

**LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELL'ANALISI DI RISCHIO**

Pasquale Avino, Giancarlo Ludovisi e Giovanni Scalisi

DIPIA-ISPEL, via Urbana 167 – 00184 Roma

## SOMMARIO

La valutazione dello stato della qualità dell'aria nell'analisi di rischio viene effettuata attraverso misure sperimentali delle sostanze inquinanti, primarie e secondarie, allo scopo di: a) fornire un insieme di dati rappresentativi relativi ai processi di inquinamento atmosferico in un quadro conoscitivo che consenta una efficace salvaguardia della popolazione e dell'ambiente, b) documentare il rispetto o il superamento degli standard di qualità dell'aria nel territorio in esame, c) approfondire la conoscenza della qualità dell'aria secondo le disposizioni di carattere tecnico contenute nella normativa, sia nei confronti degli inquinanti primari che di quelli secondari, d) valutare il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Il Laboratorio Inquinamento Chimico dell'Aria dell'ISPESL svolge da vari anni un'intensa attività tecnico-scientifica riguardo lo svolgimento di campagne di monitoraggio degli inquinanti atmosferici per la caratterizzazione dello stato atmosferico di un territorio in esame ai fini delle problematiche legate alle condizioni di benessere della popolazione e dell'ambiente esterno, degli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e possibili soluzioni. In questa comunicazione vengono presentati i risultati di una tipica campagna di monitoraggio degli inquinanti atmosferici utili per la caratterizzazione dello stato atmosferico di un territorio in esame, nel caso particolare quello del Comune di Pietracupa nella Regione Molise.

La valutazione globale che è derivata dallo studio, ha permesso di raggiungere diversi obiettivi, quali: 1) rappresentatività di misure di inquinanti chimici e parametri meteorologici locali in relazione alla configurazione del territorio, 2) significatività dei parametri fisici e chimici individuati in relazione al verificarsi di fenomeni critici, 3) studio dell'andamento di sostanze inquinanti primarie e secondarie di particolare interesse sanitario, 4) valutazione dell'evoluzione spazio-temporale dell'inquinamento atmosferico in relazione alle caratteristiche di rimescolamento atmosferico dell'area in esame.

## 1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni si registra una situazione sempre crescente di conflittualità tra attività industriale, cittadini e pubbliche autorità inerente la sicurezza della popolazione residente in un'area ad alta produttività industriale e gli impatti sull'ambiente degli stabilimenti ivi insediati. Strettamente legati con il sorgere di questi problemi sono i tentativi delle autorità locali di risolvere le varie situazioni con decisioni non sempre coerenti. Del resto, non sempre prendere una decisione in campo ambientale è così semplice o immediato come si possa pensare. Non è possibile in ogni contesto individuare uno strumento tecnico che possa essere di supporto nelle operazioni ma è necessario coinvolgere tutti quei parametri e variabili che insistono in quella situazione (situazione politica locale, situazione urbanistica, rischi ambientali di origine industriale e non per i comparti acqua/aria/terra, presenza di depositi e/o silos). Inoltre bisogna sottolineare il fatto che è ormai ben individuata una conflittualità permanente tra insediamenti produttivi in una data area e la relativa percezione di un dato rischio, con un disagio della popolazione stessa che identifica, nella maggior parte delle volte, nell'inquinamento atmosferico una sorgente locale di rischio [1].

La presenza su un territorio di attività industriali che potenzialmente presentano dei rischi, pone dei quesiti, quali la verifica, la rilevazione, la prevenzione e l'allerta della popolazione in caso di incidenti, quesiti che devono trovare adeguate risposte. Le metodologie utilizzate per una valutazione probabilistica del rischio possono dare adeguate soluzioni, anche al fine di consentire sia l'individuazione dei confini entro cui differenti attività possono coesistere con l'ambiente, sia fornire ed individuare le necessarie misure di sicurezza o mitigazione. Una analisi di rischio dovrebbe, in linea generale, individuare una serie di fasi fondamentali: a) identificazione dei possibili incidenti in nell'area in esame; b) stima delle probabilità che si verifichi un evento rischioso; c) stima delle conseguenze associate alle ipotesi di incidenti e quindi gli effetti che ne derivano per la popolazione e l'ambiente circostante; d) valutazione e controllo del rischio inteso come processo per individuare le migliori tecniche e/o procedure per la gestione del rischio stesso.

Uno studio delle conseguenze attese ha come obiettivo l'individuazione delle potenziali zone di pericolo, i possibili danni all'uomo ed all'ambiente nonché gli accorgimenti idonei alla riduzione, ove possibile, dell'evento ipotizzato. Una canonica analisi di rischio, in genere, prevede uno studio dettagliato di un'area interessando di fatto anche tematiche differenti, quali i rischi connessi ai rilasci accidentali di sostanze pericolose da impianti fissi e mobili, la qualità dei corpi idrici ed il contributo industriale all'inquinamento atmosferico. Quest'ultimo aspetto è molto interessante e non di semplice comprensione.

Criteri semplici di interpretazione di fenomeni di inquinamento atmosferico, obiettivi e metodi di lavoro

per ogni tipologia costituiscono gli argomenti di questo studio con l'aiuto di un caso ben studiato dove si cerca di interpretare le misure di inquinamento atmosferico con le norme vigenti in questo campo.

## 2. QUADRO NORMATIVO

Appare importante alla luce di quanto appena riportato offrire la situazione piuttosto dettagliata della normativa italiana nel campo dell'inquinamento atmosferico.

Il quadro di riferimento per l'inquinamento atmosferico di origine industriale si basa essenzialmente sul D.P.R. 203/88 [2], dove sono riportati i valori limite e/o guida di qualità dell'aria per alcuni inquinanti, quali SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e particelle solide sospese. Naturalmente ci sono poi tutta una serie di norme che completano il quadro normativo. Tra tutte queste altre disposizioni sono da ricordare: il D.P.C.M. del 28/03/83 [3], che riguarda i limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e limiti massimi di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno; il D.M. 15/04/94 che individua livelli di attenzione e di allarme per alcuni inquinanti caratteristici di aree particolari che sono usati come livelli gestionali dalle amministrazioni municipali; il D.M. del 25/11/94 [4] sui livelli e stati di attenzione e di allarme e sugli obiettivi di qualità per il PM10, il Benzene e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), in particolare il Benzo(α)pirene; il D.M. del 16/05/96 riguardo i livelli per la concentrazione di ozono nell'aria (livello per la protezione della salute, livello per la protezione della vegetazione, livello di attenzione o di informazione, livello di allarme). I limiti di accettabilità in vigore sono diversi: a) di tipo "statistico" per il biossido di zolfo, le particelle sospese, il biossido di azoto ed il piombo; b) del tipo "limite da non superare per un solo tempo di mediazione" per l'ozono; c) del tipo "limite da non superare per due differenti tempi di mediazione" per il CO; d) obiettivi di qualità: benzene, PM10.

Naturalmente quanto detto prevede la disponibilità per ogni territorio di poter disporre di reti di monitoraggio, conoscenza delle sorgenti di emissione e loro caratterizzazione qualitative e quantitativa e, fondamentalmente, delle condizioni meteorologiche della zona in studio.

## 3. LA QUALITÀ DELL'ARIA NELL'ANALISI DI RISCHIO

In prima approssimazione la valutazione dello stato della qualità dell'aria viene effettuata attraverso misure sperimentali delle sostanze inquinanti, primarie e secondarie, allo scopo di:

- fornire un insieme di dati rappresentativi relativi ai processi di inquinamento atmosferico in un quadro conoscitivo che consenta una efficace salvaguardia della popolazione e dell'ambiente
- documentare il rispetto o il superamento degli standard di qualità dell'aria nel territorio in esame
- approfondire la conoscenza della qualità dell'aria secondo le disposizioni di carattere tecnico contenute nella normativa, sia nei confronti degli inquinanti primari che di quelli secondari
- valutare il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

La dispersione degli inquinanti nel mezzo atmosferico e le conseguenti ricadute hanno però la capacità di ampliare il problema interessando altri comparti ambientali quali il suolo e le acque superficiali. Da sottolineare che questa problematica trova la massima sua applicazione in un'area in cui insiste un camino industriale e quindi delle emissioni industriali fortemente dipendenti dalle condizioni meteorologiche cioè dalla capacità di dispersione degli inquinanti in atmosfera.

Il Laboratorio Inquinamento Chimico dell'Aria dell'ISPESL svolge da vari anni un'intensa attività tecnico-scientifica riguardo lo svolgimento di campagne di monitoraggio degli inquinanti atmosferici per la caratterizzazione dello stato atmosferico di un territorio in esame ai fini delle problematiche legate alle condizioni di benessere della popolazione e dell'ambiente esterno, degli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana e possibili soluzioni [5].

Per questo scopo, durante la campagna di misura intensiva di inquinanti atmosferici chimici e parametri fisici utilizza un Laboratorio Mobile attrezzato con sensori automatici (analizzatori tradizionali), per la misura di SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, CO, particolato PM10, benzene, toluene, un analizzatore di radioattività ambientale per seguire la dinamica dei bassi strati dell'atmosfera importante per studiare la dispersione degli inquinanti atmosferici ed una centralina meteo per la misura della temperatura, della umidità relativa, della direzione e velocità del vento, della pressione atmosferica e dell'intensità della radiazione solare. Inoltre, il Laboratorio Mobile dispone di un sistema di spettroscopia di assorbimento ottica differenziale (D.O.A.S.) a tecnologia avanzata del tipo "remote-sensing". L'uso di rivelatori basati su tecnologie non convenzionali del tipo "remote-sensing" ha acquisito ormai un notevole interesse, specialmente per la misura di inquinanti (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, ecc.) che non sono soggetti ad elevati gradienti spazio-temporali, e per la valutazione di specie

intermedie, relativamente stabili, quali l'acido nitroso e la formaldeide [6].

In questo lavoro viene presentata una tipica valutazione della qualità dell'aria a seguito di uno studio delle condizioni di rischio in un'area particolare. Le considerazioni di analisi si basano su una tipica campagna di monitoraggio degli inquinanti atmosferici che il Laboratorio Inquinamento Chimico dell'Aria svolge per la caratterizzazione dello stato atmosferico di un territorio: in questo caso lo studio è orientato alla valutazione di tutte quelle problematiche legate alle particolari condizioni di benessere che possono dipendere dalla composizione dell'aria e dalla presenza eventuale di inquinanti atmosferici, antropogenici e non, in un territorio montano della Regione Molise, il Comune di Pietracupa.

In particolare, la valutazione globale ha lo scopo di raggiungere diversi obiettivi, quali:

- la rappresentatività di misure di inquinanti chimici e parametri meteorologici locali in relazione alla configurazione del territorio
- la significatività dei parametri fisici e chimici individuati in relazione al verificarsi di fenomeni critici
- lo studio dell'andamento di sostanze inquinanti primarie e secondarie di particolare interesse sanitario
- la valutazione dell'evoluzione spazio-temporale dell'inquinamento atmosferico in relazione alle caratteristiche di rimescolamento atmosferico proprie dell'area in esame.

## **4. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO**

### **4.1 Zona monitorata**

La zona monitorata, il paese di Pietracupa, è sita sull'altopiano del Medio Sannio, che sorge tra il fondo valle del fiume Trigno e il fondo valle del fiume Biferno. Il territorio di Pietracupa fin dal 1600 è noto per le sue proprietà salubri e corroboranti, per la sua "aria fina" e per l'ottimo stato di salute della sua popolazione.

### **4.2 Svolgimento della campagna di misura**

La campagna di misura ha avuto uno svolgimento diviso in due fasi.

Nella prima fase è stata compiuta una campagna intensiva di misura della durata di due settimane circa dal 14 maggio al 30 maggio 2001 con il Laboratorio Mobile dotato di analizzatori convenzionali ed innovativi per la misura di parametri chimici e fisici. Il Laboratorio Mobile è stato collocato nella piazza centrale del paese. I parametri che sono stati oggetto di monitoraggio sono stati: le polveri PM10, l'ossido di carbonio, il biossido di zolfo, l'ozono, gli ossidi di azoto, il benzene, il toluene, la formaldeide, l'acido nitroso, la temperatura dell'aria e la pressione atmosferica, la velocità e direzione del vento e la radioattività beta naturale (come indicatore del grado di rimescolamento dell'aria).

Nella seconda fase (dal 20 maggio al 10 settembre) è stata individuata una postazione fissa dove, dal 25 maggio 2001 al 4 settembre 2001, è stato collocato un analizzatore D.O.A.S. con il ricevitore collocato nei locali del Centro Studi di Biometeorologia e con la sorgente luminosa collocata su un balcone di una abitazione privata con un percorso ottico di 180 m per la misura di: biossido di zolfo, ozono, biossido di azoto, benzene, toluene, formaldeide ed acido nitroso. Inoltre è stata misurata la radioattività beta naturale (come indicatore del grado di rimescolamento dell'aria) mediante strumentazione automatica.

## **5. VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA**

La situazione di inquinamento atmosferico del territorio in esame mostra un duplice importante aspetto da tener presente a priori in uno studio simile: se da una parte la valutazione della qualità dell'aria e la relativa analisi di rischio è facilitata dalla mancanza di vere e proprie sorgenti di emissioni antropogeniche e/o da una rete stradale ad alta intensità di traffico, dall'altra la stessa appare problematica per la mancanza di dati reperibili (ad es. una serie storica) e per l'esposizione geografica particolare del paese stesso (sulla vetta di una collina, esposto quindi ai venti nelle diverse direzioni). In prima approssimazione, possiamo individuare nella collocazione del paese un requisito fondamentale nello studio dell'inquinamento atmosferico del territorio circostante tanto da rendere particolarmente significativa la sua analisi: la condizione quasi "remota" dell'area stessa che induce nella popolazione residente una condizione di benessere persistente.

In generale uno studio dello stato di qualità dell'aria viene portato avanti sviluppando una valutazione

globale dello stato di qualità dell'aria [7]. Un'analisi immediata può essere effettuata valutando l'evoluzione temporale dell'inquinamento primario e secondario che, a parità di situazione meteorologica, è in relazione il primo prevalentemente con le sorgenti emissive, il secondo prevalentemente con la reattività atmosferica.

### 5.1 Valutazione della qualità dell'aria in forma globale (I fase)

La valutazione dell'inquinamento primario viene effettuata prendendo in considerazione i parametri particolato PM10, CO, SO<sub>2</sub>, nonché benzene e toluene. In Figg. 1 e 2 sono riportati gli andamenti di particolato e di benzene e toluene, rispettivamente, nel periodo considerato.

Dall'esame degli andamenti degli inquinanti risulta che i livelli di concentrazione nella postazione di misura del Laboratorio Mobile presentano valori trascurabili (SO<sub>2</sub> < 2 µg/m<sup>3</sup>; CO < 0,2 mg/m<sup>3</sup>; PM10 < 20 µg/m<sup>3</sup>). Particolare evidenza riveste l'andamento del particolato in alcuni giorni (17, 18 e 19 maggio) (Fig. 1), in cui per particolari condizioni meteo, venti di scirocco provenienti dai quadranti meridionali e trasportanti polvere proveniente dal deserto del Sahara, si sono riscontrati valori (come medie orarie) intorno ai 100 µg/m<sup>3</sup>: questi valori risultano strettamente legati alle condizioni meteo (effetto visibile di polvere) e comunque non risultano legati ad un inquinamento primario da combustione (valori di SO<sub>2</sub>, CO ed idrocarburi molto bassi).

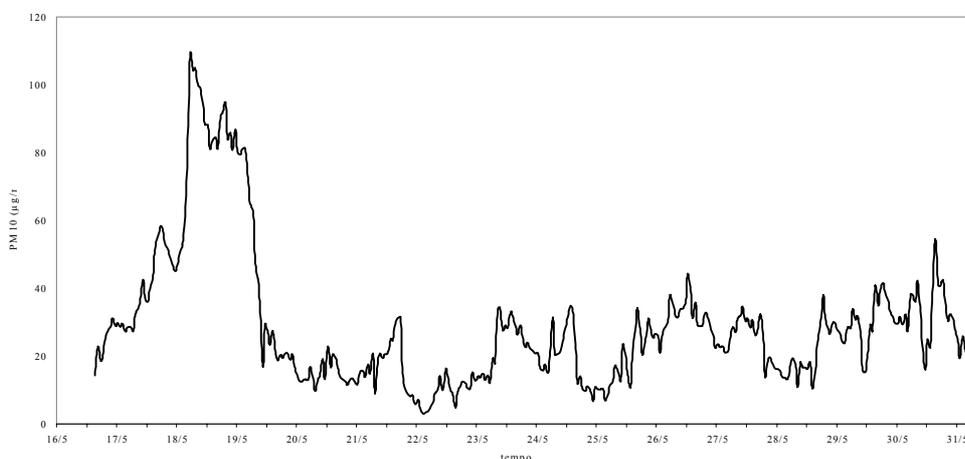


Figura 1. Andamento dei livelli di particolato PM10 durante tutta la I fase di monitoraggio.

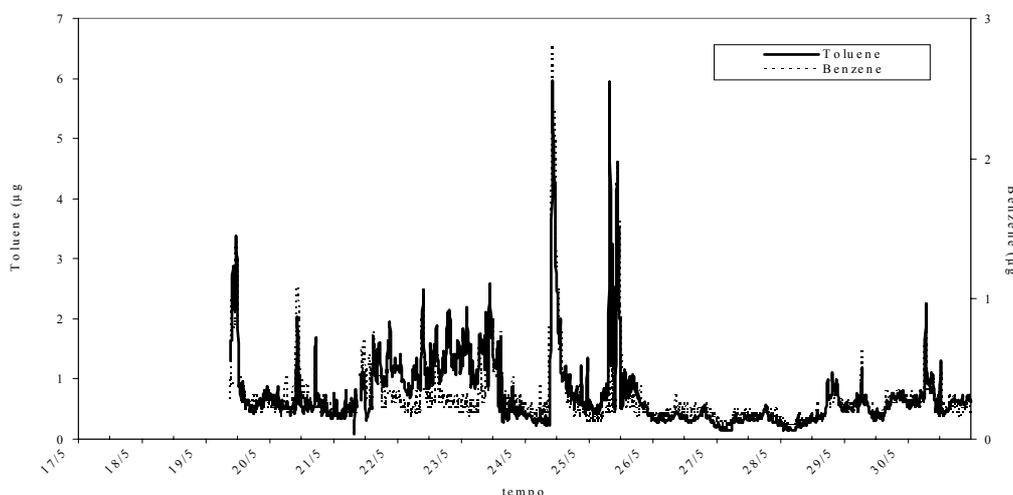


Figura 2. Andamento dei livelli di concentrazione di benzene e toluene durante la I fase di monitoraggio.

Le concentrazioni di benzene e toluene, in generale, sono molto basse (Fig. 2) con valori inferiori a  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il toluene e di  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per il benzene con un rapporto teorico di circa 3.

L'inquinamento secondario produce scenari di inquinamento legati ai sistemi di reazione  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , HC, UV. Dall'analisi degli andamenti di  $\text{O}_3$  e  $\text{NO}_2$  negli stessi periodi considerati per gli inquinanti primari, viene evidenziato il loro comportamento nel periodo monitorato, durante il quale si sono verificati sempre valori maggiori di  $\text{O}_3$  rispetto a quelli di  $\text{NO}_2$  (Fig. 3), a conferma della non-presenza di sorgenti emissive. In questa situazione un parametro utile alla comprensione della fenomenologia è rappresentato da  $\text{O}_x$  ( $\text{O}_3 + \text{NO}_2$ ) che si correla con la fluttuazione della radiazione  $\beta$  considerato indice della stabilità dei bassi strati dell'atmosfera. Tale parametro presenta valori confrontabili nell'area o territorio coinvolti dalle stesse condizioni meteorologiche. È evidente quindi che nei pressi delle sorgenti di emissione sarà prevalente il contributo di  $\text{NO}_2$  mentre in condizioni opposte sarà prevalente il contributo di  $\text{O}_3$  ai valori di  $\text{O}_x$ .

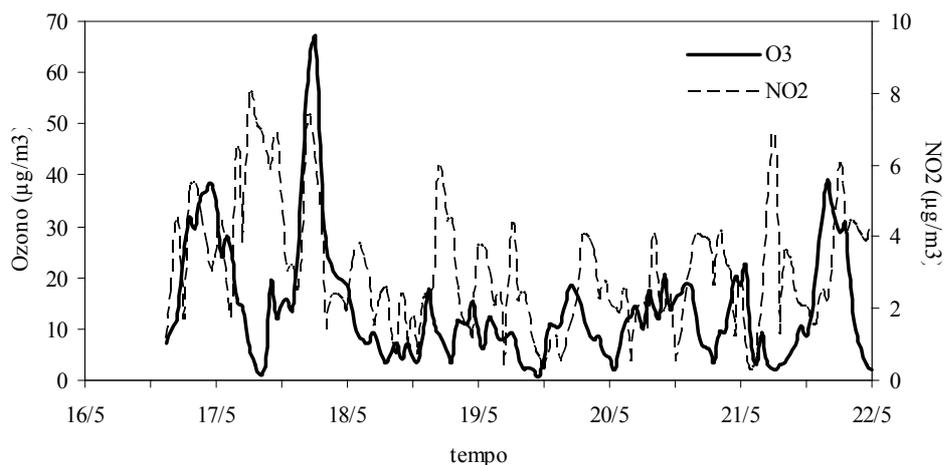


Figura 3. Andamenti giornalieri delle concentrazioni di  $\text{O}_3$  e di  $\text{NO}_2$  nel periodo 16-22 maggio.

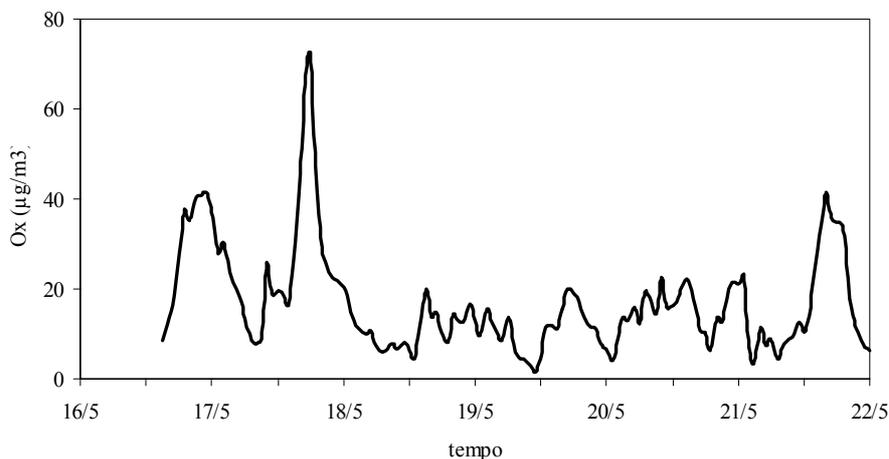


Figura 4. Andamento giornaliero della concentrazione di  $\text{O}_x$  nel periodo 16-22 maggio.

In particolare, analizzando la Fig. 4, dove è riportato il grafico relativo all'andamento dell' $\text{O}_x$ , e confrontandolo con quello della radiazione  $\beta$  (andamento non mostrato), si evidenzia come nel giorno 17 maggio  $\text{O}_x$  presenta un picco ( $\text{O}_3$  ed  $\text{NO}_2$  in fase) per radiazione  $\beta$  crescente, attribuibile ad un piccolo ed unico episodio di smog fotochimico.

Vengono inoltre rappresentati velocità e direzione di provenienza del vento per  $\text{PM}_{10}$  (18 maggio) e per  $\text{O}_3$  (intero periodo), che risultano soprattutto indispensabili per una valutazione dell'origine del contributo all'inquinamento atmosferico della zona monitorata, sotto forma di grafici in forma polare, evidenziando la

relazione tra i parametri velocità e direzione del vento e le concentrazioni degli inquinanti.

## 5.2 Valutazione della qualità dell'aria in forma globale (II fase)

I risultati della campagna di misura per tutti i composti chimici analizzati sono presentati in forma grafica per una chiave di lettura più immediata e per visualizzare la situazione in atto (un esempio è la Fig. 5). I valori misurati risultano del tutto modesti e rappresentativi della mancanza di contributi di rilievo dovuti sia ad attività industriale che antropica.

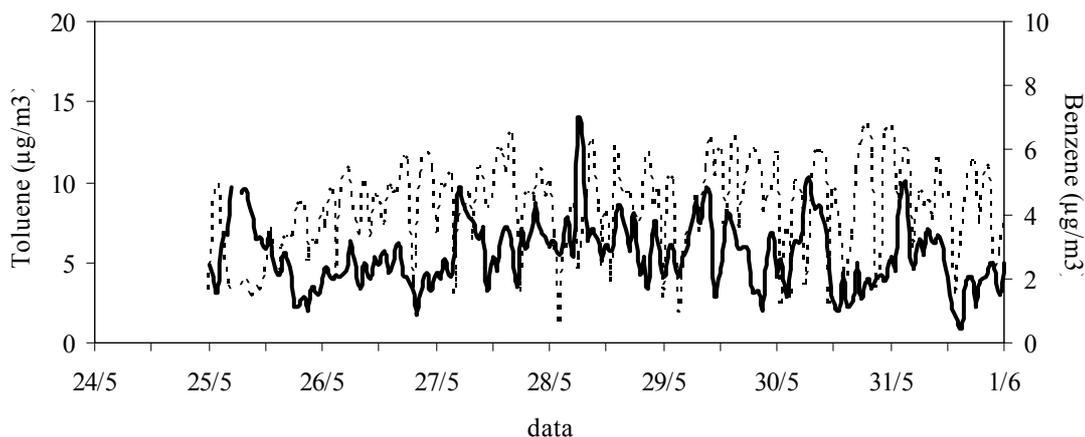


Figura 5. Andamento dei livelli di concentrazione di benzene e toluene durante la II fase di monitoraggio.

Infine l'andamento della radiazione  $\beta$  naturale è caratteristico di un notevole rimescolamento atmosferico locale che favorisce la dispersione degli eventuali inquinanti presenti.

## 6. ANALISI DI RISCHIO

L'analisi degli andamenti degli inquinanti monitorati e dei parametri meteorologici misurati suggerisce una situazione di circolazione atmosferica molto favorevole alla dispersione degli inquinanti. Inoltre, non si riscontrano significativi contributi antropogenici e non ai livelli dei principali inquinanti: Analizzando le relazioni concentrazioni-direzione del vento in durante tutta la I fase, si riscontrano valori molto bassi se non nulli di tutte le specie in esame verso tutti i quadranti considerati a meno del già riportato periodo (17-19 maggio) per il particolato ove si sentiva una prevalenza di direzione del vento dal quadrante sud in particolari condizioni atmosferiche.

## 7. CONSIDERAZIONI FINALI

Lo studio condotto e la relativa analisi, di fatto breve perché il territorio non è interessato da fonti di emissione industriale o di altro tipo, permette di identificare questo territorio come un "bianco ambientale" utile per poter studiare e raffrontare situazioni più complesse e più delicate di inquinamento atmosferico. Infatti, una problematica che non viene affrontata in questa analisi, è la sinergia di inquinanti diversi. Sebbene le leggi e le linee guida esistenti sulla qualità dell'aria suggeriscono standard e limiti per le sostanze al fine di prevenire effetti sanitari sulle popolazioni esposte, tali limiti si riferiscono sempre ad ogni singolo inquinante e trascurano i rischi che possono determinarsi dalle contemporanee esposizioni ad inquinanti che inducono effetti sanitari simili. A livello scientifico quello che si sta cercando di studiare è un approccio che tenga conto degli effetti che i diversi inquinanti possono avere sull'uomo e stimare un indice di rischio che valuti contemporaneamente gli inquinanti rispetto al loro valore di riferimento.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Marsili, *La Valutazione del Rischio d'Area*, FrancoAngeli Ed., Roma, pp. 39-58 (2001).
- [2] D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203, *Attuazione delle Direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto da grandi impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 138.*
- [3] D.P.C.M. 28 marzo 1983, *Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria e dell'ambiente esterno.*
- [4] D.M. 25 novembre 1994, *Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale 15 aprile 1994.*
- [5] L. Lepore, I. Ventrone, G. Scalisi, P. Bragatto, F. Sallusti, *Metodologia di Valutazione del Comparto Ambientale Aria, nell'Ambito della Prevenzione e Controllo Integrato dell'Inquinamento per le Piccole e Medie Industrie, Fogli d'Informazione ISPSSL, Vol. 4, pp. 39-50 (2000).*
- [6] D. Brocco, L. Lepore, U. Poli, I. Ventrone, *Metodologia D.O.A.S. per lo studio e la valutazione dell'inquinamento in aree urbane ed industriali, Prevenzione Oggi, Vol. 2, pp. 75-86 (1992).*
- [7] P. Avino, L. Lepore, G. Scalisi, F. Sallusti, R. Schirò, V. Valenzi, I. Ventrone, *La Valutazione della Qualità dell'Aria nel Comprensorio Molisano del Medio Sannio, Atti del 20° Congresso Nazionale AIDII, pp. 280-284 (2002).*