



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Ingegneria e Architettura



Sostenibilità ambientale della produzione di coke presso la Ferriera di Servola

Novembre 2015

Prof. Ing. Marco Boscolo



Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. INTERRELAZIONE STATO PRESSIONI. BENZENE, BENZO(A)PYRENE IN RFI; SFORNAMENTI DELLA COKERIA.....	4
2.1 Dati disponibili	4
2.2 Statistica descrittiva	4
2.3 Analisi degli andamenti temporali e delle correlazioni.....	6
2.4 Risultati ottenuti.....	10
3. CONCLUSIONI	11
3.1 Legame tra regime di marcia e inquinamento da benzo(a)pyrene	11
3.2 Andamento delle concentrazioni di BaP nel 2015	11
4. CONSIDERAZIONI FINALI.....	12



1. Premessa

La presente relazione viene redatta allo scopo di sottoporre alla conferenza di servizi AIA per la Ferriera di Servola degli elementi utili all'individuazione di un regime di marcia della cokeria dello stabilimento siderurgico compatibile con le vigenti prescrizioni di legge in materia di qualità dell'aria.

A tal fine, dapprima si presentano le conclusioni alle quali si è pervenuti in uno studio di ARPA FVG, ove le concentrazioni di benzo(a)pyrene sono state correlate alla marcia della cokeria espressa in termini di sfornamenti giornalieri. Successivamente si effettuano le considerazioni conclusive sulla base delle quali si delinea un quadro prescrittivo che viene proposto alla conferenza.

2. Interrelazione stato pressioni. Benzene, Benzo(a)pyrene in RFI; sfornamenti della cokeria¹.

2.1 Dati disponibili

I dati che sono stati utilizzati per l'analisi sono quelli di benzene e di BaP acquisiti nella stazione RFI.

I dati sono disponibili come medie orarie per il benzene e come medie giornaliere per il BaP. Per gli sfornamenti della cokeria si dispone di dati giornalieri dal 1 gennaio 2013.

L'intervallo di tempo considerato per l'analisi va dal 1 gennaio 2013 al 31 agosto 2015.

2.2 Statistica descrittiva

Le medie giornaliere degli inquinanti hanno la distribuzione tipica asimmetrica con una lunga coda sui valori alti.

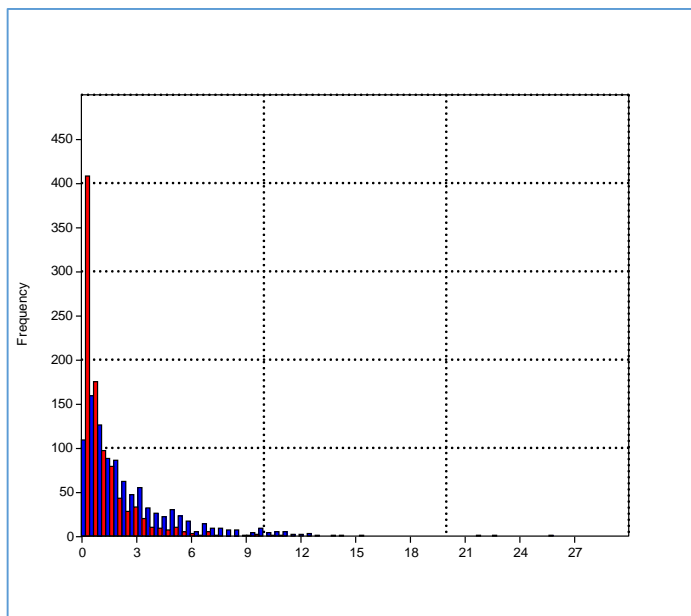


Figura 1. Distribuzione delle medie giornaliere di benzene (blu) e di BaP (rosso) misurate in RFI.

Il passaggio ai logaritmi normalizza le distribuzioni. Le misure per il BaP al di sotto della soglia di sensibilità dello strumento comportano un picco al valore minimo rilevato.

¹ Il presente paragrafo riporta integralmente la relazione di ARPA FVG dall'omonimo titolo.

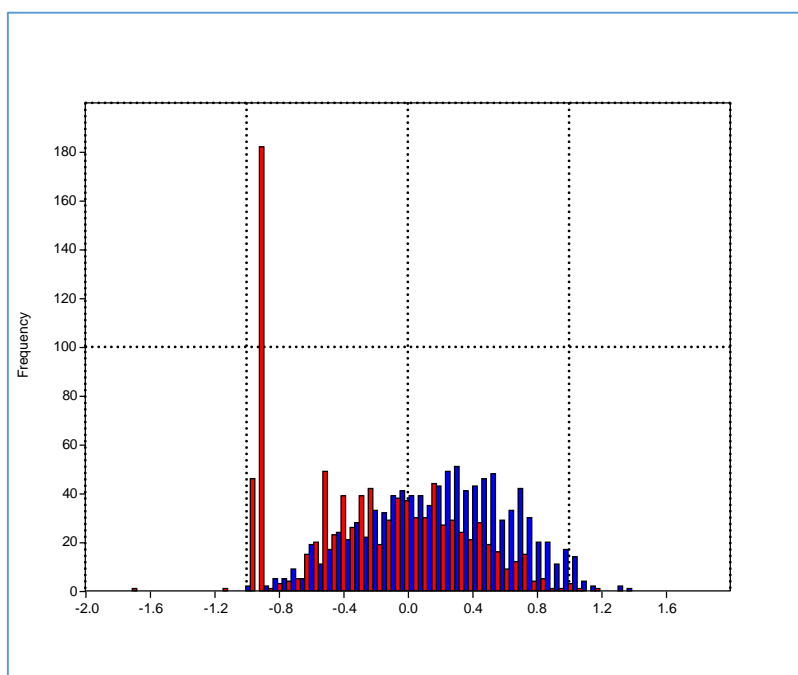


Figura 2. Distribuzione logaritmica delle concentrazioni medie giornaliere di benzene (blu) e di BaP (rosso).

Per quanto riguarda gli sfornamenti giornalieri si rappresenta la distribuzione distinguendo i tre anni di dati disponibili. Si osserva la maggiore attività della cokeria nel 2013 e, come per l'altoforno, la ridotta attività nel 2014.

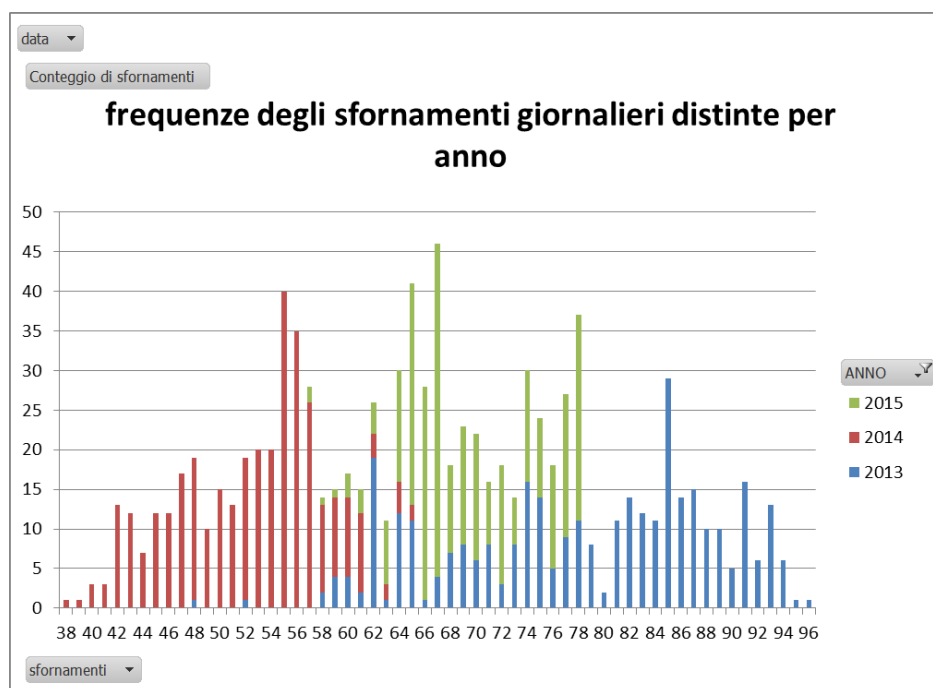


Figura 3. Distribuzione del numero di sfornamenti giornalieri. Si osserva che nel 2014 anche l'attività della cokeria, come quella dell'altoforno, era ridotta.

2.3 Analisi degli andamenti temporali e delle correlazioni

Per l'analisi delle correlazioni tra gli indicatori considerati si riportano gli andamenti temporali in un unico grafico calcolando anche le medie mobili a 30 giorni.

I coefficienti di Spearman sulle medie giornaliere denotano una buona correlazione tra i due inquinanti benzene e BaP. Non è altrettanto buona la correlazione con il numero degli sfornamenti giornalieri.

Si osserva che la media giornaliera degli inquinanti è un parametro molto rumoroso, soggetto a notevole variazione. Il fenomeno è visibile sia nel grafico degli andamenti temporali che nel grafico della correlazione tra le medie giornaliere dei due inquinanti considerati.

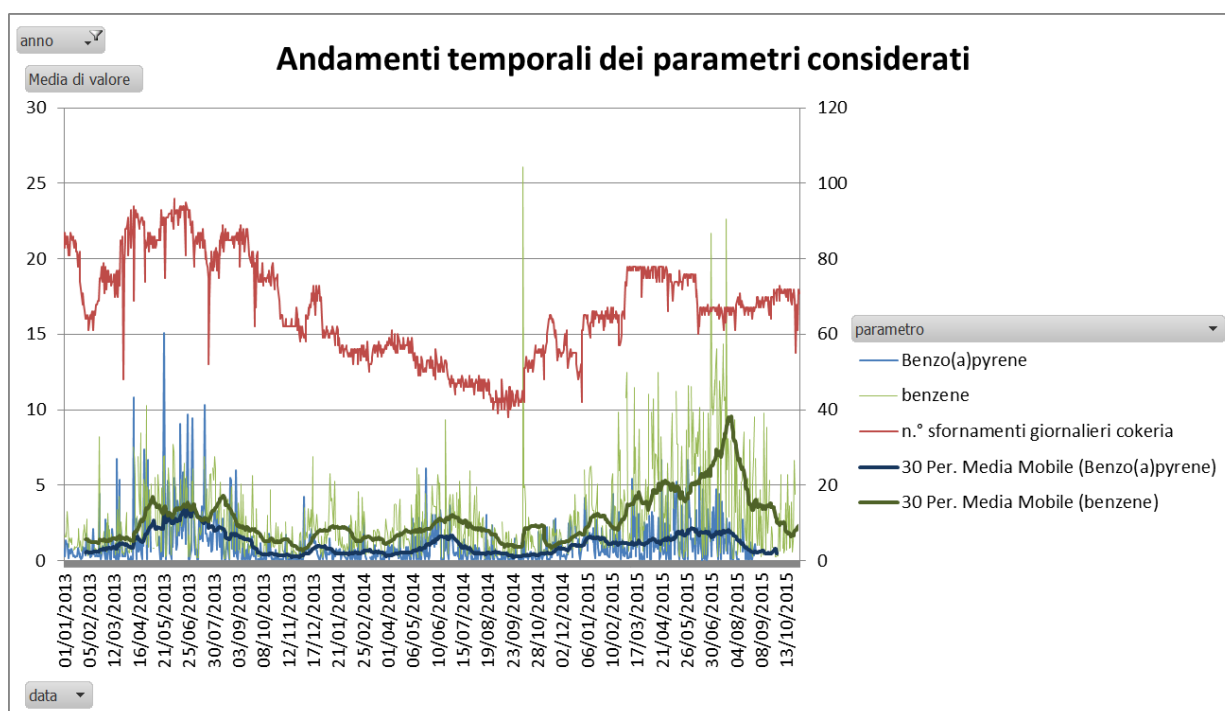


Figura 4. Andamenti temporali dei parametri considerati: benzene (verde), BaP (blu), numero sfornamenti (rosso).

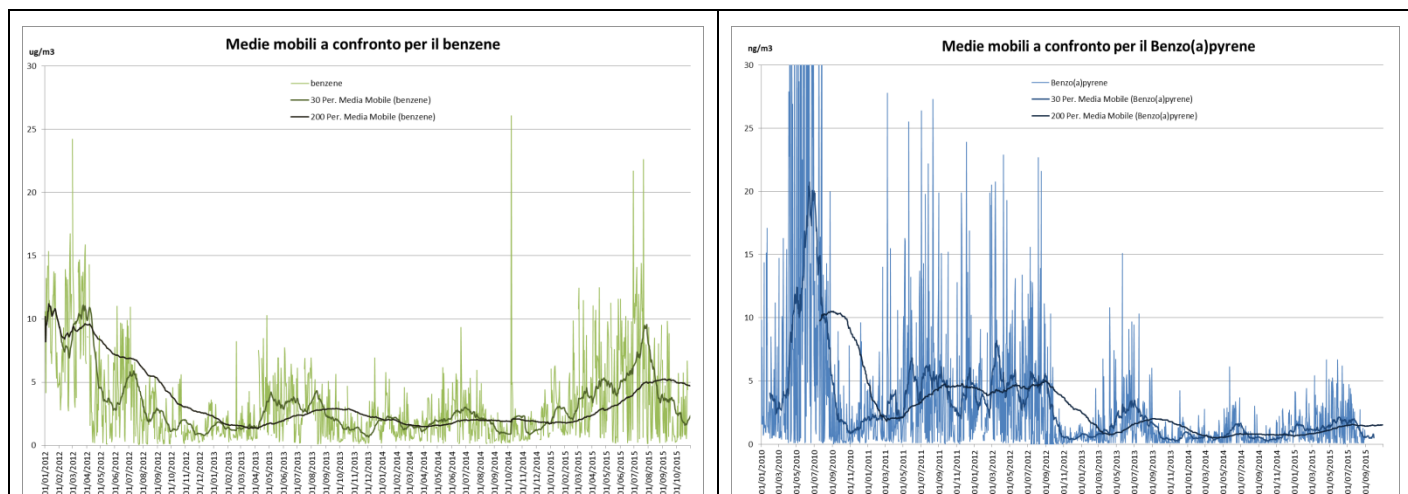


Figura 5. Medie mobili veloci (30 giorni) e lente (200 giorni) per il benzene (pannello di sinistra in verde) e per il BaP (pannello di destra in blu)

Tabella 1. Coefficienti di correlazione tra i parametri considerati

Spearman_medie giornaliere	BaP	benzene	n.°_sf. Cokeria
BaP		0.753	0.216
benzene	0.753		0.207
n.°_sf. Cokeria	0.216	0.207	

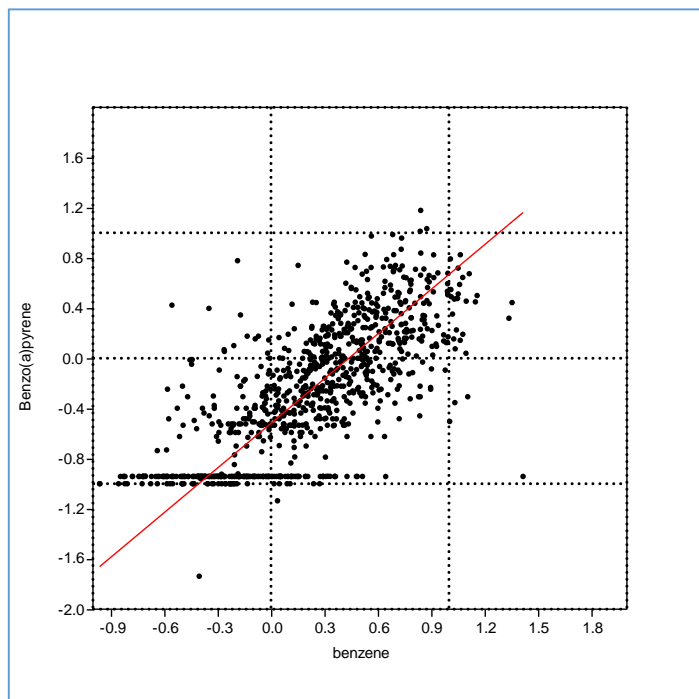


Figura 6. Relazione lineare tra i logaritmi delle medie giornaliere di benzene e del BaP

Al fine di aumentare la statistica dei dati si raggruppano i giorni con lo stesso numero di sfornamenti e si calcolano le medie dei valori di benzene e di BaP (logaritmi delle concentrazioni) per ciascun gruppo.

Si riconsidera la relazione tra medie di benzene e di BaP per gruppi così elaborate e si ottiene una buona correlazione riportata in figura 7.

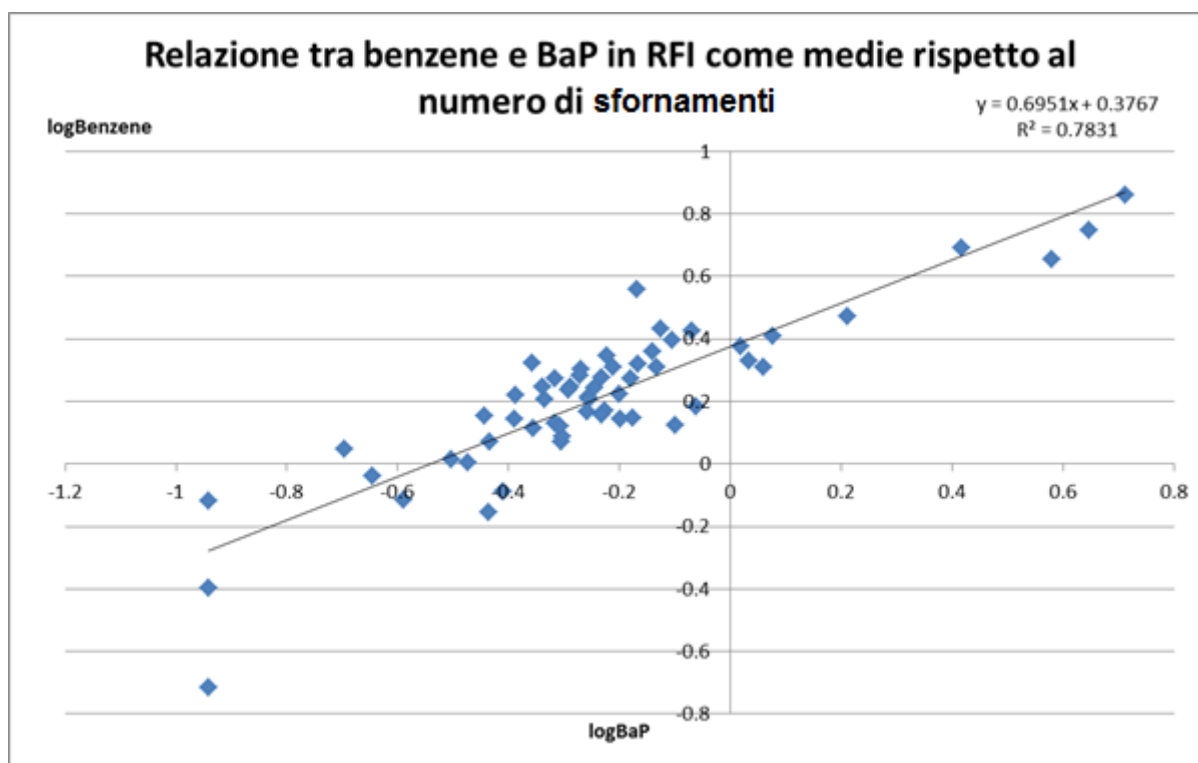


Figura 7. I dati disponibili sono stati analizzati in base al numero di sfornamenti giornalieri. Per ciascun valore del parametro “numero di sfornamenti” viene calcolata la media delle concentrazioni di benzene e di BaP e viene considerata la relazione tra queste. Si osserva che i due parametri sono correlati e la correlazione viene meglio esplicitata all’aumentare della statistica.

Per quanto riguarda la relazione con il numero di sfornamenti giornalieri, si riportano in un grafico le medie delle concentrazioni di benzene e di BaP per gruppi, in funzione del numero di sfornamenti. Si ottiene un andamento caratteristico sia per il benzene che per il BaP crescente per un numero di sfornamenti inferiori a 50, sostanzialmente costante per sfornamenti indicativamente tra 50 a 80 e di nuovo crescente per numero di sfornamenti giornalieri superiore a 80.

Gli andamenti possono essere efficacemente descritti utilizzando funzioni empiriche polinomiali di terzo grado.

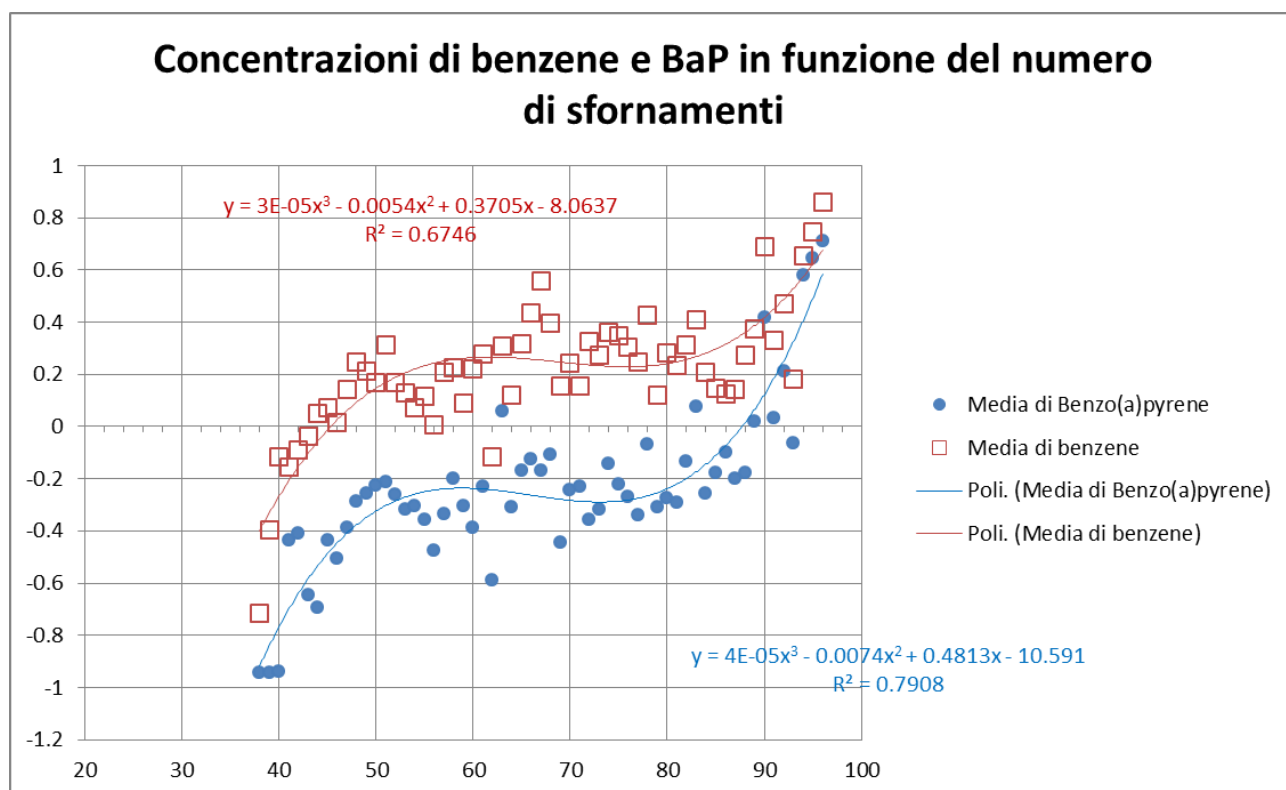


Figura 8: andamento delle concentrazioni medie, in logaritmo, di benzene (rosso) e BaP (blu) per numero di sfornamenti. Nel grafico vengono riportate anche le funzioni polinomiali utilizzate per descrivere gli andamenti.

L'analisi sui residui rispetto alle polinomiali utilizzate evidenzia una distribuzione normale ben centrata sullo zero con deviazione standard di 0.14 sia per il benzene che per il BaP, come riportato in tabella 2.

Tabella 2. Analisi statistica univariata dei residui

	Res. Log_benzene	Res. Log_BaP
N	59	59
Min	-0.381	-0.388
Max	0.303	0.308
Mean	-5.25E-08	4.92E-09
Std. error	0.019	0.019
Variance	0.020	0.021
Stand. dev	0.142	0.145
Median	0.015	-0.025
25 prcntil	-0.087	-0.072
75 prcntil	0.092	0.091
Skewness	-0.525	-0.095
Kurtosis	0.356	0.255

Rispetto ai valori di riferimento per benzene ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e per il BaP ($1 \text{ ng}/\text{m}^3$), corrispondenti rispettivamente a $\text{Log}(\text{benzene}) = 0.699$ e $\text{Log}(\text{BaP}) = 0$, il numero degli sfornamenti calcolati applicando le polinomiali e considerando intervalli, rispetto alla media, di una deviazione standard, sono rispettivamente $94 \div 99$ per il benzene, $84 \div 90$ per il BaP.

Si osserva inoltre, come già evidenziato in figura 4 ed in figura 5, che le distribuzioni giornaliere dei valori sono molto disperse. Si riportano nel grafico sottostante i valori delle deviazioni standard delle distribuzioni per il BaP. Si evidenzia che anche per i casi di sfornamenti più numerosi la deviazione standard si attesta attorno a valori pari a 0.5.

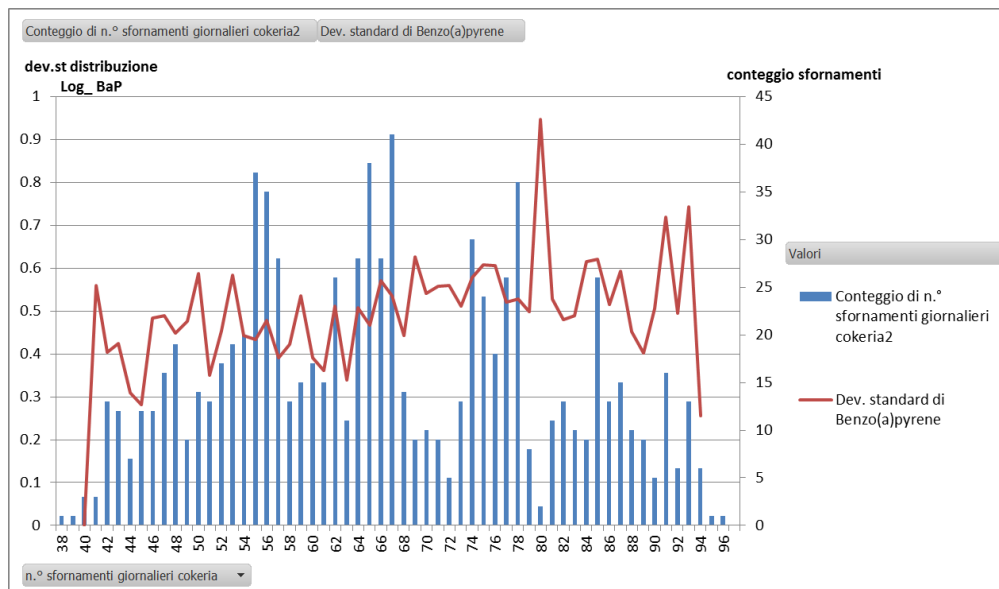


Figura 9: conteggio degli sfornamenti e valore della deviazione standard della distribuzione Log_BaP per ciascun gruppo.

2.4 Risultati ottenuti

L'analisi della relazione funzionale di causalità tra numero degli sfornamenti giornalieri della cokeria e concentrazioni di benzene e benzo(a)pyrene misurate presso la stazione RFI è stata condotta analizzando i dati disponibili dal 1 gennaio 2013 al 31 agosto 2015 ed utilizzando, per gli inquinanti, le medie giornaliere.

L'analisi effettuata evidenzia una forte correlazione tra i due inquinanti ed un andamento caratteristico di questi rispetto al numero di sfornamenti della cokeria. Le concentrazioni aumentano all'aumentare del numero degli sfornamenti per valori di questi indicativamente inferiori a 50 e superiori a 80. Per numero di sfornamenti giornalieri compresi in questo intervallo i valori di concentrazione per i due inquinanti sono sostanzialmente costanti.

Si osserva inoltre che i risultati ottenuti si basano su medie di dati giornalieri e che questi risultano molto dispersi attorno alla media.

3. Conclusioni

Lo studio in precedenza esposto evidenzia due aspetti che meritano attenta considerazione. Il primo riguarda la sussistenza di una dipendenza di tipo non lineare tra numero di sfornamenti (marcia della cokeria) e concentrazioni di benzo(a)pyrene presso la centralina di S. Lorenzo in Selva. Il secondo concerne l'andamento favorevole dell'inquinamento di Benzo(a)pyrene (media annua) che attualmente risulta in decisa diminuzione.

3.1 *Legame tra regime di marcia e inquinamento da benzo(a)pyrene*

La sussistenza di un'eccellente correlazione ($R^2=0,7908$) di tipo polinomiale tra numero di sfornamenti e concentrazione dell'inquinante in esame presso la stazione di S. Lorenzo in Selva, comporta la possibilità di definire un intervallo di marcia, compreso tra i 50 e gli 80 sfornamenti/giorno, all'interno del quale la situazione emissiva è stabile e contenuta entro i limiti di legge, ossia al di sotto di 1 ng/m^3 come media annua. Al di fuori di tale intervallo l'impatto emissivo varia rapidamente e in maniera sostanziale, comportando, per valori maggiori di 80 sfornamenti/giorno, dei decisi incrementi ben al di sopra dei limiti di legge. In maniera del tutto speculare, al di sotto dei 50 sfornamenti/giorno, le concentrazioni di BaP conseguenti alla marcia della cokeria possono ritenersi trascurabili.

Una conseguenza non marginale di quanto in precedenza osservato è che, essendo all'interno dell'intervallo 50/80 sfornamenti/giorno la concentrazione di BaP una costante, una limitazione al di sotto dell'estremo superiore dell'intervallo (80 sfornamenti/giorno) non comporta alcun apprezzabile miglioramento della situazione emissiva su base annua.

3.2 *Andamento delle concentrazioni di BaP nel 2015*

Quanto in precedenza esposto trova riscontro anche nella considerazione dell'andamento delle concentrazioni di BaP rilevate presso la stazione di S. Lorenzo in Selva e del numero di sfornamenti che vengono di seguito riportati per comodità di lettura (vedi Figura 10).

Con riferimento all'anno in corso, si nota che la marcia della cokeria si contiene per l'anno in corso tra i 65 e i 78 sfornamenti/giorno. In particolare, ad una fase iniziale di 65 sfornamenti/giorno protrattasi per circa 2 mesi fino a tutto febbraio, viene fatto seguire un regime di marcia basato su 78 sfornamenti/giorno che termina ai primi di giugno, allorquando la cokeria viene impostata su 67 sfornamenti/giorno. Da allora ad oggi la marcia è caratterizzata da una lenta e costante deriva che la porta a toccare gli odierni 72 sfornamenti/giorno.

A fronte di tale andamento le immissioni di BaP registrate in S. Lorenzo in Selva si mantengono, in termini tendenziali, dapprima di poco superiori a 1 ng/Nm^3 per portarsi successivamente a circa $1,6 \text{ ng/Nm}^3$ in maggio – giugno e quindi subire un deciso decremento al di sotto di 1 ng/Nm^3 da fine luglio ad oggi, con un valore medio di concentrazione che per il mese di settembre corrisponde a $0,33 \text{ ng/Nm}^3$.

Si evidenzia quindi un andamento dei valori di immissione non direttamente riconducibili, nei termini in precedenza esposti, al solo regime di marcia, ma evidentemente ascrivibili anche ad altri fattori, con tutta probabilità sia di tipo climatico che operativo.

Ci si riferisce in particolare all'influenza del regime dei venti e, sul piano operativo, alla diffusa opera di manutenzione avviata in cokeria sui principali sistemi in grado di influenzare la genesi delle emissioni diffuse, quali le tenute di porte e coperchi, i montanti e il sistema di tensionamento dell'impalcato.

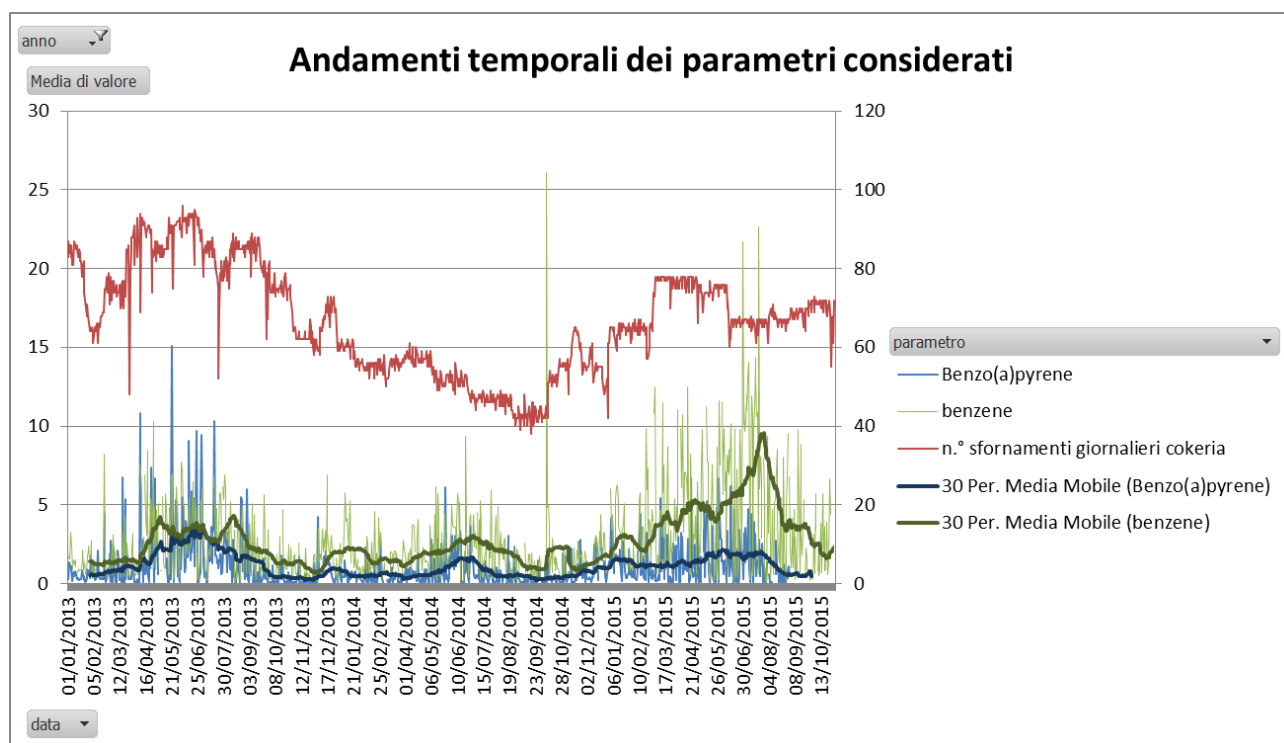


Figura 10. BaP vs Sfornamenti presso S. Lorenzo in Selva

4. Considerazioni finali

Lo studio condotto da ARPA FVG sulle concentrazioni di BaP presso la stazione di misura di S. Lorenzo in Selva ha permesso di correlare il fenomeno emissivo alla marcia della cokeria espressa in termini di sfornamenti giorno. Ne è emersa una legge non lineare, descrivibile con una funzione polinomiale di terzo grado, che permette di individuare un ben determinato intervallo di sfornamenti entro il quale le concentrazioni di BaP si mantengono costanti in termini statistici.

Tale strumento previsionale è stato definito a prescindere dell'influenza del nuovo sistema di aspirazione della cokeria, ed in particolare dell'aspirazione al caricamento che, effettivamente efficace secondo quanto si è avuto modo di verificare direttamente in stabilimento, è in grado di comportare di per se una significativa riduzione delle emissioni di BaP complessivamente indotte dalla cokeria, con ovvie e positive ripercussioni sulla possibilità di rispetto della soglia di 1 ng/Nm^3 su base annua presso la stazione in argomento.

Alla luce di quanto in precedenza esposto, si ritiene di suggerire alla Conferenza AIA l'adozione di una prescrizione che, in analogia a quanto fatto per l'altoforno, preveda l'istituzione di un periodo di marcia controllata di pari durata, durante il quale limitare cautelativamente la marcia dell'impianto a 75 sfornamenti/giorno, per osservare l'evoluzione dei parametri di qualità dell'aria (essenzialmente BaP e benzene) presso la stazione di S. Lorenzo in Selva, al fine di quantificare l'efficacia delle misure antinquinamento predisposte con particolare riferimento al sistema di aspirazione delle emissioni diffuse di cokeria.