

Rif. AMB-13/2344
Documento di 53 pagine
e di 1 allegato

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

Progetto “Franciacorta Sostenibile”

Insedimenti: **Comuni di Rodengo Saiano, Paderno Franciacorta,
Cazzago San Martino, Provaglio d’Iseo, Cellatica, Rovato**

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

Castelmella (BS) 22/01/2014

Redatta Dott. Luigi Carbut	Verificata Dott.ssa chim. Livia Lelli	Approvata Dott. chim. Umberto Vergine
--------------------------------------	---	---



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. 10
3.	STANDARD NORMATIVI DI RIFERIMENTO	pag. 12
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. 46
	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-13/2344
pag. 4 di 53

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 cinque/sei comuni della Franciacorta, che variano di anno in anno, alcuni inquinanti importanti per determinare le attuali condizioni ambientali della regione e come esse evolvano nel tempo.

Il presente monitoraggio costituisce il rifacimento, in periodo estivo, del monitoraggio già effettuato negli stessi luoghi durante la stagione fredda, nel periodo complessivo 01 Febbraio ÷ 27 Marzo 2013 (si veda Ns. Rif. AMB-13/0975), finalizzato a valutare le differenze caratteristiche tra i due periodi e dare un quadro più completo della qualità dell'aria nella regione della Franciacorta.

Come nel caso della campagna invernale, i risultati ottenuti nella 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 lo studio in oggetto, la Fondazione Cogeme Onlus ha distinto i comuni della Franciacorta in tre tipologie di sito di monitoraggio, ciascuna riproposta in due/tre comuni differenti: sono così state effettuate tre campagne di monitoraggio in prossimità di arterie stradali di rilievo dal punto di vista del traffico veicolare (presso i comuni di Rodengo Saiano, Cazzago San Martino e Provaglio d'Iseo), due campagne in aree di contesto di tipo suburbano (presso i comuni di Paderno Franciacorta e Cellatica) ed una campagna in corrispondenza di centro abitato (presso il comune di Rovato). Il monitoraggio in corrispondenza del punto di tipo di centro abitato



(Rovato) non era stato effettuato nella stagione fredda. Il monitoraggio nel punto di traffico di Rodengo Saiano ha sostituito, invece, quello che, nella stagione fredda, era stato effettuato nel punto di traffico del comune adiacente di Ome.

Le campagne nei sei comuni, della durata di 13-14 giorni ciascuna, sono state effettuate in successione, nel periodo che complessivamente va dal 12 Giugno al 23 Luglio 2013, eseguendo il monitoraggio ogni volta in contemporanea in due punti differenti, scelti in modo da essere anche di differente tipologia (ogni volta, un punto di traffico ed uno di un'altra tipologia), per poter valutare meglio eventuali differenze tra le tipologie stesse.

Nella tabella seguente viene riportato come si sono articolate le sei campagne, indicando per ciascuna, oltre al sito ed al periodo di monitoraggio, anche la tipologia del punto di rilevamento ed il riferimento al rapporto di prova del nostro laboratorio in cui sono stati riportati in dettaglio i dati riscontrati.

Punto	Sito	Periodo di monitoraggio	Tipologia	Relazione
A	Comune di Rodengo Saiano Scuola media "B. da Norcia"	11 Luglio ÷ 23 Luglio 2013	Traffico da arteria stradale	AMB-13/2068
B	Comune di Paderno Franciacorta Parcheggio, via Romanino	12 Giugno ÷ 25 Giugno 2013	Fondo in zona suburbana	AMB-13/2064
C	Comune di Cazzago San Martino Cimitero, via Bonfadina	27 Giugno ÷ 09 Luglio 2013	Traffico da arteria stradale	AMB-13/2067
D	Comune di Provaglio d'Iseo Parcheggio, via Sebina	12 Giugno ÷ 25 Giugno 2013	Traffico da arteria stradale	AMB-13/2065
E	Comune di Cellatica Campo 2, via Breda Vecchia	11 Luglio ÷ 23 Luglio 2013	Fondo in zona suburbana	AMB-13/2069
F	Comune di Rovato Scuola media "L. da Vinci"	27 Giugno ÷ 09 Luglio 2013	Centro abitato	AMB-13/2066

Per il monitoraggio degli inquinanti sono state utilizzate due centraline mobili di rilevamento fatte 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.



1.2 – Descrizione dei punti e dei luoghi di rilevazione

Vengono qui brevemente descritti i sei punti di monitoraggio nei quali sono stati installati i laboratori mobili. Nell'Allegato 1 sono riportate le ortofotografie che rappresentano la collocazione dei punti all'interno del territorio della Franciacorta.

Punto A – Rodengo Saiano – Scuola media “B. da Norcia”

La centralina di rilevamento è stata collocata sul marciapiede antistante il cancello d'ingresso Nord della Scuola Secondaria di I grado “Benedetto da Norcia”, in via san Francesco, nel territorio del comune di Rodengo Saiano.

Il punto di rilevazione si trova a 174 m s.l.m. e le coordinate IGM sono:

Latitudine N 45° 35' 50''

Longitudine E 10° 06' 28'' rispetto a Greenwich.

Il sito di monitoraggio si trova all'interno del centro abitato di Rodengo Saiano, in una zona piuttosto trafficata, circa 70 m a Ovest di una rotonda cui vanno a confluire quattro arterie stradali: via san Francesco (da Ovest), via Brescia (da Sud), via Ponte Cigoli (da Est) e via San Dionigi (da Nord). Esso si caratterizza, pertanto, come punto di traffico da arteria stradale.

Circa 500 m a Sud del punto di monitoraggio corre la Strada Provinciale SP19, mentre circa 900 m a Sud-Ovest corre la Strada Statale SS510.

Punto B – Paderno Franciacorta – Parcheggio, via Romanino

La centralina di rilevamento è stata collocata nel territorio del comune di Paderno Franciacorta, nel parcheggio di via Romanino, davanti all'ingresso del Bocciodromo. Il punto di rilevazione si trova a 170 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 34' 56''

Longitudine E 10° 04' 37'' rispetto a Greenwich.



Castelmella (BS), rif. AMB-13/2344
pag. 8 di 53

Il sito di monitoraggio si trova nella zona dei campi sportivi, al limitare Sud del centro abitato di Paderno Franciacorta. A Nord del punto di rilevazione si estende l'area residenziale, mentre a Sud si estendono campi ad uso coltivo. Il sito si caratterizza, pertanto, come punto di fondo in zona suburbana.

Punto C – Cazzago San Martino – Cimitero, via Bonfadina

La centralina di rilevamento è stata collocata nel territorio del comune di Cazzago San Martino, nel parcheggio del cimitero. Il punto di rilevazione si trova a 181 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 34' 29''

Longitudine E 10° 01' 41'' rispetto a Greenwich.

Il sito di monitoraggio si trova in un'area di campagna, circondato da campi ad uso coltivo, a metà strada tra il centro abitato di Cazzago San Martino, che si estende circa 200 m a Nord del punto di rilevazione, e la zona industriale in località Bonfadina, che si estende a Sud, a circa 300 m di distanza dal punto.

Il parcheggio del cimitero è situato appena a lato di via Bonfadina, strada piuttosto trafficata che esce dal centro abitato di Cazzago san Martino, dirigendosi verso Sud, collegandolo alla Strada Statale SS11. Il sito si caratterizza, pertanto, come punto di traffico da arteria stradale.

Circa 200 m a Sud del punto di monitoraggio corre l'Autostrada A4 Brescia-Milano, che delimita a Nord la zona industriale, correndo lungo la direzione Est-Sud-Est/Ovest-Nord-Ovest.

Punto D – Provaglio d'Iseo – Parcheggio, via Sebina

La centralina di rilevamento è stata collocata nel parcheggio a lato di via Sebina, di fronte al cimitero di Provaglio d'Iseo. Il punto di rilevazione si trova a 217 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 37' 57''

Longitudine E 10° 02' 47'' rispetto a Greenwich.

Il sito di monitoraggio si trova all'interno del centro abitato di Provaglio d'Iseo. Via Sebina è una strada piuttosto trafficata che attraversa il centro abitato lungo la direzione Nord-Ovest/Sud-Est. Il sito si caratterizza, pertanto, come punto di traffico da arteria stradale.



Castelmella (BS), rif. AMB-13/2344
pag. 9 di 53

Punto E – Cellatica – Campo 2, via Breda Vecchia

La centralina di rilevamento è stata collocata nella zona dei campi sportivi del comune di Cellatica, in via Breda Vecchia, nel prato antistante gli spogliatoi del Campo 2. Il punto di rilevazione si trova a 146 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 34' 50''

Longitudine E 10° 10' 29'' rispetto a Greenwich.

Il sito di monitoraggio si trova in un'area di campagna, circondato da campi ad uso coltivo, situato a Sud-Ovest del centro abitato di Cellatica e ad Est della zona industriale. Esso si caratterizza, pertanto, come punto di fondo in zona suburbana.

Circa 160 m a Nord-Est del punto di monitoraggio corre la Strada Provinciale SP10, che delimita il centro abitato di Cellatica.

Punto F – Rovato – Scuola media “L. da Vinci”

La centralina di rilevamento è stata collocata nel cortile della scuola media “Leonardo da Vinci” di Rovato, in via Solferino (SPXI) n. 45. Il punto di rilevazione si trova a 170 m s.l.m. e le coordinate geografiche sono:

Latitudine N 45° 33' 48''

Longitudine E 09° 59' 56'' rispetto a Greenwich.

Il sito di monitoraggio si trova all'interno del centro abitato di Rovato, lungo una strada abbastanza trafficata. Via Solferino costituisce di fatti il tratto della Strada Provinciale SPXI Rovato-Iseo che attraversa il centro abitato di Rovato, lungo la direzione Nord/Sud. Il punto si caratterizza come punto di centro abitato.

Circa 230 m a Sud del punto di rilevazione corre inoltre la Strada Statale SS11, che attraversa Rovato 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-13/2344
pag. 11 di 53

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 (13-14 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>LIMITE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>MARGINE TOLLERANZA</i>		<i>LIMITE + MARGINE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
				$\mu\text{g}/\text{m}^3$	<i>anno</i>	
<i>Valore limite</i>	D.Lgs. n. 155 13/08/2010 D.Lgs. n. 250 24/12/2012	Anno civile	25	1	2013	26
				1	2014	26
				0	2015	25



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



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



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 tecnologie differenti da quelle dei metodi tradizionali previsti dalla normativa nazionale, consentendo però una certa versatilità e 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.

Ciascuna delle due centraline ETL-BUS è dotata 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 descritti 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 mediante 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 ;



Particolato Fine (PM10) e Particolato Respirabile (PM2.5) – Centralina ETL-BUS n. 1

La determinazione della concentrazione di PM10 e PM2.5 è effettuata mediante **contaparticelle OSIRIS** della Turnkey Instruments Ltd, che consente il rilevamento in continuo della concentrazione in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di Particolato Totale (PTS), PM10, PM2.5 e PM1, mediante tecnologia a *light scattering*. L'aria campionata, aspirata ad un flusso costante di 600 cc/min, passa attraverso un raggio laser in un fotometro, dove viene rilevata la luce diffratta dalle particelle di polvere presenti nell'aria.

La parte informatica, relativa all'acquisizione ed al trattamento dei dati del contaparticelle, è gestita per mezzo del software AirQ32, sviluppato per sistema operativo Windows dalla Turnkey Instruments Ltd.

Campo di misura: $0 \div 6000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

La determinazione della concentrazione di PM10 e PM2.5 è effettuata mediante **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 due stazioni meteorologiche DAVIS Vantage Pro, collegate ad un datalogger 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 5.9.1, sviluppato dalla Davis Instruments.



6. RISULTATI DELLE MISURAZIONI, OSSERVAZIONI E CONFRONTI

Per i risultati in dettaglio delle sei campagne effettuate, si rimanda agli allegati dei rapporti di prova INDAM relativi a ciascuna campagna di monitoraggio (Nss. Riff. AMB-13/2064÷2069) 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 sei 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 quelli osservati nell’inverno 2013 (Ns. Rif. AMB-13/0975) e 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, 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	Benzene, PM2.5
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
Cremona – piazza Cadorna	Traffico	Urbana	Benzene

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 giorni effettivi di monitoraggio) riscontrati in ciascuna campagna di monitoraggio, nonché il numero di superamenti (rispetto al totale dei giorni di monitoraggio) 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.

Per confronto, vengono anche riportati gli stessi dati relativi alle campagne effettuate nell’inverno 2013 (nel caso del punto di traffico di Rodengo Saiano, vengono riportati, come dati invernali, quelli relativi all’analogo punto di traffico di Ome).

Nell’ultima colonna, infine, viene riportato, per ciascun punto di monitoraggio, il valore medio di concentrazione complessivo tra periodo estivo e periodo invernale (media dei valori medi relativi ai due periodi, pesata tenendo conto del numero effettivo di giorni di campionamento in ciascun periodo).



Punto	Comune	Tipologia punto	PM10 – Estate 2013			PM10 – Inverno 2013			Media inv./est. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
			Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N. sup.	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N. sup.	
A	Rodengo Saiano/Ome	Traffico da arteria stradale	39	27	0/13	55	37	2/9	/
B	Paderno Franciacorta	Fondo in zona suburbana	44	30	0/14	125	57	5/13	43
C	Cazzago San Martino	Traffico da arteria stradale	31	22	0/13	134	54	5/13	38
D	Provaglio d'Iseo	Traffico da arteria stradale	23	13	0/14	24	13	0/13	13
E	Cellatica	Fondo in zona suburbana	28	21	0/13	63	23	1/13	22
F	Rovato	Centro abitato	23	12	0/13	n.d.	n.d.	n.d.	/

Come atteso per la stagione calda, data la minore stabilità atmosferica e l'innalzamento dello strato di rimescolamento, i valori di concentrazione registrati durante le campagne estive sono risultati in generale più bassi di quelli rilevati nei monitoraggi invernali, sia come valori di concentrazione massimi, sia come valori di concentrazione medi. Mai sono stati registrati superamenti del valore limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si può notare però una differenza tra l'abbassamento dei valori di concentrazione nei punti B – Paderno Franciacorta e C – Cazzago San Martino e quello nei comuni D – Provaglio d'Iseo ed E – Cellatica. Nel primo caso, tra inverno ed estate le concentrazioni massime si sono abbassate del $65 \div 75\%$, e quelle medie all'incirca dimezzate; nel secondo caso, invece, la differenza tra i valori massimi di concentrazione nelle due stagioni è stata minore e le concentrazioni medie sono rimaste quasi identiche, in particolare nel punto di Provaglio d'Iseo. Questo perché i punti di Cellatica e, soprattutto, Provaglio sono sempre risultati caratterizzati da una ventilazione maggiore rispetto agli altri punti; ed infatti, pur essendo punto di traffico, il punto D – Provaglio d'Iseo è sempre stato quello in cui sono state rilevate le concentrazioni di PM10 più basse. Inoltre, nella stagione “fredda” questi due punti erano stati monitorati nella seconda metà del mese di Marzo, periodo nel quale ormai comincia la stagione primaverile e le concentrazioni tendono in generale ad abbassarsi rispetto al periodo precedente.

L'abbassamento dei valori medi in tutti i punti ha fatto sì che, se si confrontano tali valori con il valor 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, in tutti i siti, limitatamente al periodo estivo, tale limite è risultato rispettato; tuttavia, se si vanno a



Castelmella (BS), rif. AMB-13/2344
pag. 21 di 53

mediare i valori medi con quelli corrispondenti del precedente periodo invernale, si trova che i dati rilevati nei punti D – Provaglio d’Iseo ed E – Cellatica rispettano il limite annuale, quelli rilevati nei punti B – Paderno Franciacorta e C – Cazzago San Martino mostrano medie prossime o di poco superiori a tale limite. 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 in questi monitoraggi estivi trova una certa conferma se confrontato con gli andamenti dei valori di concentrazione di PM10 rilevati nel periodo complessivo di monitoraggio dalle centraline ARPA (si vedano i grafici riportati di seguito, a fine paragrafo).

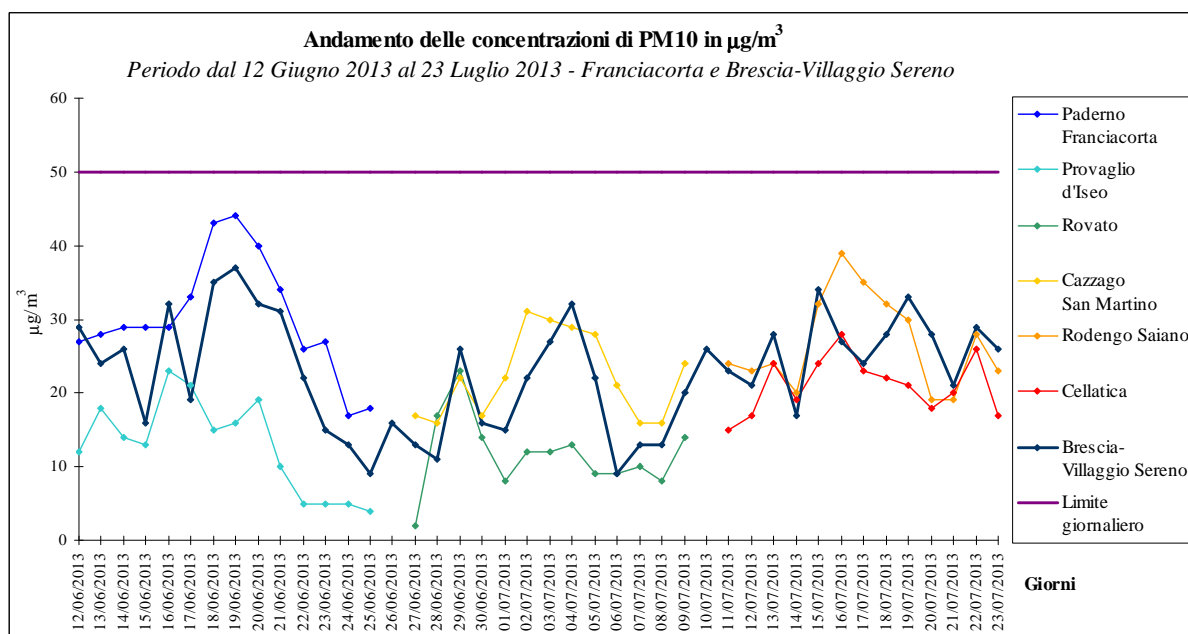
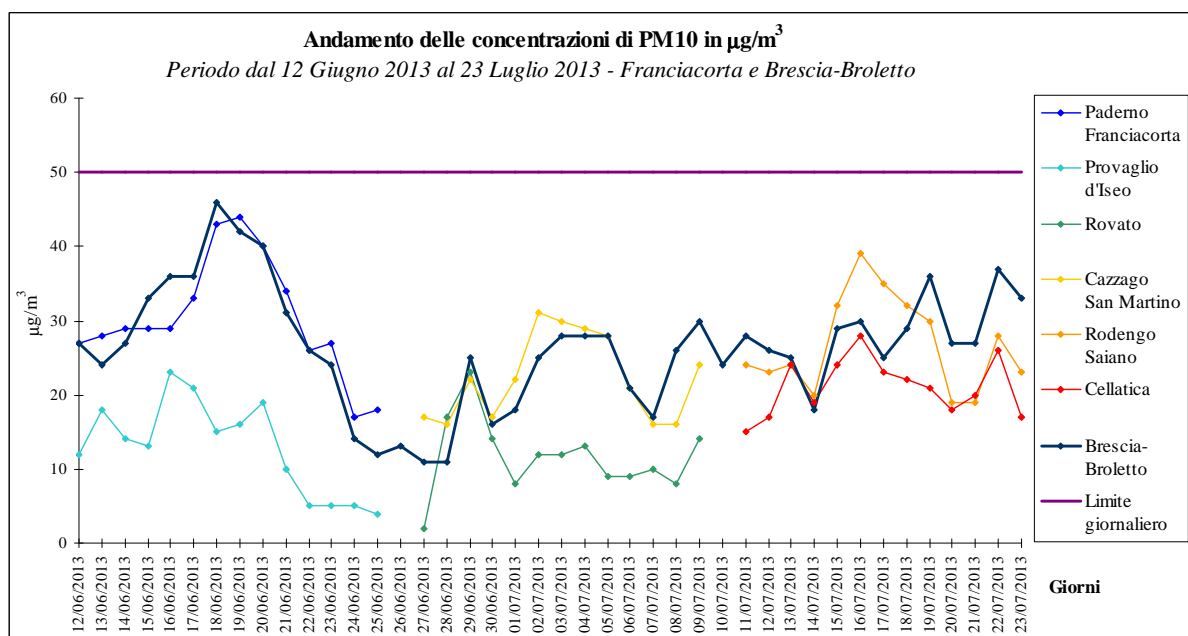
L’andamento del PM10 nelle zone della Franciacorta, infatti, tende a seguire, in linea generale, quello riscontrato nelle altre zone della provincia di Brescia e della pianura lombarda, molto influenzato dalle condizioni meteorologiche tipiche della regione padana. Si è potuto osservare un andamento generale con valori tendenzialmente più alti nelle prime due settimane (in corrispondenza dei monitoraggi nei punti B – Paderno Franciacorta e D – Provaglio d’Iseo), un modesto abbassamento delle concentrazioni nelle due settimane successive (in corrispondenza dei monitoraggi C – Cazzago San Martino e F – Rovato) ed un tendenziale reinnalzamento dei valori nelle ultime due settimane (monitoraggi nei punti A – Rodengo Saiano ed E – Cellatica). In particolare, anche le centraline ARPA considerate non hanno mai fatto registrare superamenti del valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante il periodo complessivo di monitoraggio, con la sola eccezione della centraline di Rezzato, che ha rilevato tre superamenti.

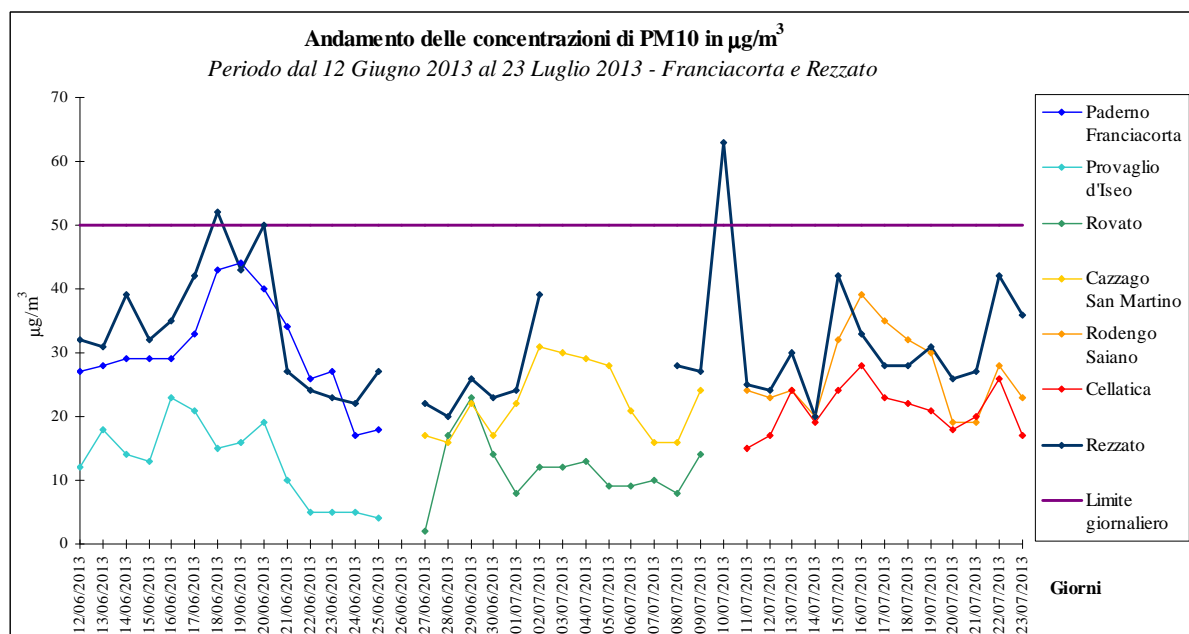
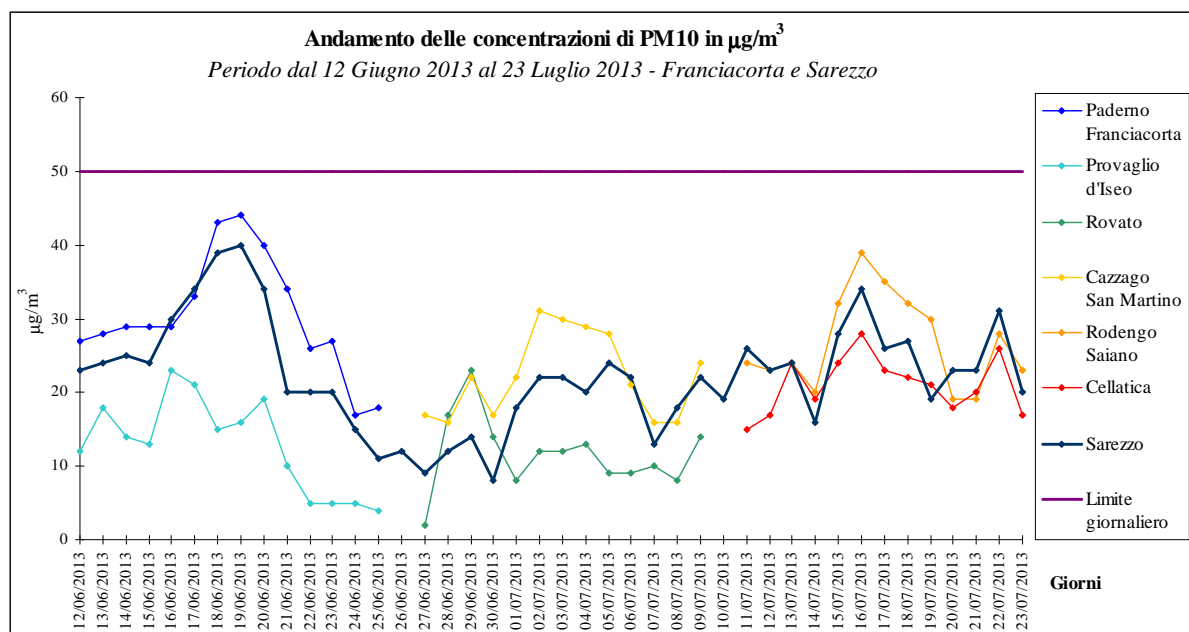
Ad ogni modo, è solo l’andamento dei valori di concentrazione di PM10 a presentarsi ovunque abbastanza simile, mentre le concentrazioni assolute riscontrate nei diversi punti tendono a mostrare differenze che risentono dell’influenza delle sorgenti di particolato caratteristiche del sito stesso. In particolare, le concentrazioni rilevate nei due punti D – Provaglio d’Iseo e F – Rovato si sono mantenute in generale più basse di quelle rilevate dalle centraline ARPA, le quali sono risultate invece abbastanza in linea tra di loro e con gli altri punti della Franciacorta.

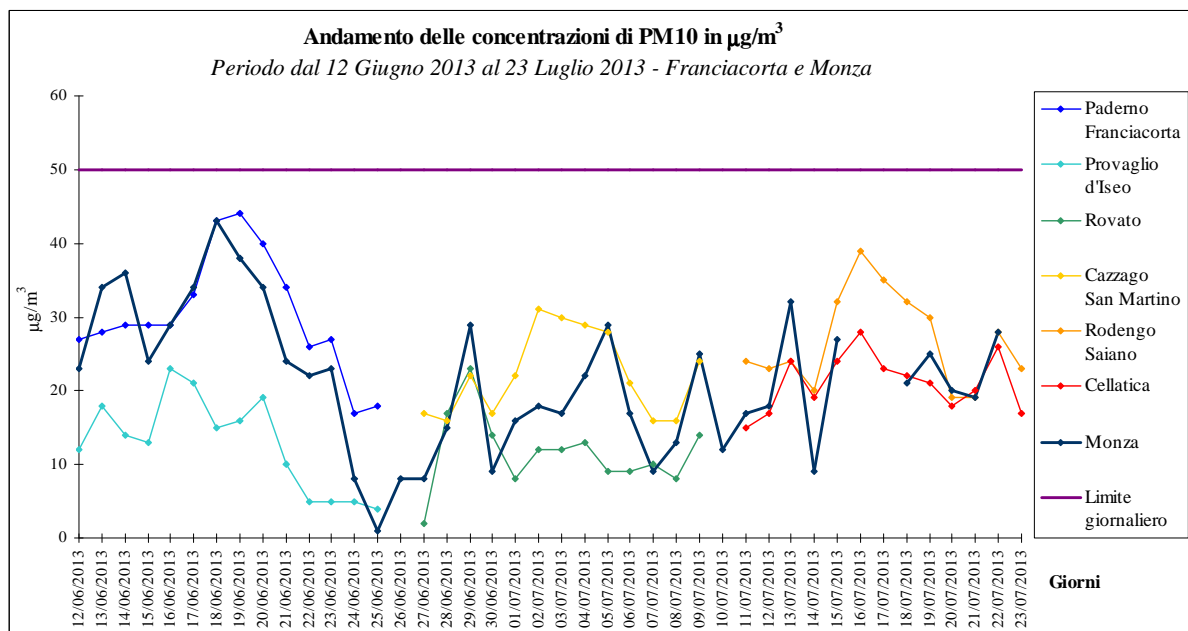
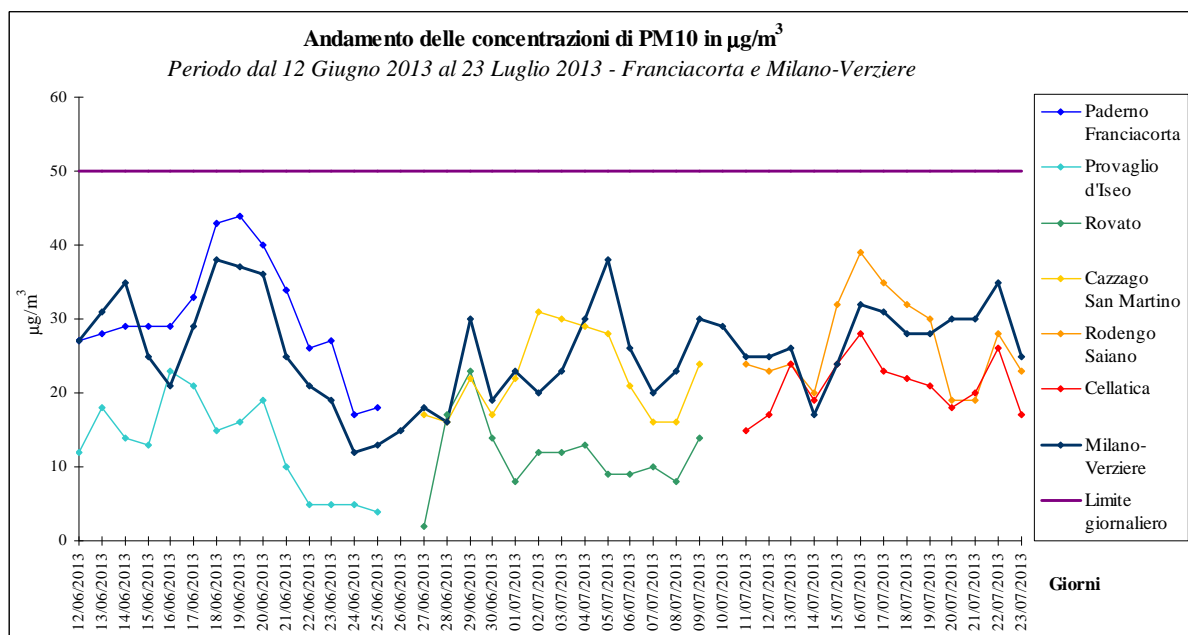
Infine, si possono osservare le differenze tra le distinte tipologie di punti di monitoraggio, ricordando che, in ciascun periodo di rilevazione di circa due settimane, si è fatto in modo di monitorare sempre in contemporanea un punto di traffico con uno di una delle altre due tipologie. A parte le prime due settimane, in cui il punto di

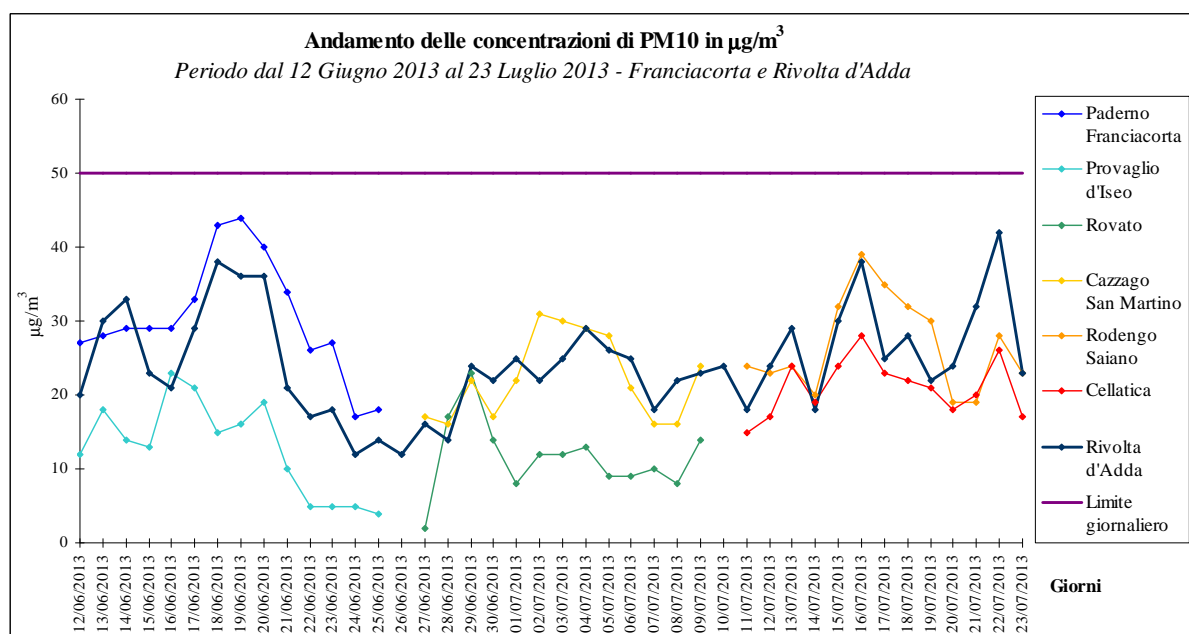
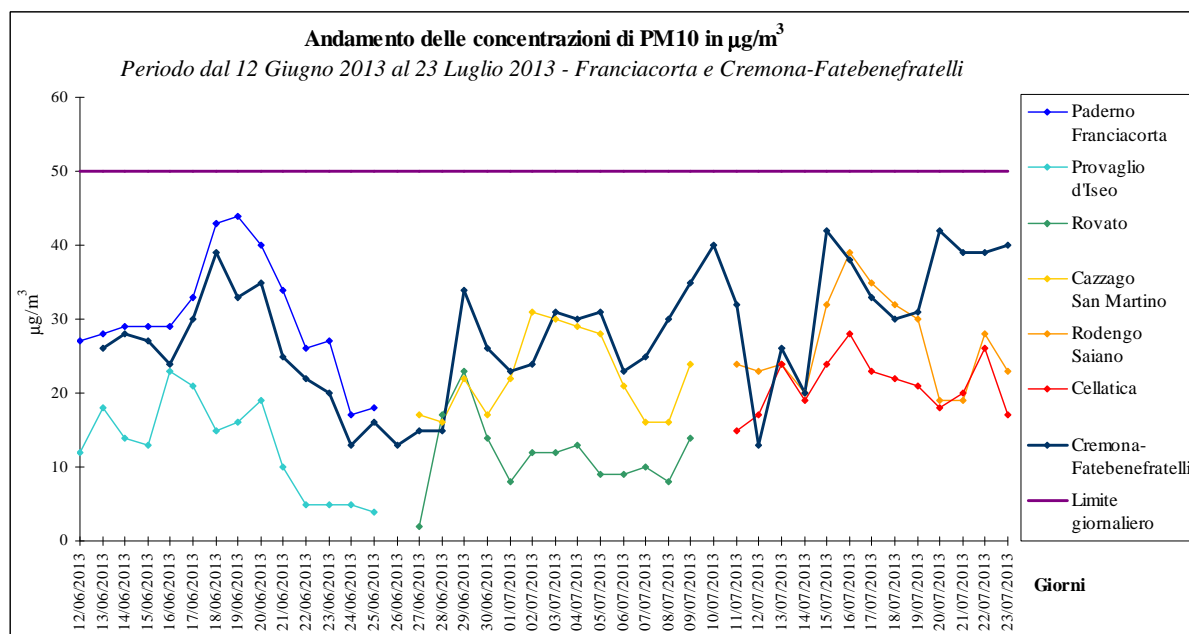


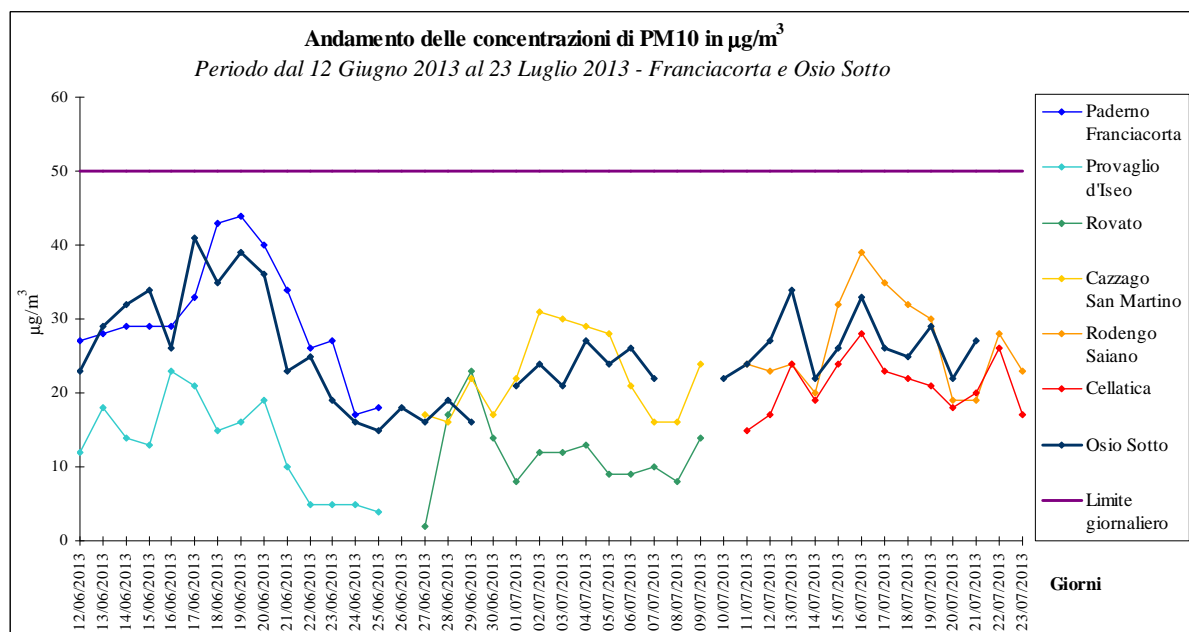
traffico D – Provaglio d’Iseo ha mostrato concentrazioni più basse di quelle del punto di fondo B – Paderno Franciacorta, come già detto a causa della maggiore ventilazione caratteristica del sito di Provaglio, negli altri casi, i punti di traffico C – Cazzago San Martino e A – Rodengo Saiano hanno effettivamente mostrato valori tendenzialmente più alti rispetto a quelli del punto di centro abitato (F – Rovato) o di fondo (E – Cellatica), monitorati in contemporanea ad essi.











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 giorni effettivi di monitoraggio) riscontrati in ciascuna campagna di monitoraggio.

Per confronto, vengono anche riportati gli stessi dati relativi alle campagne effettuate nell'inverno 2013 (nel caso del punto di traffico di Rodengo Saiano, vengono riportati, come dati invernali, quelli relativi all'analogo punto di traffico di Ome). Per entrambi i periodi viene specificato il numero effettivo di giorni di monitoraggio per ciascun punto.

Nell'ultima colonna, infine, viene riportato, per ciascun punto di monitoraggio, il valore medio di concentrazione complessivo tra periodo invernale e periodo estivo (media dei valori medi relativi ai due periodi, pesata tenendo conto del numero effettivo di giorni di campionamento in ciascun periodo).



Punto	Comune	Tipologia punto	PM2.5 – Estate 2013			PM2.5 – Inverno 2013			Media inv./est. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
			Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N. giorni	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N. giorni	
A	Rodengo Saiano/Ome	Traffico da arteria stradale	34	19	13	47	31	9	/
B	Paderno Franciacorta	Fondo in zona suburbana	25	19	14	107	49	13	33
C	Cazzago San Martino	Traffico da arteria stradale	26	17	13	114	46	13	32
D	Provaglio d'Iseo	Traffico da arteria stradale	21	11	14	16	8	13	10
E	Cellatica	Fondo in zona suburbana	23	17	13	53	19	13	18
F	Rovato	Centro abitato	21	10	13	n.d.	n.d.	n.d.	/

In tutti e sei i punti di monitoraggio l'andamento dei valori di concentrazione di PM2.5 ha seguito abbastanza fedelmente quello del PM10, con un rapporto medio tra la concentrazione di PM2.5 e quella di PM10 variabile dal 60% al 90%, a seconda dei punti. Di conseguenza, per il PM2.5 valgono considerazioni analoghe a quelle fatte per il PM10.

I valori di concentrazione registrati durante le campagne estive sono risultati, come atteso, ben più bassi di quelli rilevati nei monitoraggi invernali, sia come valori massimi, sia come valori medi. Più netto è stato l'abbassamento dei valori di concentrazione nei punti B – Paderno Franciacorta e C – Cazzago San Martino, con concentrazioni medie circa dimezzate, mentre nei punti E – Cellatica e, soprattutto, D – Provaglio d'Iseo, le differenze tra le due stagioni sono state minori, con concentrazioni medie pressoché identiche, per gli stessi motivi detti precedentemente a riguardo del PM10.

In particolare, a differenza della stagione invernale, in tutti i punti di monitoraggio, il valore medio di concentrazione sui giorni totali di campionamento è risultato inferiore 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 (tale valore limite sarà effettivamente valido a partire dal 2015; attualmente, comprensivo del margine di tolleranza per il 2013, esso risulta di $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



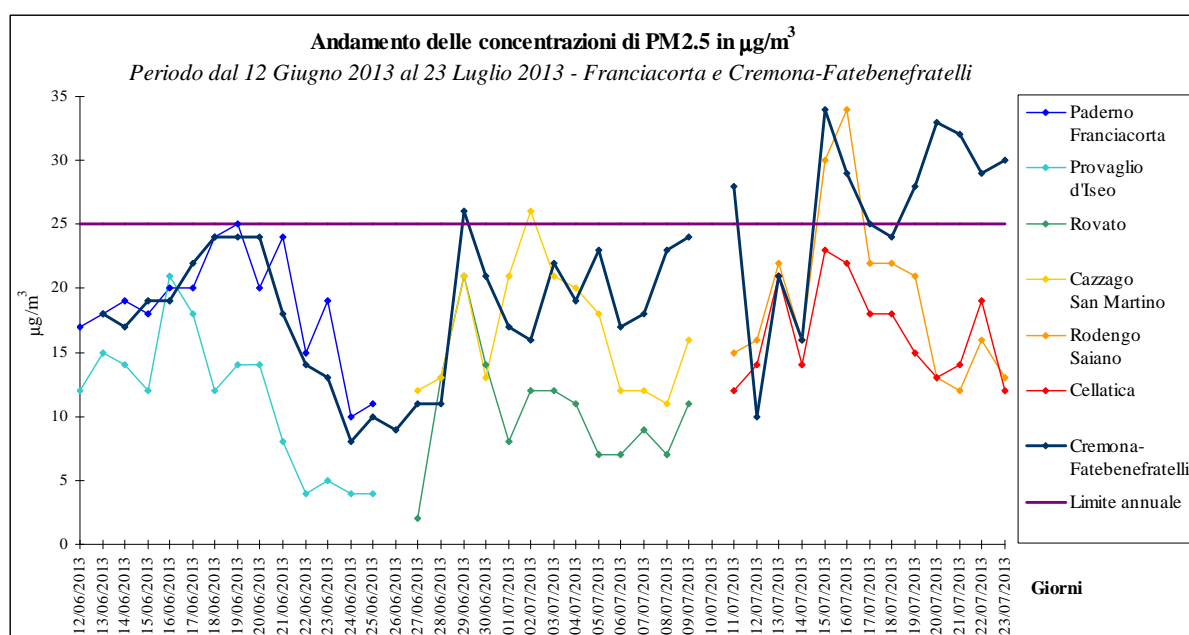
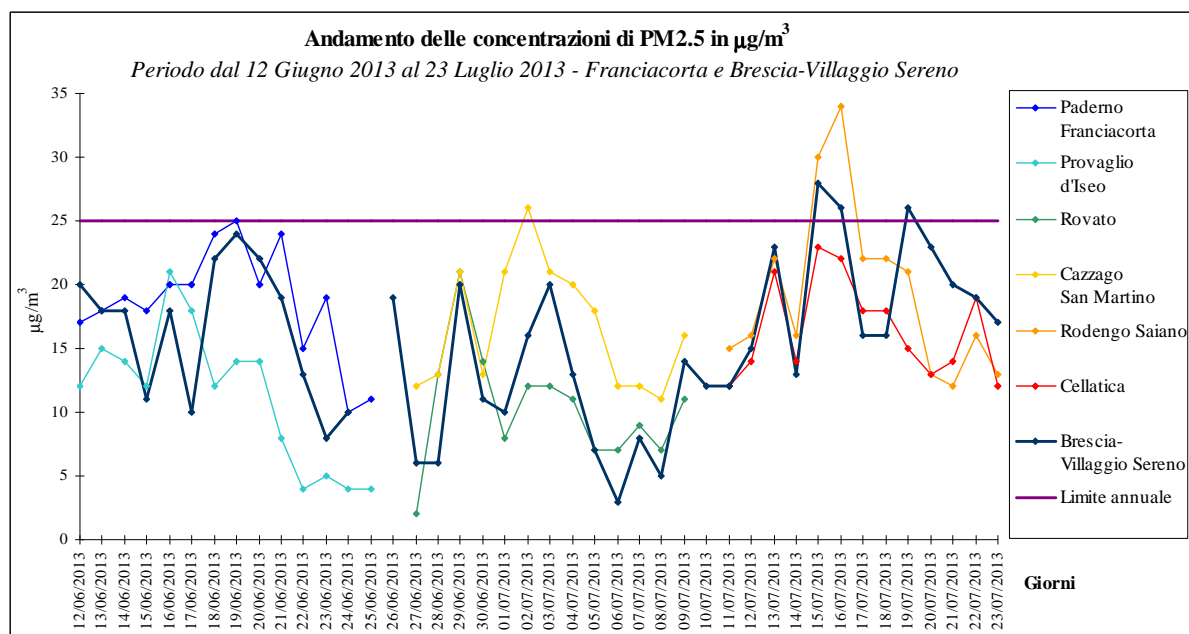
Castelmella (BS), rif. AMB-13/2344
pag. 28 di 53

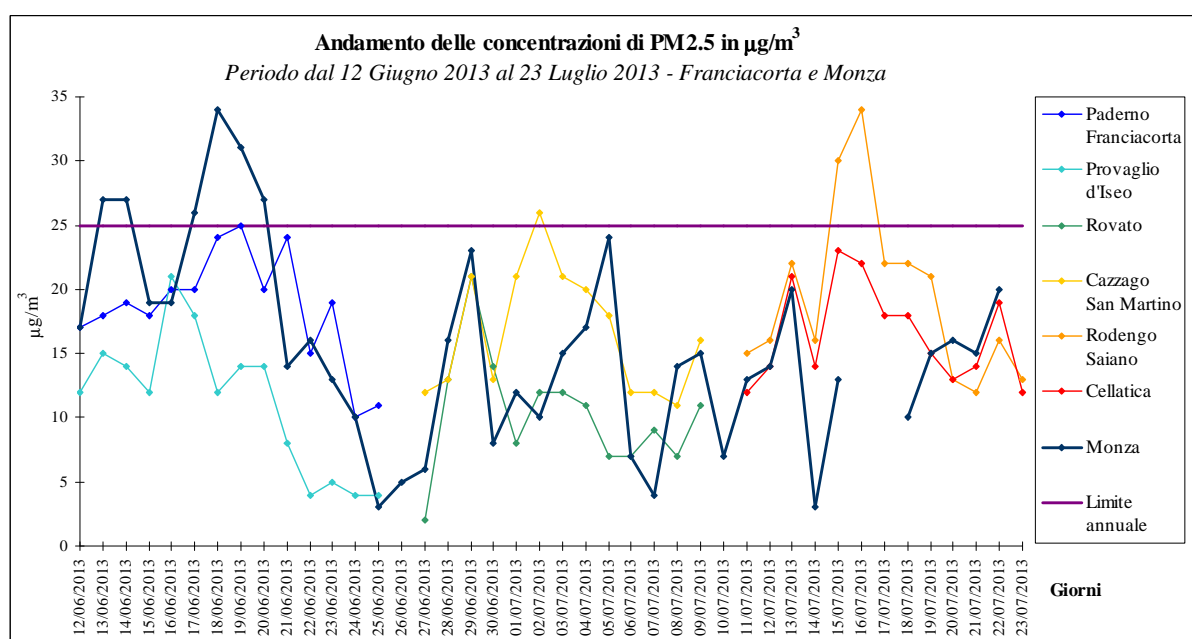
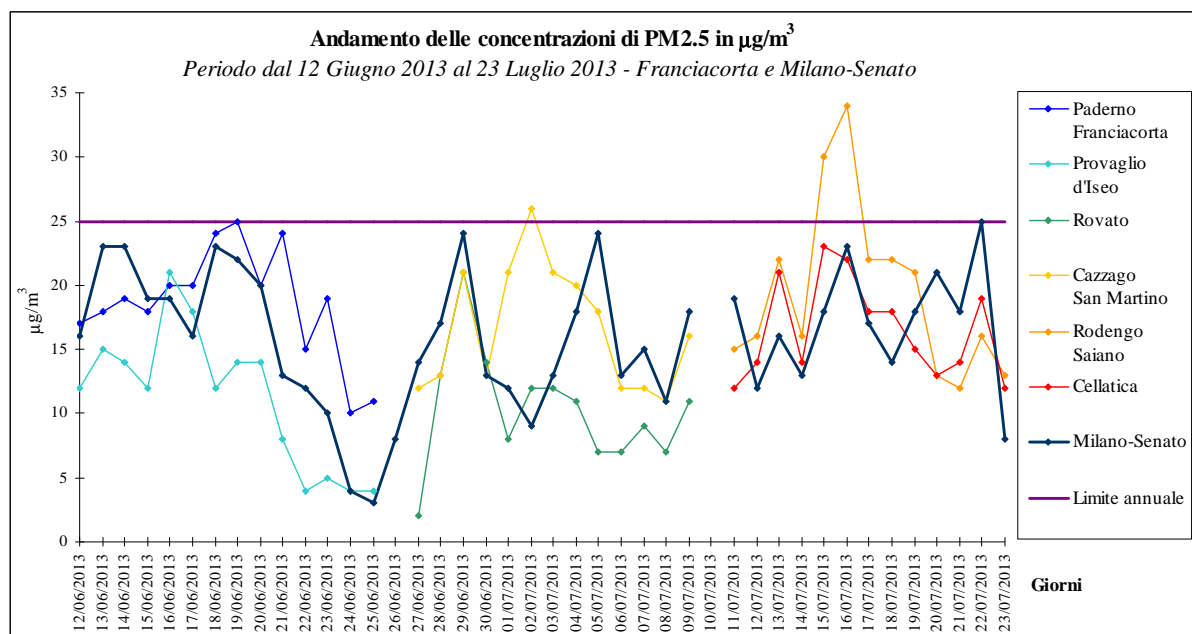
Se invece si vanno a mediare i valori medi estivi con quelli corrispondenti del precedente periodo invernale, come per il PM10, i punti D – Provaglio d’Iseo ed E – Cellatica sono risultati nel rispetto del limite annuale, mentre i punti B – Paderno Franciacorta e C – Cazzago San Martino hanno mostrato medie superiori al limite. In ogni caso, va sempre ricordato che campagne di monitoraggio della durata di quelle effettuate non possono essere considerate rappresentative di un intero anno.

Anche per questo parametro, sempre analogamente a quanto riscontrato per il PM10, il comportamento generale delle concentrazioni di PM2.5 in Franciacorta ha ripreso abbastanza fedelmente quello rilevato, in contemporanea, dalle centraline ARPA di Brescia-Villaggio Sereno, Milano-Senato, Monza e Cremona-Fatebenefratelli (si vedano i grafici riportati di seguito, a fine paragrafo), le uniche centraline, tra quelle prese in considerazione, a monitorare il PM2.5.

Le concentrazioni rilevate nei punti F – Rovato e, soprattutto, D – Provaglio d’Iseo sono state in generale un poco più basse di quelle rilevate dalle centraline ARPA, risultate invece abbastanza in linea tra di loro e con gli altri punti della Franciacorta, anche se evidenti sono stati ogni tanto dei picchi di valore in un punto che non hanno trovato riscontro immediato negli altri punti.

Come per il PM10, infine, si può osservare che i punti di traffico C – Cazzago San Martino e A – Rodengo Saiano hanno effettivamente mostrato concentrazioni in genere più alte rispetto a quelle rilevate nel punto di centro abitato (F – Rovato) o di fondo (E – Cellatica) ad essi monitorati in contemporanea, mentre nelle prime due settimane il punto di traffico D – Provaglio d’Iseo ha fatto registrare concentrazioni più basse rispetto al punto di fondo B – Paderno Franciacorta, a causa dei venti più intensi che lo caratterizzano.







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 giorni effettivi di monitoraggio) riscontrati.

Per confronto, vengono anche riportati gli stessi dati relativi alle campagne effettuate nell'inverno 2013 (nel caso del punto di traffico di Rodengo Saiano, vengono riportati, come dati invernali, quelli relativi all'analogo punto di traffico di Ome).

Nell'ultima colonna, infine, viene riportato, per ciascun punto di monitoraggio, il valore medio di concentrazione complessivo tra periodo invernale e periodo estivo (media dei valori medi relativi ai due periodi, pesata tenendo conto del numero effettivo di giorni di campionamento in ciascun periodo).

Punto	Comune	Tipologia punto	O ₃ – Estate 2013 (µg/m ³)			O ₃ – Inverno 2013 (µg/m ³)			Media inv./est. (µg/m ³)
			Max orario	Max 8 ore	Media	Max orario	Max 8 ore	Media	
A	Rodengo Saiano/Ome	Traffico da arteria stradale	126	116	91	89	67	24	/
B	Paderno Franciacorta	Fondo in zona suburbana	130	109	81	85	70	27	55
C	Cazzago San Martino	Traffico da arteria stradale	134	118	86	114	76	32	59
D	Provaglio d'Iseo	Traffico da arteria stradale	111	106	77	85	81	53	65
E	Cellatica	Fondo in zona suburbana	119	113	99	93	88	55	77
F	Rovato	Centro abitato	102	98	79	n.d.	n.d.	n.d.	/

L'Ozono è un inquinante che nella stagione calda mostra generalmente valori di concentrazioni più elevati, a causa dell'insolazione maggiore e delle reazioni implicate nel fenomeno dello "smog fotochimico" con gli Ossidi di Azoto (presenti in concentrazioni minori nel periodo estivo). Difatti, si può osservare dalla tabella che i valori di concentrazione rilevati in questo monitoraggio sono risultati più alti di quelli riscontrati nel periodo invernale, tanto come valori massimi quanto come valori medi.

In ogni caso, non sono stati registrati, in alcun punto, né superamenti della soglia di allarme per l'Ozono, pari a 240 µg/m³, fissata dalla normativa nazionale come media oraria, né superamenti del valore obiettivo per la media



Castelmella (BS), rif. AMB-13/2344
pag. 32 di 53

massima giornaliera sulle 8 ore, pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fissato sempre dal D.Lgs. 155 come valore da non superare per più di 25 giorni per anno civile, come media su tre anni. Occasionalmente sono stati rilevati alcuni valori prossimi al valore obiettivo. A tal proposito, va ricordato che i valori di concentrazione rilevati dalla strumentazione utilizzata non sono direttamente confrontabili con quanto previsto dalla normativa.

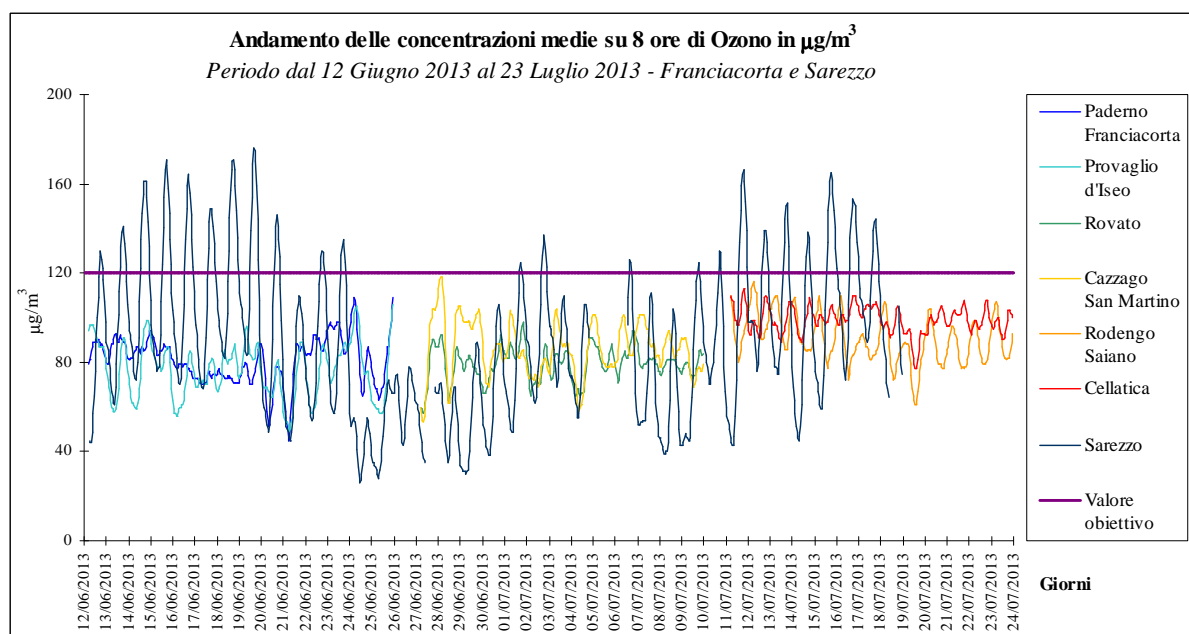
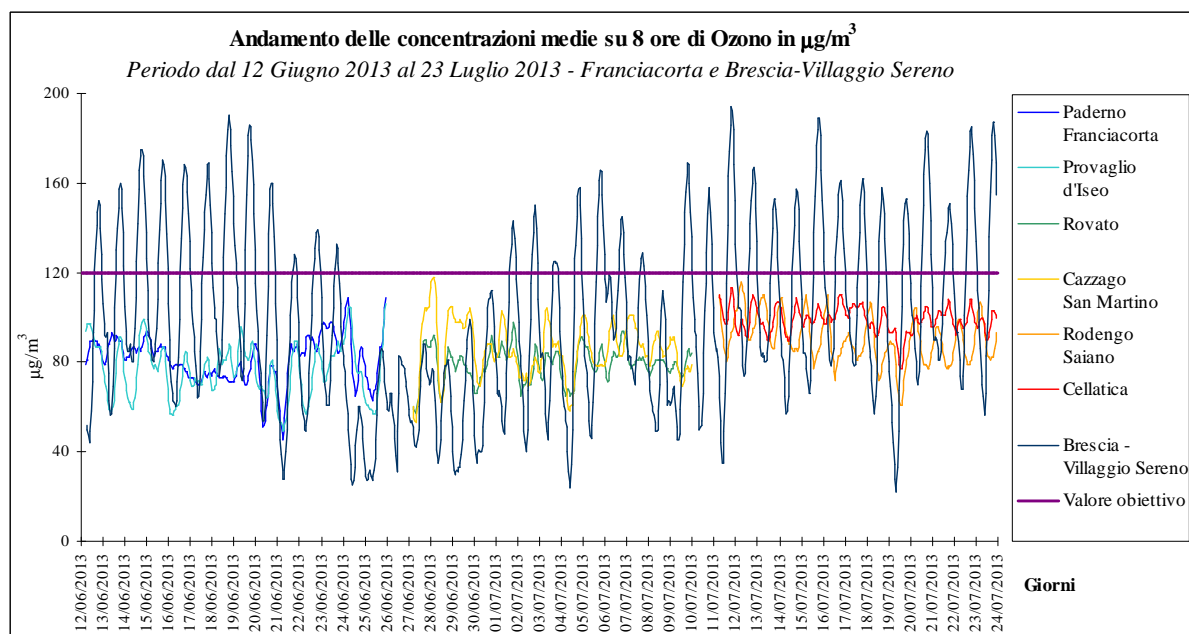
Le concentrazioni di Ozono in Franciacorta sono rimaste in media più o meno costanti durante l'intero periodo di monitoraggio di circa sei settimane. Inoltre sono risultati sempre abbastanza simili tra di loro gli andamenti e i valori di concentrazione rilevati in contemporanea in due diversi punti. Infatti, in generale per l'Ozono, vista la forte dipendenza delle concentrazioni di tale inquinante dall'irraggiamento solare, sia l'andamento dei valori di concentrazione sia i valori assoluti stessi delle concentrazioni tendono ad essere simili su scala regionale.

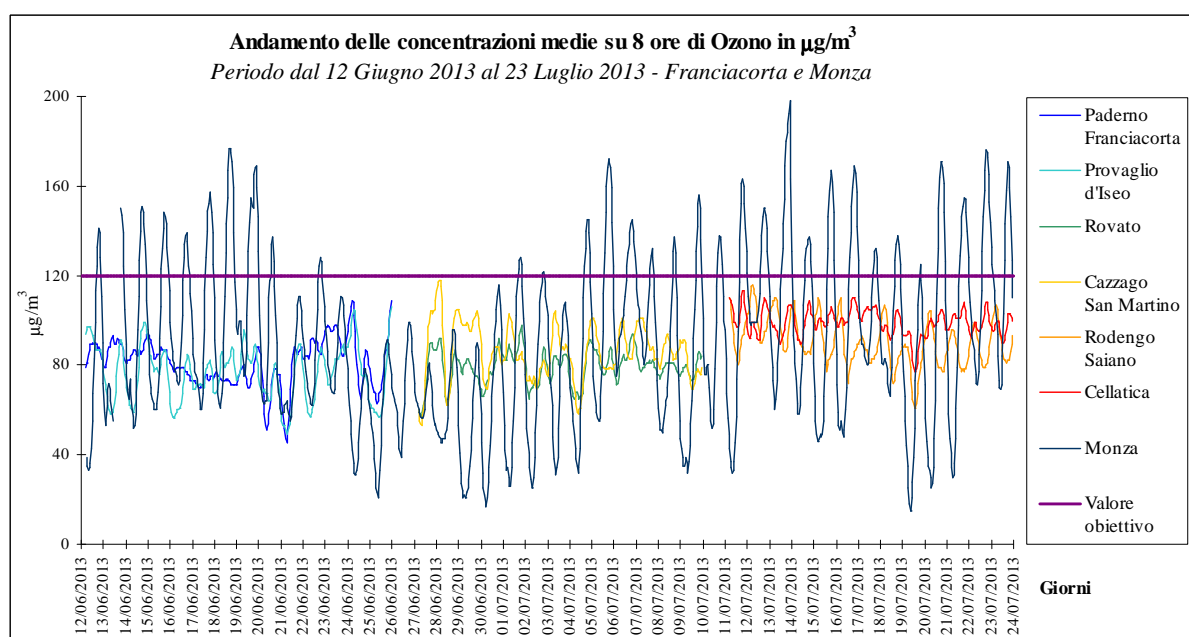
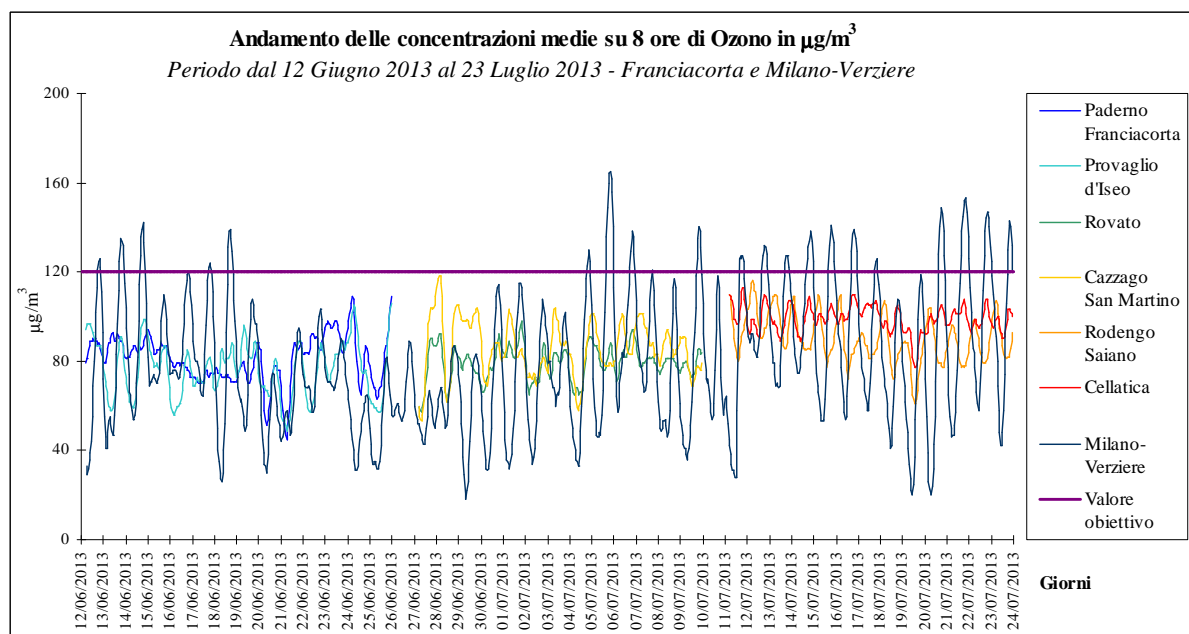
Tuttavia, in questo caso, si è osservata una certa differenza tra quanto rilevato nei sei punti e quanto registrato dalle stazioni ARPA in Lombardia.

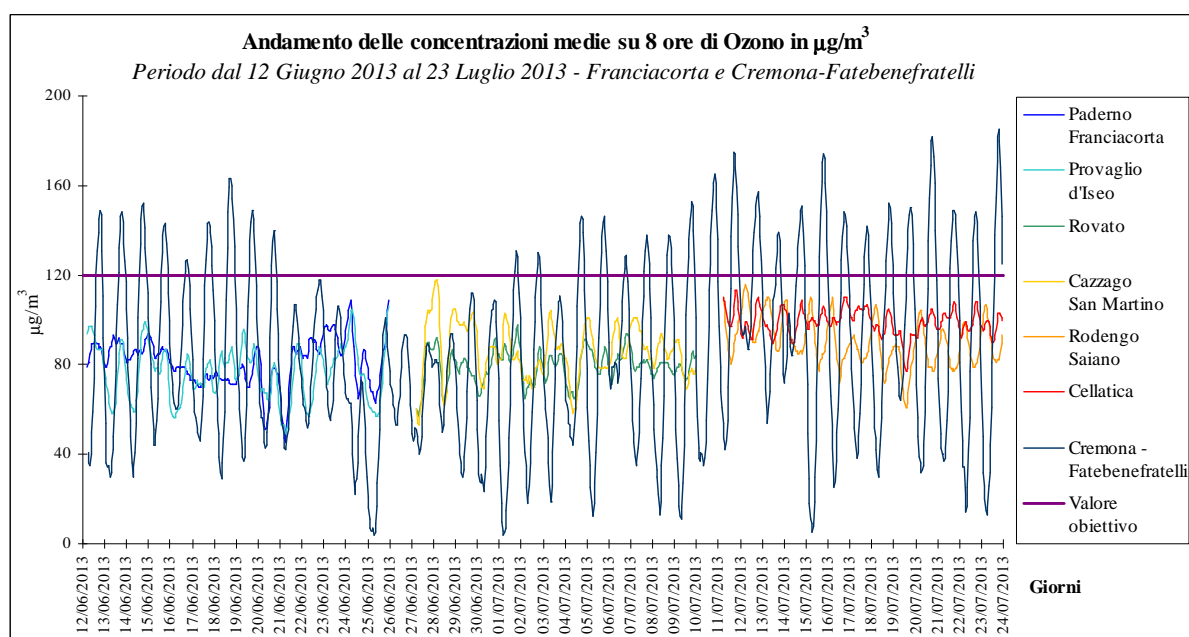
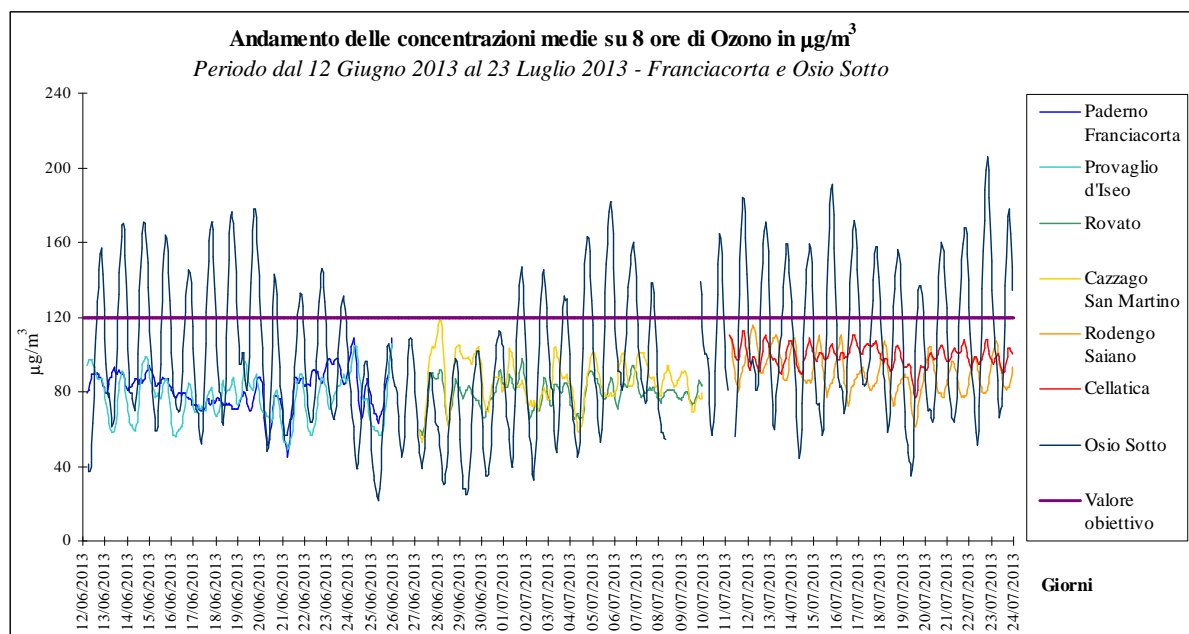
A fine paragrafo vengono riportati in grafico (per le medie su 8 ore) i confronti tra gli andamenti riscontrati per la concentrazione di Ozono nei punti monitorati e quelli registrati in contemporanea dalle centraline ARPA disponibili per questo parametro (Sarezzo, Monza, Milano-Verziere, Brescia-Villaggio Sereno, Osio Sotto, Cremona-Fatebenefratelli).

Pur essendovi una certa corrispondenza generale, nel senso di una sostanziale costanza dei livelli medi di Ozono durante l'intero periodo di monitoraggio, i dati registrati dalle stazioni ARPA, indipendentemente dalla localizzazione e dalla tipologia, hanno mostrato valori medi più alti di quelli rilevati in Franciacorta e andamenti più dispersi, con i tipici picchi e avvallamenti giornalieri ben più marcati.

Tra tutte le centraline ARPA, quella che ha mostrato valori più simili a quelli dei punti della Franciacorta è stata quella di traffico urbana di Milano-Verziere.









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 giorni effettivi di monitoraggio) riscontrati in ciascuna campagna di monitoraggio.

Per confronto, vengono anche riportati gli stessi dati relativi alle campagne effettuate nell'inverno 2013 (nel caso del punto di traffico di Rodengo Saiano, vengono riportati, come dati invernali, quelli relativi all'analogo punto di traffico di Ome). Per entrambi i periodi viene specificato il numero effettivo di giorni di monitoraggio per ciascun punto.

Nell'ultima colonna, infine, viene riportato, per ciascun punto di monitoraggio, il valore medio di concentrazione complessivo tra periodo invernale e periodo estivo (media dei valori medi relativi ai due periodi, pesata tenendo conto del numero effettivo di giorni di campionamento in ciascun periodo).

Punto	Comune	Tipologia punto	NO ₂ – Estate 2013			NO ₂ – Inverno 2013			Media inv./est. (µg/m ³)
			Max (µg/m ³)	Media (µg/m ³)	N. giorni	Max (µg/m ³)	Media (µg/m ³)	N. giorni	
A	Rodengo Saiano/Ome	Traffico da arteria stradale	62	42	13	71	35	13	/
B	Paderno Franciacorta	Fondo in zona suburbana	74	43	14	79	37	13	40
C	Cazzago San Martino	Traffico da arteria stradale	81	41	13	74	41	13	41
D	Provaglio d'Iseo	Traffico da arteria stradale	67	42	14	53	15	12	30
E	Cellatica	Fondo in zona suburbana	61	35	13	53	19	13	27
F	Rovato	Centro abitato	61	39	13	n.d.	n.d.	n.d.	/

Le concentrazioni di Biossido di Azoto, analogamente a quanto riscontrato per quelle di Ozono, vista anche la reciproca dipendenza per le reazioni implicate nel fenomeno dello “smog fotochimico”, si sono mantenute su valori abbastanza costanti durante tutto il periodo complessivo di monitoraggio, con valori medi e massimi simili in tutti e sei i punti.



Castelmella (BS), rif. AMB-13/2344
pag. 37 di 53

Diversamente da quanto atteso e da quanto riscontrato per il materiale particellare, tuttavia, non si è osservato un abbassamento dei valori di concentrazione rispetto alla stagione invernale, né si sono avute concentrazioni più basse nei due punti più ventilati, D – Provaglio d’Iseo ed E – Cellatica. Anzi, proprio questi due sono stati i punti in cui i valori di Biossido di Azoto sono risultati in media più alti rispetto a quelli rilevati nella stagione fredda; ciò è legato anche al fatto che, se nella presente campagna estiva i valori sono stati pressoché costanti, in quella invernale i monitoraggi nei comuni di Provaglio e Cellatica erano stati effettuati nella seconda metà di Marzo, quando, come già detto, stava ormai iniziando la stagione primaverile e le concentrazioni degli inquinanti cominciarono ad abbassarsi rispetto al periodo precedente.

Comunque, nel monitoraggio invernale le concentrazioni di Biossido di Azoto erano risultate in generale abbastanza contenute per la stagione fredda e per questo non si è notato ora un particolare abbassamento.

Va anche notato che, sempre a differenza da quanto osservato per il particolato, in queste campagne, per il parametro NO₂, non è risultata marcata la differenza tra le tipologie di siti di monitoraggio, ad eccezione dell’ultimo periodo di monitoraggio nelle due stazioni di Cazzago San Martino (punto C di traffico) e di Cellatica (punto E di fondo).

Le concentrazioni orarie registrate sono risultate sempre meno della metà del valore limite orario di 200 µg/m³, 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 µg/m³, come media sull’anno civile. I valori medi sui periodi di monitoraggio di 13-14 giorni sono risultati in generale prossimi o appena superiori a tale valore. Andando a mediare i valori estivi con quelli corrispondenti delle campagne dell’inverno 2013, le medie complessive sono risultate ancora pari al valore limite per i punti B – Paderno Franciacorta e C – Cazzago, più basse per i due punti più ventilati D – Provaglio d’Iseo ed E – Cellatica, grazie ai valori più bassi riscontrati nelle campagne invernali.

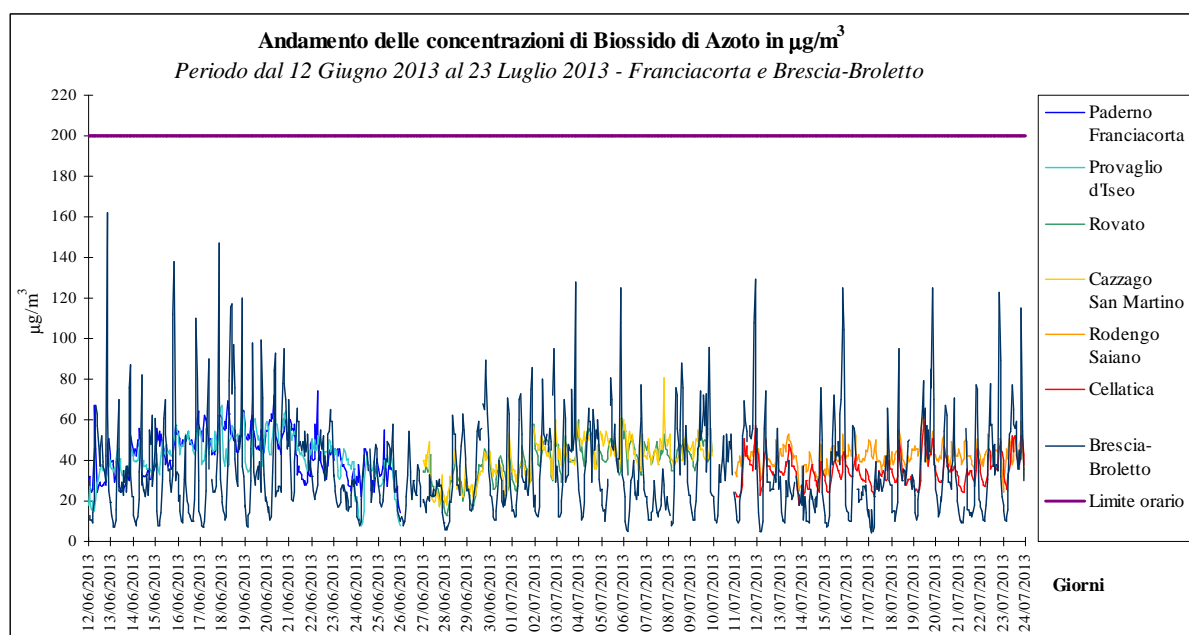
Va comunque sempre ricordato che campagne di monitoraggio della durata di quelle effettuate non possono essere considerate rappresentative di un intero anno e che i valori di concentrazione rilevati dalla strumentazione utilizzata non sono direttamente confrontabili con quanto previsto dalla normativa.

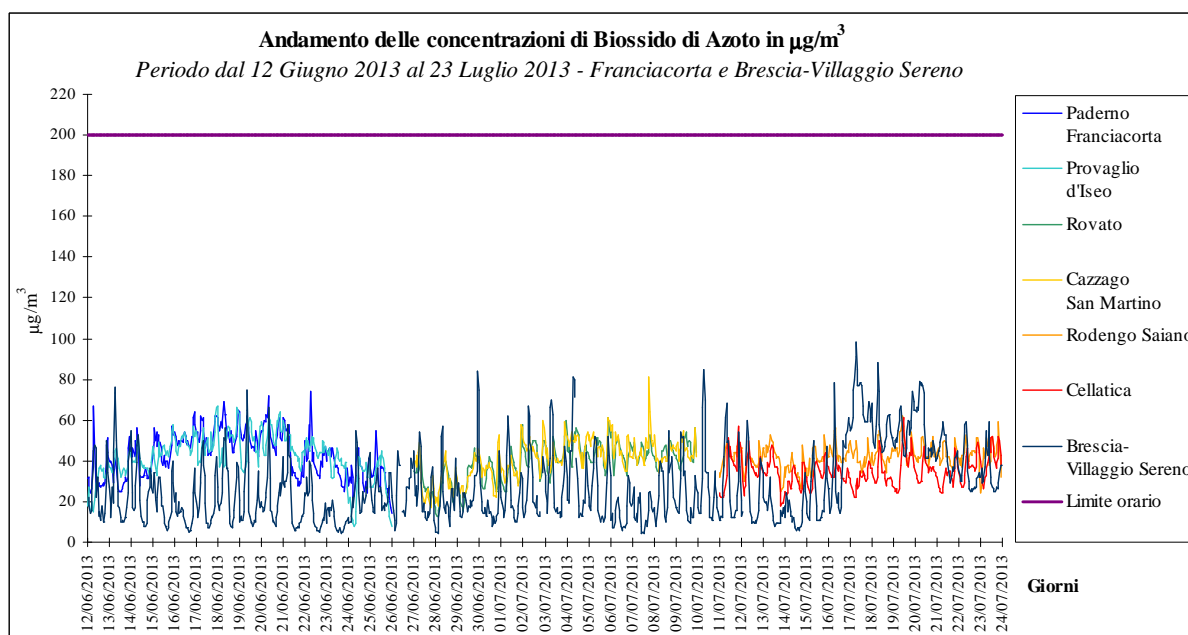
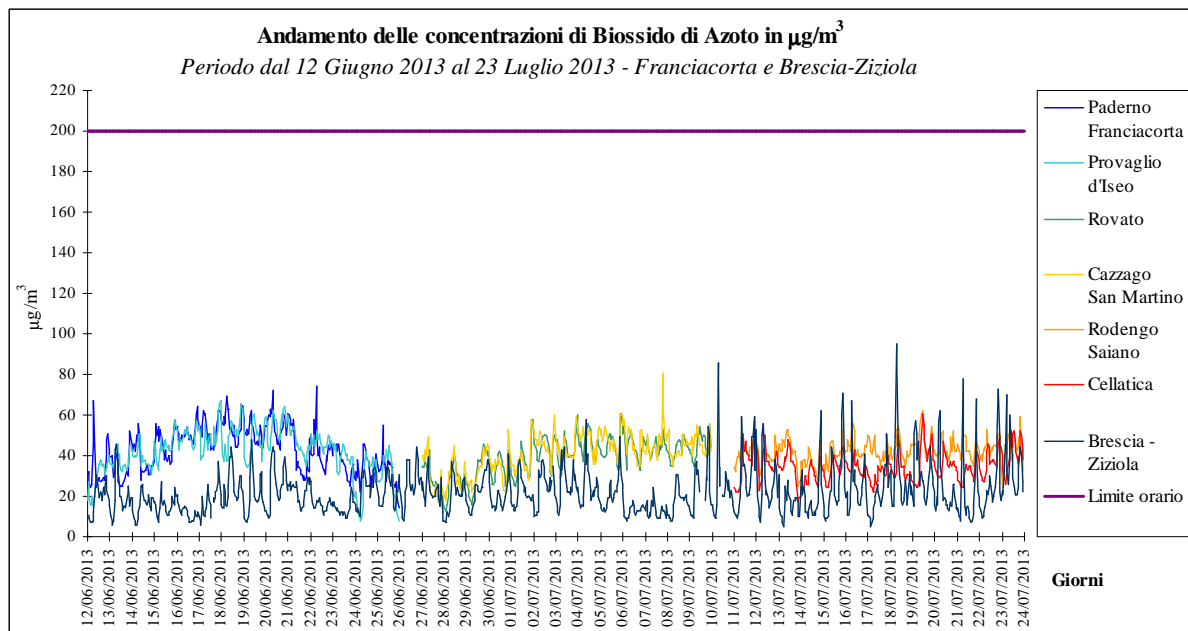


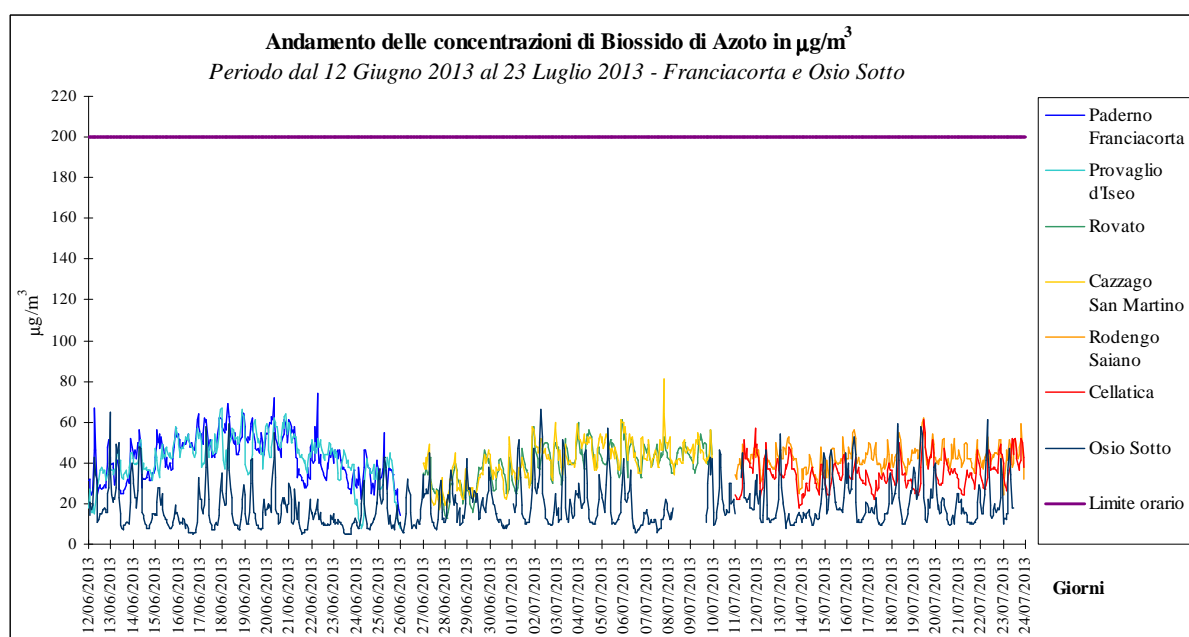
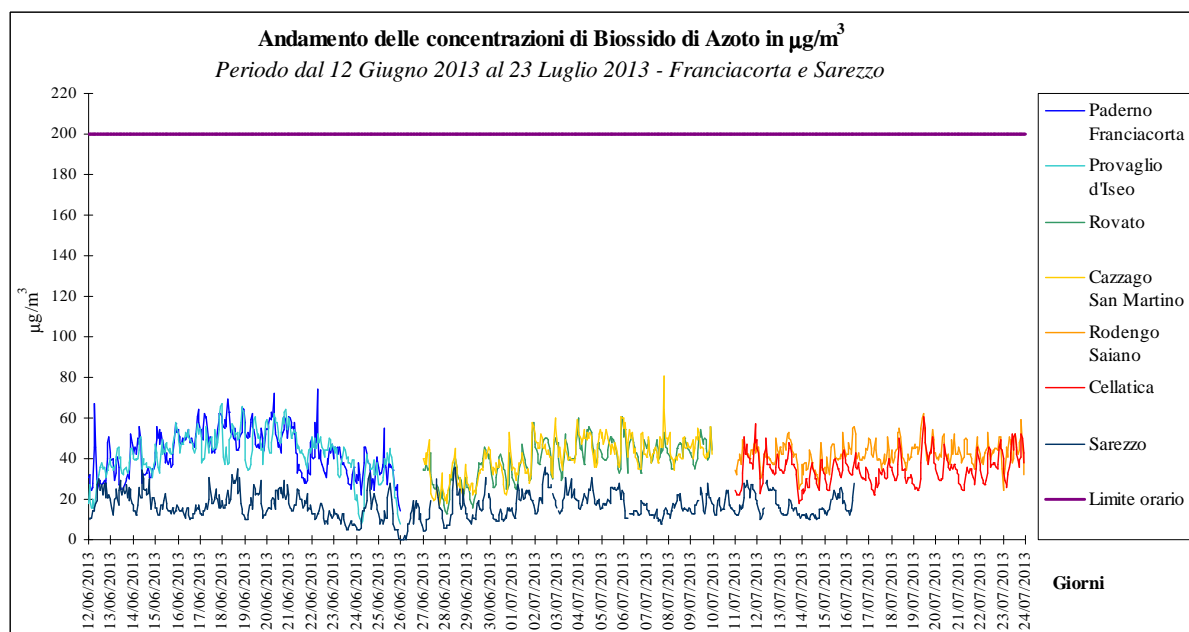
I dati rilevati possono essere confrontati con quanto registrato in contemporanea dalle stazioni ARPA (si vedano i grafici riportati di seguito, a fine paragrafo).

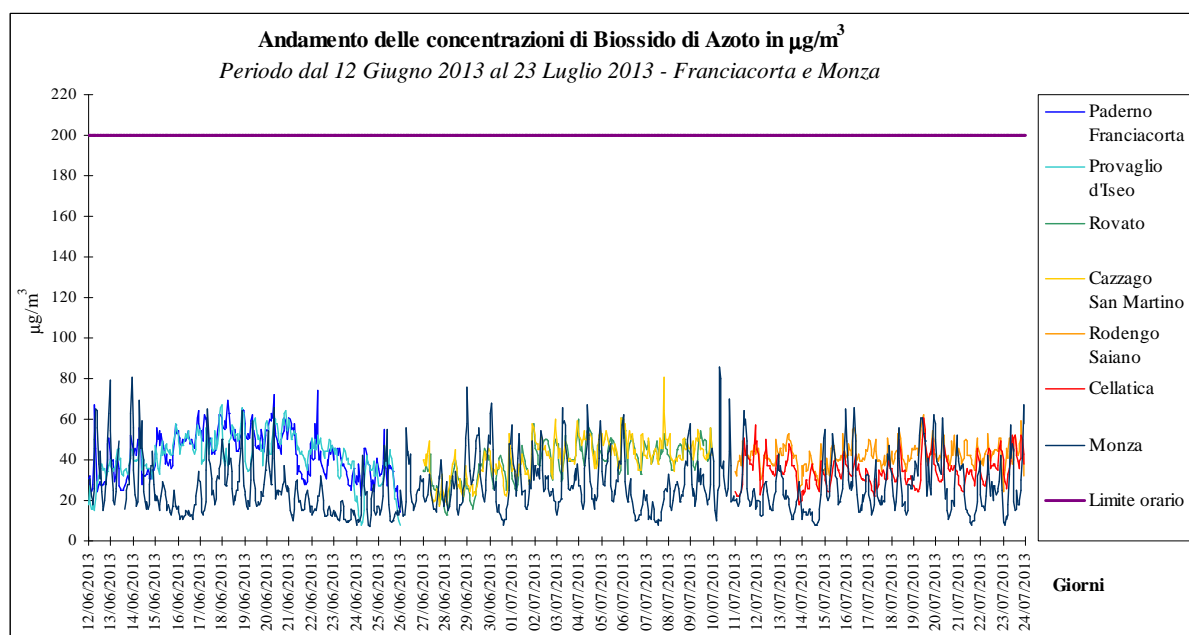
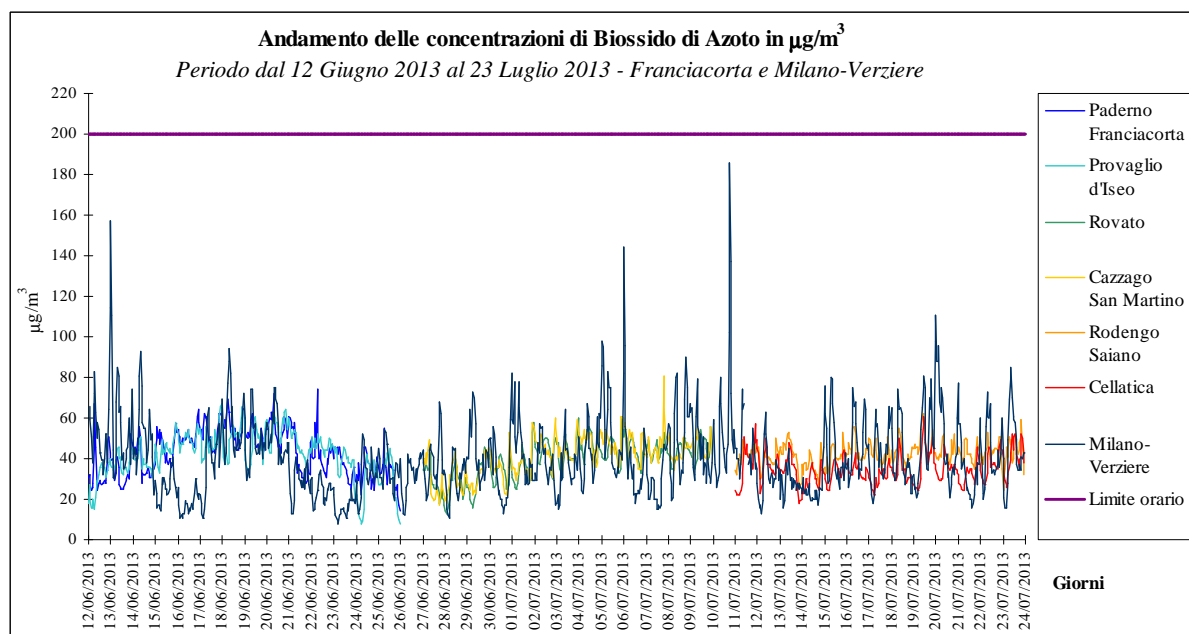
Si può osservare una certa somiglianza delle concentrazioni rilevate nei punti della Franciacorta con quelle registrate dalle stazioni ARPA di Milano-Verziere e Brescia Broletto (stazioni di traffico urbane), simili come valore medio. Le altre centraline ARPA hanno, invece, fatto in genere registrare concentrazioni medie un poco più basse; fatto che trova riscontro nelle concentrazioni di Ozono in media più alte rispetto a quelle della Franciacorta.

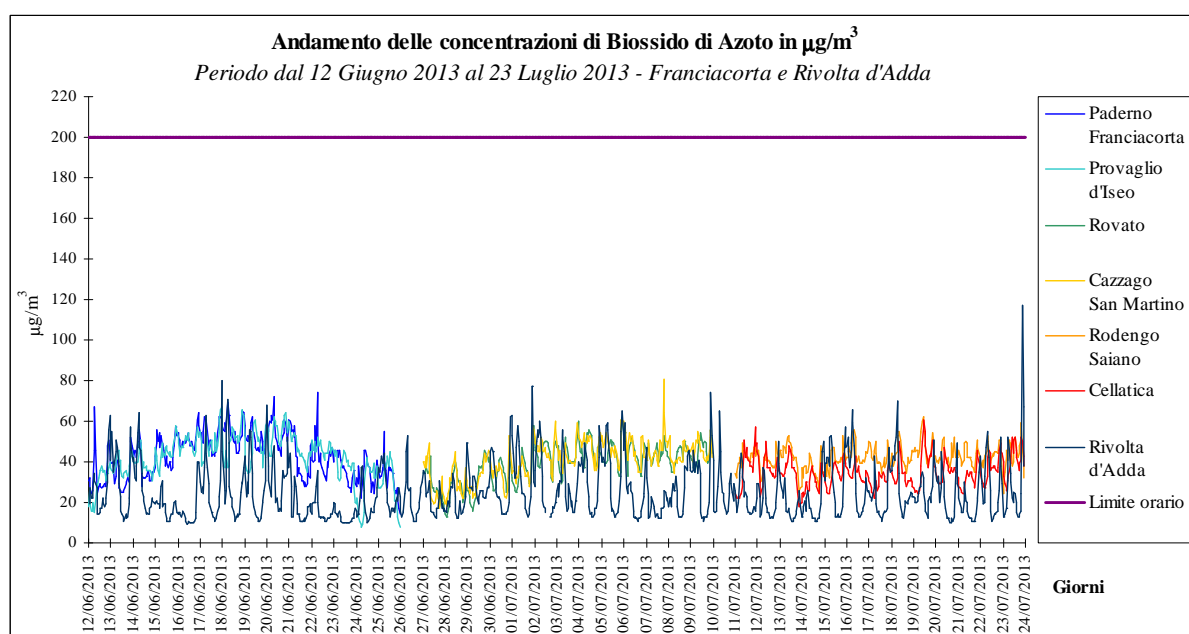
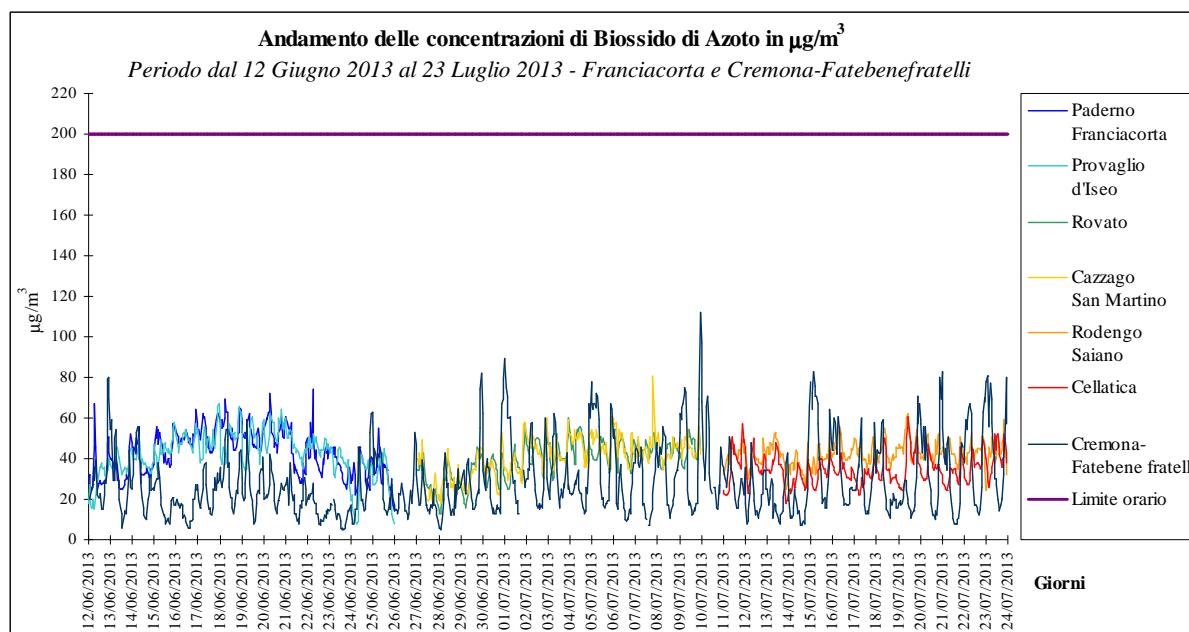
Vi è comunque stata una differenza generale nell'andamento giornaliero, in quanto le stazioni ARPA, con l'eccezione di quella di Sarezzo, indipendentemente dalla tipologia, hanno mostrato sempre picchi giornalieri tipici ben più marcati di quelli osservati nei siti della Franciacorta.













6.5 – Benzene

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

Per confronto, vengono anche riportati gli stessi dati relativi alle campagne effettuate nell'inverno 2013 (nel caso del punto di traffico di Rodengo Saiano, vengono riportati, come dati invernali, quelli relativi all'analogo punto di traffico di Ome). Per entrambi i periodi viene specificato il numero effettivo di giorni di monitoraggio per ciascun punto.

Nell'ultima colonna, infine, viene riportato, per ciascun punto di monitoraggio, il valore medio di concentrazione complessivo tra periodo invernale e periodo estivo (media dei valori medi relativi ai due periodi, pesata tenendo conto del numero effettivo di giorni di campionamento in ciascun periodo).

Punto	Comune	Tipologia punto	Benzene – Estate 2013			Benzene – Inverno 2013			Media inv./est. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
			Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N. giorni	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N. giorni	
A	Rodengo Saiano/Ome	Traffico da arteria stradale	0,7	0,3	13	2,3	0,7	13	/
B	Paderno Franciacorta	Fondo in zona suburbana	1,4	0,2	14	2,6	1,0	13	0,6
C	Cazzago San Martino	Traffico da arteria stradale	1,6	0,2	13	1,6	0,6	13	0,4
D	Provaglio d'Iseo	Traffico da arteria stradale	3,1	1,0	14	1,0	0,3	13	0,7
E	Cellatica	Fondo in zona suburbana	1,1	0,4	13	1,0	0,4	13	0,4
F	Rovato	Centro abitato	3,7	1,7	13	n.d.	n.d.	n.d.	/

Le concentrazioni di Benzene riscontrate nei sei punti di monitoraggio hanno mostrato comportamenti un poco diversi a seconda dei casi.

Se i valori (massimi e medi) rilevati nei punti A – Rodengo Saiano, B – Paderno Franciacorta, C – Cazzago San Martino ed E – Cellatica sono risultati molto contenuti, in generale più bassi o pari dei corrispettivi valori invernali (dove è possibile il confronto) e simili tra di loro, indipendentemente dalla tipologia di sito di monitoraggio e dal periodo specifico di rilevazione, più alti (ma comunque abbastanza contenuti) sono risultati



Castelmella (BS), rif. AMB-13/2344
pag. 44 di 53

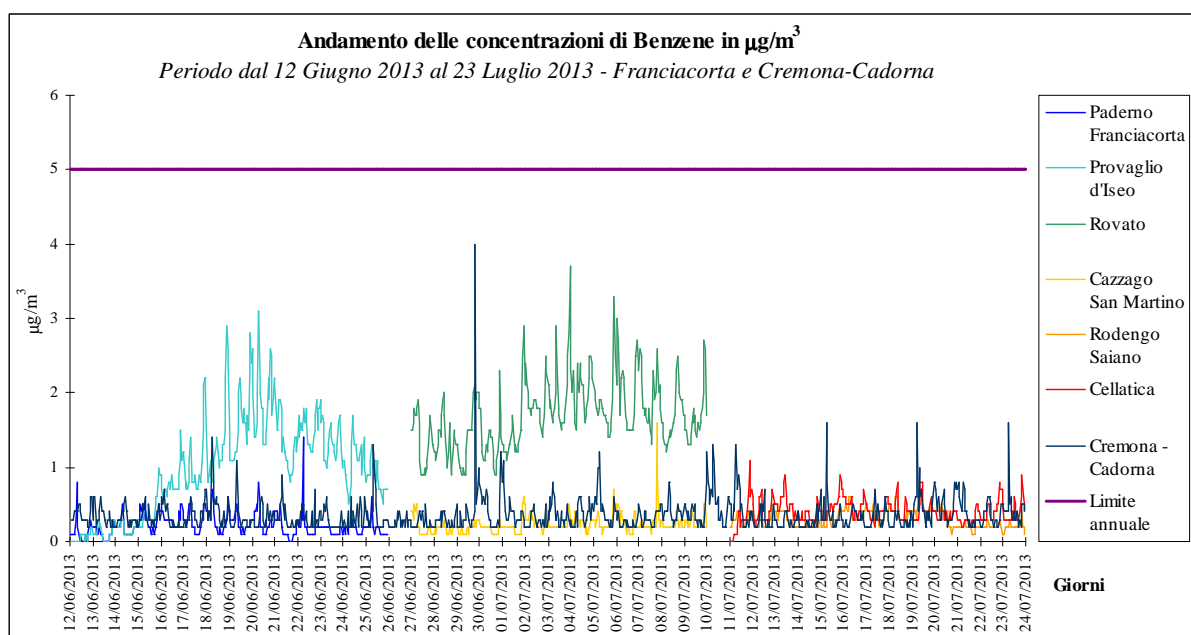
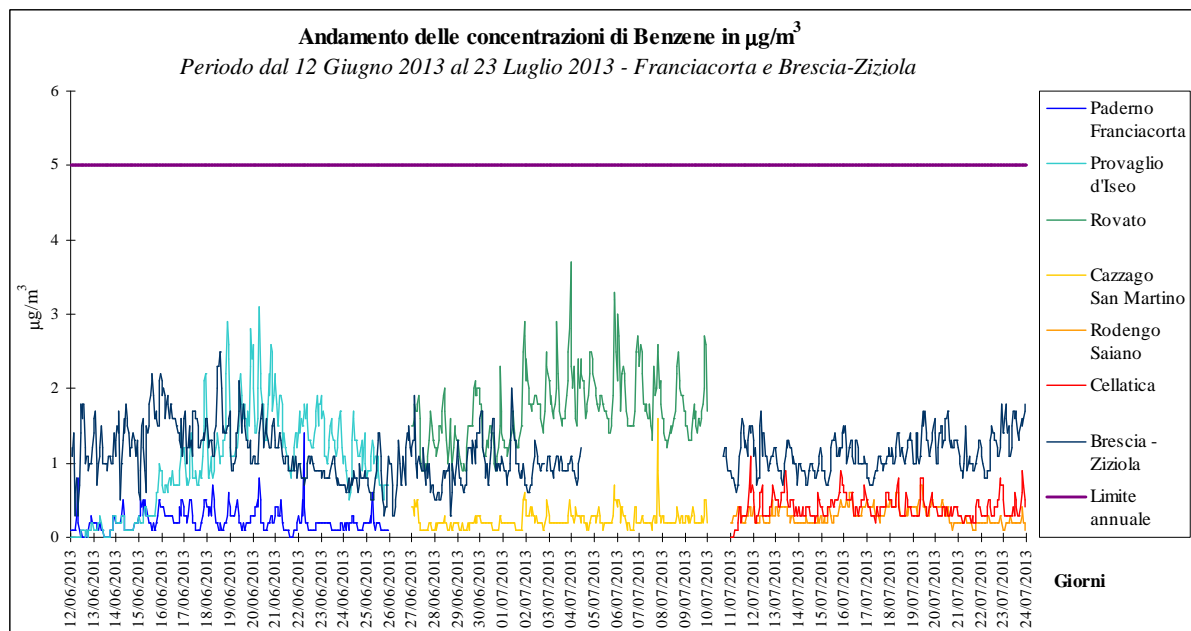
invece quelli registrati nei due punti D – Provaglio d’Iseo e F – Rovato. Nel comune di Provaglio, al contrario di quanto ci si sarebbe potuti attendere, si sono registrati valori pari a circa tre volte quelli della stagione fredda (pur sempre ricordando che il monitoraggio “invernale” era comunque stato effettuato nella seconda metà di Marzo), mentre le concentrazioni di Rovato, punto di centro abitato (che comunque sta a lato di una strada piuttosto trafficata), sono risultate in media otto volte più alte di quelle rilevate in contemporanea nel punto di traffico di Cazzago San Martino.

In ogni caso, in tutti e sei i punti di monitoraggio, i valori orari sono sempre risultati inferiori 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, e a maggior ragione lo sono risultate le concentrazioni medie su 13-14 giorni di monitoraggio. Considerando poi le medie complessive, ottenute mediando i valori di concentrazione estivi con quelli corrispondenti delle campagne dell’inverno 2013, si evidenzia che ovunque sono risultate circa un ordine di grandezza più piccole del limite annuo.

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.

Per questo parametro si possono confrontare i dati rilevati nei punti di monitoraggio con quelli registrati in contemporanea dalle centraline ARPA di Brescia-Ziziola (stazione di fondo suburbana) e Cremona-Cadorna (stazione di traffico urbana), uniche tra quelle considerate a monitorare il parametro Benzene (per quella di Milano-Senato non sono disponibili dati relativamente al periodo di monitoraggio). A fine paragrafo vengono riportati i grafici di confronto.

Si può osservare che, se i valori molto bassi dei punti A, B, C ed E sono risultati molto simili a quelli della stazione di Cremona, quelli dei due punti D – Provaglio d’Iseo e F – Rovato sono invece rimasti più in linea con quelli, un poco più significativi, della centralina di Brescia-Ziziola.





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-13/2344
pag. 47 di 53






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 sei comuni della Franciacorta.

Punto A – Scuola media “B. da Norcia” – Rodengo Saiano					
Giorno	Sotto-indici			IQA	Qualità dell'aria
	PM10	O₃	NO₂		
11/07/2013	48	92	25	92	Accettabile
12/07/2013	46	97	25	97	Accettabile
13/07/2013	48	92	27	92	Accettabile
14/07/2013	40	91	24	91	Accettabile
15/07/2013	64	92	27	92	Accettabile
16/07/2013	78	92	28	92	Accettabile
17/07/2013	70	79	26	79	Accettabile
18/07/2013	64	89	28	89	Accettabile
19/07/2013	60	74	31	74	Accettabile
20/07/2013	38	87	26	87	Accettabile
21/07/2013	38	80	26	80	Accettabile
22/07/2013	56	83	27	83	Accettabile
23/07/2013	46	89	30	89	Accettabile

Punto B – Parcheggio, via Romanino – Paderno Franciacorta					
Giorno	Sotto-indici			IQA	Qualità dell'aria
	PM10	O₃	NO₂		
12/06/2013	54	75	34	75	Accettabile
13/06/2013	56	78	26	78	Accettabile
14/06/2013	58	78	28	78	Accettabile
15/06/2013	58	78	29	78	Accettabile
16/06/2013	58	68	32	68	Accettabile
17/06/2013	66	63	31	66	Accettabile
18/06/2013	86	64	35	86	Accettabile
19/06/2013	88	73	31	88	Accettabile
20/06/2013	80	73	36	80	Accettabile
21/06/2013	68	73	31	73	Accettabile
22/06/2013	52	78	37	78	Accettabile
23/06/2013	54	82	23	82	Accettabile
24/06/2013	34	91	23	91	Accettabile
25/06/2013	36	91	28	91	Accettabile



Punto C – Cimitero, via Bonfadina – Cazzago San Martino					
Giorno	Sotto-indici			IQA	Qualità dell'aria
	PM10	O₃	NO₂		
27/06/2013	34	91	25	91	Accettabile
28/06/2013	32	98	23	98	Accettabile
29/06/2013	44	88	23	88	Accettabile
30/06/2013	34	74	27	74	Accettabile
01/07/2013	44	86	29	86	Accettabile
02/07/2013	62	68	30	68	Accettabile
03/07/2013	60	87	30	87	Accettabile
04/07/2013	58	83	27	83	Accettabile
05/07/2013	56	84	31	84	Accettabile
06/07/2013	42	84	29	84	Accettabile
07/07/2013	32	84	41	84	Accettabile
08/07/2013	32	78	27	78	Accettabile
09/07/2013	48	76	28	76	Accettabile

Punto D – Parcheggio, via Sebina – Provaglio d'Iseo					
Giorno	Sotto-indici			IQA	Qualità dell'aria
	PM10	O₃	NO₂		
12/06/2013	24	81	20	81	Accettabile
13/06/2013	36	76	23	76	Accettabile
14/06/2013	28	83	26	83	Accettabile
15/06/2013	26	76	29	76	Accettabile
16/06/2013	46	71	29	71	Accettabile
17/06/2013	42	68	34	68	Accettabile
18/06/2013	30	73	33	73	Accettabile
19/06/2013	32	80	31	80	Accettabile
20/06/2013	38	68	32	68	Accettabile
21/06/2013	20	74	30	74	Accettabile
22/06/2013	10	73	26	73	Accettabile
23/06/2013	10	74	23	74	Accettabile
24/06/2013	10	88	21	88	Accettabile
25/06/2013	8	88	23	88	Accettabile



Punto E – Campo 2, via Breda Vecchia – Cellatica					
Giorno	Sotto-indici			IQA	Qualità dell'aria
	PM10	O₃	NO₂		
11/07/2013	30	94	29	94	Accettabile
12/07/2013	34	92	25	92	Accettabile
13/07/2013	48	89	24	89	Accettabile
14/07/2013	38	91	20	91	Accettabile
15/07/2013	48	88	22	88	Accettabile
16/07/2013	56	92	22	92	Accettabile
17/07/2013	46	89	20	89	Accettabile
18/07/2013	44	88	25	88	Accettabile
19/07/2013	42	79	31	79	Accettabile
20/07/2013	36	88	24	88	Accettabile
21/07/2013	40	90	23	90	Accettabile
22/07/2013	52	90	25	90	Accettabile
23/07/2013	34	86	26	86	Accettabile

Punto F – Scuola media “L. da Vinci” – Rovato					
Giorno	Sotto-indici			IQA	Qualità dell'aria
	PM10	O₃	NO₂		
27/06/2013	4	75	22	75	Accettabile
28/06/2013	34	77	20	77	Accettabile
29/06/2013	46	69	23	69	Accettabile
30/06/2013	28	77	22	77	Accettabile
01/07/2013	16	82	29	82	Accettabile
02/07/2013	24	73	25	73	Accettabile
03/07/2013	24	71	30	71	Accettabile
04/07/2013	26	76	28	76	Accettabile
05/07/2013	18	75	31	75	Accettabile
06/07/2013	18	78	27	78	Accettabile
07/07/2013	20	73	27	73	Accettabile
08/07/2013	16	68	25	68	Accettabile
09/07/2013	28	72	28	72	Accettabile



Castelmella (BS), rif. AMB-13/2344
pag. 51 di 53

Come già evidenziato, in genere l'inquinante più critico nella stagione estiva è costituito dall'Ozono, presente in concentrazioni più elevate a causa del maggiore irraggiamento solare. PM10 e Biossido di Azoto tendono invece ad assumere valori di concentrazione più bassi, data la minore stabilità atmosferica e l'aumento dello strato di rimescolamento.

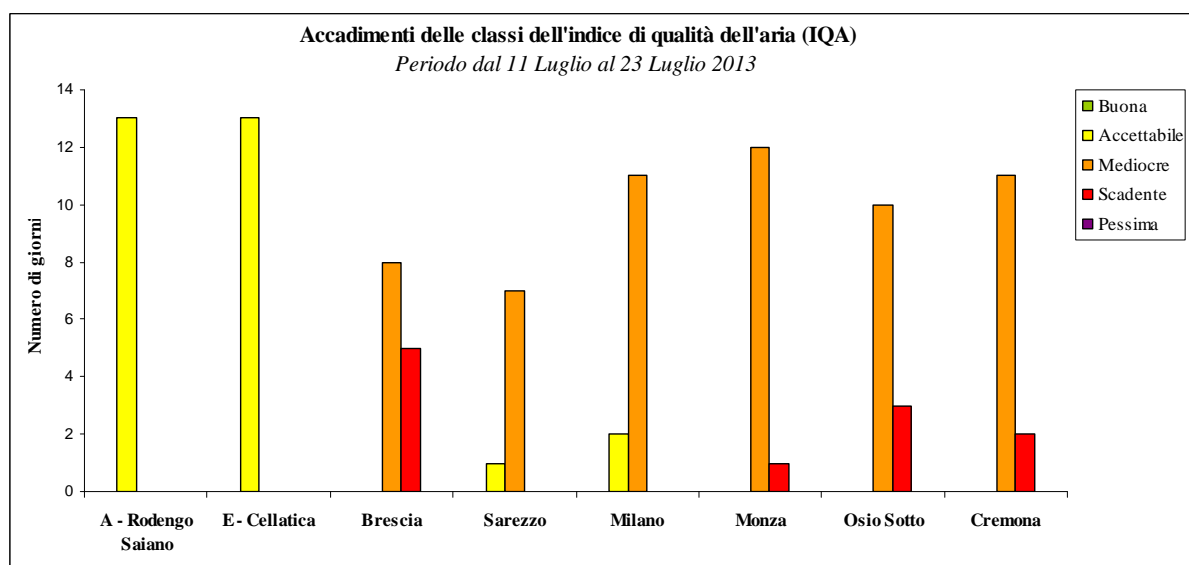
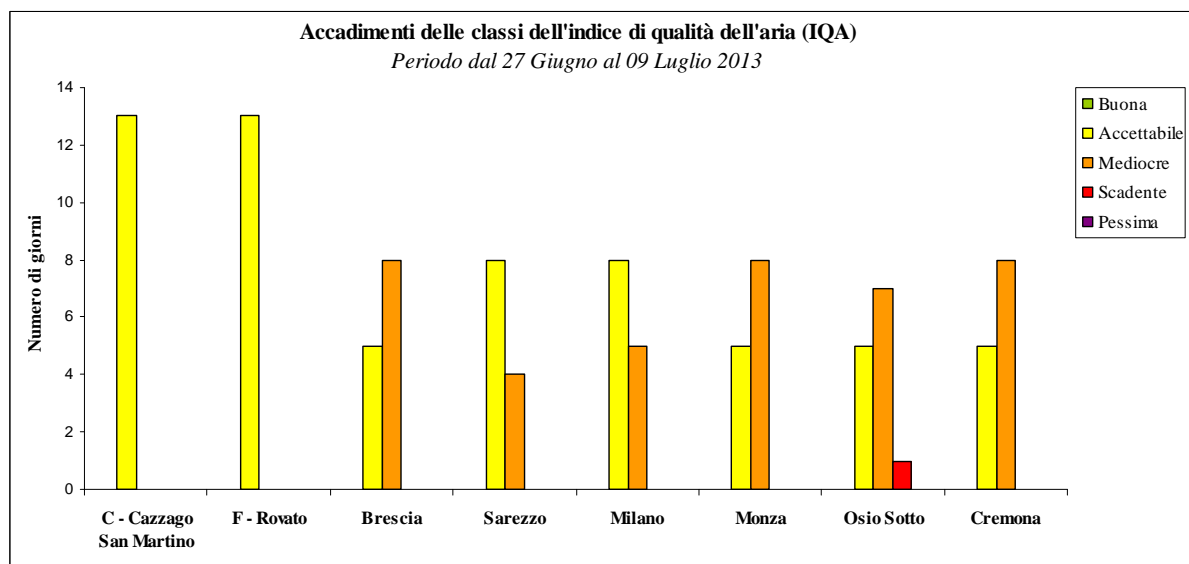
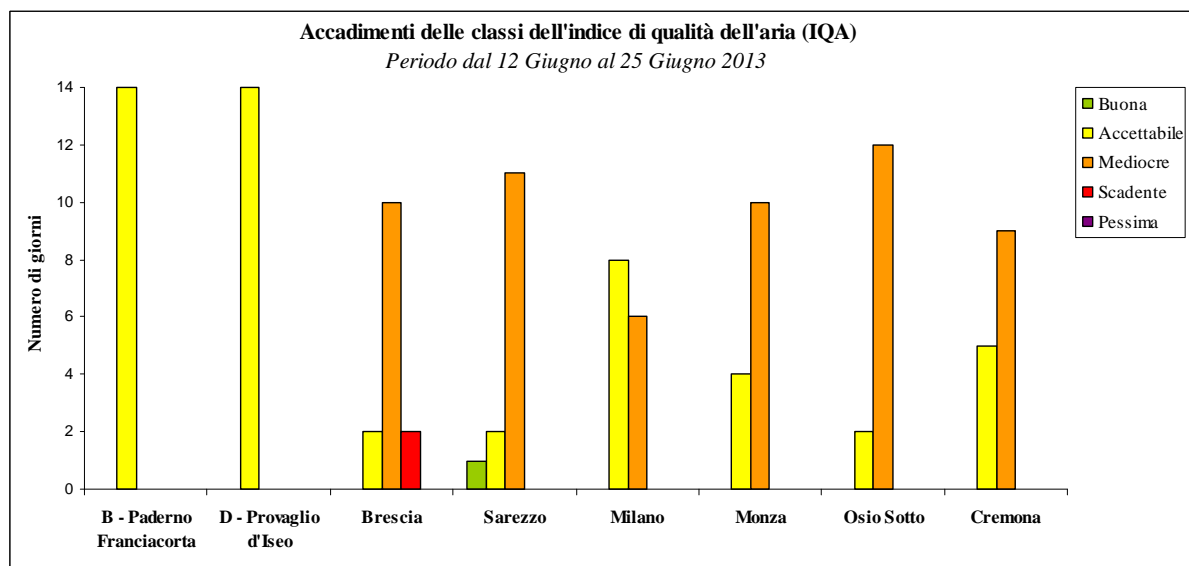
Ne consegue che, nel periodo estivo, l'IQA tende generalmente a coincidere con il sotto-indice relativo all'Ozono ed eventuali valori dell'IQA superiori a 100 sono determinati da superamenti del valore obiettivo per tale inquinante.

Infatti, osservando i dati riportati nelle tabelle, si nota che in tutti e sei i punti monitorati l'IQA è venuto quasi sempre a coincidere con il sotto-indice per l'Ozono, fatta eccezione per quattro giornate nel punto B – Paderno Franciacorta, in cui è venuto a coincidere con quello del PM10.

Ne consegue che, non essendo mai stato superato il valore obiettivo di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione media massima giornaliera sulle 8 ore dell'Ozono, né il limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione giornaliera di PM10, mai l'indice IQA è risultato superiore a 100 (anche se sono stati raggiunti valori prossimi). In particolare, essendo state le concentrazioni di Ozono in media abbastanza uniformi e costanti in tutto il periodo complessivo di monitoraggio, in tutti e sei i punti è stata riscontrata esclusivamente la classe di qualità dell'aria "accettabile".

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.





Castelmella (BS), rif. AMB-13/2344
pag. 53 di 53

Analogamente a quanto riscontrato per i comuni della Franciacorta, anche per le stazioni ARPA l'indice IQA è venuto a coincidere quasi esclusivamente con il sotto-indice relativo al parametro Ozono (salvo una giornata per la stazione di Milano-Verziere, in cui è venuto a coincidere con quello del PM10).

Tuttavia, siccome le concentrazioni di Ozono registrate dalle stazioni ARPA hanno mostrato, come detto nel capitolo precedente, andamenti più dispersi rispetto a quelli dei punti della Franciacorta, con picchi giornalieri ben più marcati e conseguenti frequenti superamenti del valore obiettivo giornaliero, la qualità dell'aria nel resto della Lombardia è risultata in genere peggiore della Franciacorta, con una prevalenza generale della classe "mediocre" rispetto a quella "accettabile" ed alcuni accadimenti di quelle "scadente", in particolare nell'ultimo periodo di monitoraggio (11 Luglio ÷ 23 Luglio).