



Agenzia Regionale per la Protezione  
dell'Ambiente di Basilicata

## **AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DI BASILICATA**

**Dipartimento Provinciale di Potenza**



**Campagna di Monitoraggio  
con campionatori passivi (radielli) di idrogeno solforato ( $H_2S$ )  
in Val D'Agri e trend delle campagne effettuate dal 2009 al 2013**

## INDICE

1. INTRODUZIONE
2. PUNTI DI MONITORAGGIO
3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA
  - 3.1 Campionatori passivi per la qualità dell'aria
  - 3.2 Parametri meteorologici
4. FONTI, EFFETTI SULLA SALUTE E RIFERIMENTI LEGISLATIVI SULL' IDROGENO SOLFORATO
  - 4.1 Fonti
  - 4.2 Riferimenti legislativi
    - 4.2.1 Valutazione del rischio per la salute secondo l' Organizzazione Mondiale della Sanità
    - 4.2.2 Limite di emissione secondo il DPR n.322 del 15 aprile 1971
    - 4.2.3 Limite di emissione secondo il CICADS
5. MATERIALI E PRINCIPIO DI ANALISI PER CAMPIONATORI PASSIVI DI IDROGENO SOLFORATO
  - 5.1 Materiale per Campionatori passivi "Radiello" per idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S)
  - 5.2 Principio
  - 5.3 Portata di campionamento
  - 5.4 Effetto della temperatura, dell'umidità e della velocità dell'aria
  - 5.5 Calcoli
  - 5.6 Esposizione
  - 5.7 Limite di rivelabilità e incertezza
  - 5.8 Durata e conservazione
6. RISULTATI DEL MONITORAGGIO DAL 25 LUGLIO 2013 AL 30 DICEMBRE 2013
7. ANALISI DEI RISULTATI
  - 7.1 Monitoraggio dal 25 luglio 2013 al 30 dicembre 2013
    - 7.1.1 Andamento dell'H<sub>2</sub>S nei Siti di monitoraggio (Istogrammi)
    - 7.1.2 Mappa valore medio annuale H<sub>2</sub>S nei Siti di monitoraggio
  - 7.2 Trend delle campagne di monitoraggio dal 11 febbraio 2009 al 30 dicembre 2013
    - 7.2.1 Andamento dell'H<sub>2</sub>S dal 11 febbraio 2009 al 30 dicembre 2013
  - 7.3 Dati meteorologici
  - 7.4 Raccolta dei risultati
  - 7.5 Considerazioni conclusive del monitoraggio
8. BIBLIOGRAFIA

## 1. INTRODUZIONE

In questo lavoro vengono presentati i risultati di una Campagna di monitoraggio dell'idrogeno solforato o solfuro di idrogeno (H<sub>2</sub>S) effettuato in un'area della Val d'Agri mediante l'uso di campionatori passivi "radiello" nel periodo compreso tra il 25 luglio 2013 ed il 30 dicembre 2013 e il trend espresso come valore medio annuale della concentrazioni di idrogeno solforato negli anni dal 2009 al 2013.

I dati, per la natura stessa del tipo di strumenti usati, sono rappresentativi di dati mediati su archi temporali di circa 15 giorni: non è possibile evincere eventuali emissioni acute e puntuali nel tempo ma si possono ricavare utili indicazioni circa le aree più esposte al rischio oggetto di questo studio, valutarne eventuali correlazioni con i dati meteorologici, soprattutto riguardo la direzione e la velocità del vento, riscontrare eventuali dipendenze da fattori stagionali.

## 2. PUNTI DI MONITORAGGIO

I campionatori passivi (Radielli) sono collocati nei siti indicati nella tabella (Tabella 1; foto: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)

Il sito presso la centralina qualità dell'aria (sito 1a) è stato sito di campionamento fino al 07/02/2013; mentre il sito (sito 1b) presso l'Ospedale di Villa D'Agri è il nuovo sito di campionamento dal 24/01/2013.

I siti di collocazione dei campionatori corrispondono a due diverse tipologie:

- Industriale (in prossimità della zona dove viene effettuata attività di estrazione di petrolio greggio e di gas naturale)
- Urbano (aree abitate e non direttamente interessate dalle emissioni di idrogeno solforato)

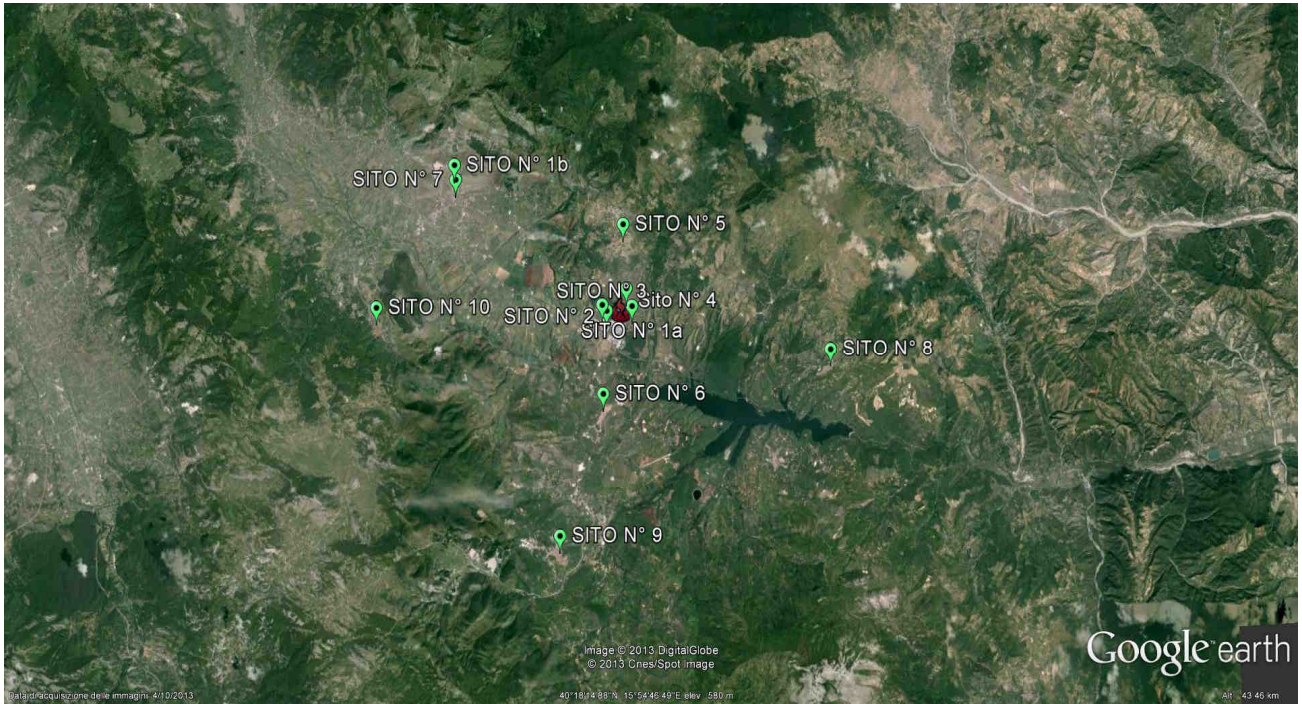
TABELLA 1 – ELENCO SITI DI MONITORAGGIO

Comune	Sito	Codice sito	Coordinate geografiche	Tipologia sito
Viggiano	Presso centralina qualità dell'aria	1a	LAT. N. 40°18'50" LONG. E.15°54'16" (1)	Industriale
Villa D'Agri	Ospedale di Villa D'Agri Via San Pio	1b	LAT. N. 40° 21' 39, 69" LONG. E.15°49' 36, 81"(2)	Urbano
Viggiano	Ingresso Elbe Italia	2	LAT. N. 40°18'46" LONG. E. 15°53'35"	Industriale
Viggiano	Presso Azienda BRD Legno	3	LAT. N. 40°18'54" LONG. E. 15°53'28"	Industriale
Viggiano	Strada direzione Viggiano	4	LAT. N. 40°19'05" LONG. E. 15°54'08"	Industriale
Viggiano	Palazzo comunale	5	LAT. N. 40°20'22" LONG. E. 15°54'05"	Urbano
Grumento Nova	Palazzo comunale	6	LAT. N. 40°17'10" LONG. E. 15°53'25"	Urbano
Villa D'Agri	Consorzio di Bonifica	7	LAT. N. 40°21'22" LONG. E. 15°49'40"	Urbano
Montemurro	Piazza Giacinto Albini	8	LAT. N. 40°17'52" LONG. E.15°59'36" (3)	Urbano
	Palazzo comunale	8	LAT. N. 40°17'52" LONG. E.15°59'35" (4)	Urbano
Moliterno	Municipio Piazza V. Veneto	9	LAT. N. 40°14'29" LONG. E.15°52'07"	Urbano
Tramutola	Municipio Piazza del Popolo	10	LAT. N. 40°18'55" LONG. E. 15°47'27"	Urbano

Nota:

- (1) posizione di campionamento fino al 07/02/2013
- (2) posizione di campionamento dal 24/01/2013
- (3) posizione di campionamento fino al 12/09/2012
- (4) posizione di campionamento dal 03/10/2012

**Figura 1 – Rete di monitoraggio dell'H<sub>2</sub>S in Val d'Agri: localizzazioni delle stazioni di campionamento**



**Foto 1, 2, 3, 4 - Siti di monitoraggio H<sub>2</sub>S nella zona industriale Viggiano – Tipologia di sito industriale**

*Foto 1- SITO 1a (Centralina qualità dell'aria )*



*Foto 2- SITO 2 (Ingresso Elbe Italia )*



*Foto 3- SITO 3 (Azienda BRD Legno)*



*Foto 4- SITO 4 (Strada direzione Viggiano)*



**Foto 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 - Monitoraggio H<sub>2</sub>S nei Comuni Val d'Agri – Tipologia di sito urbana**

*Foto 5- SITO 1b- Ospedale Villa D'Agri (Via San Pio )*



*Foto 6- SITO 5 – Viggiano (Palazzo Comunale )*



**Foto 7 - SITO 6 - Grumento Nova (Palazzo Comunale)**



**Foto 8 - SITO 7 - Villa D'Agri (Consorzio di Bonifica)**



**Foto 9 - SITO 8a - Montemurro (Piazza Giacinto Albini)**



**Foto 10 - SITO 8b - Montemurro (Palazzo Comunale)**



**Foto 11 - SITO 9 - Moliterno (Municipio Piazza V.Veneto)**



**Foto 12- SITO 10 - Tramutola (Municipio Piazza del Popolo)**



### 3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

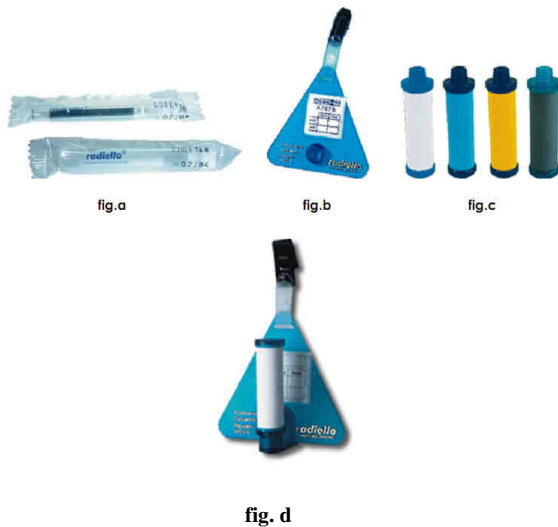
#### 3.1 Campionatori passivi

Il campionatore passivo (radiello) <sup>(1)</sup> è un dispositivo in grado di catturare gli inquinanti presenti nell'aria senza far uso di aspirazione forzata, sfruttando il solo processo fisico della diffusione molecolare degli inquinanti.

All'interno del campionatore è presente una sostanza, cioè un adsorbente specifico per ogni inquinante, in grado di reagire con la sostanza da monitorare. Il prodotto che si forma in seguito alla reazione si accumula nel dispositivo, la successiva analisi in laboratorio permette di determinare quantitativamente l'inquinante accumulato.

Un tipo di campionatore passivo è il "Radiello" (Fig.d).

Il "Radiello" è costituito da una cartuccia adsorbente (fig.a), una piastra di supporto (fig.b) ed un corpo diffusivo (fig.c).



Le cartucce adsorbenti (fig.a) differenti in relazione all'inquinante da rilevare, sono racchiuse in provette di vetro o plastica e durante il campionamento sono inserite all'interno dei corpi diffusivi (fig.c) (di colorazione differente in base all'inquinante da monitorare); queste successivamente sono posizionate su piastre di supporto (fig.b) che sostengono il corpo diffusivo. Il campionatore a diffusione viene successivamente posizionato all'interno di box (foto 1) che lo preserva dagli agenti atmosferici. La durata di esposizione varia da una settimana a due settimane in relazione alla cartuccia utilizzata. Dopo l'esposizione le cartucce adsorbenti vengono analizzate in laboratorio con tecniche specifiche. Il grosso vantaggio di tale tecnica è la facilità del suo impiego, che non richiede l'utilizzo di pompe, non ha dispendi energetici, può essere usato ovunque a costi relativamente irrisori. La sua elevata sensibilità permette di ottenere risultati accurati con esposizioni di poche ore o di alcune settimane.

#### Come funziona il campionatore a diffusione?

Il campionatore a diffusione è una scatola chiusa, di solito cilindrica, nella quale una delle due facce piane è "trasparente" alle molecole gassose e quella opposta le adsorbe. La prima è chiamata superficie diffusiva, la seconda superficie adsorbente (rispettivamente S ed A in figura). Sotto il gradiente di concentrazione  $dC/dl$ , le molecole gassose attraversano S diffondendo verso A, lungo il percorso  $l$  parallelo all'asse della scatola. Quelle adsorbibili vengono trattenute da A in accordo alla legge della diffusione:

$$\frac{dm}{dt} = D \cdot S \frac{dC}{dl} \quad [1]$$

dove  $dm$  è la massa adsorbita nel tempo  $dt$  e  $D$  è il coefficiente di diffusione. Se  $C$  è la concentrazione alla superficie diffusiva e  $C_0$  quella sulla superficie adsorbente, l'integrale della [1] diventa:

$$\frac{m}{t} = D \frac{(C-C_0)}{l} \quad [2]$$

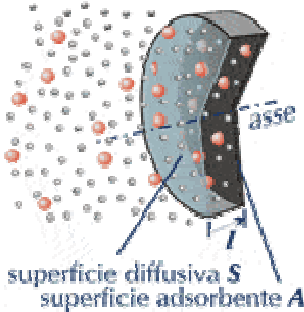
il quale diventa:

$$\frac{m}{tC} = D \frac{S}{l} = Q \quad \text{e quindi} \quad C = \frac{m}{tQ} \quad [3]$$

se la concentrazione sulla superficie adsorbente è uguale o molto vicina a 0.

$Q$  è la portata di campionamento, le cui dimensioni sono quelle di un flusso (esprimendo  $m$  in  $\mu\text{g}$ ,  $t$  in minuti e  $C$  in  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ,  $Q$  ha le dimensioni di  $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ).

Dunque, se  $Q$  è costante e nota, per conoscere il valore della concentrazione ambientale è sufficiente misurare la massa captata dall'adsorbente ed il tempo in cui il campionatore è rimasto esposto.



Nel campionamento diffusivo assiale, superfici diffusiva ed adsorbente sono due facce piane e contrapposte di una scatola chiusa, di solito cilindrica. Sotto il gradiente di concentrazione, le molecole adsorbibili (in colore) penetrano la superficie diffusiva rimanendo intrappolate da quella adsorbente.

### 3.2 Parametri meteorologici

La portata di campionamento  $Q$  dipende dal coefficiente di diffusione  $D$ , grandezza termodinamica caratteristica di ogni sostanza, che varia con la temperatura ( $T$ ) e con la pressione ( $P$ ); dunque, anche la portata di campionamento dipende da questi parametri, secondo una legge del tipo:

$$Q = f(T,P)$$

La correzione per la pressione atmosferica in condizioni diverse da quelle standard cioè di  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $298\text{ K}$ ) e  $1013\text{ hPa}$  è, normalmente, trascurabile; dato che la variazione è lineare e che la pressione atmosferica raramente oscilla di più di  $30\text{ hPa}$  nell'intorno di  $1013\text{ hPa}$ , l'errore massimo commesso, ignorando la correzione, non supera il  $\pm 3\%$ , di solito è compreso entro il  $\pm 1,5\%$ .

Più importante può essere invece l'errore commesso trascurando la temperatura, poiché la dipendenza da questo parametro è esponenziale. La conoscenza del valore medio di temperatura è dunque importante per attribuire accuratezza ai risultati analitici. Sebbene alcuni tipi di cartucce assorbano molta acqua se esposte a lungo in aria molto umida, in genere l'umidità non ha effetti sul campionamento con "radiello". Un qualche effetto si verifica, talvolta, sull'analisi.

È quindi importante riparare "radiello" dalle intemperie con un [box intemperie](#) (foto 13).

Foto13- Tipica stazione di monitoraggio con "Radielli"





#### 4. FONTI, EFFETTI SULLA SALUTE E RIFERIMENTI LEGISLATIVI SULL'IDROGENO SOLFORATO

I tipici sintomi e segni di intossicazione da idrogeno solforato sono diversi a seconda della concentrazioni e del tempo di esposizione (Tabella 2). Il primo segnale della presenza di idrogeno solforato è il suo odore sgradevole (odore di "uova marce"), anche a basse concentrazioni, che provoca disagio alla popolazione.

##### 4.1 Fonti

L'idrogeno solforato è un gas infiammabile, prodotto naturalmente da attività umana.

Le fonti naturali sono diverse, sono riduzioni batteriche anaerobiche di composti organici contenenti zolfo come solfati. L'idrogeno solforato si trova naturalmente nel petrolio greggio, gas naturale, gas vulcanico, sorgenti termali, nelle acque sotterranee, rilasciato da acque stagnanti o inquinate, letame o dalle miniere di carbone.

Il Solfuro di idrogeno può essere prodotto da una varietà di processi industriali:

- sottoprodotto nella purificazione del gas di raffineria
- sottoprodotto nella fabbricazione della pasta e della carta
- nella produzione del solfuro di carbonio
- intermedio nella fabbricazione di acido solforico e solfuri inorganici
- disinfettante naturale in agricoltura
- prodotto di decomposizione di xantati (utilizzato nell'industria mineraria) quando entrano in contatto con l'acqua
- in caso di rilascio accidentale o smaltimento improprio di materiali

Gli esseri umani possono essere esposti a solfuro di idrogeno da produzione endogena e da fonti esogene.

La maggior produzione endogena è il metabolismo di composti sulfidrilici contenenti amminoacidi (ad esempio, cisteine) da parte di batteri presenti sia nel tratto intestinale che nella bocca. L'idrogeno solforato presente nel cervello e in diversi muscoli lisci (ad esempio, aorta toracica, ileo) è prodotto dagli enzimi presenti in questi tessuti.

L'esposizione umana esogena di idrogeno solforato è principalmente dovuta ad inalazione, il gas è rapidamente assorbito attraverso i polmoni.

L'idrogeno solforato è metabolizzato attraverso tre percorsi: ossidazione, metilazione, e reazioni con metalloproteine o proteine contenenti disolfuro. L'ossidazione nel fegato è la principale via di disintossicazione. Il prodotto a maggior numero di ossidazione è il tiosolfato, che viene poi convertito in solfato ed escreto nelle urine.

La tossicità di solfuro di idrogeno è il risultato della reazione con metalloenzimi. Nei mitocondri, il citocromo ossidasi, l'enzima finale nella catena respiratoria, viene inibito dal solfuro di idrogeno, interrompendo la catena di trasporto degli elettroni e compromettendo il metabolismo ossidativo. I tessuti nervosi e cardiaci, che hanno la più alta richiesta di ossigeno, sono particolarmente sensibile alla perturbazione del metabolismo ossidativo, nel sistema nervoso centrale, questo effetto può causare la morte per arresto respiratorio.

##### 4.2 Riferimenti legislativi

***La Normativa vigente non prevede alcun valore limite per le emissioni da idrogeno solforato o solfuro di idrogeno o acido solfidrico (H<sub>2</sub>S), sia in ambiente industriale che urbano.***

Pertanto i riferimenti considerati possono essere:

- ✓ D.P.R. n.322 del 15 aprile 1971, decreto abrogato, che regola l'inquinamento atmosferico limitatamente al settore dell'industria
- ✓ O.M.S. (Organizzazione Mondiale della Sanità) consiglia il limite di idrogeno solforato per la tutela della popolazione
- ✓ CICADS 53 (Concise International Assessment Document 53) dell'ICPS-International Programme on Chemical Safety)

##### 4.2.1 Valutazione del rischio per la salute secondo l' Organizzazione Mondiale della Sanità

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS o World Health Organization WHO) fissa dei limiti per idrogeno solforato per la tutela della salute della popolazione.

Gli studi tossicologici da esposizione ad idrogeno solforato sono stati effettuati sull'uomo e su animali da laboratorio, anche se entrambi rispondono in modo simile. La tabella 2 mostra le relazioni dose-effetto per l'esposizione all'idrogeno solforato.

**Tabella 2. Relazioni dose-effetto**

Concentrazione di H <sub>2</sub> S		Durata dell'esposizione	Effetto
mg/m <sup>3</sup>	ppm		
2250	1500	15-30 min	Morte
1350	900	< 30 min	Sintomi sistemici; morte in meno di un ora
750-1500	500-700	< 1 h	Irritazione locale e lievi sintomi sistemici ; possibile morte dopo molte ore
225-300	150-200	2-15 min	Perdita del senso olfattivo
75-150	50-100	> 1h	Congiuntivite acuta
16-32	10,5-21,0	6-7h	Soglia per l'irritazione oculare
0,0007-0,2	0,0005-0,13	Da pochi secondi a meno di 1 min	Soglia di percezione per l'odore sgradevole

Il LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level, cioè livello più basso di dose che produce effetto tossico per l'idrogeno solforato è considerato dall'OMS di 15 mg /m<sup>3</sup> (3), concentrazione che causa irritazione oculare.

Ci sono due aspetti per la tutela della salute pubblica in relazione all'esposizione da idrogeno solforato:

- (a) tutela della popolazione e dei lavoratori, in particolare dal punto di vista tossicologico;
- (b) protezione della popolazione da cattivi odori che possono essere associati al rilascio di idrogeno solforato.

Secondo le linee guida dell'OMS (3) per fastidi dovuti all'odore sgradevole da idrogeno solforato, le concentrazioni di quest'ultimo non dovrebbero superare i 7 µg/m<sup>3</sup> per un tempo medio di esposizione pari a 30 minuti.

**4.2.2 Limite di emissione secondo il DPR n.322 del 15 aprile 1971**

La normativa italiana secondo il DPR n.322 del 15 aprile 1971 Decreto del Presidente della Repubblica 15 aprile 1971, n. 322 (in Suppl.ordinario alla Gazz. Uff. n. 145 del 9 giugno) "Regolamento per l'esecuzione della legge 13 luglio 1966, n. 615, recante provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico, limitatamente al settore delle industrie", all'articolo 8 indica i limiti che non devono essere superati per le immissioni degli stabilimenti in area industriale. Nella tabella che segue (tabella 3) viene riportato un estratto del suddetto decreto.

**Tabella 3-Valori di riferimento per l'H<sub>2</sub>S nel D.P.R. n. 322 del 15 aprile 1971**

INQUINANTI	Concentrazioni di punta 1013 millibar 25° C			Concentrazioni medie 1013 millibar 25° C	
	p.p.m. (mg/m <sup>3</sup> )	Durata del prelievo in minuti	Frequenza in 8 ore	p.p.m. (mg/m <sup>3</sup> )	Durata del prelievo in ore
Solfuro di idrogeno (idrogeno solforato)	0,07 (0,10)	30	1	0,03 (0,04)	24

**4.2.3 Limite di emissione secondo il CICADS**

Concentrazioni tollerabili a breve e medio termine:

- ✓ concentrazioni a breve termine : 100 µg /m<sup>3</sup> (esposizione di durata da 1 a 14 giorni)
- ✓ concentrazione a medio termine: 20 µg /m<sup>3</sup> (esposizione di durata da 1 a 90 giorni).

**Tabella 4 - Effetti sulla salute umana a varie concentrazioni da idrogeno solforato.**

Esposizione (mg/m <sup>3</sup> )	Effetto / osservazione	Riferimenti
0,011	Odore sgradevole	Amoore & Hautala, 1983
2,8	Broncocostrizione in individui asmatici	Jappinen et al., 1990
5,0	Aumento dei disturbi agli occhi	Vanhoorne et al., 1995
7 o 14	Aumento della concentrazione di lattato nel sangue, diminuzione del citrato sintasi nel muscolo scheletrico, diminuzione dell'assorbimento di ossigeno	Bhambhani & Singh, 1991; Bhambhani et al., 1996b, 1997
5-29	Irritazione oculare	IPCS, 1981
28	Affaticamento, perdita di appetito, mal di testa, irritabilità, scarsa memoria, vertigini	Ahlhorg, 1951
>140	Paralisi olfattiva	Hirsch & Zavala, 1999
>560	Difficoltà respiratoria	Spolyar, 1951
≥700	Morte	Beauchamp et al., 1984

**Tabella 5 – Fattori di conversione per misura di concentrazione di idrogeno solforato**

1mg/m <sup>3</sup> = 0,71 ppm	1 ppm = 1,4 mg/m <sup>3</sup>	1mg/m <sup>3</sup> = 1000 µg/m <sup>3</sup>
-------------------------------	-------------------------------	---

## 5. MATERIALI E PRINCIPIO DI ANALISI PER CAMPIONATORI PASSIVI DI IDROGENO SOLFORATO

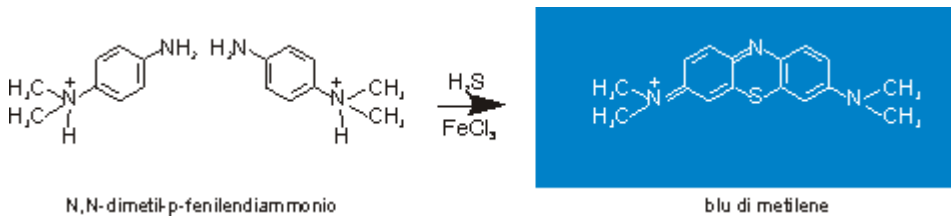
### 5.1 Materiale per Campionatori passivi “Radielli” per idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S)

Il campionatore passivo “radiello” per il monitoraggio dell'idrogeno solforato è costituito da:

- Corpo diffusivo bianco codice 120
- Piastra di supporto codice 121
- Adattatore verticale codice 122 (opzionale)
- Cartuccia chemiadsorbente codice 170

### 5.2 Principio

La cartuccia codice 170 è in polietilene microporoso impregnato di acetato di zinco. L'idrogeno solforato è chemiadsorbito dall'acetato di zinco sotto forma di solfuro di zinco stabile. Il solfuro è recuperato estraendolo con acqua; in presenza di un ossidante, quale il cloruro ferrico, in ambiente fortemente acido reagisce con lo ione N,N-dimetil-p-fenilendiammonio producendo blu di metilene



Il blu di metilene è dosato mediante spettrofotometria nel visibile.

### 5.3 Portata di campionamento

La portata di campionamento  $Q_{298}$  a 298 K (25°C) e 1013 hPa è  $0,096 \pm 0,005 \text{ ng} \cdot \text{ppb}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  o  $69 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ .

### 5.4 Effetto della temperatura, dell'umidità e della velocità dell'aria

La portata di campionamento varia con la temperatura secondo:

$$Q_K = 0,096 \left( \frac{K}{298} \right)^{3,8} \quad [4]$$

dove  $Q_K$  è la portata di campionamento alla temperatura K in Kelvin nell'intervallo 268-313 K (da -5 a 40 °C).

La portata è invariante con l'umidità relativa fra 10 e 90% e con la velocità dell'aria fra 0,1 e 10 m/s.

### 5.5 Calcoli

Ricavata  $Q_K$  dall'equazione precedente, la concentrazione C in ppb si calcola da:

$$C = \frac{m}{Q_K \cdot t} \cdot 1000$$

dove m è la massa di ione solfuro in µg trovata nella cartuccia e t è il tempo di esposizione in minuti.

### 5.6 Esposizione

Sono permesse esposizioni da 1 ora a 15 giorni. Il campionamento è lineare nell'intervallo 2.000-50.000.000 ppb-min di H<sub>2</sub>S.

### 5.7 Limite di rivelabilità e incertezza

Il limite di rivelabilità è di 30 ppb per esposizione di 1 ora o di 1 ppb per esposizione di 24 ore. L'incertezza a  $2\sigma$  è 8,7% nell'intero intervallo di esposizioni consentito.

### 5.8 Durata e conservazione

Le cartucce sono stabili per almeno 12 mesi prima e 6 mesi dopo l'esposizione.

\* L'analisi in laboratorio viene eseguita secondo la procedura indicata dalla «Fondazione Salvatore Maugeri -IRCCS» H1, Ed. 01/2006<sup>(1)</sup>.

**6. RISULTATI DEL MONITORAGGIO DAL 25 LUGLIO 2013 AL 30 DICEMBRE 2013**

Le concentrazioni rilevate per il periodo dal 25 luglio 2013 al 30 dicembre 2013, per un tempo di esposizione di circa 15 giorni dei singoli radielli sono riportate nelle tabelle seguenti per i vari siti di monitoraggio.

Il valore della concentrazione di H<sub>2</sub>S è calcolato <sup>(1)</sup> secondo il metodo pubblicato dalla “Fondazione Salvatore Maugeri-IRCCS” rispetto alla temperatura media di ciascun periodo di monitoraggio.

<i>Codice sito</i>	<i>Tipologia sito</i>	<i>Ubicazione</i>
<i>1b</i>	<i>Urbano</i>	<i>Ospedale di Villa D'Agri Via San Pio</i>

NUMERO DI IDENTIFICAZIONE RADIELLO	PERIODO DI ESPOSIZIONE	UNITÀ DI MISURA	RISULTATO
XY672	Dal 25/07/2013 al 09/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	3,6
XY913	Dal 09/08/2013 al 29/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,0
XY923	Dal 29/08/2013 al 12/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	4,0
XY684	Dal 12/09/2013 al 30/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY682	Dal 30/09/2013 al 10/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,0
XY967	Dal 10/10/2013 al 24/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,9
XX978	Dal 24/10/2013 al 08/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	5,6
XY556	Dal 08/11/2013 al 25/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY566	Dal 25/11/2013 al 13/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY619	Dal 13/12/2013 al 30/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.

<i>Codice sito</i>	<i>Tipologia sito</i>	<i>Ubicazione</i>
<i>2</i>	<i>Industriale</i>	<i>Ingresso Elbe Italia - Viggiano</i>

NUMERO DI IDENTIFICAZIONE RADIELLO	PERIODO DI ESPOSIZIONE	UNITÀ DI MISURA	RISULTATO
XY670	Dal 25/07/2013 al 09/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,4
XY911	Dal 09/08/2013 al 29/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,1
XY920	Dal 29/08/2013 al 12/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	13,8
XY686	Dal 12/09/2013 al 30/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY680	Dal 30/09/2013 al 10/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,0
XY965	Dal 10/10/2013 al 24/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,9
XX976	Dal 24/10/2013 al 08/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	3,0
XY554	Dal 08/11/2013 al 25/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY564	Dal 25/11/2013 al 13/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY617	Dal 13/12/2013 al 30/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.

<i>Codice sito</i>	<i>Tipologia sito</i>	<i>Ubicazione</i>
<i>3</i>	<i>Industriale</i>	<i>Presso Azienda BRD Legno Viggiano</i>

NUMERO DI IDENTIFICAZIONE RADIELLO	PERIODO DI ESPOSIZIONE	UNITÀ DI MISURA	RISULTATO
XY671	Dal 25/07/2013 al 09/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,3
XY912	Dal 09/08/2013 al 29/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	0,9
XY921	Dal 29/08/2013 al 12/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,7
XY685	Dal 12/09/2013 al 30/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY681	Dal 30/09/2013 al 10/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	n.d.
XY966	Dal 10/10/2013 al 24/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	2,2
XX977	Dal 24/10/2013 al 08/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	5,6
XY555	Dal 08/11/2013 al 25/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY565	Dal 25/11/2013 al 13/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY618	Dal 13/12/2013 al 30/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.

<b>Codice sito</b>	<b>Tipologia sito</b>	<b>Ubicazione</b>
4	Industriale	Strada direzione Viggiano

NUMERO DI IDENTIFICAZIONE RADIELLO	PERIODO DI ESPOSIZIONE	UNITÀ DI MISURA	RISULTATO
XY669	Dal 25/07/2013 al 09/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	5,7
XY910	Dal 09/08/2013 al 29/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,2
XY922	Dal 29/08/2013 al 12/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY687	Dal 12/09/2013 al 30/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY679	Dal 30/09/2013 al 10/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,7
XY964	Dal 10/10/2013 al 24/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,5
XX974	Dal 24/10/2013 al 08/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,0
XY553	Dal 08/11/2013 al 25/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY563	Dal 25/11/2013 al 13/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY616	Dal 13/12/2013 al 30/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.

<b>Codice sito</b>	<b>Tipologia sito</b>	<b>Ubicazione</b>
5	Urbano	Palazzo comunale - Viggiano

NUMERO DI IDENTIFICAZIONE RADIELLO	PERIODO DI ESPOSIZIONE	UNITÀ DI MISURA	RISULTATO
XY668	Dal 25/07/2013 al 09/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,8
XY905	Dal 09/08/2013 al 29/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	5,8
XY919	Dal 29/08/2013 al 12/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY688	Dal 12/09/2013 al 30/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY678	Dal 30/09/2013 al 10/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,8
XY963	Dal 10/10/2013 al 24/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	2,2
XX973	Dal 24/10/2013 al 08/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,4
XY552	Dal 08/11/2013 al 25/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY562	Dal 25/11/2013 al 13/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY615	Dal 13/12/2013 al 30/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.

<b>Codice sito</b>	<b>Tipologia sito</b>	<b>Ubicazione</b>
6	Urbano	Palazzo comunale - Grumento Nova

NUMERO DI IDENTIFICAZIONE RADIELLO	PERIODO DI ESPOSIZIONE	UNITÀ DI MISURA	RISULTATO
XY664	Dal 25/07/2013 al 09/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,2
XY907	Dal 09/08/2013 al 29/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY916	Dal 29/08/2013 al 12/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY693	Dal 12/09/2013 al 30/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY675	Dal 30/09/2013 al 10/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	3,2
XY960	Dal 10/10/2013 al 24/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	2,1
XX970	Dal 24/10/2013 al 08/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,5
XY549	Dal 08/11/2013 al 25/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,0
XY559	Dal 25/11/2013 al 13/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY612	Dal 13/12/2013 al 30/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.

<b>Codice sito</b>	<b>Tipologia sito</b>	<b>Ubicazione</b>
7	Urbano	Consorzio di Bonifica - Villa D'Agri

NUMERO DI IDENTIFICAZIONE RADIELLO	PERIODO DI ESPOSIZIONE	UNITÀ DI MISURA	RISULTATO
XY660	Dal 25/07/2013 al 09/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,0
XY904	Dal 09/08/2013 al 29/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY914	Dal 29/08/2013 al 12/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY691	Dal 12/09/2013 al 30/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY673	Dal 30/09/2013 al 10/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,7
XY958	Dal 10/10/2013 al 24/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	2,0
XX968	Dal 24/10/2013 al 08/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,1
XY547	Dal 08/11/2013 al 25/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY557	Dal 25/11/2013 al 13/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY610	Dal 13/12/2013 al 30/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.

<i>Codice sito</i>	<i>Tipologia sito</i>	<i>Ubicazione</i>
8	Urbano	Piazza Giacinto Albini - Montemurro

NUMERO DI IDENTIFICAZIONE RADIELLO	PERIODO DI ESPOSIZIONE	UNITÀ DI MISURA	RISULTATO
XY667	Dal 25/07/2013 al 09/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	4,1
XY909	Dal 09/08/2013 al 29/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,3
XY918	Dal 29/08/2013 al 12/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY689	Dal 12/09/2013 al 30/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY677	Dal 30/09/2013 al 10/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	2,0
XY962	Dal 10/10/2013 al 24/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	2,2
XX972	Dal 24/10/2013 al 08/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	5,6
XY551	Dal 08/11/2013 al 25/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,4
XY561	Dal 25/11/2013 al 13/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY614	Dal 13/12/2013 al 30/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.

<i>Codice sito</i>	<i>Tipologia sito</i>	<i>Ubicazione</i>
9	Urbano	Municipio Piazza V. Veneto – Moliterno

NUMERO DI IDENTIFICAZIONE RADIELLO	PERIODO DI ESPOSIZIONE	UNITÀ DI MISURA	RISULTATO
XY665	Dal 25/07/2013 al 09/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	5,3
XY908	Dal 09/08/2013 al 29/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY917	Dal 29/08/2013 al 12/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY690	Dal 12/09/2013 al 30/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	0,9
XY676	Dal 30/09/2013 al 10/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	3,7
XY961	Dal 10/10/2013 al 24/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	2,0
XX971	Dal 24/10/2013 al 08/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,1
XY550	Dal 08/11/2013 al 25/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,3
XY560	Dal 25/11/2013 al 13/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY613	Dal 13/12/2013 al 30/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.

<i>Codice sito</i>	<i>Tipologia sito</i>	<i>Ubicazione</i>
10	Urbano	Piazza del Popolo – Tramutola

NUMERO DI IDENTIFICAZIONE RADIELLO	PERIODO DI ESPOSIZIONE	UNITÀ DI MISURA	RISULTATO
XY663	Dal 25/07/2013 al 09/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	4,9
XY906	Dal 09/08/2013 al 29/08/2013	µg/m <sup>3</sup>	6,0
XY915	Dal 29/08/2013 al 12/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY692	Dal 12/09/2013 al 30/09/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.
XY674	Dal 30/09/2013 al 10/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,7
XY959	Dal 10/10/2013 al 24/10/2013	µg/m <sup>3</sup>	2,0
XX969	Dal 24/10/2013 al 08/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	4,8
XY548	Dal 08/11/2013 al 25/11/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,7
XY558	Dal 25/11/2013 al 13/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	1,0
XY611	Dal 13/12/2013 al 30/12/2013	µg/m <sup>3</sup>	<L.O.D.

**Note:**

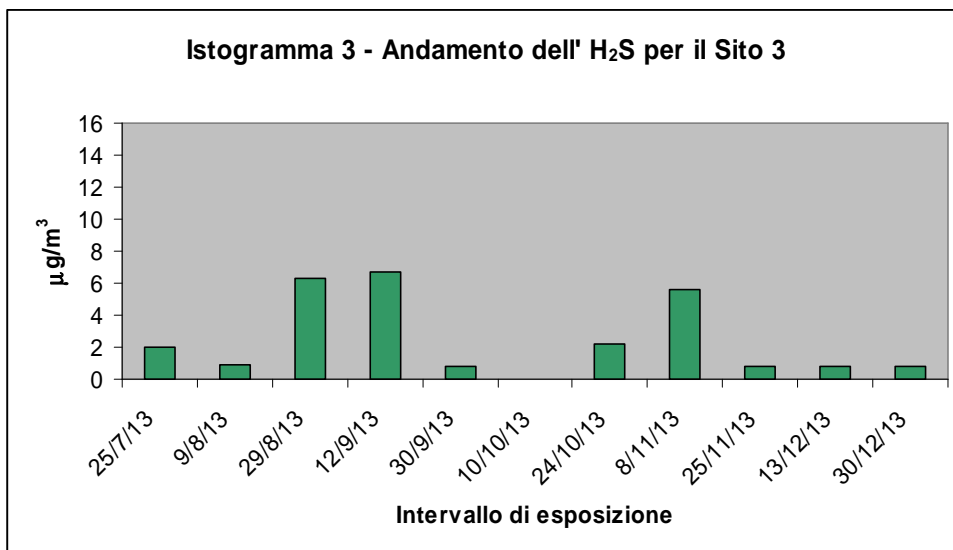
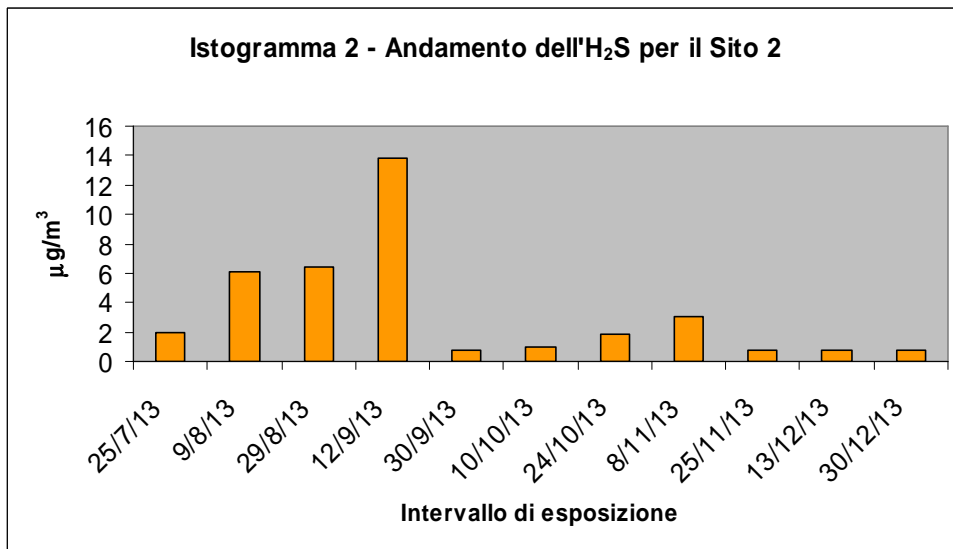
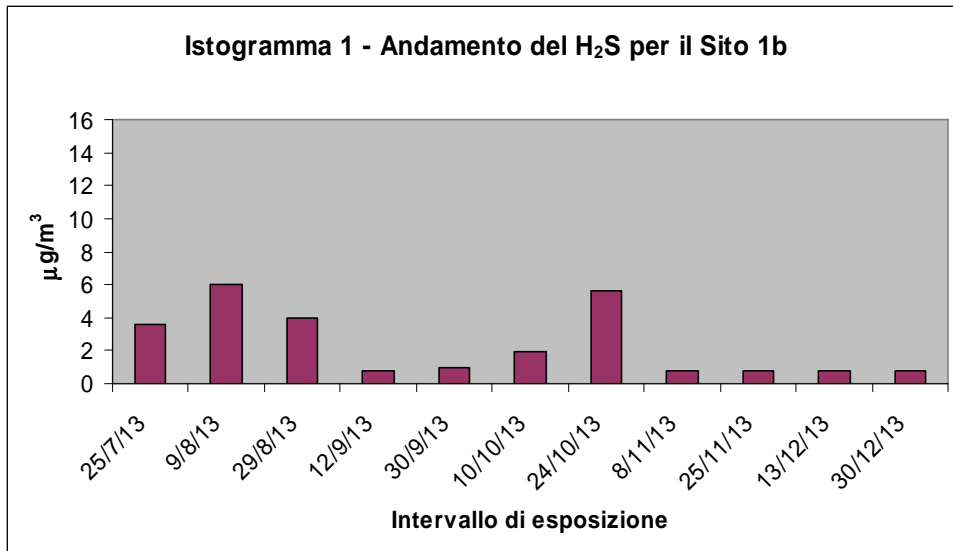
- n.d. : Radiello smarrito non ritrovato dal personale A.R.P.A.B nel box intemperie
- L.O.D = Limite di rivelazione

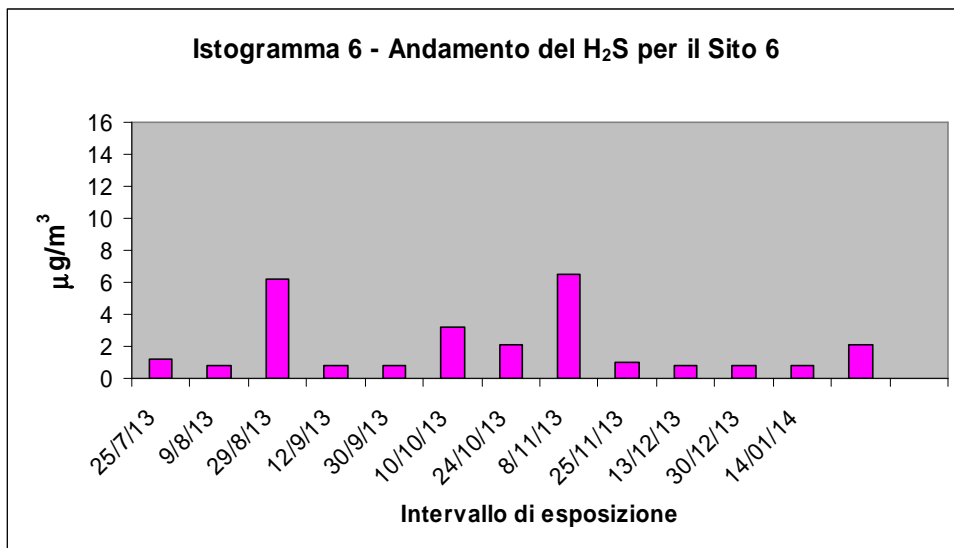
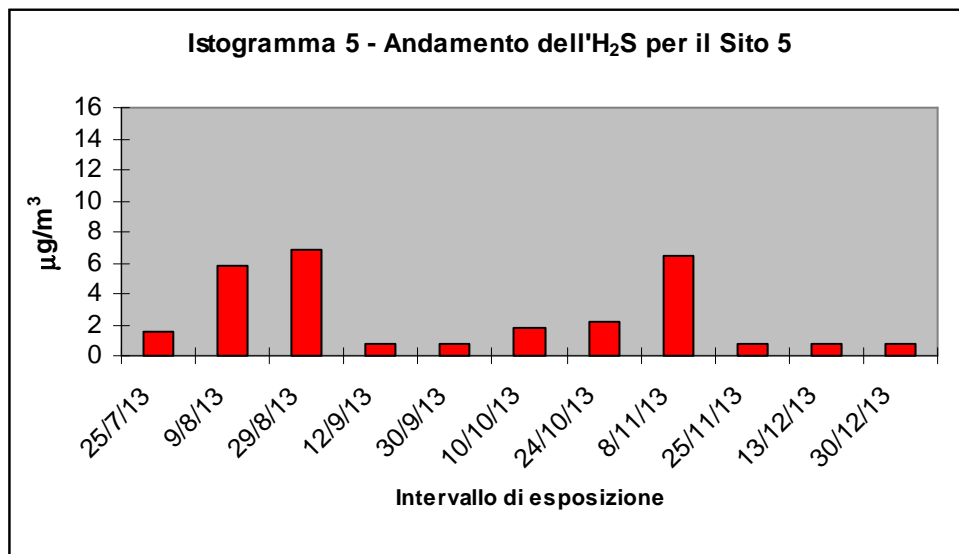
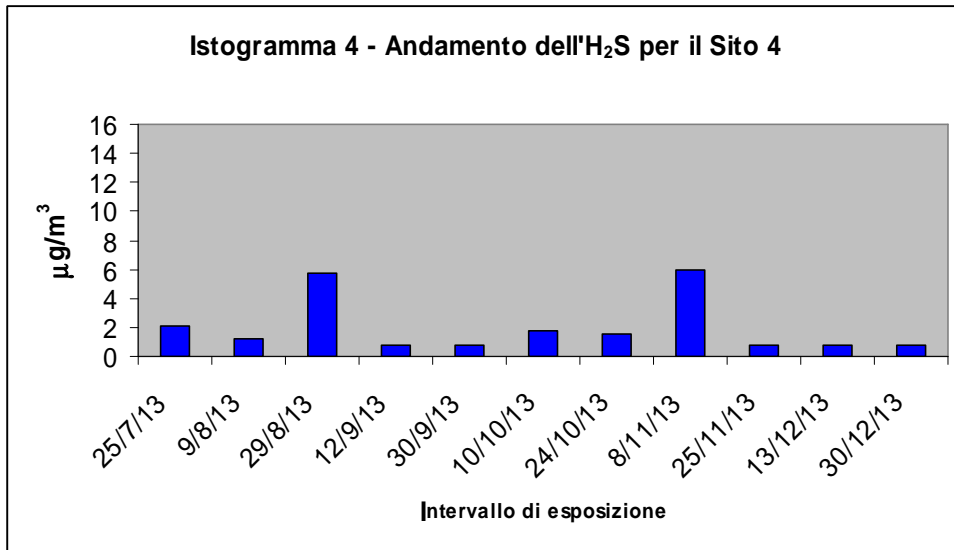
## 7. ANALISI DEI RISULTATI

### 7.1 Monitoraggio dal 25 luglio 2013 al 30 dicembre 2013

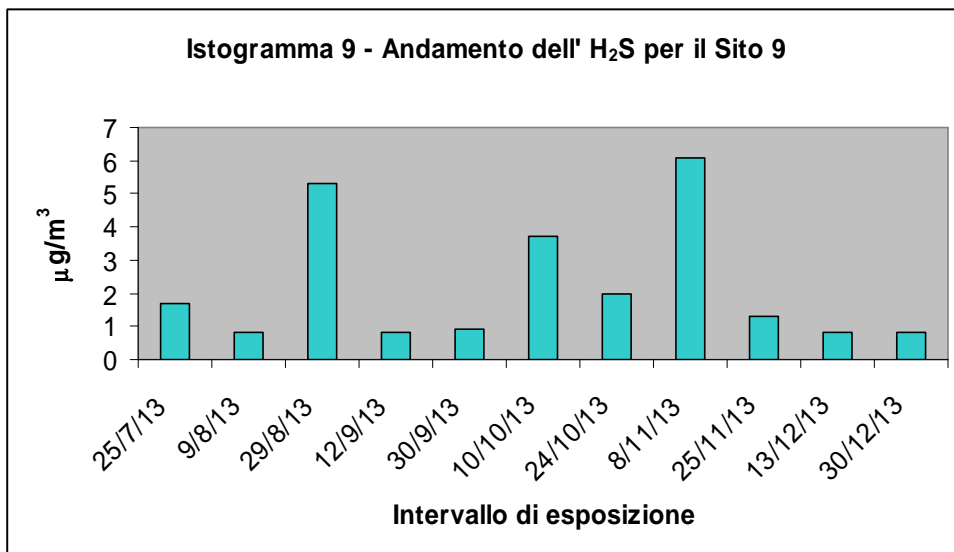
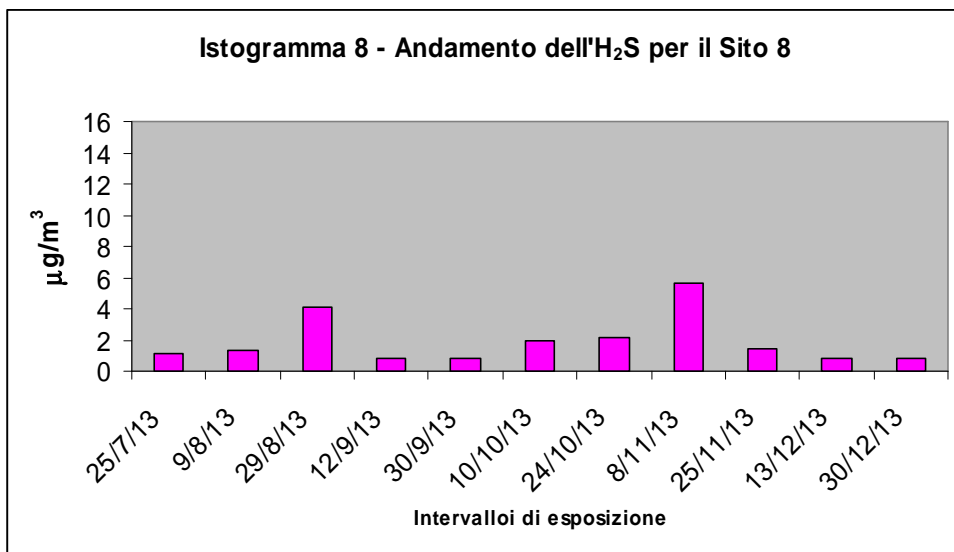
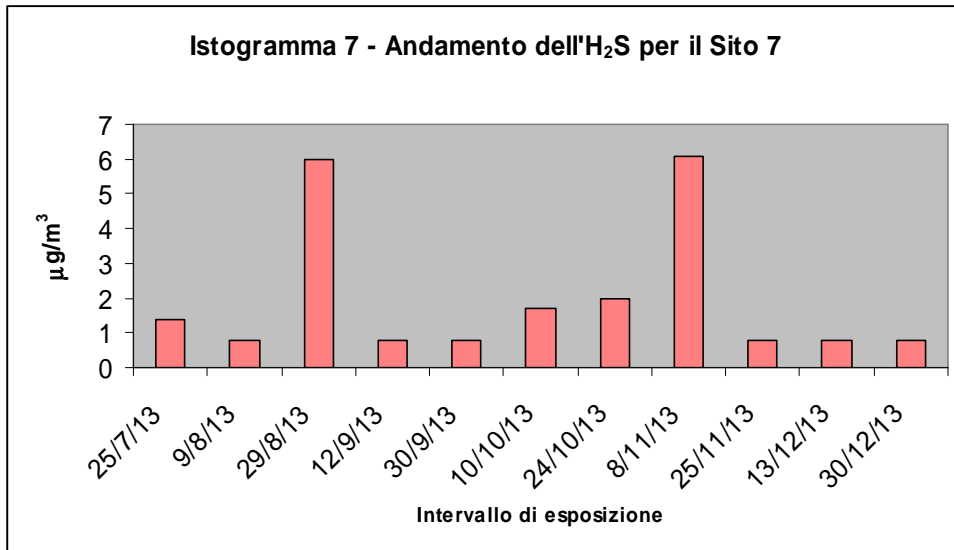
#### 7.1.1 Andamento dell'H<sub>2</sub>S nei Siti di monitoraggio (Istogrammi)

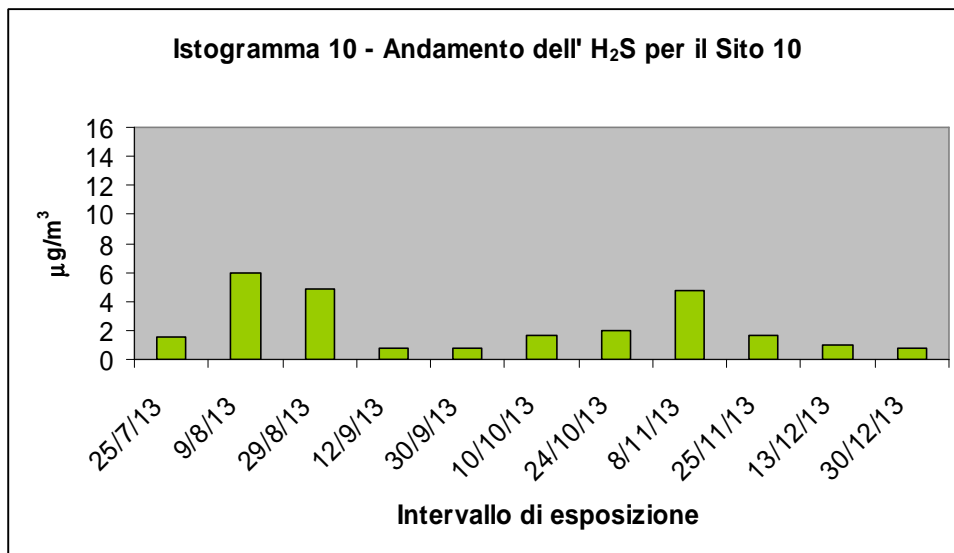
Le date negli istogrammi si riferiscono agli intervalli di esposizione del periodo indicato nelle tabelle precedenti.









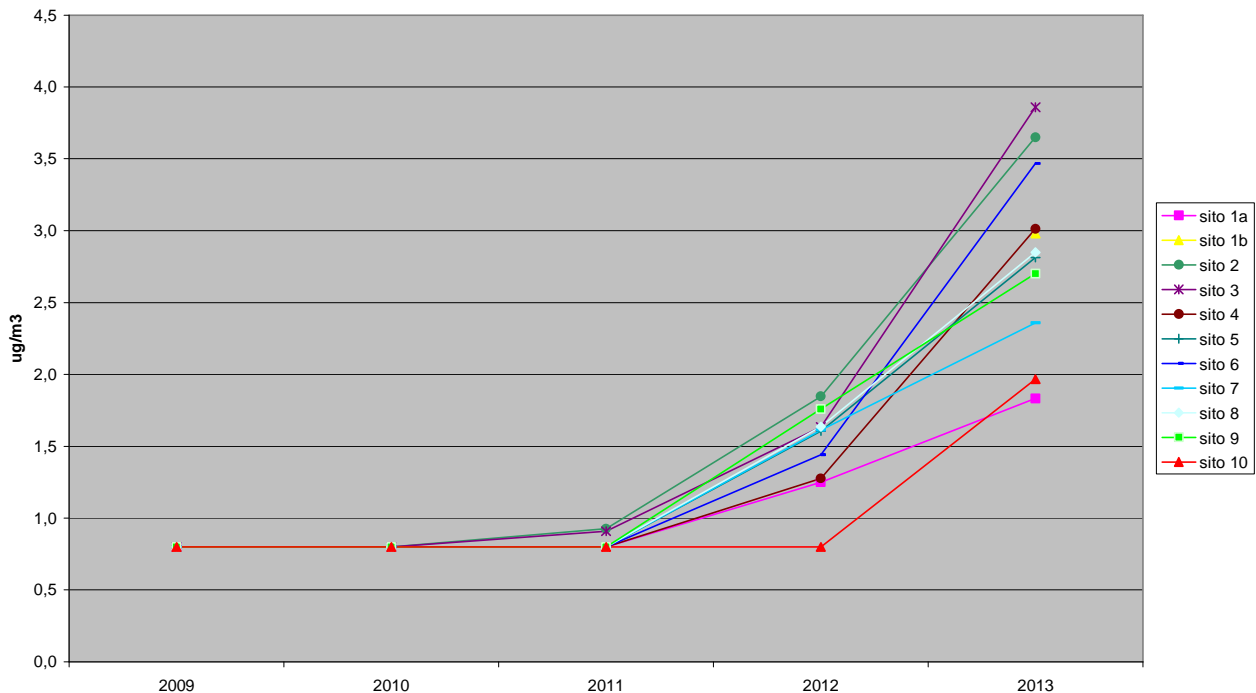


## 7.2 Trend delle campagne di monitoraggio dal 11 febbraio 2009 al 30 dicembre 2013

Di seguito viene riportato l'andamento dell'H<sub>2</sub>S nei 5 anni di monitoraggio.

### 7.2.1 Andamento dell'H<sub>2</sub>S dal 11 febbraio 2009 al 30 dicembre 2013

I dati riportati rappresentano il valore medio annuale della concentrazioni di idrogeno solforato ottenuto in ogni anno di monitoraggio nei cinque anni (2009-2010-2011-2012-2013).



## 7.3 Dati Metereologici

I dati di temperatura utilizzati nei calcoli della concentrazione sono stati elaborati dall'Ufficio Gestioni Reti di Monitoraggio del A.R.P.A.B. tramite la centralina della Stazione di monitoraggio della qualità dell'aria in C/da Guardemauro nella zona industriale di Viggiano.

## 7.4 Raccolta dei risultati

I radielli raccolti e posizionati dal personale tecnico del Ufficio Aria del Dipartimento Provinciale di Potenza, sono stati analizzati dal Laboratorio Strumentale del Dipartimento Provinciale di Potenza.

### 7.5 Considerazioni conclusive del monitoraggio

I valori mancanti (n.d.) sono originati da sottrazione e/o danneggiamento vandalico dei campionatori passivi e/o del box intemperie.

Dall'analisi dei dati illustrati, per il sito 2 (Ingresso Elbe) sito a tipologia industriale nel periodo di esposizione dal 29/8/13 al 12/09/13, il valore di concentrazione dell'idrogeno solforato ha superato la soglia olfattiva di percezione degli odori molesti, come indicato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (tabella 2).

✓ Ingresso Elbe, Viggiano (sito 2)

I dati, per la natura stessa del tipo di strumenti usati, sono rappresentativi dei dati mediati su archi temporali di circa 15 giorni: non è possibile evincere eventuali emissioni acute e puntuali nel tempo.

Si fa presente che i Radielli rappresentano i valori di concentrazione media di idrogeno solforato durante il periodo di esposizione.

L'analisi dei valori ottenuti nei 5 anni di monitoraggio mostra un trend in aumento della concentrazione media annuale di H<sub>2</sub>S dal 2011 per tutti i siti monitorati, i siti in maggiore misura interessati dall'aumento dei valori sono i siti:

- Sito 1b (Piazzale Ospedale Villa D'Agri).
- Sito 2 (Ingresso Elbe)
- Sito 3 (Azienda BRD Legno)
- Sito 4 (Strada direzione Viggiano)
- Sito 6 (Palazzo Comunale Grumento Nova )

La mappa (Figura 2) seguente evidenzia graficamente in base alla grandezza dei pallini la concentrazione come valore medio dell'H<sub>2</sub>S nell'anno 2013.

La tabella 6 mostra la concentrazione media per l'anno 2013 in ordine crescente per i siti monitorati.

**Figura 2 -Rappresentazione del valore medio anno 2013 su cartografia dell' H<sub>2</sub>S nei diversi Siti di monitoraggio**

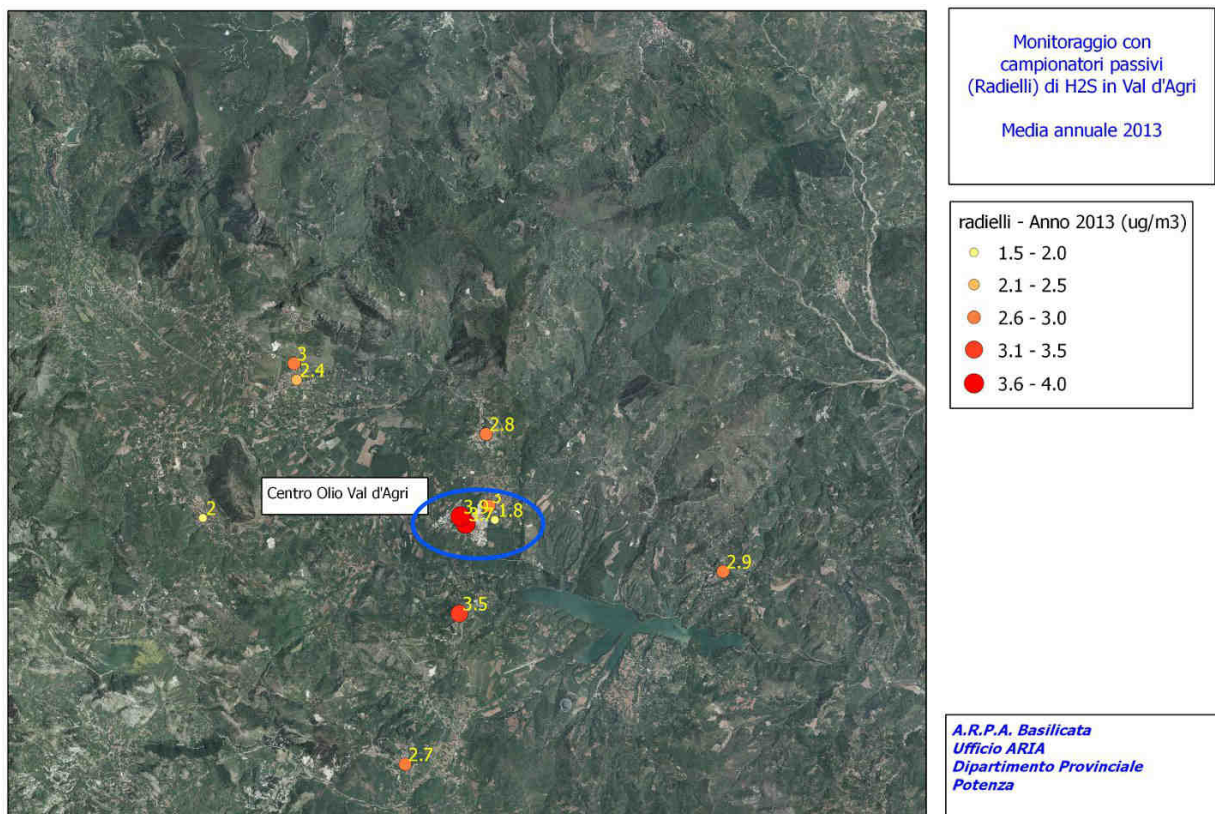


TABELLA 6 – Concentrazione media annuale 2013 per sito di monitoraggio

Comune	Sito	Codice sito	Concentrazione media annuale 2013	Tipologia sito
Viggiano	Presso Azienda BRD Legno	3	3,9	Industriale
Viggiano	Ingresso Elbe Italia	2	3,7	Industriale
Grumento Nova	Palazzo comunale	6	3,5	Urbano
Viggiano	Strada direzione Viggiano	4	3,0	Industriale
Villa D'Agri	Ospedale di Villa D'Agri Via San Pio	1b	3,0	Urbano
Montemurro	Palazzo comunale	8	2,9	Urbano
Viggiano	Palazzo comunale	5	2,8	Urbano
Moliterno	Municipio Piazza V. Veneto	9	2,7	Urbano
Villa D'Agri	Consorzio di Bonifica	7	2,4	Urbano
Tramutola	Municipio Piazza del Popolo	10	2,0	Urbano
Viggiano	Presso centralina qualità dell'aria	1a	1,8	Industriale

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. <http://www.radiello.it/>
2. Valore guida da DPR 322/71
3. Air Quality Guideline for Europe ” 2end Edition, World Health Organization, 2000 (N°91)
4. *Hydrogen Sulfide*. Geneva, World Health Organization, 1981 (Environmental Health Criteria, No. 19)
5. A.R.P.A.B. Campagna di Monitoraggio con campionatori passivi (radielli) di idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S) in Val D'Agri, 2011
6. CICADS 53 , International Programme on Chemical Safety, 2003.
7. Sito A.R.P.A.B.: [www.arpab.it](http://www.arpab.it)

## GRUPPO DI LAVORO

Dott. Aldo Crispino, Dott.ssa Katrazyna Pilat, Dott.ssa Lucia Marcone, p.i. Giuseppe Barbarito, p.i. Rocco Marino.