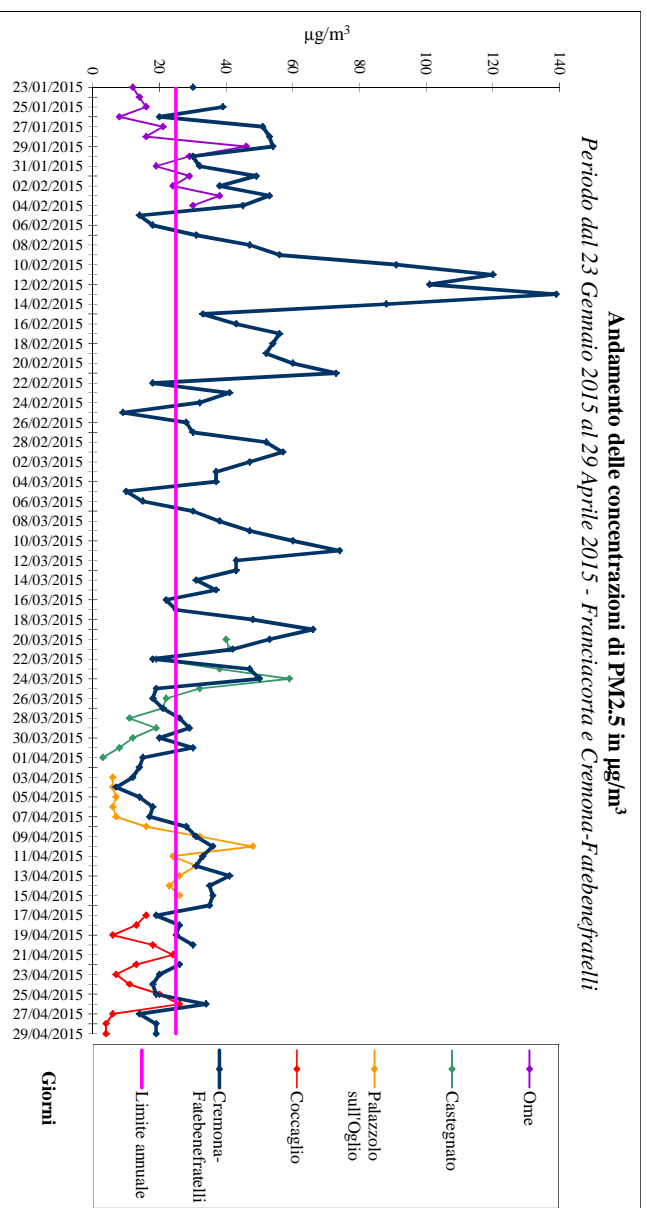
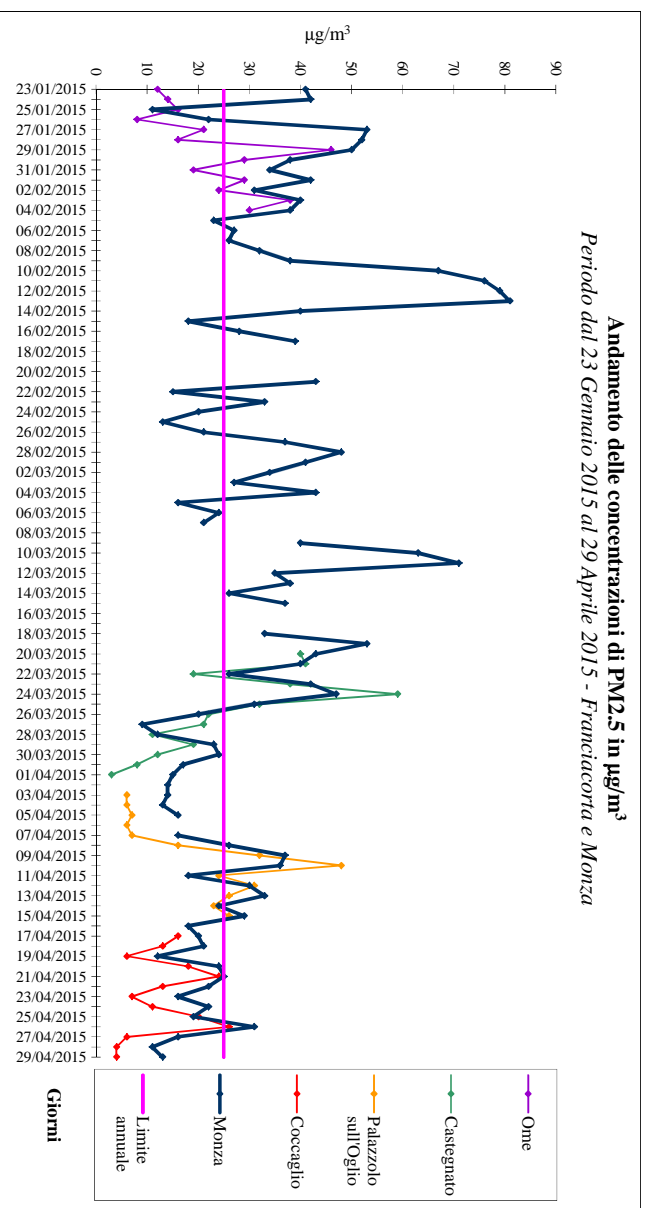
Le concentrazioni registrate non sono risultate particolarmente elevate, mostrando un graduale decremento dei valori col procedere del periodo di monitoraggio complessivo, anche se, come per il PM10, i valori riscontrati nel primo monitoraggio (A – Ome), l'unico veramente invernale, sono stati contenuti, in generale appena più bassi di quelli rilevati a Marzo nel punto D – Castegnato. In particolare, il valore medio di concentrazione sui 13 giorni di campionamento in nessun punto è risultato superiore al valore limite europeo di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, indicato dal D.Lgs. n. 155 del 13/08/2010 e dal D.Lgs. n. 250 del 24/12/2012 come limite per la concentrazione media sull'anno civile (valido a partire dal 2015). Va comunque ricordato che campagne di monitoraggio della durata di quelle effettuate non possono essere considerate rappresentative di un intero anno.

Come per il PM10, si possono confrontare i dati di concentrazione ottenuti per il PM2.5 con quelli rilevati, in contemporanea, dalle centraline ARPA che, tra quelle prese in considerazione, rilevano tale parametro, tutte stazioni urbane (si vedano i grafici riportati di seguito, a fine paragrafo).

Anche in questo caso si è osservata una somiglianza generale nell'andamento dei valori di concentrazione lungo il periodo complessivo di monitoraggio, con una tendenziale diminuzione delle concentrazioni passando da Febbraio ad Aprile (ma valori un po' più bassi in corrispondenza del monitoraggio presso il primo punto A – Ome) e con valori di concentrazione assoluti rilevati nei punti della Franciacorta risultati in generale un poco più bassi di quelli rilevati in contemporanea dalle centraline ARPA.









6.3 – Ozono (O₃)

Nella tabella seguente vengono riportati in sintesi, per l'Ozono, i valori di concentrazione massimi (come media oraria e come media mobile sulle 8 ore) e medi (sui 13 giorni di monitoraggio) riscontrati.

Viene riportato anche il numero di superamenti del valore obiettivo per la media massima giornaliera sulle 8 ore, pari a 120 µg/m³, fissato dal D.Lgs. 155 come valore da non superare per più di 25 giorni per anno civile, come media su tre anni.

| Punto | Comune | O ₃ (µg/m ³) | | | Superamenti val. obiettivo media 8 ore |
|-------|----------------------|-------------------------------------|--------------|-------|--|
| | | Max orario | Max 8 ore | Media | |
| A | Ome | 84 | 59 | 20 | 0/13 |
| B | Cologne | 100 | 96 | 29 | 0/13 |
| C | Paratico | 111 | 107 | 43 | 0/13 |
| D | Castegnato | 154 | 141 | 45 | 1/13 |
| E | Iseo | 118 | 115 | 83 | 0/13 |
| F | Palazzolo sull'Oglio | 153 | 136 | 72 | 5/13 |
| G | Coccaglio | 148 | 141 | 73 | 1/13 |

Vista la forte dipendenza dall'irraggiamento solare, in generale basso nella stagione invernale, le concentrazioni di Ozono riscontrate in questa indagine sono risultate contenute nella parte iniziale del periodo complessivo di monitoraggio, per andare gradualmente aumentando col procedere dei giorni fino alla fine di Aprile.

Nonostante vada ricordato che i valori di concentrazione rilevati dalla strumentazione utilizzata non sono direttamente confrontabili con quanto previsto dalla normativa, si osserva che in nessuno dei punti di monitoraggio sono stati registrati superamenti della soglia oraria di allarme per l'Ozono, pari a 240 µg/m³. Tuttavia, nelle ultime campagne, effettuate dal 20 Marzo in poi, cioè ormai nella stagione primaverile, sono stati riscontrati alcuni superamenti del valore obiettivo per la media massima giornaliera sulle 8 ore, pari a 120 µg/m³, fissato dal D.Lgs. 155 come valore da non superare per più di 25 giorni per anno civile, come media su tre anni.



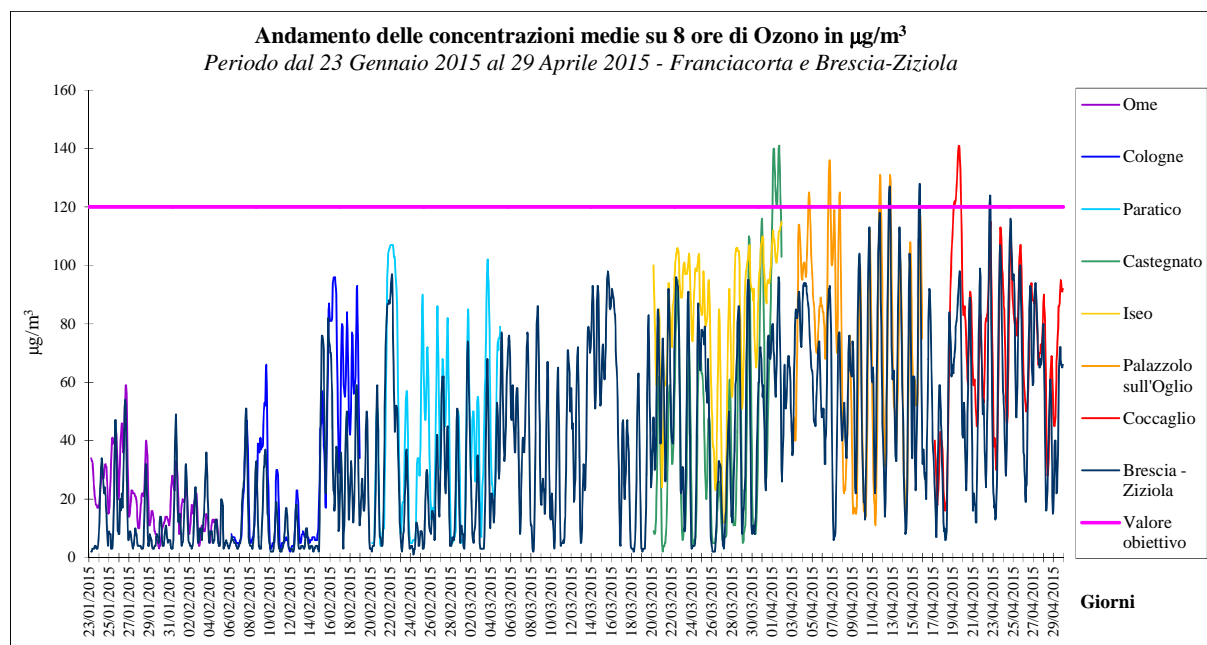
Castelmella (BS), rif. AMB-15/2494
pag. 30 di 50

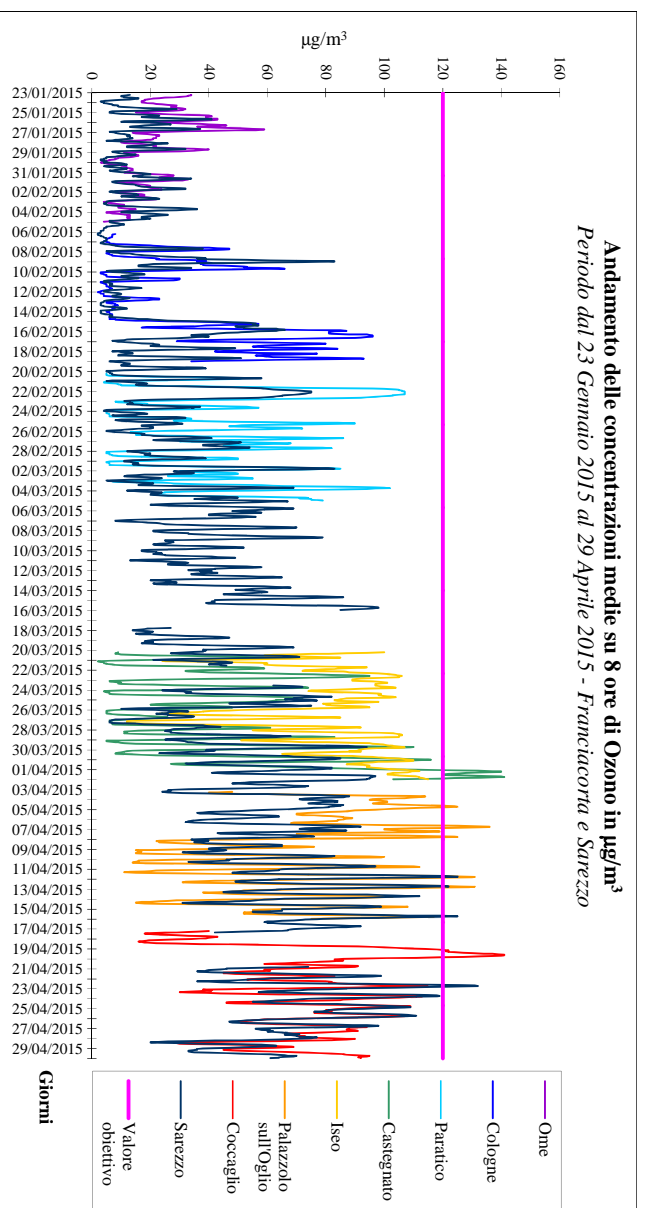
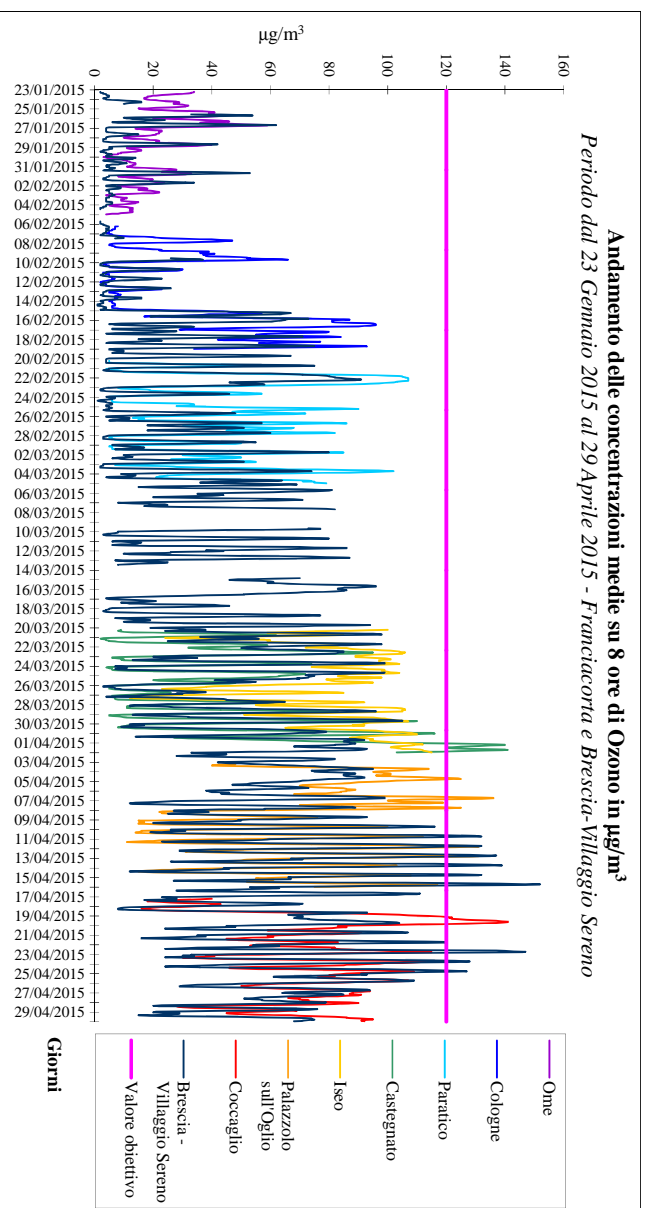
Più o meno evidente, a seconda del punto di monitoraggio, è risultato in generale l'andamento ciclico giornaliero caratteristico di tale inquinante gassoso, legato sempre all'irraggiamento solare, con un picco principale di concentrazione dopo mezzogiorno.

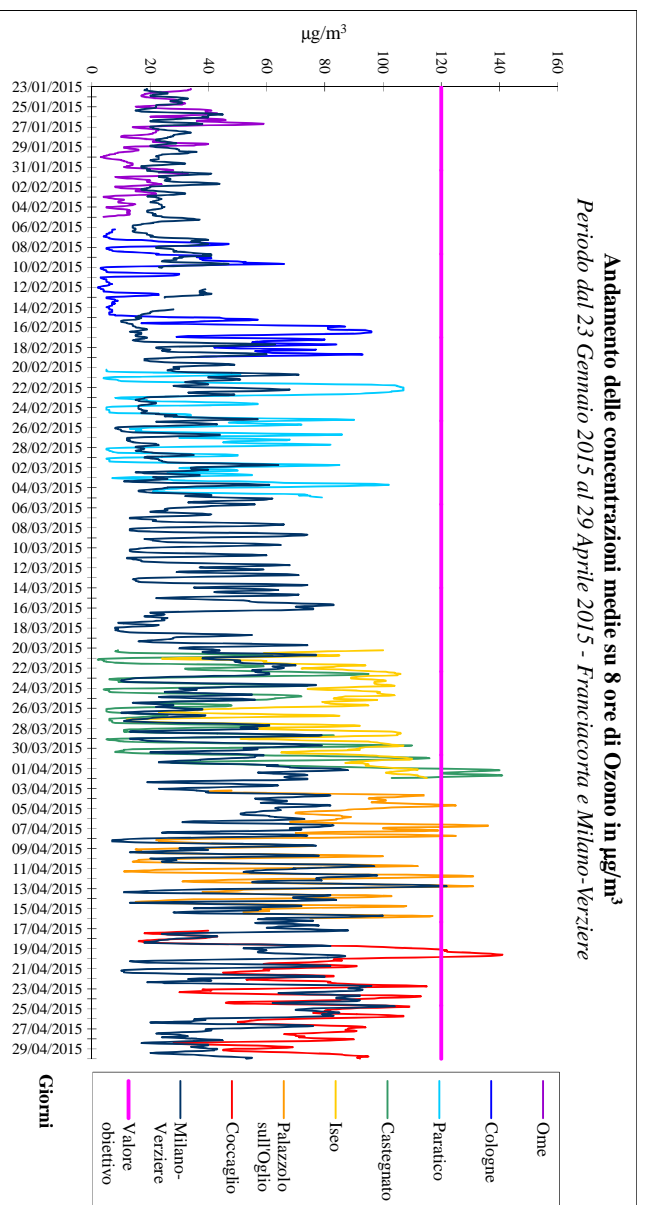
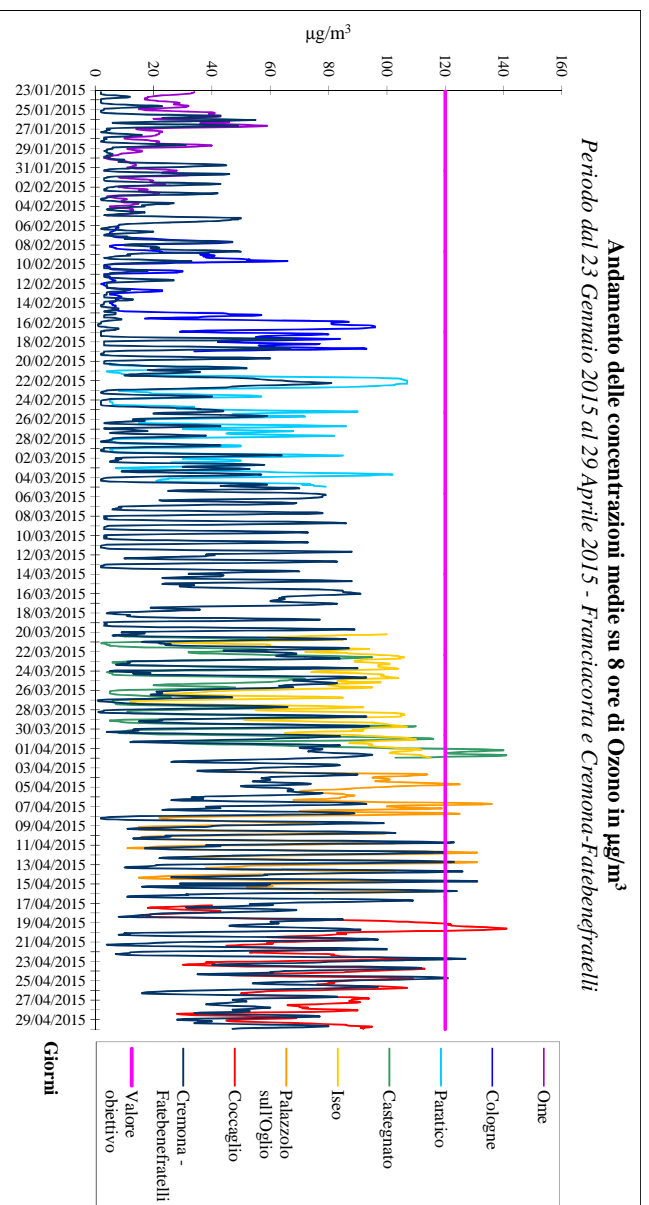
Vista la forte dipendenza delle concentrazioni di Ozono dall'irraggiamento, sia l'andamento dei valori di concentrazione, sia i valori assoluti stessi di tali concentrazioni tendono generalmente ad essere simili su scala regionale.

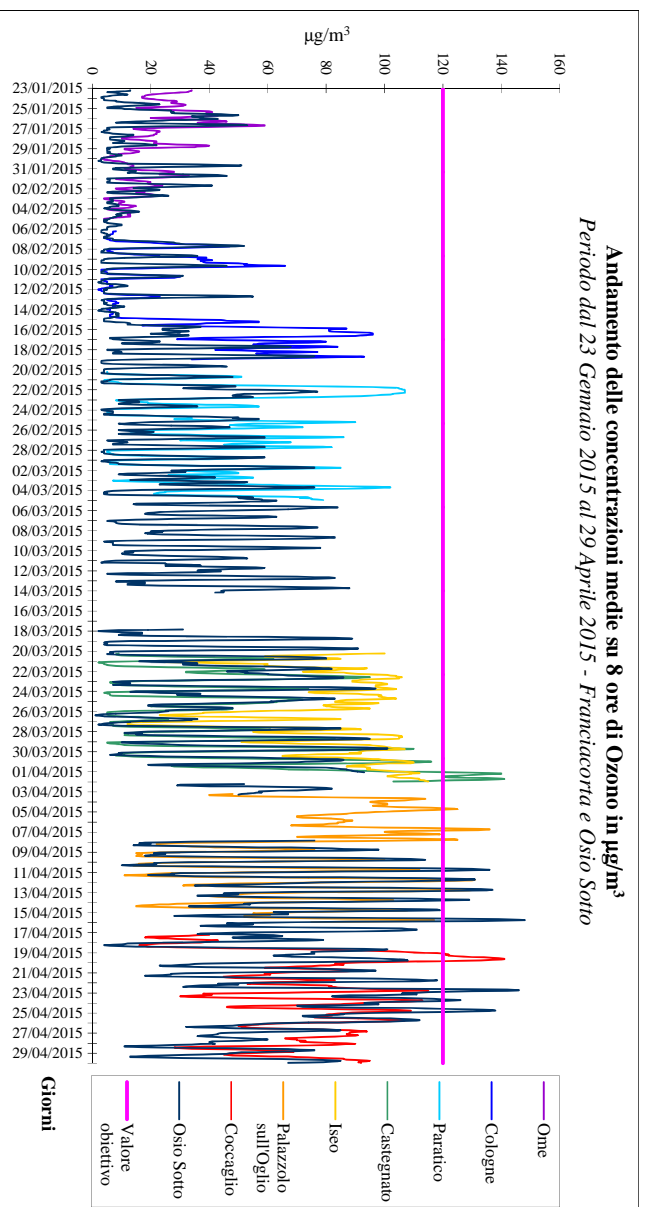
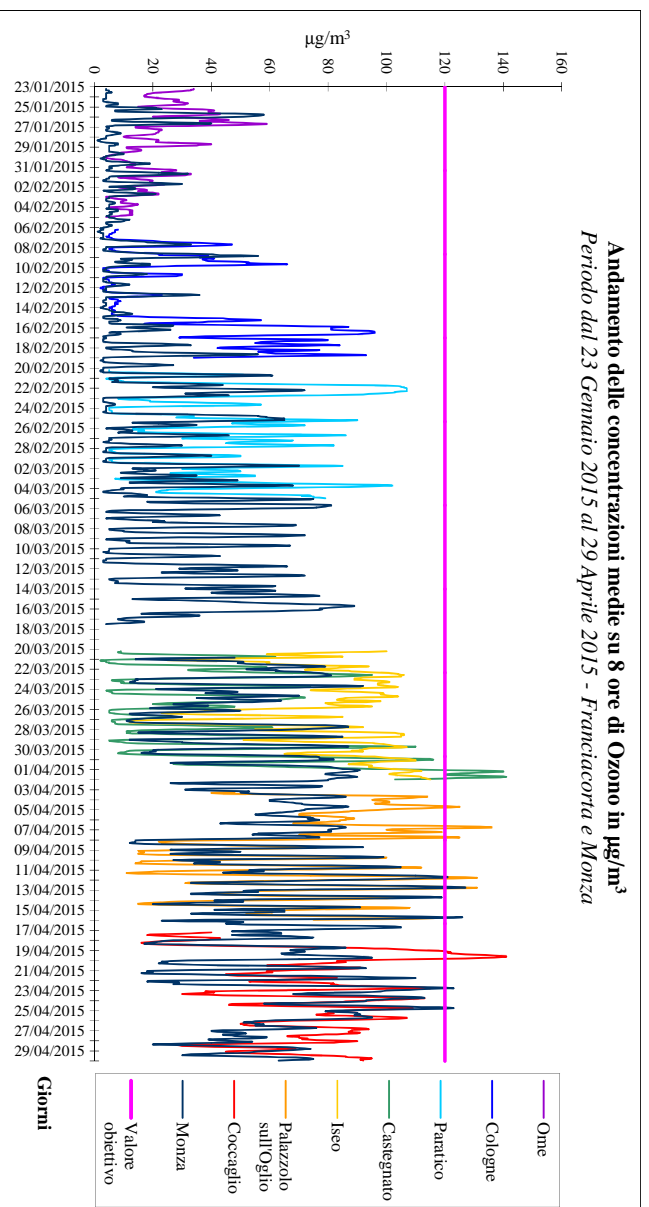
Mettendo a confronto i valori registrati nei comuni della Franciacorta con quelli osservati in contemporanea dalle stazioni ARPA della regione Lombardia (si vedano i grafici riportati di seguito per le medie mobili su 8 ore), la somiglianza nell'andamento è risultata evidente lungo tutto il periodo di monitoraggio, con superamenti del valore obiettivo di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ riscontrati solamente verso la fine del periodo.

Va notato però che i picchi di concentrazione rilevati nei punti della Franciacorta sono risultati in generale più marcati di quelli delle centraline ARPA.











6.4 – Biossido di Azoto (NO₂)

Nelle tabelle seguenti vengono riportati, in sintesi, per il Biossido di Azoto, i valori di concentrazione massimi (come media oraria) e medi (sui 13 giorni di monitoraggio) riscontrati in ciascuna campagna di monitoraggio.

| Punto | Comune | O ₃ (µg/m ³) | | Superamenti limite orario |
|-------|----------------------|-------------------------------------|-------|---------------------------|
| | | Max | Media | |
| A | Ome | 88 | 42 | 0 |
| B | Cologne | 96 | 57 | 0 |
| C | Paratico | 87 | 56 | 0 |
| D | Castegnato | 104 | 57 | 0 |
| E | Iseo | 82 | 39 | 0 |
| F | Palazzolo sull'Oglio | 103 | 49 | 0 |
| G | Coccaglio | 133 | 56 | 0 |

Nella stagione invernale, dati la maggiore stabilità atmosferica, l'abbassamento dello strato di rimescolamento e l'accensione degli impianti termici di riscaldamento, i valori di concentrazione degli Ossidi di Azoto tendono generalmente ad essere più significativi che nella stagione calda.

Nella presente indagine, tuttavia, i valori di concentrazione di Biossido di Azoto sono risultati sempre abbastanza contenuti e in media simili lungo tutto il periodo complessivo di monitoraggio, senza aver mostrato, a differenza di quanto osservato per il materiale particellare, un *trend* decrescente col procedere dei giorni. Ciò per di più è avvenuto nonostante l'incremento marcato osservato precedentemente, col procedere delle campagne di monitoraggio, per le concentrazioni di Ozono, le quali, a causa delle reazioni implicate nel fenomeno dello "smog fotochimico", tendono solitamente ad assumere comportamenti opposti a quelli delle concentrazioni di Ossidi di Azoto, con incrementi dell'uno in corrispondenza di diminuzioni degli altri e viceversa.

A tal proposito, è risultato sempre ben evidente l'andamento generale opposto a quello dell'Ozono, con picchi in corrispondenza degli avvallamenti nell'andamento nelle concentrazioni di Ozono e viceversa, anche se per il Biossido di Azoto spesso non è risultato evidente un tipico andamento ciclico giornaliero.



Castelmella (BS), rif. AMB-15/2494
pag. 35 di 50

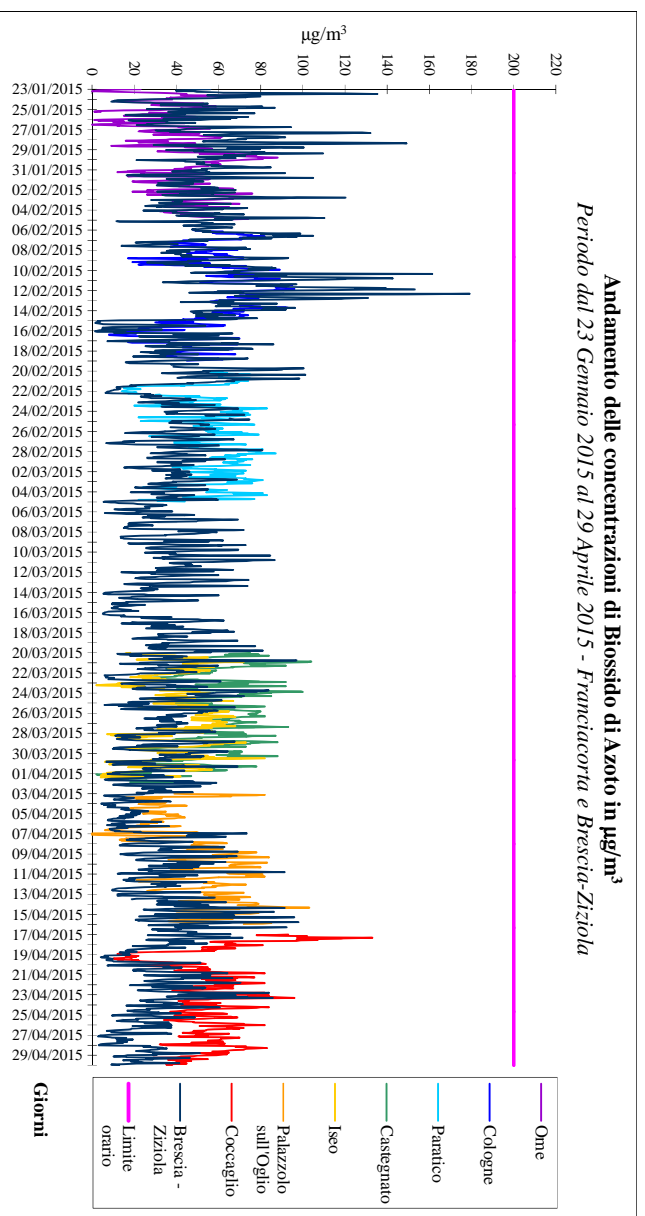
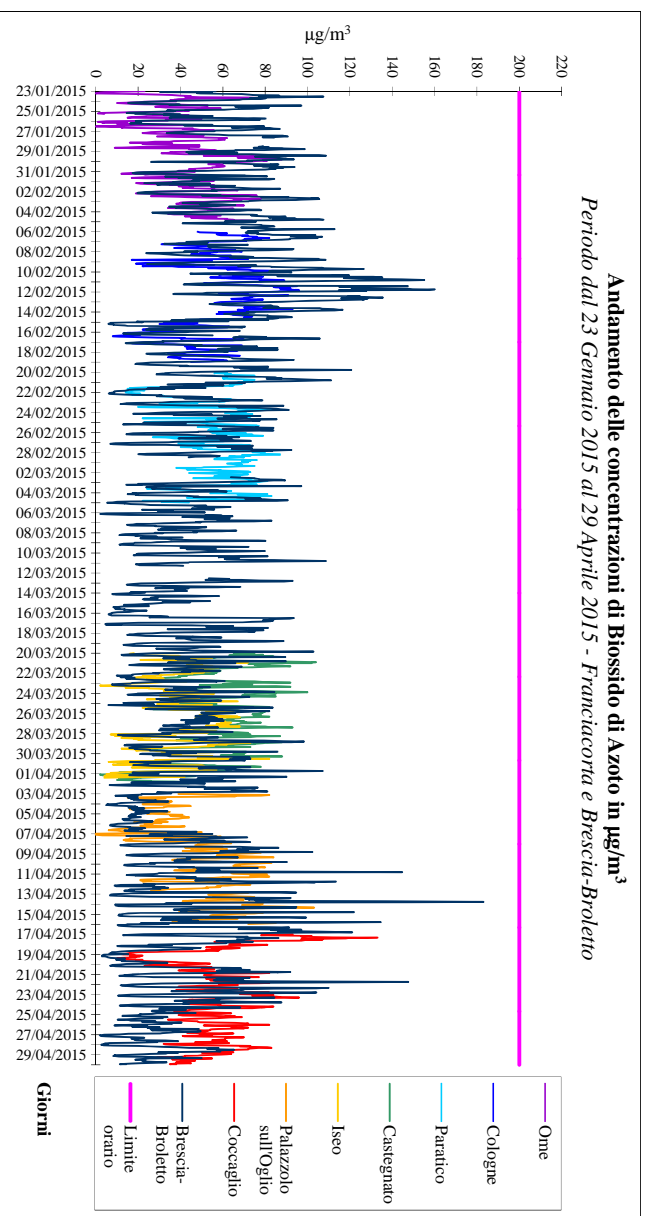
In ogni caso, le concentrazioni di Biossido di Azoto registrate sono risultate sempre ben inferiori al valore limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fissato dalla normativa nazionale (D.Lgs. n. 155 del 13/08/2010 e D.Lgs. n. 250 del 24/12/2012) come valore da non superare più di 18 volte per anno civile.

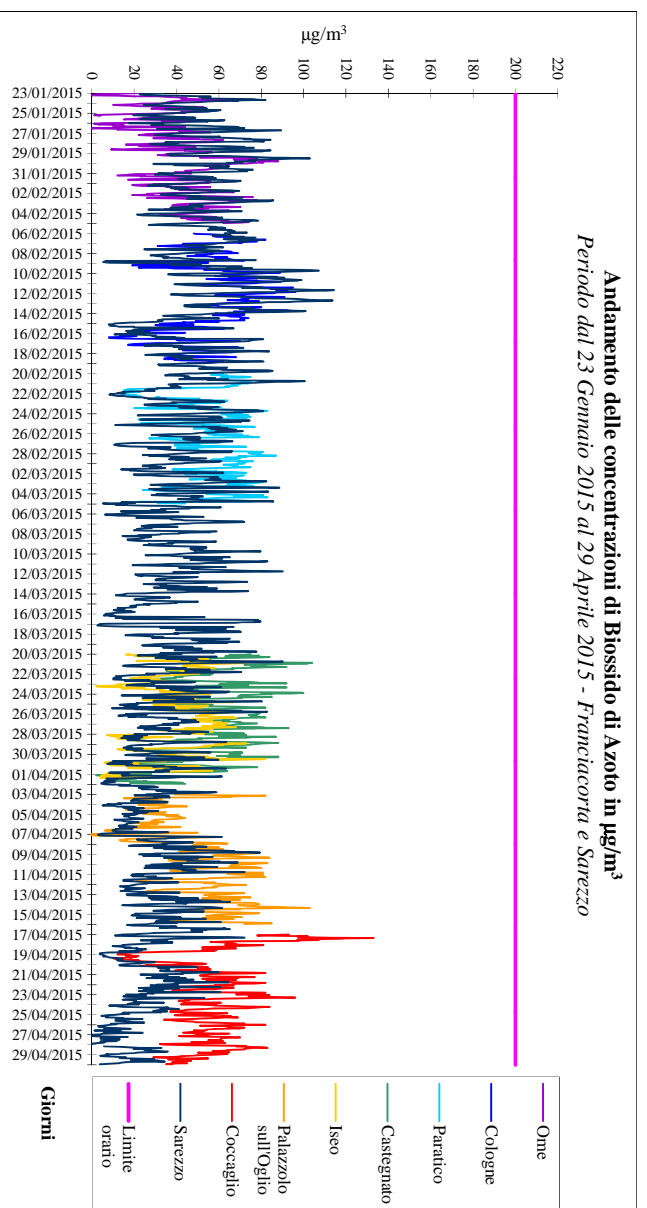
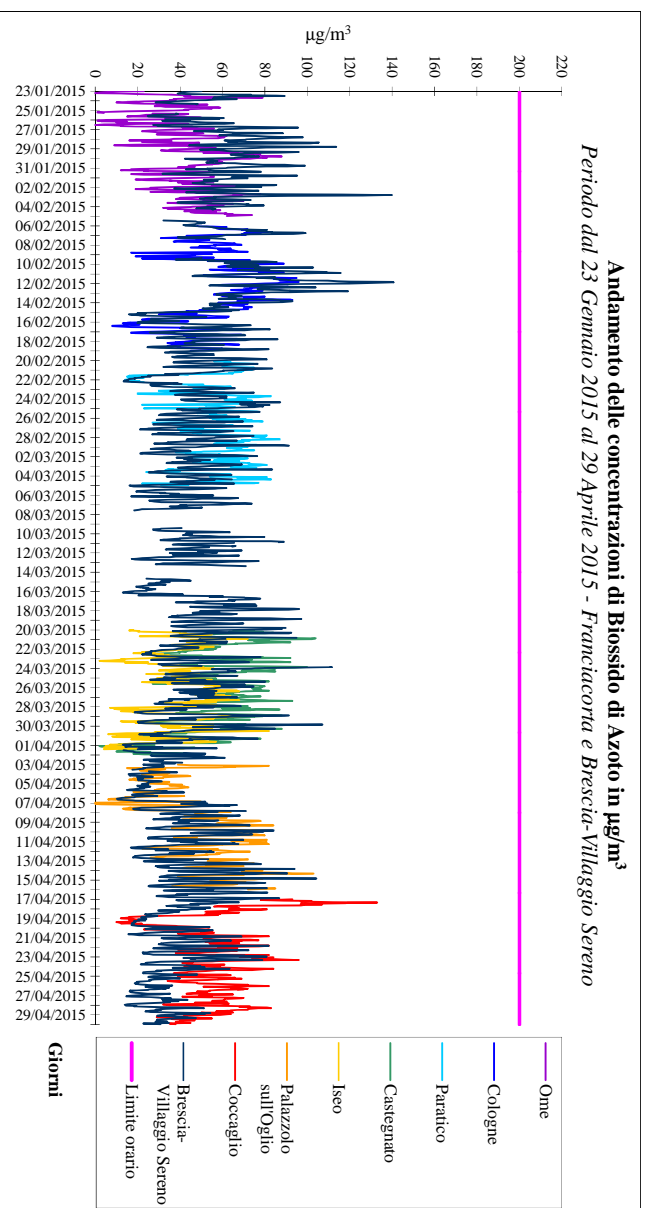
Per il Biossido di Azoto la normativa nazionale fissa anche un valore limite per la protezione della salute umana, pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come media sull'anno civile. I valori medi sui periodi di monitoraggio di 13 giorni sono risultati in genere pari o un poco superiori a tale limite annuale. Va comunque ricordato che campagne di monitoraggio della durata di quelle effettuate non possono essere considerate rappresentative di un intero anno e che i valori di concentrazione rilevati dalla strumentazione utilizzata non sono direttamente confrontabili con quanto previsto dalla normativa.

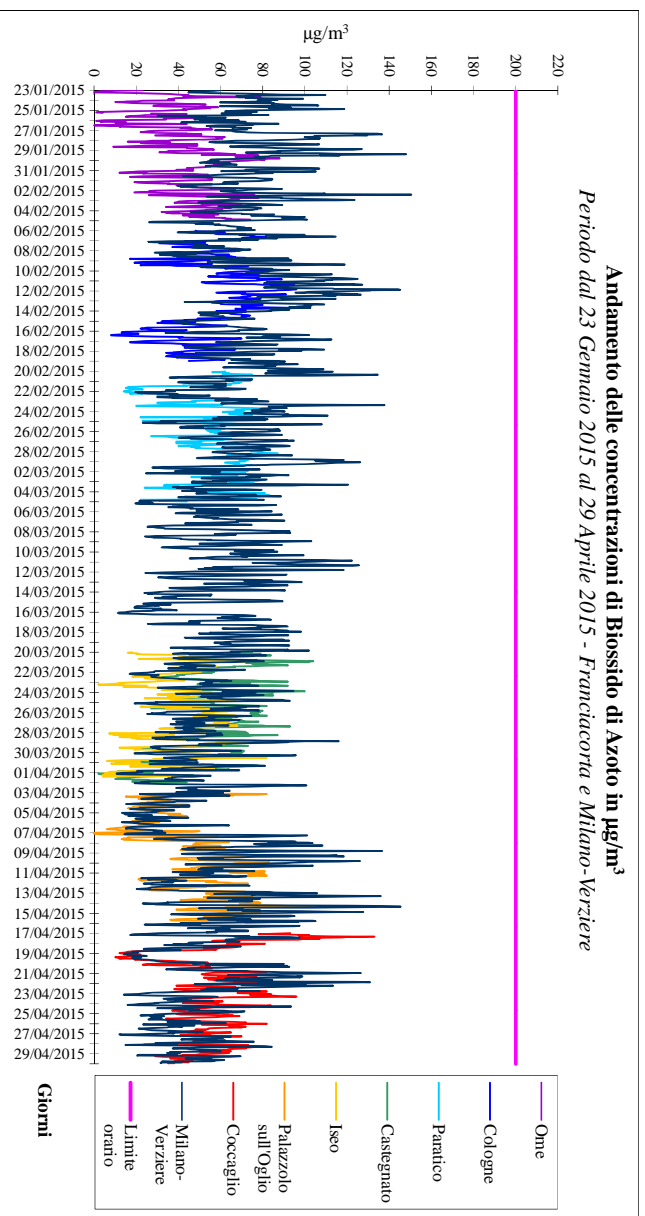
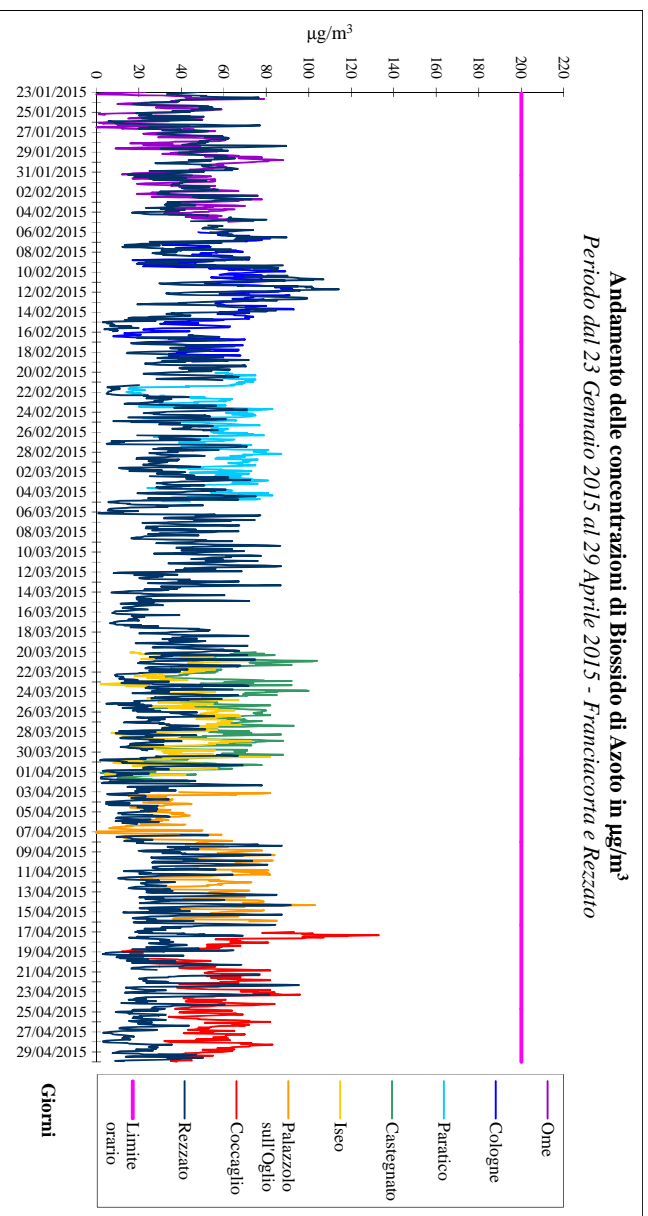
I dati rilevati possono essere confrontati con quanto registrato in contemporanea dalle stazioni ARPA (si vedano i grafici riportati di seguito).

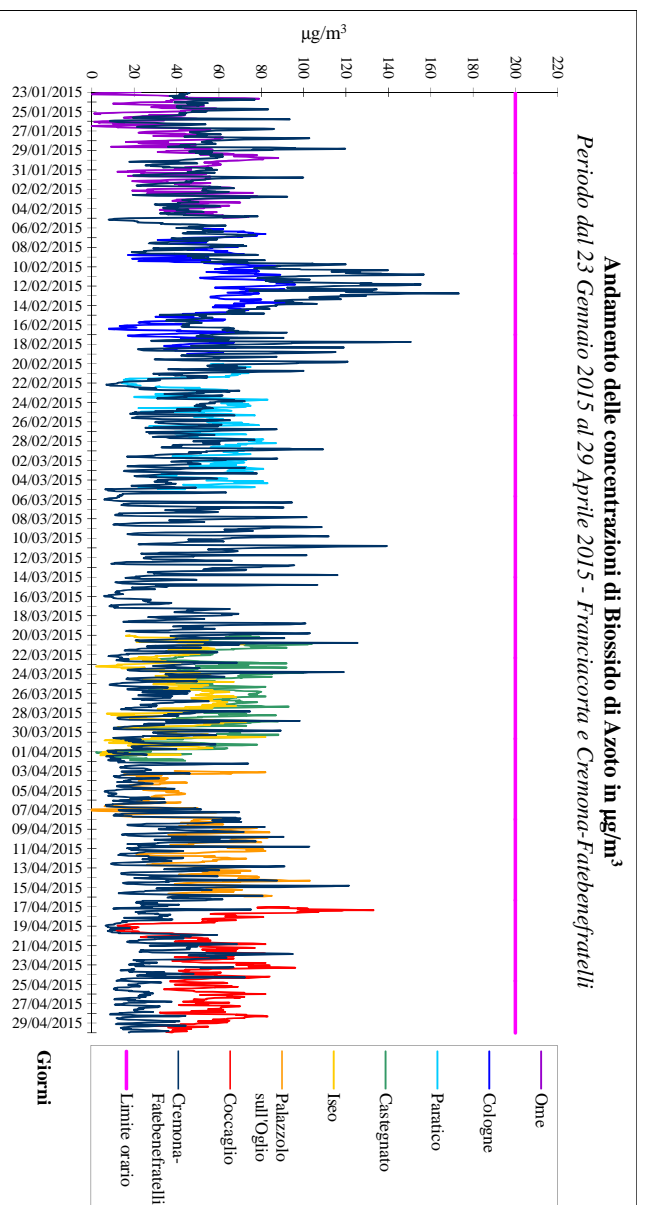
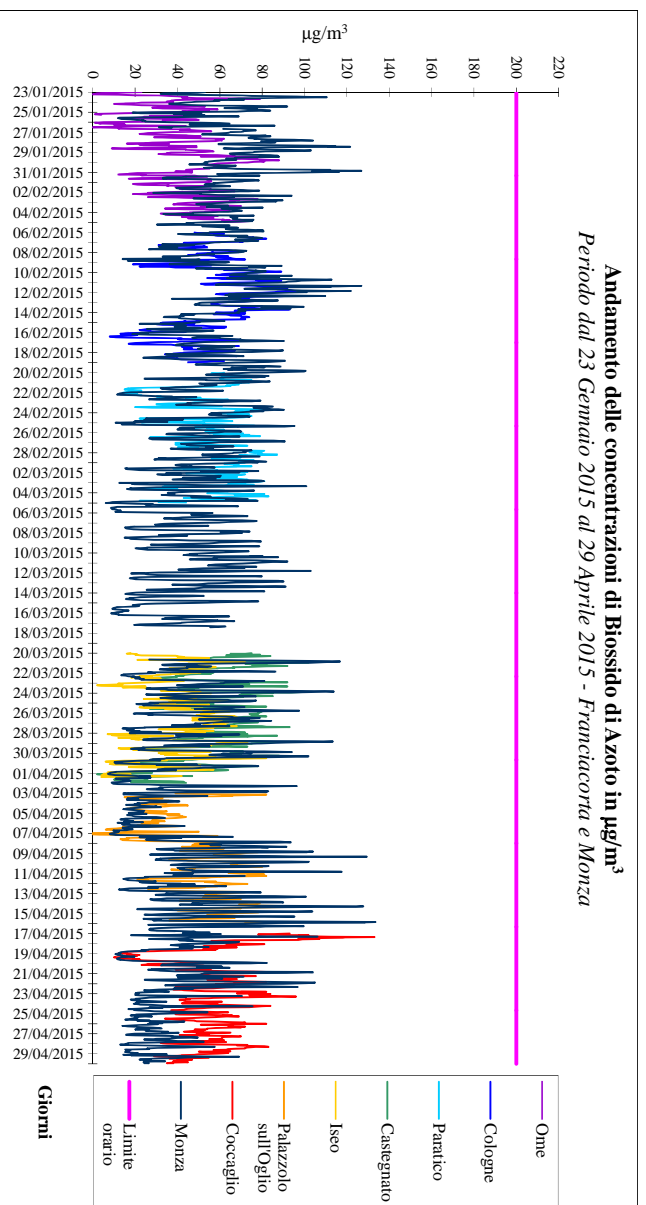
L'andamento delle concentrazioni rilevato dalle centraline ARPA durante il periodo complessivo di monitoraggio ha trovato una generale somiglianza con quanto osservato nei punti della Franciacorta. Le concentrazioni rilevate nei comuni monitorati sono tendenzialmente risultate più in linea con quelle delle stazioni ARPA urbane, anche se queste ultime hanno fatto registrare in genere valori di picco più marcati. Più basse sono state invece le concentrazioni rilevate dalle stazioni di fondo in zona suburbana (Osio Sotto e Rivolta d'Adda).

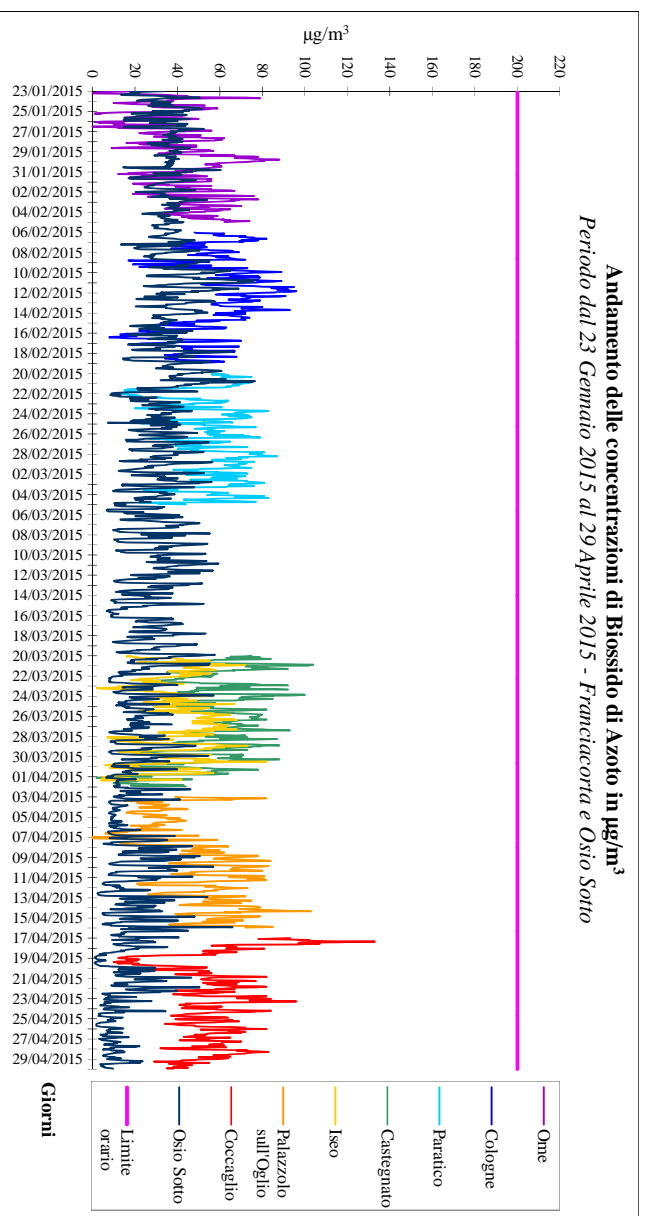
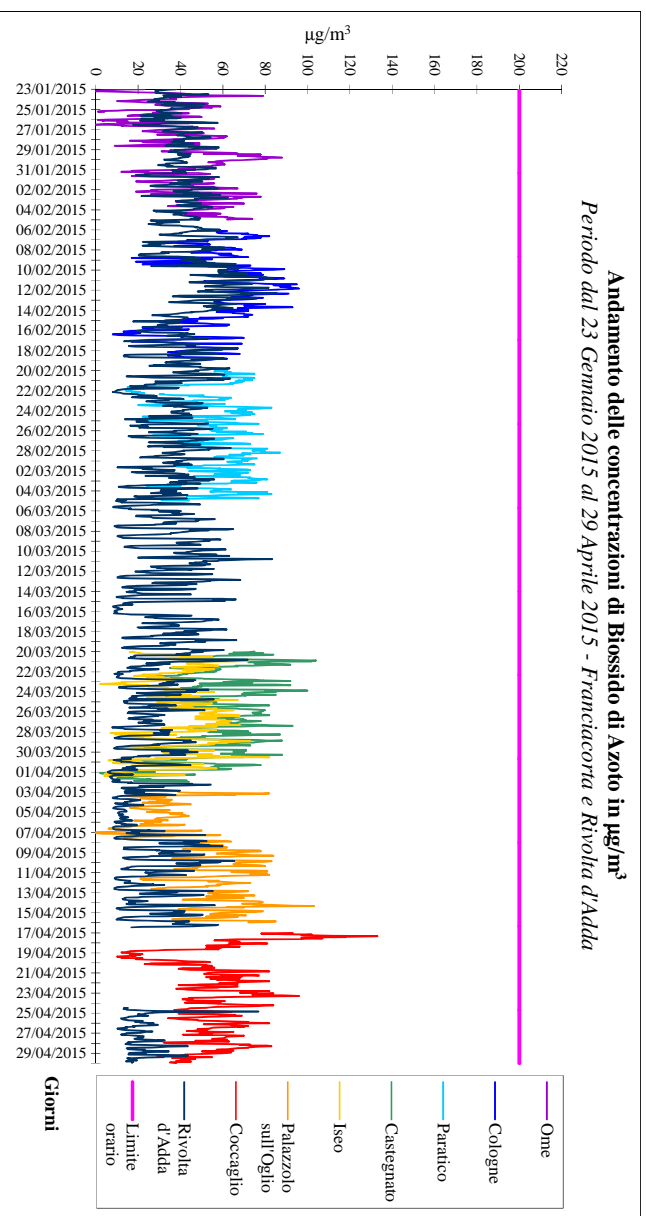
Inoltre, i valori riscontrati dalle centraline ARPA hanno mostrato, rispetto ai monitoraggi della Franciacorta, un andamento generale meno costante nel tempo, con un *trend* lievemente decrescente col passare dalla stagione invernale vera e propria a quella primaverile, tale che le concentrazioni rilevate in contemporanea al monitoraggio nell'ultimo punto (G – Coccaglio) sono risultate quasi ovunque inferiori a quelle rilevate nel punto stesso.













6.5 – Benzene

Nella tabella seguente vengono riportati, in sintesi, per il Benzene i valori di concentrazione massimi (come media oraria) e medi (sui 12-13 giorni effettivi di monitoraggio) riscontrati nelle campagne di monitoraggio.

| Punto | Comune | Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | |
|-------|----------------------|--------------------------------------|-------|
| | | Max | Media |
| A | Ome | 1,9 | 0,4 |
| B | Cologne | 1,2 | 0,3 |
| C | Paratico | 2,0 | 0,6 |
| D | Castegnato | 3,8 | 0,7 |
| E | Iseo | 1,3 | 0,3 |
| F | Palazzolo sull'Oglio | 2,1 | 0,5 |
| G | Coccaglio | 1,9 | 0,7 |

I valori di Benzene riscontrati nella presente indagine sono risultati in generale contenuti, in particolare se si tiene conto che si trattava della stagione invernale, simili in tutti e sette i punti di monitoraggio, con qualche picco più marcato riscontrato nel punto D – Castegnato.

Mai i valori orari, tanto meno quelli medi sui giorni effettivi di monitoraggio, sono risultati superiori al valore limite di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fissato dalla normativa nazionale (D.Lgs. n. 155 del 13/08/2010 e D.Lgs. n. 250 del 24/12/2012), come concentrazione media sull'anno civile; le concentrazioni medie sono risultate circa un ordine di grandezza più piccole del limite.

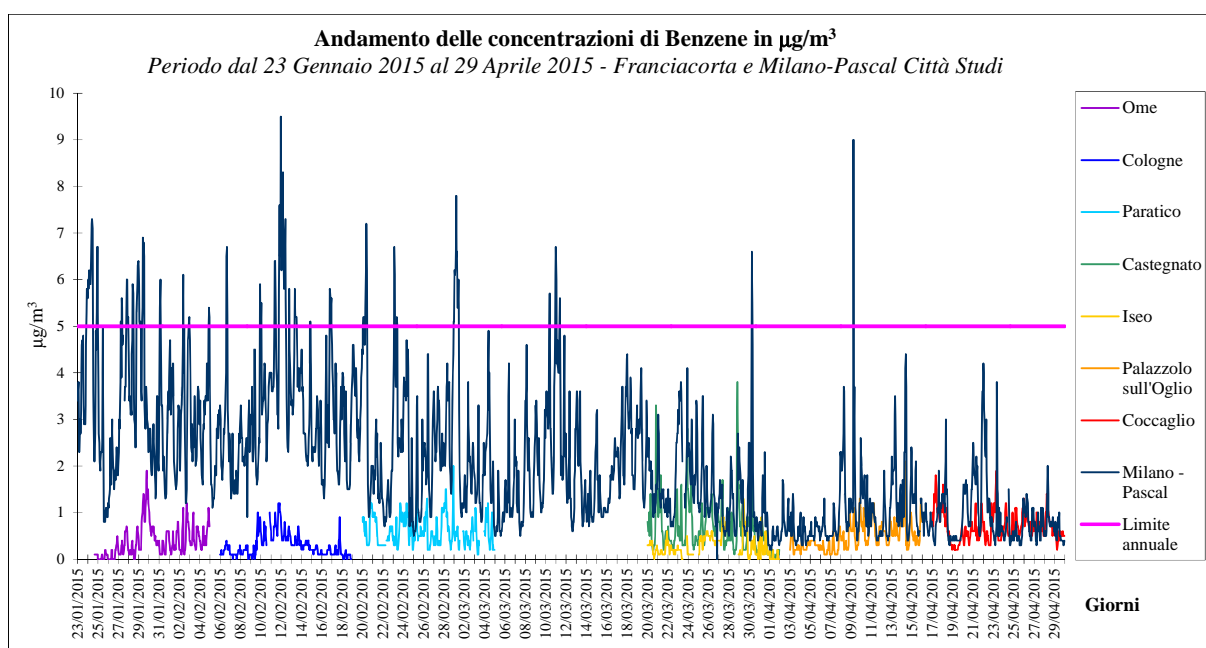
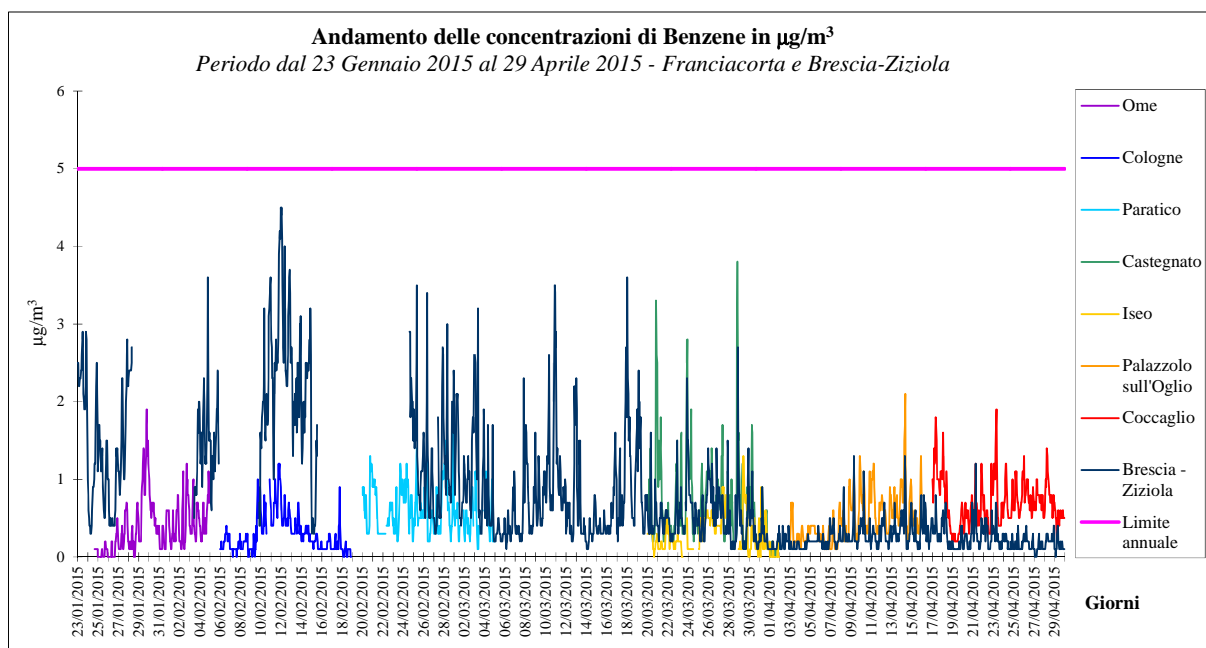
Va sempre comunque ricordato che campagne di monitoraggio della durata di quelle effettuate non possono essere considerate rappresentative di un intero anno e che i valori di concentrazione rilevati dalla strumentazione utilizzata non sono direttamente confrontabili con quanto previsto dalla normativa.

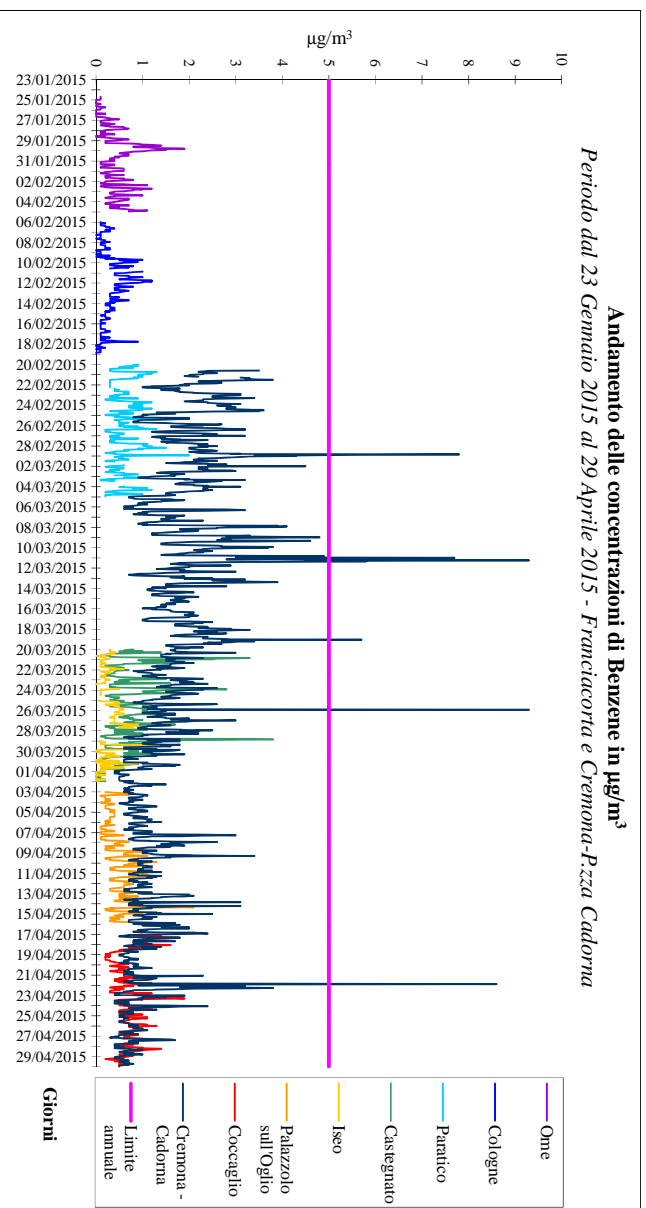
Confrontando i valori misurati nei punti di monitoraggio con quelli rilevati in contemporanea dalle centraline ARPA di Brescia-Ziziola (stazione di fondo suburbana), Milano-Pascal Città Studi (stazione di fondo urbana) e Cremona-Cadorna (stazione di traffico urbana), uniche tra quelle considerate a monitorare il parametro Benzene,



si osserva che in generale i valori registrati dalle tre centraline ARPA sono risultati superiori a quelli rilevati nei punti della Franciacorta, con picchi più marcati (si vedano i grafici riportati di seguito).

Gli andamenti registrati dalle stazioni ARPA hanno tuttavia mostrato un *trend* decrescente col procedere del periodo complessivo di monitoraggio, tale che i valori riscontrati in corrispondenza dei monitoraggi effettuati presso gli ultimi punti della Franciacorta sono risultati più in linea con i valori rilevati nei punti stessi.







7. INDICE DI QUALITÀ DELL'ARIA (IQA)

L'indice della qualità dell'aria è una grandezza adimensionale definita per rappresentare, in maniera sintetica, lo stato complessivo dell'inquinamento atmosferico e consentirne, quindi, una comunicazione semplice, immediata ed accessibile ad un vasto pubblico.

In questo capitolo viene introdotto l'indice di qualità dell'aria (IQA) adottato dall'ARPA dell'Emilia-Romagna e viene applicato ai risultati delle campagne effettuate.

7.1 – L'indice di qualità dell'aria dell'Emilia-Romagna

In generale sono possibili diverse definizioni di indici di qualità dell'aria, per costruire i quali occorre:

- scegliere quali siano gli inquinanti da considerare (in genere tra quelli che presentano effetti di tipo acuto sulla salute, quali PM10, PM2.5, CO, NO₂, O₃, SO₂);
- definire una scala adimensionale (sotto-indice) per ogni inquinante considerato, il che implica anche la scelta di un'opportuna modalità di aggregazione temporale dei dati rilevati (media giornaliera, massimo orario giornaliero,...), in genere considerando per ogni inquinante l'indicatore temporale rispetto al quale è definito il corrispondente limite di legge;
- costruire un indice sintetico unico, a partire dai sotto-indici definiti per ogni inquinante.

In questo caso si è deciso di ricorrere all'indice definito dall'ARPA Emilia-Romagna (si veda il documento "Definizione di un indice di qualità dell'aria per l'Emilia-Romagna" – ARPA Emilia-Romagna).

Nel suo calcolo sono inclusi, tra gli inquinanti con effetti a breve termine, solo il PM10, il Biossido di Azoto e l'Ozono, ovvero quelli che presentano le maggiori criticità, mentre il Monossido di Carbonio e l'Anidride Solforosa sono esclusi, dato che negli ultimi decenni hanno conosciuto una drastica diminuzione delle loro concentrazioni in aria, tanto da essere stabilmente e ampiamente sotto i limiti di legge: tale è il criterio che si è seguito anche per la scelta dei parametri da monitorare nelle campagne effettuate nella Franciacorta.



Castelmella (BS), rif. AMB-15/2494
pag. 45 di 50






Si è quindi proceduto alla definizione dei sotto-indici relativi ai 3 parametri PM10, NO₂, O₃, utilizzando l'approccio basato sulla standardizzazione rispetto ai limiti di legge, ovvero:

- la modalità di aggregazione temporale dei dati grezzi è quella prevista dalla legislazione (media giornaliera per il PM10; valore massimo giornaliero delle medie mobili sulle 8 ore per l'Ozono; valore massimo giornaliero delle medie orarie per il Biossido di Azoto);
- per definire un sotto-indice adimensionale (I_p), si divide il dato di concentrazione dell'inquinante (C_p), espresso nell'unità di misura originaria, per un valore di riferimento (L_p), che è dato dal limite di legge (PM10: 50 µg/m³; O₃: 120 µg/m³; NO₂: 200 µg/m³), e si moltiplica il risultato per 100:

$$I_p = \frac{C_p}{L_p} \times 100$$

Calcolati i sotto-indici, come indice sintetico si utilizza il valore più elevato tra tutti i sotto-indici calcolati. Questo è l'approccio più utilizzato in ambito internazionale: il calcolo viene effettuato in modo tale che è sufficiente che un solo inquinante sia sopra il limite di legge perché l'indice complessivo assuma un valore superiore a 100.

Una volta definito l'indice sintetico, si scelgono un range di variazione ed un numero di classi per tale indice, in questo caso una scala di valori con una gradazione a step uniformi pari a 50 unità dell'indice, alla quale è associata una scala cromatica di 5 colori (verde, giallo, arancione, rosso e viola, secondo quella di più largo uso in ambito internazionale). A sua volta, a ciascuno di questi colori è associato un giudizio di valore della qualità dell'aria, come mostrato nella tabella seguente.

| IQA | Cromatismo | Qualità dell'aria |
|------------|---|--------------------------|
| < 50 |  | Buona |
| 50 – 99 |  | Accettabile |
| 100 – 149 |  | Mediocre |
| 150 – 199 |  | Scadente |
| > 200 |  | Pessima |



7.2 – Applicazione dell'indice IQA alle campagne della Franciacorta

Vengono qui di seguito riportati in tabella gli indici di qualità dell'aria ed i corrispondenti giudizi sulla qualità dell'aria relativi alle campagne effettuate nei comuni della Franciacorta.

L'indice della qualità dell'aria è stato valutato solamente per i punti A – Ome, D – Castegnato, F – Palazzolo sull'Oglio e G – Coccaglio, ovvero per quei punti nei quali è stato monitorato il PM10, dato che questo inquinante risulta in genere essere quello più critico nella stagione invernale.

| Punto A – Cimitero comunale – Ome | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-----------------------|------------|--------------------------|
| Giorno | Sotto-indici | | | IQA | Qualità dell'aria |
| | PM10 | O₃ | NO₂ | | |
| 23/01/2015 | 34 | 28 | 40 | 40 | Buona |
| 24/01/2015 | 40 | 27 | 30 | 40 | Buona |
| 25/01/2015 | 48 | 36 | 25 | 48 | Buona |
| 26/01/2015 | 22 | 49 | 28 | 49 | Buona |
| 27/01/2015 | 60 | 19 | 31 | 60 | Accettabile |
| 28/01/2015 | 48 | 33 | 29 | 48 | Buona |
| 29/01/2015 | 134 | 13 | 44 | 134 | Mediocre |
| 30/01/2015 | 80 | 12 | 37 | 80 | Accettabile |
| 31/01/2015 | 52 | 28 | 28 | 52 | Accettabile |
| 01/02/2015 | 80 | 20 | 34 | 80 | Accettabile |
| 02/02/2015 | 68 | 18 | 39 | 68 | Accettabile |
| 03/02/2015 | 110 | 13 | 35 | 110 | Mediocre |
| 04/02/2015 | 88 | 11 | 37 | 88 | Accettabile |



| Punto D – Piazza Dante – Castegnato | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-----------------------|------------|--------------------------|
| Giorno | Sotto-indici | | | IQA | Qualità dell'aria |
| | PM10 | O₃ | NO₂ | | |
| 20/03/2015 | 112 | 52 | 52 | 112 | Mediocre |
| 21/03/2015 | 114 | 49 | 46 | 114 | Mediocre |
| 22/03/2015 | 54 | 79 | 46 | 79 | Accettabile |
| 23/03/2015 | 102 | 62 | 50 | 102 | Mediocre |
| 24/03/2015 | 164 | 60 | 43 | 164 | Scadente |
| 25/03/2015 | 90 | 53 | 41 | 90 | Accettabile |
| 26/03/2015 | 62 | 22 | 41 | 62 | Accettabile |
| 27/03/2015 | 56 | 51 | 47 | 56 | Accettabile |
| 28/03/2015 | 28 | 69 | 44 | 69 | Accettabile |
| 29/03/2015 | 50 | 92 | 38 | 92 | Accettabile |
| 30/03/2015 | 32 | 96 | 44 | 96 | Accettabile |
| 31/03/2015 | 18 | 97 | 39 | 97 | Accettabile |
| 01/04/2015 | 8 | 118 | 24 | 118 | Mediocre |

| Punto F – Scuola secondaria – Palazzolo sull'Oglio | | | | | |
|---|---------------------|----------------------|-----------------------|------------|--------------------------|
| Giorno | Sotto-indici | | | IQA | Qualità dell'aria |
| | PM10 | O₃ | NO₂ | | |
| 03/04/2015 | 14 | 95 | 41 | 95 | Accettabile |
| 04/04/2015 | 14 | 104 | 23 | 104 | Mediocre |
| 05/04/2015 | 20 | 81 | 22 | 81 | Accettabile |
| 06/04/2015 | 16 | 113 | 25 | 113 | Mediocre |
| 07/04/2015 | 18 | 104 | 32 | 104 | Mediocre |
| 08/04/2015 | 44 | 63 | 39 | 63 | Accettabile |
| 09/04/2015 | 90 | 83 | 42 | 90 | Accettabile |
| 10/04/2015 | 132 | 93 | 41 | 132 | Mediocre |
| 11/04/2015 | 64 | 109 | 41 | 109 | Mediocre |
| 12/04/2015 | 78 | 109 | 37 | 109 | Mediocre |
| 13/04/2015 | 66 | 86 | 40 | 86 | Accettabile |
| 14/04/2015 | 64 | 90 | 52 | 90 | Accettabile |
| 15/04/2015 | 72 | 98 | 43 | 98 | Accettabile |



| Punto G – Piazza L. Marenzio – Coccaglio | | | | | |
|---|---------------------|----------------------|-----------------------|------------|--------------------------|
| Giorno | Sotto-indici | | | IQA | Qualità dell'aria |
| | PM10 | O₃ | NO₂ | | |
| 17/04/2015 | 44 | 36 | 67 | 67 | Accettabile |
| 18/04/2015 | 32 | 92 | 41 | 92 | Accettabile |
| 19/04/2015 | 14 | 118 | 27 | 118 | Mediocre |
| 20/04/2015 | 48 | 76 | 41 | 76 | Accettabile |
| 21/04/2015 | 68 | 69 | 41 | 69 | Accettabile |
| 22/04/2015 | 34 | 96 | 41 | 96 | Accettabile |
| 23/04/2015 | 18 | 94 | 48 | 94 | Accettabile |
| 24/04/2015 | 30 | 91 | 42 | 91 | Accettabile |
| 25/04/2015 | 54 | 89 | 36 | 89 | Accettabile |
| 26/04/2015 | 70 | 78 | 41 | 78 | Accettabile |
| 27/04/2015 | 16 | 76 | 35 | 76 | Accettabile |
| 28/04/2015 | 8 | 75 | 42 | 75 | Accettabile |
| 29/04/2015 | 10 | 79 | 30 | 79 | Accettabile |

Come si può vedere dalle tabelle e come atteso, in corrispondenza del monitoraggio effettuato nel punto A – Ome, l'indice IQA è venuto effettivamente a coincidere quasi sempre con il sotto-indice relativo al PM10, di fatto confermando che è questo inquinante ad essere il più critico nella stagione invernale.

Tuttavia, già a partire dalla seconda metà del monitoraggio nel punto D – Castegnato e poi definitivamente nei monitoraggi dei punti F – Palazzolo sull'Oglio e G – Coccaglio, l'indice IQA è venuto a coincidere quasi sempre con il sotto-indice dell'Ozono e non più con quello del PM10, dato che, col passare dalla stagione invernale a quella primaverile, le concentrazioni di PM10 sono andate diminuendo, per la maggiore dispersione dovuta alle condizioni meteorologiche più favorevoli, mentre quelle di Ozono sono andate aumentando, a causa del maggiore irraggiamento solare.

Solo occasionalmente l'indice IQA è venuto a coincidere con il sotto-indice relativo al Biossido di Azoto.

In ogni caso, visti i superamenti non molto frequenti sia del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ da parte delle concentrazioni di PM10 (nella prima metà del periodo di monitoraggio), sia del valore obiettivo di 120 µg/m³ da parte delle concentrazioni di Ozono (nel periodo finale), pochi sono stati i casi in cui l'indice IQA è risultato superiore a 100, determinando una classe di qualità dell'aria "mediocre" (una volta sola è risulta una qualità



dell'aria "scadente"). La classe di qualità dell'aria occorsa con maggiore frequenza è stata quella "accettabile", con, nel primo periodo di monitoraggio, alcuni accadimenti di quella "buona".

Questi risultati vengono riproposti negli istogrammi riportati di seguito, dove viene rappresentato in grafico il numero di giorni di accadimento relativo a ciascuna classe dell'indice IQA.

L'indice calcolato per ogni punto di monitoraggio viene messo a confronto con quello determinato nelle stesse giornate per le stazioni ARPA per le quali sono disponibili i valori di tutti e tre gli inquinanti di interesse, ovvero le sei stazioni di Brescia-Villaggio Sereno, Sarezzo, Milano-Verziere, Monza, Osio Sotto e Cremona-Fatebenefratelli.

Analogamente a quanto osservato per i siti di monitoraggio, anche per le stazioni ARPA il valore dell'indice IQA è risultato quasi sempre coincidente con il sotto-indice relativo al parametro PM10 nella prima parte del periodo di monitoraggio e con quello relativo all'Ozono a partire dalla fine di Marzo.

Vista la somiglianza a livello regionale per i comportamenti di questi due inquinanti, ne consegue che lo stato della qualità dell'aria sia risultato ovunque abbastanza simile, con una generale prevalenza della classe "accettabile", seguita da quella "mediocre", e con alcuni accadimenti di quella "buona".

Si può pertanto dire che in generale la qualità dell'aria nei punti considerati della Franciacorta sia risultata tendenzialmente in linea con quella rilevata dalle stazioni ARPA, seppur con le opportune differenze locali.

