



Dipartimento Ambiente e  
Connessa Prevenzione  
Primaria



Dipartimento Installazioni di Produzione e  
Insediamenti Antropici



Dipartimento di  
Prevenzione  
**AULSS 12 Veneziana**



Agenzia Regionale per la Prevenzione  
e Protezione Ambientale del Veneto

# **Protocollo per la verifica delle concentrazioni in aria di Sostanze Volatili nei siti contaminati**

**Novembre 2013**

*Elaborato da:*

D.ssa Loredana Musmeci (ISS)

D.ssa Eleonora Beccaloni (ISS)

D.ssa Federica Scaini (ISS)

Dott. Gaetano Settimo (ISS)

Ing. Simona Berardi (INAIL)

Ing. Elisabetta Bemporad (INAIL)

D.ssa Maria Gregio (AULSS 12 Veneziana)

Dott. Gianmaria Formenton (ARPAV)

## SOMMARIO

INTRODUZIONE .....	4
1. DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA.....	6
1.1 Uso del suolo residenziale/ricreativo.....	6
1.2 Uso del suolo commerciale/industriale.....	8
2. CONCENTRAZIONI ACCETTABILI DI RIFERIMENTO ( $CR_{aria}$ ) .....	10
2.1 La rete di monitoraggio dell'aria nel comune di Venezia .....	13
3. STRATEGIE DI MONITORAGGIO.....	16
3.1 Tipologia di campionamento.....	16
3.2 Distribuzione spaziale delle postazioni di misura .....	17
3.3 Durata del campionamento e del monitoraggio.....	17
4. TECNICHE DI CAMPIONAMENTO .....	18
5. VERIFICA DEL RISPETTO DEI LIMITI DI ACCETTABILITA' ( $CR_{aria}$ ) .....	19
6. LIVELLO DI FONDO DEL SITO.....	20
BIBLIOGRAFIA .....	22
ALLEGATO A.....	24

## INTRODUZIONE

La migrazione delle Sostanze Volatili (SV) dal suolo superficiale (SS), suolo profondo (SP) e/o falda (GW) contaminati possono alterare la qualità dell'aria indoor e/o outdoor, qualunque sia la destinazione d'uso del sito (residenziale/ricreativo o industriale/commerciale).

Questo protocollo si occuperà in particolare dei Composti Organici Volatili (COV) e del Mercurio gassoso totale.

La normativa nazionale ed europea si è occupata dei COV con un susseguirsi di aggiornamenti che non hanno apportato sostanziali modifiche alle definizioni di questi composti [D.M. 44/2004] [D.Lgs. 161/2006, D.Lgs. 155/2010]. In particolare il D.Lgs. 152/06 alla Parte V, all'art. 268 riporta "Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera, al Titolo I – Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività – Tra le definizioni al punto II) esplicita come composto organico volatile (COV): qualsiasi composto organico che abbia a 293,15 K una pressione di vapore di 0,01 kPa o superiore, oppure che abbia una volatilità corrispondente in condizioni particolari di uso. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) classifica i composti organici [OMS, 1989], considerando i punti di ebollizione, in quattro gruppi, come riportato in tabella 1.

**Tab. 1 – Classificazione dei composti organici secondo l'OMS**

Descrizione	Abbreviazione	Intervallo di ebollizione
		(°C)
Composti organici molto volatili (gassosi)	VVOC	da <0 a 50-100
Composti organici volatili	VOC	da 50-100 a 240-260
Composti organici semivolatili	SVOC	da 240-260 a 380-400
Composti organici associati al particolato	POM	>380

Nel presente documento con l'acronimo COV si intendono i composti organici molto volatili (VVOC) e volatili (VOC), come definiti dall'OMS.

Lo scopo del presente lavoro è quello di definire una procedura e dei criteri atti a verificare l'accettabilità delle concentrazioni in aria per le sostanze volatili (SV) nelle quali rientrano sia i COV che per il Mercurio (Hg) gassoso totale, di seguito definito Mercurio (Hg), nel caso in cui risulti necessario prevedere l'attivazione di specifiche campagne di monitoraggio in aria. Tale procedura è finalizzata esclusivamente alla valutazione e gestione del rischio sanitario per la popolazione e i lavoratori potenzialmente esposti. Per gli aspetti di protezione ambientale e per le connesse modalità di intervento si rimanda a quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

La procedura ed i criteri riportati nell'elaborato sono applicabili, con le dovute differenze, a bersagli presenti in siti ad uso residenziale/ricreativo e commerciale/industriale.

Il protocollo è così articolato:

- Nel capitolo 1 viene descritta la procedura finalizzata alla gestione delle attività di verifica delle concentrazioni in aria delle SV.
- Nel capitolo 2 sono definiti i criteri di determinazione delle concentrazioni accettabili di riferimento ( $CR_{aria}$ ) da porre a confronto con i valori analiticamente determinati nel comparto ambientale aria.

- Nel capitolo 3 sono riportate le strategie di monitoraggio, queste fanno essenzialmente riferimento a quanto contenuto nel documento [ISS, 2013], più alcune indicazioni inserite poiché l'esposizione alle SV, è legata alla contaminazione del suolo e l'uso del sito può essere di tipo industriale.
- Il capitolo 4 e l'allegato A riguardano le tecniche di campionamento.
- Nel capitolo 5 è descritta la metodologia per effettuare la verifica dei valori misurati rispetto ai limiti di accettabilità ( $CR_{aria}$ ).
- Infine, nel capitolo 6 vengono fornite alcune indicazioni che si possono prendere in considerazione per la stima del livello di fondo del sito e viene riportata una descrizione sintetica della rete di monitoraggio dell'aria nel comune di Venezia.

Si pone infine in evidenza che la procedura proposta non è utilizzabile per valutazioni legate alla salute e sicurezza dei lavoratori impegnati nelle attività di cantiere, nelle attività di bonifica o di messa in sicurezza del sito contaminato.

## 1. DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA

Come riportato nell'introduzione, e come schematizzato nel diagramma di flusso di figura 1, lo scopo del presente lavoro è quello di definire una procedura e dei criteri atti a gestire le attività di verifica delle concentrazioni in aria di SV, nel caso in cui risulti necessario prevedere l'attivazione di specifiche campagne di monitoraggio.

In particolare, nel caso di suolo insaturo e/o saturo con presenza di SV, ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. è necessario effettuare un confronto tra le concentrazioni misurate nei due comparti ambientali ( $C_{mis}$ ) e la corrispondente Concentrazione Soglia di Contaminazione (STEP 1). Nel caso di non superamento della CSC il sito non è contaminato e quindi non è necessario intervenire sullo stesso; mentre se vi è superamento il sito risulta potenzialmente contaminato. In tal caso, sulla base del contesto normativo di riferimento, è necessario applicare la procedura di analisi di rischio sanitario-ambientale in modalità inversa, per la definizione della Concentrazione Soglia di Rischio (CSR), o diretta per il calcolo del rischio (STEP 2). Se non risulta superamento della CSR (o del rischio accettabile) non è necessario alcun intervento sul sito. In caso contrario è possibile selezionare una delle seguenti opzioni (STEP 3):

- STEP 3 - Opzione A: Intervenire sulle matrici ambientali contaminate.
- STEP 3 - Opzione B: Verificare le criticità riscontrate mediante misure di soil-gas. A valle di tale attività è poi necessario: rielaborare l'analisi di rischio utilizzando le misure di soil-gas, ricalcolare il rischio ( $R'$ ) o la concentrazione soglia di rischio in suolo insaturo/falda da soil-gas ( $CSR'$ ), e verificare il superamento della stessa (o del rischio accettabile). In caso di non superamento ai fini della tutela sanitaria non è necessario alcun intervento, altrimenti è possibile passare allo STEP 4 e selezionare una delle due seguenti opzioni:
  - o STEP 4 - Opzione A: Verificare le criticità riscontrate mediante misure delle concentrazioni in aria delle sostanze riscontrate nel soil gas. Nel seguito vengono illustrate le modalità con cui procedere a seconda che il sito sia ad uso residenziale/ricreativo oppure ad uso industriale/commerciale
  - o STEP 4 – Opzione B: Intervenire sulle matrici ambientali contaminate.

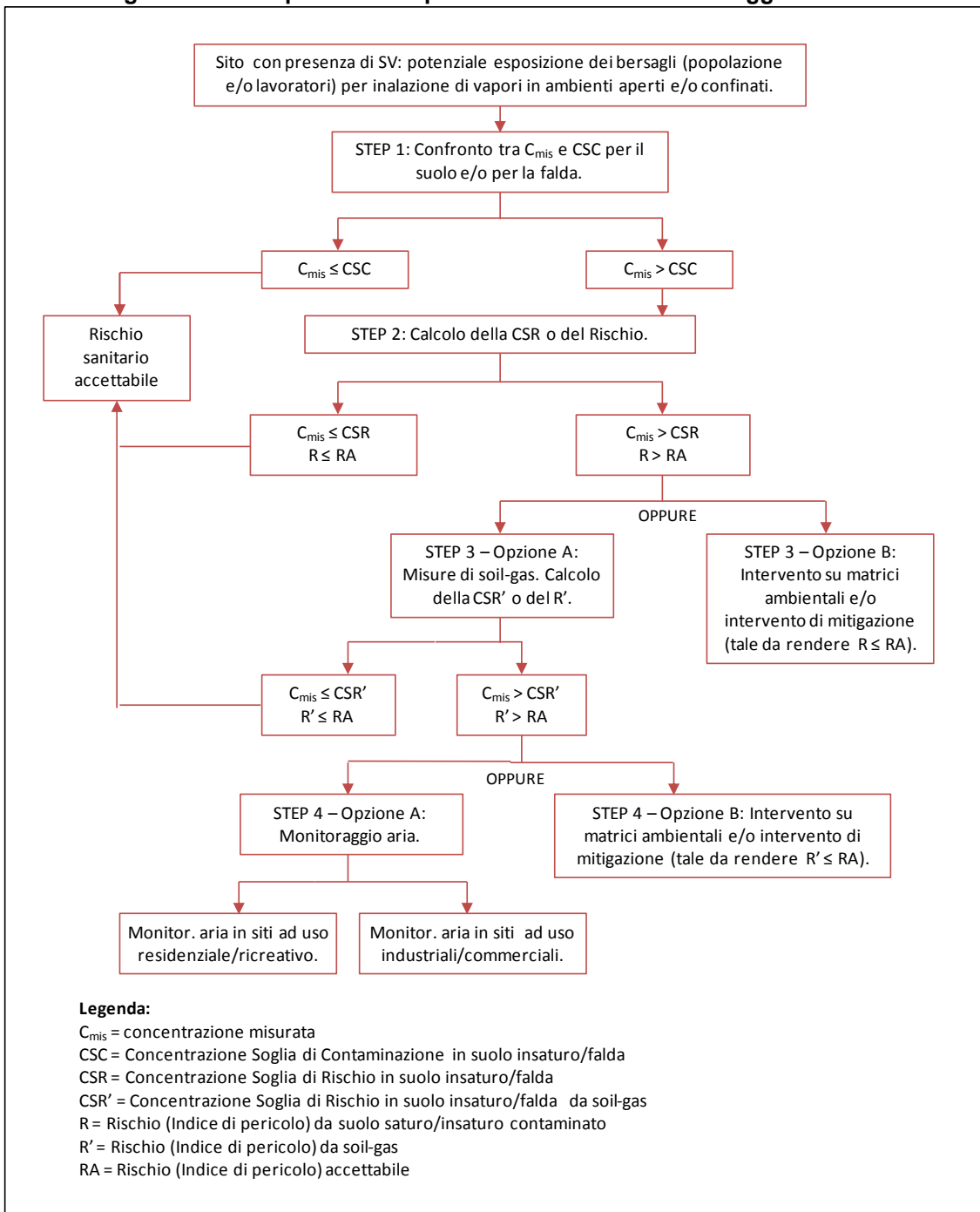
Si sottolinea che in alcuni casi specifici, come ad esempio nei casi in cui non risulti possibile effettuare misure di soil-gas, o a seguito di valutazioni tecnico/economiche, può risultare utile effettuare direttamente il monitoraggio dell'aria per le sostanze per cui sono state riscontrate delle criticità, senza che tale attività sia necessariamente condizionata dall'attività di monitoraggio del soil-gas.

Come già riportato nell'introduzione, si ribadisce che la procedura di seguito riportata è finalizzata esclusivamente alla tutela sanitaria dei recettori umani coinvolti.

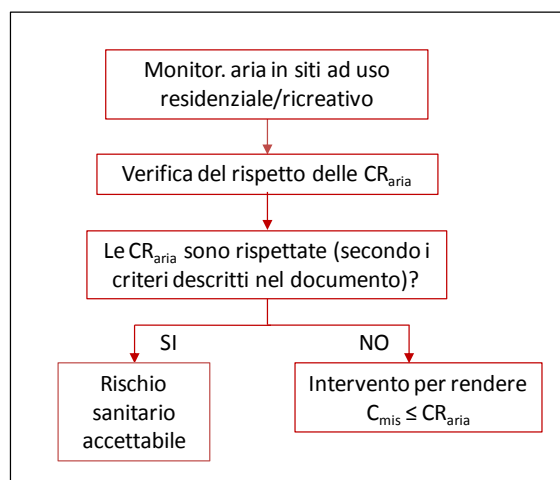
### 1.1 Uso del suolo residenziale/ricreativo

I valori misurati in fase di monitoraggio dell'aria si pongono a confronto con i target di concentrazione in aria ( $CR_{aria}$ ), definiti secondo quanto riportato nel capitolo 2. In caso di superamento è opportuno prevedere un intervento volto a riportare il rischio sanitario a livelli accettabili di  $CR_{aria}$  (figura 2).

**Fig. 1 – Schema procedurale per l’attivazione del monitoraggio dell’aria**



**Fig. 2 – Schema procedurale per il monitoraggio dell'aria in siti ad uso residenziale/ricreativo**



## 1.2 Uso del suolo commerciale/industriale

Nel caso di monitoraggio dell'aria in siti ad uso del suolo commerciale/industriale (figura 3) è possibile procedere secondo due opzioni:

- Opzione D: Come nel caso di uso del suolo residenziale/ricreativo, i valori misurati in fase di monitoraggio dell'aria si pongono a confronto con i target di concentrazione in aria ( $CR_{aria}$ ), definiti secondo quanto riportato nel capitolo 2. In caso di superamento è necessario prevedere un intervento volto a riportare il rischio sanitario a livelli accettabili di  $CR_{aria}$ .
- Opzione E: Per la gestione del rischio sanitario dei lavoratori già individuati come esposti a seguito della propria mansione, è necessario dare attuazione a quanto disposto dal D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., ossia effettuare un monitoraggio dell'aria e verificare il rispetto dei Valori Limite di Esposizione Professionale (VLEP)<sup>1</sup>, tenendo conto, nel caso di esposizione ad agenti cancerogeni, del documento della Commissione Consultiva Permanente per la Salute e Sicurezza sul Lavoro Comitato 9 – Sottogruppo “Agenti Chimici: “Criteri e strumenti per la valutazione e la gestione del rischio chimico negli ambienti di lavoro ai sensi del D.Lgs. n.81/2008 e s.m.i., alla luce delle ricadute del Regolamento (CE) n. 1907/2006 (REACH), del Regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP) e del Regolamento (UE) n. 453/2010 (recante modifiche all'Allegato II del Regolamento CE 1907/2006 e concernente le disposizioni sulle Schede di dati di sicurezza). 2012”

Per la gestione del rischio sanitario dei lavoratori individuati come non esposti a seguito della propria mansione, è possibile procedere secondo due opzioni:

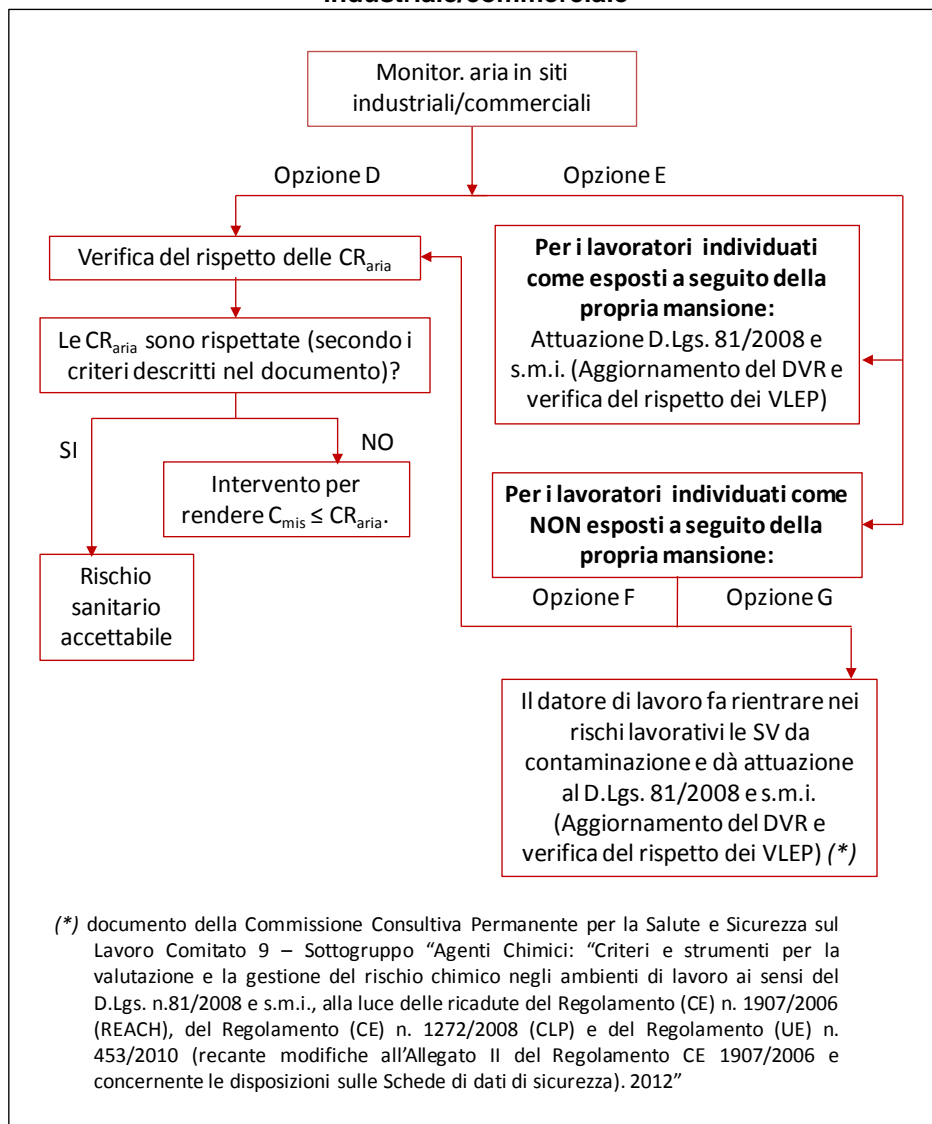
- o Opzione F: Dare attuazione all'Opzione D e quindi eseguire un monitoraggio dell'aria e confrontare tali valori con i target di concentrazione in aria ( $CR_{aria}$ ). In caso di superamento è opportuno prevedere un intervento volto a riportare il rischio sanitario a livelli accettabili di  $CR_{aria}$ .

<sup>1</sup> **Valore limite di esposizione professionale (Art. 222, D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.):** se non diversamente specificato, il limite della concentrazione media ponderata nel tempo di un agente chimico nell'aria all'interno della zona di respirazione di un lavoratore in relazione ad un determinato periodo di riferimento; un primo elenco di tali valori è riportato nell'Allegato XXXVIII (riferito agli agenti chimici) e nell'Allegato XLIII (riferito agli agenti cancerogeni e mutageni).



- Opzione G: Il datore di lavoro fa rientrare nei rischi da esposizione professionale i COV e il Mercurio derivanti dalla contaminazione del suolo o della falda e attua il D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. In particolare aggiorna il Documento di Valutazione dei Rischi, attribuendo un rischio aggiuntivo alle mansioni coinvolte, e verifica il rispetto dei VLEP, tenendo conto, nel caso di esposizione ad agenti cancerogeni, di quanto riportato nel già citato documento della Commissione Consultiva Permanente per la Salute e Sicurezza sul Lavoro Comitato 9 – Sottogruppo Agenti Chimici.

**Fig. 3 – Schema procedurale per il monitoraggio dell'aria in siti ad uso industriale/commerciale**



La selezione tra l’Opzione G e l’Opzione F dovrebbe essere concordata con le Autorità di Controllo competenti. In ogni caso sarebbe opportuno selezionare l’Opzione F per i lavoratori presenti negli ambienti di lavoro associabili con gli ambienti di vita (es. uffici, scuole, banche, negozi, cinema).

## 2. CONCENTRAZIONI ACCETTABILI DI RIFERIMENTO ( $CR_{aria}$ )

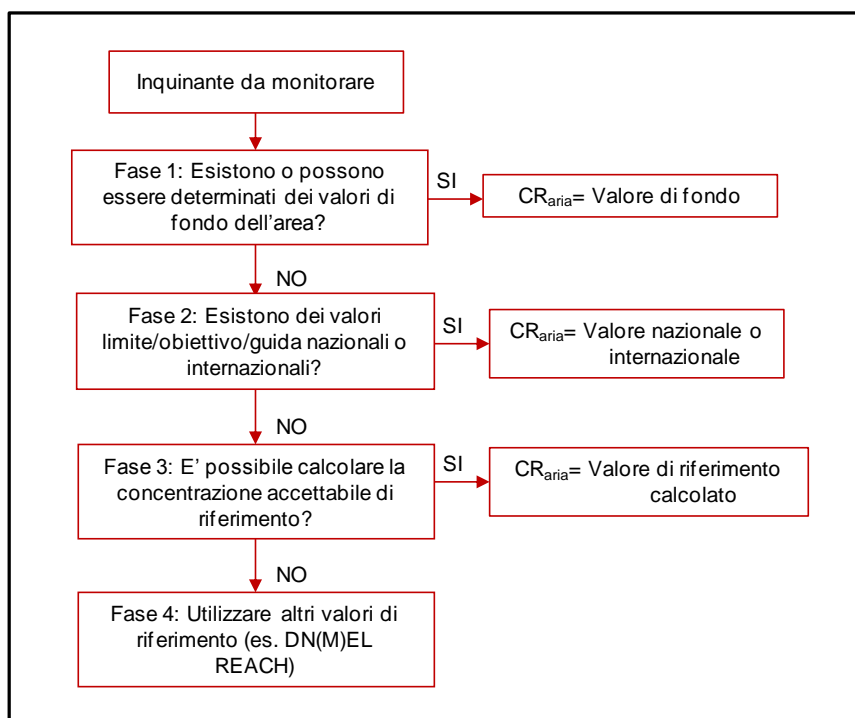
Nel presente capitolo si descrivono i criteri per individuare i valori di concentrazione accettabili di riferimento ( $CR_{aria}$ ) da porre a confronto con i valori analiticamente determinati nel comparto aria.

I criteri di seguito riportati sono applicabili, con i dovuti distinguo, sia nel caso di uso del suolo residenziale/ricreativo che industriale/commerciale.

Le  $CR_{aria}$  si ritengono valide indistintamente in riferimento a valutazioni sulla qualità dell'aria sia in ambienti outdoor che indoor. Difatti, poiché la  $CR_{aria}$  rappresenta un valore di riferimento per la popolazione, non vi sono motivi per differenziare tra i due ambienti. Anche l'OMS, nel proporre i suoi valori guida non effettua alcuna differenziazione in tal senso [WHO, 2000].

Il criterio per la definizione delle  $CR_{aria}$ , ossia per l'individuazione dei valori di concentrazione accettabile in aria, può essere schematizzato nelle quattro fasi riportate di seguito (Figura 4).

Fig. 4 – Diagramma di flusso della procedura per la definizione delle  $CR_{aria}$



**Fase 1:** Come  $CR_{aria}$  si utilizzano, nei casi in cui risulti possibile, i livelli di fondo, di stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito, tali stazioni dovranno essere valutate localmente tenendo in considerazione il contesto nel quale è inserito il sito di bonifica (rurale, urbano, industriale). Per il micro e macro posizionamento della stazione di rilevamento del fondo si rimanda al D.Lgs. 155/2010.

I dati rilevati dalle reti di monitoraggio della qualità dell'aria gestite a livello regionale, provinciale, comunale e privato che rispondono ai requisiti richiesti da normativa, sono raccolti dai Punti Focali regionali e trasmessi all'ISPRA che li pubblica sul Sistema Informativo Nazionale Ambientale SINANET, cui è possibile fare riferimento per diversi

inquinanti (Banca dati BRACE - <http://www.brace.sinanet.apat.it/web/struttura.html>).

**Fase 2:** le  $CR_{aria}$  si pongono coincidenti con i valori limite/obiettivo/guida di qualità dell'aria, definiti a livello nazionale e internazionale.

Attualmente la normativa nazionale specifica sulla qualità dell'aria ambiente, D.Lgs. 155/2010<sup>2</sup> di attuazione della Direttiva 2008/50/CE ai fini della tutela della salute umana, contempla, relativamente alle sostanze considerate o comunque di interesse per il Titolo V Parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. solo il valore limite per le concentrazioni di Benzene.

In assenza di riferimenti nazionali, è possibile utilizzare per valutazioni igienico-sanitarie quelli proposti dall'OMS, che ha emanato diverse linee guida per la qualità dell'aria (1987, 2000, 2006). In particolare nel 2000 l'OMS ha pubblicato la seconda edizione delle suddette linee guida in Europa [WHO, 2000], che riporta utili riferimenti per alcuni COV di nostro interesse (stirene, toluene, 1,2-dicloroetano, diclorometano, cloruro di vinile) e per il Mercurio [European Communities, 2002]. Per quanto attiene la qualità dell'aria indoor, nel dicembre 2010, la stessa organizzazione ha elaborato per la Regione Europea il documento "WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants" [WHO, 2010] che fornisce sia dei criteri di valutazione del rischio sanitario, che dei valori guida per alcuni dei principali inquinanti presenti in tali ambienti, alcuni dei quali di nostro interesse (tetracloroetilene, tricloroetilene).

Per ulteriori specifici riferimenti sui COV e sul Mercurio, di interesse, si possono utilizzare i documenti elaborati dal Concise International Chemical Assessment Documents (WHO/International Programme on Chemical Safety – WHO/IPCS).

Si evidenzia che i valori stabiliti dall'OMS per il 1,2-Dicloroetano, il Diclorometano e il Tetracloroetilene, sono basati su effetti non cancerogeni, mentre i suddetti tre inquinanti sono classificati cancerogeni sia dalla UE (cat. 1B o 2) che dalla IARC (cat. 2A o 2B). Quindi nel caso di situazioni specifiche (es. presenza di bersagli sensibili) è da valutarsi l'opportunità di considerare l'effetto cancerogeno delle suddette sostanze. In tali situazioni il confronto potrà essere effettuato facendo riferimento alle fasi 2 o 3 della presente procedura.

**Fase 3:** Le  $CR_{aria}$  si calcolano applicando la procedura di analisi di rischio sanitario in modalità inversa, ossia partendo da un livello di rischio accettabile per la salute umana e selezionando il valore più conservativo tra quelli individuati per effetti cancerogeni e non cancerogeni:

$$CR_{aria} \left[ \frac{\mu g}{m^3} \right] = \frac{TR}{EM \cdot SF} \times 10^3 \quad \text{per effetti cancerogeni}$$

---

<sup>2</sup> In proposito si richiama qual è il significato che il D.Lgs. 155/2010 attribuisce ai concetti di valore limite e valore obiettivo rispettivamente: "art.2 punto h - Valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato; art. 2 punto m - Valore obiettivo: livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita".

$$CR_{aria} \left[ \frac{\mu g}{m^3} \right] = \frac{THQ \cdot RfD}{EM} \times 10^3 \quad \text{per effetti tossici (non cancerogeni)}$$

Dove:

- TR (“Target Risk” [adim.]) rappresenta il valore soglia di rischio al di sotto del quale si ritiene tollerabile la probabilità incrementale di effetti cancerogeni sull’uomo. In generale, porre il rischio per la salute umana pari a  $10^{-6}$  significa che il rischio incrementale di contrarre il tumore è per 1 individuo su 1.000.000. In Tabella 3 si riportano i valori di accettabilità del rischio per la salute umana stabiliti nel D.Lgs. 152/06 e s.m.i.. Tale valore soglia di rischio è applicabile al fine di proteggere la salute umana sia nel caso di destinazione d’uso residenziale che commerciale/industriale.
- THQ (“Target Hazard Quotient” [adim.]) è il valore soglia di riferimento al disotto del quale si ritiene accettabile il rischio per la salute umana associato ad effetti non cancerogeni. Poiché l’Indice di Pericolo, o “Hazard Quotient” (HQ), è definito come rapporto tra la quantità giornaliera di contaminante effettivamente assunta dal recettore e la dose quotidiana tollerabile per la salute umana (RfD), il valore soglia del THQ deve essere pari all’unità, come riportato in Tabella 2. Anche in tal caso tale valore soglia è applicabile al fine di proteggere la salute umana sia per residenti che per lavoratori.

**Tab. 2– Limiti di accettabilità del rischio sanitario**

Accettabilità del Rischio e dell’Indice di Pericolo (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.)	
RISCHIO ACCETTABILE (per effetti cancerogeni)	TR <sub>ind</sub> = $10^{-6}$
INDICE DI PERICOLO ACCETTABILE (per effetti tossici, non cancerogeni)	THQ <sub>ind</sub> = 1

- SF (“Slope Factor” [mg/kg d]<sup>-1</sup>) indica la probabilità di casi incrementali di tumore nella vita per unità di dose, ed è un parametro tossicologico caratteristico della singola specie chimica, ricavabile da banche dati riconosciute a livello nazionale.
- RfD (Reference Dose [mg/kg d]) è la stima dell’esposizione media giornaliera che non produce effetti avversi apprezzabili sull’organismo umano durante il corso della vita. Anche la RfD è un valore caratteristico della singola specie chimica, in condizioni definite di esposizione, ed è anch’esso ricavabile da banche dati riconosciute a livello nazionale.
- EM rappresenta la portata effettiva di esposizione, ossia la quantità giornaliera di aria inalata per unità di peso corporeo, che può essere stimata a mezzo dell’espressione di seguito riportata [APAT, 2008]:

$$EM \left[ \frac{m^3}{Kg \times giorno} \right] = \frac{B_{air} \times EF_g \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}}$$

In Tabella 3 è riportato il significato dei termini utili per il calcolo di EM e i valori utilizzati per il calcolo delle CR<sub>aria</sub>. Nella tabella i valori dei fattori di esposizione sono coincidenti con quelli contenuti nel documento [APAT, 2008].

**Tab. 3 - Fattori di esposizione utilizzati per il calcolo della CR<sub>aria</sub>**

Fattore di esposizione (EF)	Simbolo	Unità di misura	Residenziale		Industriale	
			Adulto	Bambino	Adulto	
Peso corporeo	BW	kg	70	15	70	
Tempo medio esposizione sost.carcerogene	ATc	anni	70	70	70	
Tempo medio esposizione sost. non cancerogene	ATn	anni	ED	ED	ED	
Durata di esposizione	ED	anni	24	6	25	
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	350	350	250	
Frequenza giornaliera di esposizione	EFgi	ore/giorno	24	24	8	
Tasso inalazione outdoor / indoor (*)	Attività sedentaria	Bo / Bi	m <sup>3</sup> /ora	0,90	0,70	0,90
	Attività fisica moderata			1,50	1,00	1,50
	Attività fisica intensa			2,50	1,90	2,50
Fattore di aggiustamento per sostanze cancerogene e mutagene	ADAFs	[adim.]	1	3 - 10 (**)	1	

(\*) I tassi di inalazione sono applicabili indistintamente per ambienti aperti e confinati

(\*\*) Secondo l'EFH(2011) il fattore di aggiustamento è da assumersi pari a 10 per la fascia di età 0-3 anni e pari a 3 per la fascia di età 3-21 anni.

E' stato introdotto il Fattore di aggiustamento per sostanze cancerogene e mutagene(ADAFs). Per alcuni agenti cancerogeni e mutageni, al fine di tener conto dell'effetto mutageno oltre a quello cancerogeno, i parametri tossicologici, quali la SF Ing., la SF Inal. e quindi lo IUR, sono differenziati in funzione dell'età del bersaglio potenzialmente esposto. Nei casi in cui non siano disponibili tali valori è necessario moltiplicare gli stessi (ossia) per un "Fattore di aggiustamento" (ADAF: Age dependent adjustment factor), come descritto nei documenti [USEPA, 2005] e [EPA, 2011].

Si ritiene comunque auspicabile che i valori dei fattori di esposizione siano quanto più possibile sito-specifici, in modo da permettere l'individuazione di target di concentrazione strettamente connessi con la realtà del sito in esame.

Nei casi in cui la CR<sub>aria</sub> calcolata dovesse risultare inferiore al limite di quantificazione strumentale del metodo di campionamento ed analisi consigliato, il confronto potrà essere effettuato in relazione al limite stesso. Per una valutazione dei metodi si potrà fare riferimento all'allegato A.

**Fase 4:** Nei casi in cui non sia disponibile la CR<sub>aria</sub> calcolata in quanto la specie chimica non è ritenuta cancerogena per inalazione e non sono disponibili valori tossicologici per effetti tossici (non cancerogeni), e se inoltre non risulti possibile fare riferimento ai valori di fondo, di cui alla Fase 2, allora sarà necessario verificare se vi sono altri valori riconosciuti in ambiti similari, cui fare riferimento, come ad esempio Derived No (Minimum) Effect Level DN(M)EL valutati dai soggetti obbligati in ambito REACH con riferimento al target specifico per popolazione per effetti a lungo termine sistemici (o locali se più cautelativi) [ECHA CHEM, 2013].

## 2.1 La rete di monitoraggio dell'aria nel comune di Venezia

Nella determinazione del livello di fondo risulta di fondamentale importanza l'utilizzo dei valori degli inquinanti rilevati ed eventualmente messi a disposizione da reti di monitoraggio della qualità dell'aria presenti nel territorio ove insiste il sito oggetto di

indagine. Nell'ambito del Comune di Venezia sono presenti più reti di monitoraggio dell'aria, sia pubbliche che private, sviluppate negli anni per diversi obiettivi, tra queste si annoverano la rete privata dell'Ente Zona Industriale, quella pubblico-privata del Sistema Integrato per il Monitoraggio Ambientale e la Gestione delle Emergenze (SIMAGE) ed quella pubblica di ARPA Veneto.

La rete pubblica ARPAV di monitoraggio della qualità dell'aria presente sul territorio del Comune di Venezia è attiva dal 1999, anno in cui le stazioni fisse di monitoraggio, prima di proprietà dell'Amministrazione Comunale e Provinciale, sono state trasferite ad ARPAV in adempimento a quanto previsto dalla L.R. 1.10.96 n. 32. I dati validati sono pubblici e consultabili tramite il sito ARPAV.

La rete provinciale, in corso di razionalizzazione secondo i criteri dettati dal D.Lgs. 155/2010, risulta composta da 14 stazioni di rilevamento fisse e da due laboratori mobili.

Di questa rete, nel Comune di Venezia al 31.12.2012 sono individuabili sei stazioni fisse. Il numero di stazioni di monitoraggio del territorio comunale veneziano si è ridotto dal 2010 al 2012, a seguito della citata razionalizzazione: sono state dismesse le stazioni di Favaro (Via M.te Cervino), Marghera (Via F.lli Bandiera), la postazione di misura di Mestre (Via Lissa), e la stazione di Mestre (Via da Verrazzano).

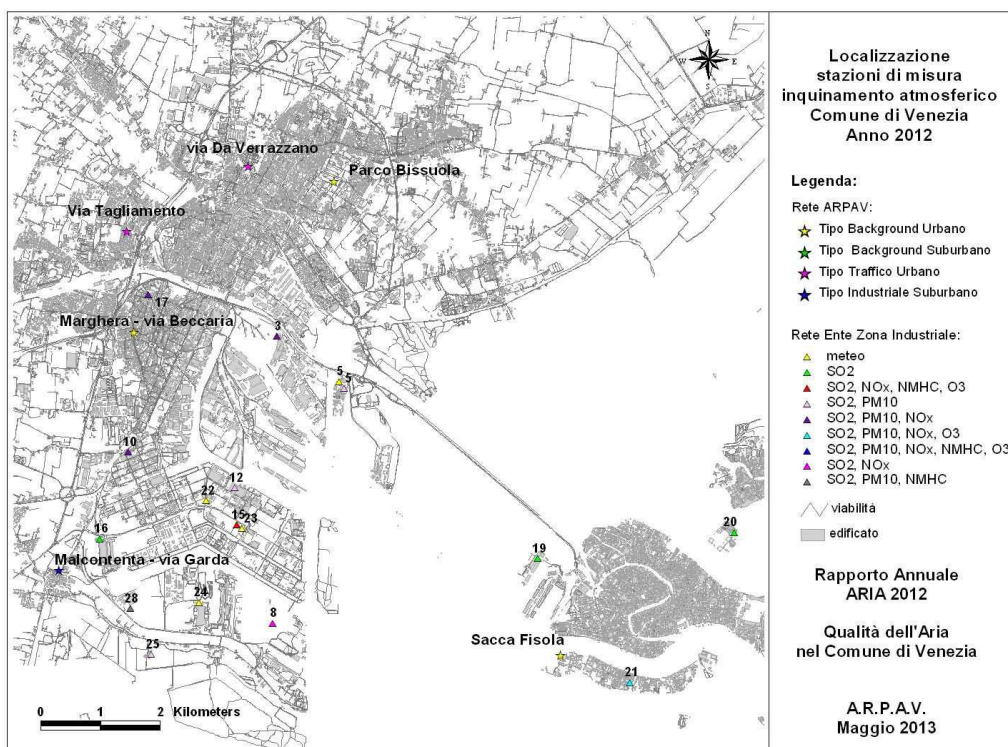
Le stazioni sono classificate in stazioni di fondo o background (B), stazioni di traffico o hot spot (T) e stazioni industriali (I), secondo i criteri per la realizzazione della Rete Europea di Rilevamento della Qualità dell'Aria (Criteria for Euroairnet, 1999).

I laboratori mobili vengono utilizzati per compiere monitoraggi temporanei su aree del territorio non servite dalle centraline o per indagare problematiche anche su indicazione della popolazione; anche i risultati di queste campagne sono presenti nel sito:

<http://www.arpa.veneto.it/arpav/chi-e-arpav/file-e-allegati/dap-venezias/aria/dap-venezias-campagne-di-monitoraggio-qualita>.

In Figura 6 è riportata la localizzazione delle stazioni di misura del Comune di Venezia.

**Fig. 6 – Localizzazione delle stazioni di misura inquinamento atmosferico del Comune di Venezia dell'ARPAV e di Ente Zona Industriale (anno 2012)**



Nella Tabella 4 sono indicati gli inquinanti che sono stati analizzati sia con strumentazione automatica che manuale nel corso dell'anno 2012 nella provincia di Venezia.

**Tab. 4 – Inquinanti analizzati nella rete presente nella provincia di Venezia nel 2012**

ID	Stazione	INQUINANTI													PARAMETRI METEO										
		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	BTEX a	BTEX m	PM <sub>2.5</sub> m	PM <sub>2.5</sub> a	PM <sub>10</sub> m	PM <sub>10</sub> a	IPA	Metalli	DV	VV	TEMP	U REL	Pioggia	REOLM	RSOLG	PRE3			
RETE REGIONALE PROVINCIA VENEZIA	- Concordia Sagittaria		○		○								○												
	1 San Donà di Piave		○	○	○			○		○							○	○							
	- Mira - via Oberdan		○	○	○								○			○	○	○	○						
	- Chioggia		○	○	○								○												
	- Spinea - viale San Remo		○	○	○										○	○	○	○			○	○			
	- Martellago - Maerne		○	○	○																				
	2 Parco Bissuola - Mestre	○	○	○	○			○		○							○	○	○	○	○	○	○	○	
	3 Via Da Verrazzano - Mestre	○	○	○	○												○	○	○	○	○	○	○	○	
	4 Sacca Fisola - Venezia	○	○	○	○	○											○	○	○	○	○	○	○	○	
	5 Via Lago di Garda - Malconferla	○	○	○	○					○							○	○	○	○	○	○	○	○	
STAZIONI DI MONITORAGGIO IN CONVENZIONE COMUNE VENEZIA	6 Via Beccaria - Marghera		○										○	○											
	7 Via Tagliamento - Mestre	○	○	○	○				○	○			○	○											
	8 Maroon												○												
	9 Portogruaro										○														
	- Unità mobile "Bianca"	○	○	○	○			○		○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	- Unità mobile "Verde"	○	○	○	○			○		○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

a = metodo automatico  
 m = metodo manuale

○ = misure presenti durante l'anno 2012  
 ○ = misure dismesse durante l'anno 2012  
 ○ = misure utilizzate a spot durante l'anno 2012  
 ○ = misure attivate durante l'anno 2012

Molti degli inquinanti hanno delle serie storiche che superano i 5 anni.

Si ritiene che i dati della rete di monitoraggio ARPAV del territorio comunale veneziano consentano la definizione dei valori di fondo per i benzene, toluene, etilbenzene e

xileni, mentre le ulteriori reti di monitoraggio presenti sul territorio, ed eventualmente disponibili alla diffusione dei dati, possano consentire di determinare valori di fondo di altri parametri, quali ad esempio, idrocarburi alogenati, mercurio volatile, ecc.

Riguardo il monitoraggio di aria in ambienti confinati, nella zona intorno al sito di interesse nazionale di Porto Marghera non sono state effettuate campagne di monitoraggio sistematiche. Si sono eseguite delle indagini mirate a particolari ambienti indoor quali scuole e abitazioni civili [Formenton et al., 2006; AULSS 12 Veneziana, 2006, Laboratorio di Igiene e Tossicologia Industriale (R.S.F. Regione Veneto n. 4087/03)]

### **3. STRATEGIE DI MONITORAGGIO**

L'indagine ambientale è finalizzata ad accertare i livelli ambientali e a valutare l'effettiva esposizione dei bersagli alla contaminazione di un suolo, insaturo e/o saturo, per inalazione di SV, al fine di stabilire la necessità di intervenire sullo stesso. Si tratta quindi di agire con una strategia integrata che permetta di raccogliere campioni in posizioni rappresentative sia dal punto di vista spaziale che temporale e che tengano conto delle effettive esposizioni da parte dei frequentatori delle aree.

Per definire la strategia di monitoraggio e di campionamento negli ambienti indoor è possibile fare riferimento a quanto contenuto nel documento ISS [Rapporto ISTISAN 13/4, 2013]. Per gli ambienti outdoor i riferimenti sono quelli presenti nei D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. Mentre per gli ambienti di lavoro valgono le indicazioni presenti nel D.Lgs. 81/2008 s.m.i..

Nel seguito sono riportate alcune indicazioni che si è ritenuto opportuno fornire in considerazione del fatto che l'esposizione a SV è legata alla contaminazione del suolo e che l'uso del sito può essere di tipo industriale.

In accordo con quanto contenuto nel Protocollo operativo per la caratterizzazione dei siti per Porto Marghera (2013)<sup>3</sup>, le modalità con cui condurre il monitoraggio dovranno essere concordate con le Autorità di Controllo Competenti.

#### **3.1 Tipologia di campionamento**

Il campionamento di aria in ambienti outdoor o indoor può essere effettuato a mezzo di:

- Campionatore personale: dispositivo applicato alla persona che raccoglie campioni di aria nella zona di respirazione [UNI EN 689:1997, UNI EN 1232:1999, UNI EN 12919:2001, UNI EN 14042:2005, UNI EN 838:2010, UNI EN 1076:2010, UNI EN 482:2012].
- Campionatore ambientale d'area statico: dispositivo posizionato in un punto fisso (quindi non applicato ad una persona) che raccoglie campioni nella zona di interesse [UNI EN 12919:2001, UNI EN 1540:2012].

Nel caso specifico molto spesso risulta complesso effettuare dei campionamenti personali, tanto più se la destinazione d'uso del sito è di tipo residenziale. Quindi,

---

<sup>3</sup> Nel capitolo riguardante l' "Elaborazione dell'analisi di rischio sito-specifica", del Protocollo operativo per la caratterizzazione dei siti per Porto Marghera (2013), è riportato che in riferimento alle modalità per il monitoraggio dell'aria ambiente, nell'ambito della verifica degli esiti dell'analisi di rischio sito-specifica, si rimanda alle indicazioni che saranno caso per caso fornite dal Dipartimento di Prevenzione dell'AULSS locale con il supporto del ISS, i quali esamineranno i risultati del suddetto monitoraggio.



anche se non si esclude la possibilità di effettuare tale tipo di campionamento, nel seguito si farà riferimento ad un campionamento di tipo ambientale.

### 3.2 Distribuzione spaziale delle postazioni di misura

Il numero di campionamenti è strettamente correlato con l'estensione della sorgente di contaminazione.

Per gli **ambienti outdoor**, è opportuno prevedere un campionamento per ogni area omogenea di contaminazione, e comunque lo stesso si ritiene essere rappresentativo per un'area avente un'estensione non superiore a 2500 m<sup>2</sup> (50 m x 50 m), che rappresenta l'area minima di esposizione al di sotto della quale non si può ragionevolmente supporre che il recettore possa permanere per tutta la durata di esposizione [APAT, 2008]. Nei casi di contaminazione da idrocarburi, per i quali è ipotizzabile aspettarsi rimarchevoli gradienti di concentrazione, si consiglia un interesse tra i punti di campionamento minore (ad esempio da 10 a 20 m). Per l'individuazione delle aree omogenee di contaminazione è possibile far riferimento alla suddivisione in sub-aree del sito effettuata per l'applicazione della procedura di analisi di rischio. I criteri per effettuare tale suddivisione sono comunque descritti nel documento [APAT, 2008]. Nel caso di aree omogenee di rilevanti dimensioni (indicativamente > 5 ha) la selezione dei punti di campionamento può avvenire in base a criteri ragionati tali comunque da garantire la rappresentatività del monitoraggio per l'intera area omogenea, secondo i criteri di seguito descritti.

I campionatori debbono essere posizionati nei punti di maggior rischio espositivo, ossia in corrispondenza sia dei punti in cui è stata riscontrata la massima contaminazione del suolo, sia nei luoghi più rappresentativi per presenza dei bersagli, o in aree che possano presentare una significatività particolare dal punto di vista ambientale e di esposizione della popolazione. Un ulteriore campionatore deve essere posizionato in un'area caratterizzata dall'assenza di sorgenti locali.

Per gli **ambienti indoor**, se si tratta di un edificio, generalmente non è necessario investigare tutti i suoi ambienti, ma è opportuno individuare l'area più rappresentativa e a maggior rischio espositivo, posizionata al piano terra. Se sono presenti locali interrati o seminterrati sarà opportuno prevedere un campionamento negli stessi. In tal caso i valori misurati, potranno essere posti a confronto con la CR<sub>aria</sub> individuata in funzione della destinazione d'uso degli stessi.

### 3.3 Durata del campionamento e del monitoraggio

La durata del singolo campionamento deve essere uguale alla frequenza giornaliera di esposizione (EF<sub>gi</sub> di tabella 4) associata al valore di riferimento (CR<sub>aria</sub>). In generale si ha che:

- Nei siti ad uso del suolo residenziale la durata del campionamento è opportuno sia pari a 24 ore.
- Nei siti ad uso del suolo ricreativo la durata di campionamento può essere stabilita caso per caso in relazione alla effettiva durata dell'esposizione dei bersagli alla contaminazione. In assenza di informazioni sito specifiche, a titolo cautelativo, è possibile assumere tale parametro pari a 24 ore.
- Nei siti ad uso del suolo industriale/commerciale, la durata del campionamento è opportuno sia consona a quanto definito dalla norma UNI EN 689:1997.

La durata della singola campagna di misura, al fine di determinare la concentrazione ambientale, deve svolgersi indicativamente per 5-14 giorni [ISS, 2013] e deve comunque essere stabilita di concerto con le Autorità locali competenti. Anche in relazione a quanto riportato di seguito, si ritiene opportuno eseguire come minimo una campagna di misura nella stagione calda e una nella stagione fredda. Questo al fine di poter valutare eventuali variazioni stagionali dovute a condizioni meteorologiche e/o legate alla variabilità dei cicli delle attività civili (riscaldamenti, flussi di traffico, ecc.). Sulla base dei primi risultati ottenuti dal programma di monitoraggio, può essere utile aggiornare il programma di sorveglianza ambientale intensificando la periodicità delle campagne di misura.

La durata complessiva del monitoraggio deve essere rappresentativa del tempo associato al valore di riferimento ( $CR_{aria}$ ), e in particolare deve essere rappresentativa di tutte le possibili condizioni espositive, con particolare riguardo a quelle più critiche. Nel caso specifico il livello di contaminazione delle matrici suolo (insaturo e saturo) in generale tende a ridursi nel tempo, quindi modifiche dei livelli espositivi sono essenzialmente dovute a fattori naturali quali la temperatura e la classe di stabilità atmosferica.

L'innalzamento della **temperatura** favorisce la volatilizzazione delle specie chimiche contaminanti, quindi in ambienti sia outdoor che indoor è opportuno prevedere un campionamento durante la stagione estiva. Inoltre, in ambienti confinati la differenza di temperatura, e quindi di pressione, tra indoor e outdoor, dà vita a fenomeni convettivi che possono comportare un aumento della quantità di inquinanti volatili che dal suolo penetrano nell'ambiente confinato. Poiché tale fenomeno si verifica soprattutto nel periodo invernale, ossia nel periodo di maggiore delta termico tra outdoor e indoor, per gli stessi è necessario prevedere un campionamento durante la stagione invernale.

Per stimare **la stabilità atmosferica** è possibile utilizzare il criterio di classificazione di Pasquill-Gifford. In particolare, la classe D5 è considerata la classe che si verifica con più probabilità; mentre, la classe F2 rappresenta uno scenario meteorologico estremamente conservativo a carattere tipicamente notturno [D.P.C.M. 25/02/2005]. Sarebbe quindi opportuno effettuare un campionamento anche in corrispondenza alla classe F2. Comunque poiché le condizioni di maggiore stabilità atmosferica si presentano in genere nel periodo invernale è opportuno prevedere un campionamento anche in questo periodo.

In conclusione, per gli ambienti sia indoor che outdoor è necessario effettuare un minimo di due campagne di misura, di cui una nel periodo estivo e l'altra nel periodo invernale.

#### **4. TECNICHE DI CAMPIONAMENTO**

Posto che nel caso in cui il datore di lavoro intenda comprendere tra i rischi lavorativi quelli derivanti dalla contaminazione del suolo e/o della falda, le tecniche ed i criteri di valutazione seguono quelli dettati dal D.Lgs. 81/08 e le già citate "Linee Guida"; di seguito, pertanto, in questo capitolo, si presentano le tecniche e le strategie preferibili da adottare per il confronto con le  $C_{aria}$  proposte.

I metodi di campionamento non vengono differenziati per ambito (outdoor o indoor), ciò deriva dalla necessità di ricorrere alle tecniche di volta in volta più adeguate e disponibili. In allegato A si riportano oltre ai metodi di campionamento anche i relativi Limiti di quantificazione (LoQ)

I metodi di campionamento e di determinazione analitica, in generale, si ritiene che debbano essere validati a livello nazionale e/o internazionale. In particolare sarebbe opportuno, ove possibile, individuare dei metodi il cui limite di quantificazione (LOQ),

sia pari o inferiore ad 1/10 della corrispondente  $CR_{aria}$ . In tale ambito è possibile fare riferimento ai seguenti documenti/standard:

- “Strategie di monitoraggio dei COV in ambiente indoor” predisposto dal “Gruppo di Studio Nazionale sull’Inquinamento Indoor dell’ISS” [ISS, 2013];
- Appendice S “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” rev.2 del marzo 2008;
- Metodi UNI EN, NIOSH, OSHA, EPA;
- D.Lgs. 155/2010, D.Lgs. 250/2012 e D.Lgs. 81/2008.

## 5. VERIFICA DEL RISPETTO DEI LIMITI DI ACCETTABILITA' ( $CR_{aria}$ )

Una volta individuata un'adeguata distribuzione spaziale delle postazioni di misura, in modo tale che ciascuna di esse sia rappresentativa di una determinata area o casistica presente in un'area omogenea per tipologia di inquinamento (secondo quanto descritto nel capitolo 3), per ciascuna postazione e campagna di misura è necessario identificare un valore rappresentativo  $C_m$  (media aritmetica dei valori misurati per singolo campionamento). Nel seguito si indica con  $C_{m(i)}$  il valore rappresentativo della campagna condotta nel periodo invernale,  $C_{m(e)}$  quello rappresentativo della campagna condotta nel periodo estivo, e con  $C_{m(x)}$  il valore rappresentativo della campagna o delle campagne condotte in qualsiasi altro periodo.

Al fine di verificare il rispetto delle  $CR_{aria}$  è quindi possibile seguire la procedura di seguito descritta:

- Se tutte le  $C_m$  ( $C_{m(i)}$ ,  $C_{m(e)}$  e  $C_{m(x)}$ ) risultano inferiori o uguali alla corrispondente  $CR_{aria}$ , allora l'esposizione ai fini della tutela sanitaria può ritenersi accettabile.
- Se tutte le  $C_m$  ( $C_{m(i)}$ ,  $C_{m(e)}$  e  $C_{m(x)}$ ) risultano superiori alla corrispondente  $CR_{aria}$ , allora è necessario prevedere un intervento volto a riportare il rischio sanitario a livelli accettabili.
- Se anche solo una  $C_m$  risulta superiore alla corrispondente  $CR_{aria}$ , allora è possibile selezionare una delle seguenti opzioni:
  - o Intervenire al fine di riportare il rischio sanitario a livelli accettabili.
  - o In riferimento alla campagna di misura per la quale è stato riscontrato il superamento, effettuare uno studio di distribuzione dei dati al fine di comprendere le cause che hanno comportato tale superamento e quindi individuare le probabilità con cui questo si può verificare.

In tale ambito si ritiene opportuno sottolineare che, ai fini del confronto con la  $CR_{aria}$ , i dati analitici, ottenuti dalle attività di monitoraggio, devono essere espressi con lo stesso numero di cifre decimali della corrispondente  $CR_{aria}$ . Nel caso in cui la  $CR_{aria}$  venga individuata seguendo la Fase 2 o la Fase 3 (di cui al capitolo 2), i valori dovranno essere espressi in notazione scientifica ad un decimale.

Infine per l'analisi del superamento della media aritmetica delle misure ( $C_m$ ) rispetto al valore di  $CR_{aria}$  si dovrà utilizzare un criterio probabilistico che tenga conto dell'incertezza di misura:  $C_m$  risulterà maggiore a  $CR_{aria}$  quando  $C_m$  supererà  $CR_{aria}$  oltre ogni ragionevole dubbio, con una probabilità superiore al 95%. Per tale valutazione si applicherà il punto 5.3 del manuale: “L'analisi di conformità con i valori di legge: il ruolo dell'incertezza associata a risultati di misura” [ISPRA, 2009].

A conclusione delle azioni di monitoraggio e di analisi dei risultati, gli esiti di tale studio sono valutati dall'ULSS territorialmente competente e trasmessi agli Enti competenti unitamente alle proposte per le azioni e gli interventi conseguenti.

## **6. LIVELLO DI FONDO DEL SITO**

Una problematica rilevante ai fini della misure in campo è rappresentata dalla possibile presenza di contaminanti provenienti da sorgenti diverse rispetto al suolo insaturo e/o alla falda. I livelli di contaminazione dovuti a tali sorgenti sono generalmente rilevabili e potrebbero persino superare il contributo specifico derivante dal suolo contaminato.

Nel presente documento si intende per “Livello di fondo del sito” il valore di concentrazione in aria che tiene conto dei contributi dovuti alle sorgenti emmissive, con l'esclusione del contributo proveniente dal suolo, saturo e/o insaturo, potenzialmente contaminato.

Per la determinazione del livello di fondo del sito è comunque innanzitutto opportuno prendere in considerazione esclusivamente i contaminanti rilevati nel sito in sede di caratterizzazione e/o ad essi correlabili.

Negli ambienti confinati, come definiti nell'Accordo Stato-Regione 2001, le principali fonti interne sono determinate dall'uomo e dalle sue attività, dai materiali da costruzione, dagli arredi e dai sistemi di trattamento dell'aria; fra questi una delle fonti più importanti è sicuramente il fumo di tabacco, oltre ai processi di combustione di combustibili fossili. Altre possibili fonti interne di inquinamento sono i prodotti per la pulizia e la manutenzione della casa, i prodotti antiparassitari, l'uso di colle, adesivi, solventi oltre all'utilizzo di strumenti di lavoro quali stampanti, plotter e fotocopiatrici, ecc.. Nell'Appendice B del doc [ISS, 2013] è riportato un elenco dei principali COV che possono essere presenti negli ambienti indoor con alcune caratteristiche chimiche.

Un database di concentrazioni di fondo di diversi inquinanti in edifici residenziali, utile al fine di valutare quali possono essere gli ordini di grandezza in gioco, è stato realizzato dall'EPA [USEPA 2011a].

Nel caso di siti industriali, le sostanze contaminanti rilevate nelle matrici ambientali possono essere correlate ai cicli produttivi, ma possono anche derivare da situazioni pregresse e/o esterne al sito. Nel primo caso, può anche accadere che l'apporto delle attività condotte sul sito sia superiore a quello derivante dal suolo, saturo e/o insaturo contaminato. E' quindi fondamentale individuare e differenziare, ove possibile, tali contributi. A tal fine è possibile far riferimento anche alle risultanze dell'ultima valutazione del rischio chimico per i lavoratori di cui all'art.223 e/o all'art. 236 del D.Lgs. n.81/2008 e s.m.i..

Nel seguito vengono quindi fornite alcune indicazioni che si possono prendere in considerazione per la stima del livello di fondo del sito, differenziando tra ambienti outdoor e indoor. Queste indicazioni costituiscono in effetti alcune delle “Multiple Lines of Evidence” suggerite in diversi documenti statunitensi [USEPA, 2009] [CCME, 2008] [NJDEP, 2005].

**OUTDOOR:** Le misure effettuate in stazioni di monitoraggio già esistenti o di nuova realizzazione posizionate in modo tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente dalle fonti antropiche esistenti (es. industriali, urbane) e non sia influenzato dalla contaminazione proveniente dal suolo. Nei casi in cui risulti possibile, quindi far riferimento a dati desunti da monitoraggi effettuati in zone che siano sia sopravento rispetto all'area soggetta a contaminazione, che sottovento rispetto alle altre fonti antropiche, rispetto alle direzioni predominanti dei venti del sito.

INDOOR: Gli esiti del campionamento condotto in edifici limitrofi, con le stesse caratteristiche costruttive e abitative, e posizionati in siti certamente non contaminati, oppure, nel caso si necessiti di un maggiore livello di approfondimento, misurazioni mirate (es. gradienti di concentrazione all'interno dell'edificio in questione, in locali o in aree non interessate dalla interferenza di sostanze provenienti dal suolo contaminato, ecc.) [Dawson & McAlary, 2009; McHugh et al., 2008, Kurtz & Folkes, 2005, McHugh et al., 2004] [ISS, 2013].

INDOOR e OUTDOOR: Misure del radon come tracciante dei movimenti del soil-gas all'interno degli edifici, che consente di minimizzare l'interferenza dei livelli di fondo [McHugh et al., 2008]. I rapporti tra i diversi SV specifici in aria e in altra matrice contaminata (soil-gas, falda); in tal caso sarebbe opportuno che almeno un contaminante monitorato, da porre al denominatore, abbia concentrazioni di background basse, ad esempio TCE/1,1-DCE [Kurtz & Folkes, 2005].

OUTDOOR: Gli esiti del campionamento condotto con camere di diffusione (o camere di flusso) statiche o dinamiche. Una successiva o se possibile contestuale misura in corrispondenza dello stesso punto al di fuori della camera di diffusione, può consentire di individuare i rapporti tra SV specifici in aria ambiente e in camera di diffusione.

## BIBLIOGRAFIA

D.M. 44/2004 "Recepimento della direttiva 1999/13/CE relativa alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili di talune attività industriali, ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203".

D.Lgs. 161/2006 "Attuazione della direttiva 2004/42/CE per la limitazione delle emissioni di composti organici volatili (COV) conseguenti all'uso di solventi in talune pitture e vernici, nonché in prodotti per la carrozzeria".

OMS (1989) – Regional Office for Europe, Indoor air quality: organic pollutants, Report on a WHO Meeting, Berlin, 23-27 August 1987. EURO Reports and Studies 111, Copenhagen.

ISS (2013) Rapporto ISTISAN 13/04 "Strategie di monitoraggio dei Composti Organici Volatili (COV) in ambiente indoor", a cura del Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor dell'ISS.

Criteri e strumenti per la valutazione e la gestione del rischio chimico negli ambienti di lavoro ai sensi del D.Lgs. n.81/2008 e s.m.i. (Titolo IX, Capo I "Protezione da Agenti Chimici" e Capo II "Protezione da Agenti Cancerogeni e Mutageni"), alla luce delle ricadute del Regolamento (CE) n. 1907/2006 (Registration Evaluation Authorisation Restriction of Chemicals - REACH), del Regolamento (CE) n. 1272/2008 (Classification Labelling Packaging - CLP) e del Regolamento (UE) n. 453/2010 (recante modifiche all'Allegato II del Regolamento CE 1907/2006 e concernente le disposizioni sulle Schede di dati di sicurezza). 2012 Commissione Consultiva Permanente per la Salute e Sicurezza sul Lavoro Comitato 9 – Sottogruppo "Agenti Chimici"

WHO (2000) – Regional Office for Europe Air Quality Guidelines for Europe, 2° Edition, WHO Regional Publications, European series n. 91

WHO (2010) – Regional Office for Europe "WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants"

European Communities (2002) Position Paper Ambient Air Pollution by Mercury (Hg)

APAT (2008). Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati (revisione 2)

USEPA (2005) Supplemental Guidance for Assessing Susceptibility from Early-Life Exposure to Carcinogens

USEPA (2011) Exposure Factor Handbook, EPA/600/R-09/052F, September 2011  
<http://www.epa.gov/ncea/efh/pdfs/efh-complete.pdf>

ECHA/CHEM (2013) European Chemicals Agency Database for information on registered substances, <http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/registered-substances>, Last updated 08 Feb 2013

G.Formenton, R.De Lorenzo, S.Ficotto, A.Giarnio, G.Monari "Analisi di composti organici volatili in ambiente scolastico nella zona urbana di Mestre", IL Bollettino UNIDEA n 4, 2006, pag 35-42.

Regione Veneto, Ricerca Sanitaria Finalizzata n°143/2003, Rapporto Finale gennaio 2006 del Laboratorio di Igiene e Tossicologia Industriale AULSS 12 Veneziana. Non pubblicato, rivolgersi a: maria.gregio@ulss12.ve.it

Accordo Stato-Regioni del 27/09/2001 tra il Ministero della salute, le regioni e le province autonome sul documento concernente: "Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati". Pubblicato nella Gazz. Uff. 27 novembre 2001, n. 276, S.O.

“Accordo di programma per la bonifica e la riqualificazione ambientale del Sito di Interesse Nazionale di Venezia – Porto Marghera e aree limitrofe” (2012).

Protocollo operativo per la caratterizzazione dei siti del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e dell'accordo di programma per la chimica di Porto Marghera (Revisione ai sensi dell'Accordo di programma del 16/04/2012 – art. 5, comma 3) (2013).

D.P.C.M. 25/02/2005 “Linee guida per la pianificazione dell'emergenza esterna degli stabilimenti industriali a rischio di incidente rilevante” Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile.

ISPRA, 2009 “L'analisi di conformità con i valori di legge: il ruolo dell'incertezza associata a risultati di misura” Manuali e Linee guida ISPRA 52/2009

USEPA (2011a) Background Indoor Air Concentrations of Volatile Organic Compounds in North American Residences (1990-2005): A Compilation of Statistics for Assessing Vapor Intrusion. EPA 530-R-10-001. Office of Solid Waste and Emergency Response. Washington, D.C.

USEPA. (2009) Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment). January. EPA 540-R-070-002.

NJDEP (2005). Vapor Intrusion Guidance. Site Remediation and Waste Management Program.

CCME (2008), Canadian Council of Ministers of the Environment Final Scoping Assessment of Soil Vapour Monitoring Protocols for Evaluating Subsurface Vapour Intrusion into Indoor Air, Prepared by Geosyntec Consultants, Project Number TR0290 PN 1427 July 8, 2008

Dawson H.E., McAlary T. A (2009) Compilation of Statistics for VOCs from Post-1990 Indoor Air Concentration Studies in North American Residences Unaffected by Subsurface Vapor Intrusion. Ground Water Monitoring & Remediation 29 (1): 60–69

Kurtz, J.P., Folkes D.J. (2005) Discerning Background Sources of VOCs from Vapor Intrusion Sources Using Multiple Lines of Evidence Paper G-62, in: B.C. Alleman and M.E. Kelley (Conference Chairs), In Situ and On-Site Bioremediation—2005. Proceedings of the Eighth International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium (Baltimore, Maryland; June 6–9, 2005).

McHugh T. E., Hammond D. E., Nickels T., Hartman, B. (2008) Use of Radon Measurements for Evaluation of Volatile Organic Compound (VOC) Vapor Intrusion Environmental Forensics, 9:107–114

McHugh T.E., Connor J.A., Ahmad F. (2004) An Empirical Analysis of the Groundwater-to-Indoor-Air Exposure Pathway: The Role of Background Concentrations in Indoor Air Environmental Forensics, 5:33–44

## ALLEGATO A

Elenco indicativo dei metodi adeguati all'applicazione della procedura; l'eventuale adozione di metodi alternativi a quelli sotto elencati dovrà garantire gli stessi, o superiori, livelli prestazionali.

Analita	Metodo di campionamento	Metodo di analisi	Limite di quantificazione
<b>Inorganici gassosi</b>			
Mercurio	UNI EN 15852:2010 NIOSH 6009, OSHA 140	UNI EN 15852:2010	10 ng/m <sup>3</sup>
<b>Aromatici</b>			
Benzene	EPA TO15 1999 UNI EN 14662-2:2005 UNI EN 14662-4:2005 Unichim MU 1576: 2001 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007 UNI EN 14662 parti 1, 2, 3, 4, 5-2005	EPA TO15: 1999 UNI EN 14662-2:2005 UNI EN 14662-4:2005 Unichim 1576: 2001 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004 UNI EN 14662 parti 1, 2, 3, 4, 5-2005	0,5 µg/m <sup>3</sup>
Stirene	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,5 µg/m <sup>3</sup>
Toluene	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,5 µg/m <sup>3</sup>

Per le sostanze oggetto del protocollo, ad eccezione per il campionamento del Mercurio gassoso totale, non sono riportati i metodi NIOSH – OSHA perché nati per l'applicazione in ambito lavorativo/industriale.



<b>Analita</b>	<b>Metodo di campionamento</b>	<b>Metodo di analisi</b>	<b>Limite di quantificazione</b>
<b>Alifatici clorurati (**)</b>			
Cloruro di vinile	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004	0,3 µg/m <sup>3</sup>
Tricloroetilene	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,3 µg/m <sup>3</sup>
<b>Alifatici clorurati cancerogeni (**)</b>			
1,2 Dicloroetano	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 199 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 199 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,1 µg/m <sup>3</sup>
Diclorometano	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,1 µg/m <sup>3</sup>
Tetracloroetilene	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	EPA TO15: 1999 EPA TO17: 1999 Unichim MU 1576: 2001 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	0,1 µg/m <sup>3</sup>
<b>Idrocarburi alifatici (**)</b>			
ΣC5-C8	EPA TO15: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	MassDEP APH 2009 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	50 µg/m <sup>3</sup>
ΣC9-C12	EPA TO15: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007	MassDEP APH 2009 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004	50 µg/m <sup>3</sup>
ΣC9-C10	UNI EN 15549:2008 EPA TO15: 1999 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 UNI EN ISO 16000-5:2007 UNI EN ISO 16000-12:2008	UNI EN 15549:2008 MassDEP APH 2009 UNI EN ISO 16017-1:2002 UNI EN ISO 16017-2:2004 ISO 16000-6:2004 UNI EN ISO 16000-12:2008	30 µg/m <sup>3</sup>