

# Criticità dell'analisi di rischio

*Federica Scaini, Eleonora Beccaloni*

*Istituto Superiore di Sanità*



***Contaminazione delle matrici ambientali e  
analisi del rischio sanitario/ambientale***

***Bologna 05 maggio 2016***

# Criticità Analisi di Rischio

- L'Analisi di Rischio (AdR) nel contesto internazionale viene utilizzata da molti organismi e per diverse finalità: nella Strategia Europea Ambiente e Salute, nelle Direttive Europee (aria, acqua, rifiuti, alimenti), dall'OMS, dall'EFSA, dal SCHER e dall'US EPA-ATSDR.
- Nel contesto delle bonifiche è sempre utilizzata, e in alcuni casi accoppiata all'analisi di rischio ecologica (ambientale), al fine di valutare le priorità di interventi di bonifica e/o a correggere a livello specifico i valori di screening generici. In ogni caso viene utilizzata come uno dei criteri di valutazione, ma non come l'unico criterio di valutazione.
- A livello nazionale, nel D.Lgs. 152/2006 s.m.i., l'AdR viene utilizzata con modalità molto rigide e la mancanza ancora oggi di un unico software "validato" producono, in diversi casi, delle criticità e delle difformità di trattamento in situazioni analoghe sia a livello sanitario che ambientale, che portano molto spesso ad una sovrastima del rischio e a una sottostima delle CSR, in modo più o meno significativo.

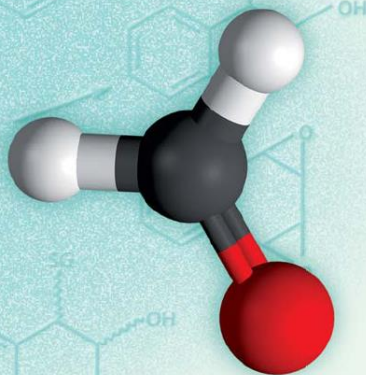
# Criticità Analisi di Rischio

- Il Ministero dell'Ambiente del Territorio e del Mare nel 2014 ha istituito un Gruppo di Lavoro con l'obiettivo di definire delle "Linee Guida" di riferimento per affrontare in modo univoco le problematiche emerse dall'elaborazione dell'Analisi di Rischio.
- In particolare per il percorso di volatilizzazione, al punto 2 "*Utilizzo dei dati di campo per la verifica dei risultati ottenuti con l'applicazione modellistica*", si fa riferimento alla possibilità, in base anche ai documenti tecnici, dell'utilizzo di dati di campo (misure soil-gas, campionamenti dell'aria indoor e outdoor), che permettono la verifica delle effettive emissioni di sostanze volatili presenti nelle varie matrici.
  - "Criteri e metodologie applicative per la misura del soil-gas"
  - "Protocollo per il monitoraggio dell'aria indoor/outdoor ai fini della valutazione dell'esposizione inalatoria nei siti contaminati"
  - "Campionamento dei gas interstiziali e rilievo delle emissioni di vapori dal terreno in corrispondenza dei siti contaminati" - Arpa Piemonte
  - "Modalità di campionamento dei soil-gas in ambito di bonifica e relativi controlli" e relativo "Protocollo tecnico-analitico" - Arpa Lombardia

# Contaminazione da sostanze organiche volatili

- La migrazione dei Composti Organici Volatili (COV) dal suolo, dal sottosuolo e dalla falda in ambienti indoor e outdoor può alterarne la qualità dell'aria
- Le attività di monitoraggio e la valutazione dell'esposizione inalatoria sono le procedure idonee per quantificare il rischio e per individuare le misure necessarie a ridurre la presenza degli inquinanti nell'ambiente.
- L'inquinamento dell'aria indoor, cioè di ambienti adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto, rappresenta un importante problema di sanità pubblica, con conseguente implicazioni sociali ed economiche.
- In ambito comunitario, alcuni Paesi hanno introdotto delle norme relative agli inquinanti indoor. L'OMS ha elaborato, a livello di Regione Europea, le linee guida per la qualità dell'aria indoor per alcuni specifici inquinanti atmosferici presenti in ambienti confinati.
- Anche in Italia è nata tale esigenza, ma ancora non si è arrivati ad elaborare una legge quadro sulla qualità dell'aria indoor, conseguentemente non sono presenti limiti e standard a livello nazionale.
- Nel 2010 l'Istituto Superiore di Sanità ha attivato un **"Gruppo di Studio Nazionale sull'inquinamento indoor"** per fornire documenti tecnico-scientifici condivisi, per consentire una omogeneità di azioni a livello nazionale in attesa di una normativa che tenga conto delle indicazioni elaborate dall'OMS.

## SELECTED POLLUTANTS



15 dicembre 2010

## WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants

### Chimici

Carbon monoxide

Nitrogen dioxide

Benzene

Naphthalene

Formaldehyde

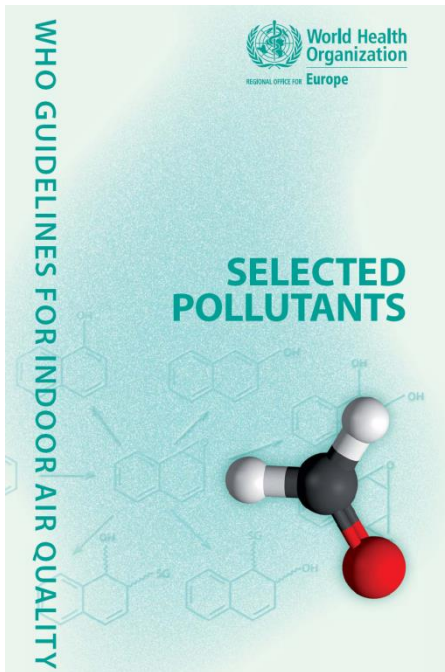
Polycyclic aromatic hydrocarbons

Trichloroethylene

Tetrachloroethylene

### Fisici

Radon



## **WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants**

**I valori guida per gli inquinanti nell'aria sono molto esigui a fronte del notevole numero di inquinanti riscontrabili negli ambienti confinati**

*Novembre 2010*

*Istituto Superiore di Sanità*

**Gruppo Studio Inquinamento Indoor**

**Partecipano al GdL le varie componenti  
(Ministero della Salute, Regioni, Istituti di  
Ricerca: ISS, ISPRA, CNR, Protezione Civile,  
Università, ecc.)**

## Protocollo per il monitoraggio dell'aria indoor/outdoor ai fini della valutazione dell'esposizione inalatoria nei siti contaminati

L'ISS, insieme all'INAIL, AULSS 12 Veneziana e Arpa Veneto ha definito una procedura e dei criteri, atti a verificare il livello di rischio sanitario per le sostanze volatili, quando risulti necessario prevedere l'attivazione di specifiche campagne di monitoraggio della qualità dell'aria (indoor e outdoor). Tale procedura è finalizzata esclusivamente alla valutazione e gestione del rischio sanitario per la popolazione potenzialmente esposta ed è articolato in: strategie di monitoraggio e stima del rischio sanitario per sostanze cancerogene e non cancerogene.

Il protocollo è applicabile nel caso di uso del suolo residenziale/ricreativo o industriale/commerciale, per i lavoratori potenzialmente soggetti a rischio di esposizione inalatoria da sostanze volatili non connesse con la propria attività lavorativa (es. uffici, negozi, bar, ristoranti, cinema, ecc.), ma provenienti dal suolo e/o dalla falda sottostante il sito.

In tali casi si ritiene che non possano essere applicati i limiti di esposizione professionale presenti negli Allegati del D.Lgs. 81/08 s.m.i., ma che vadano utilizzati, quali valori guida/di riferimento da porre a confronto con i dati ottenuti dai campionamenti, sia in ambienti indoor che outdoor, i valori reperiti nella letteratura scientifica o nella normativa di altri paesi europei ed extra europei, oppure, per analogia, quelli relativi all'aria ambiente.



## Strategie di monitoraggio

- ✓ Devono prevedere la raccolta di una serie di campioni della matrice aria, in posizioni rappresentative sia dal punto di vista spaziale che temporale e che tengano conto delle effettive esposizioni da parte dei frequentatori delle aree.



- conoscere le caratteristiche degli ambienti indoor e outdoor,
- le sorgenti,
- le attività che vengono svolte,
- tempi di permanenza della popolazione.

Potrebbe risultare, quindi utile, effettuare accertamenti preliminari tramite la raccolta di informazioni rilevanti per gli obiettivi dell'indagine, attraverso appositi questionari o l'esecuzione di misure di screening. Queste informazioni serviranno per la definizione dei punti di misura, per pianificare l'attività di monitoraggio e per individuare le opportune tecniche di campionamento e analisi dei COV oggetto d'indagine

- ✓ Definire il periodo temporale di osservazione (durata della misura, esempio giornaliera, settimanale, mensile e annuale) al fine di ottenere il valore di concentrazione di interesse.

# Strategie di monitoraggio

- ✓ Il numero di campionamenti sarà strettamente correlato con l'estensione dell'area (outdoor) e con le caratteristiche dell'ambiente indoor (edifici).
  - Per l'outdoor è opportuno prevedere un campionamento per aree omogenee di contaminazione tali da garantire la rappresentatività del monitoraggio dell'intera area, facendo riferimento, se necessario, anche alla suddivisione in sub-aree.
  - Per l'indoor, se si tratta di un edificio, generalmente non è necessario investigare tutti gli ambienti, ma è opportuno individuare l'area più rappresentativa e a maggior rischio espositivo. Se sono presenti locali interrati o seminterrati sarà opportuno prevedere un campionamento negli stessi.
- ✓ I campionatori dovranno essere posizionati nei punti di maggior rischio espositivo, ossia in corrispondenza dei punti in cui è stata riscontrata la massima contaminazione del suolo/falda, e in aree che possano mostrare una particolare significatività dal punto di vista ambientale e di esposizione della popolazione. Un ulteriore campionatore dovrà essere posizionato in un'area caratterizzata dall'assenza di sorgenti locali.

## Durata

La durata del singolo campionamento deve essere uguale alla frequenza giornaliera di esposizione.

- Nei siti ad uso del suolo residenziale: 24 ore.
- Nei siti ad uso del suolo ricreativo: può essere stabilita caso per caso in relazione alla effettiva durata dell'esposizione dei bersagli. In assenza di informazioni specifiche, a titolo cautelativo, è possibile assumere tale parametro pari a 24 ore.
- Nei siti ad uso del suolo industriale/commerciale: può essere stabilita caso per caso in relazione alla effettiva durata dell'esposizione dei bersagli alla contaminazione.

La durata minima della singola campagna di misura, al fine di determinare le concentrazioni ambientali, deve essere pari a 5-14 giorni [ISS, 2013].

La durata complessiva del monitoraggio deve essere rappresentativa del tempo associato al valore di riferimento, qualora esistente (OMS, USEPA, ecc.) e in particolare deve essere rappresentativa di tutte le possibili condizioni espositive, con particolare riguardo a quelle più critiche.

Si ritiene opportuno eseguire come minimo una campagna di misura nella stagione calda e una nella stagione fredda.

# Stima del rischio cancerogeno

Il rischio cancerogeno per la via di esposizione inalatoria è espresso dalla seguente equazione:

$$\text{Risk} = \text{IUR} \cdot \text{EC}$$

**IUR:** "Inhalation Unit Risk" espressa in  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ,

**EC:** "Concentrazione di esposizione" espressa in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A sua volta la concentrazione di esposizione viene definita dalla seguente equazione:

$$\text{EC} = (\text{CA} \cdot \text{ET} \cdot \text{EF} \cdot \text{ED}) / \text{AT}$$

**CA:** concentrazione del contaminante in aria  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ,

**ET:** tempo di esposizione (ore/giorno),

**EF:** frequenza d'esposizione (giorni/anno),

**ED:** durata d'esposizione (anni),

**AT:** tempo sul quale l'esposizione è mediata (tutta la vita in anni x 365 giorni/anno x 24 ore/giorno).

## Stima del rischio tossico

Il rischio tossico o “Indice di rischio” per la via di esposizione inalatoria viene calcolato mediante la seguente equazione:

$$\text{HQ} = \text{EC} / (\text{Toxicity Value} \cdot 1000 \mu\text{g}/\text{mg})$$

**EC:** “Concentrazione di esposizione” espressa in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

**Toxicity Value:** valore di tossicità per inalazione che nel caso specifico è dato dalla Reference Concentration (**RfC**) espressa in  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

La concentrazione di esposizione è data da

$$\text{EC} = (\text{CA} \cdot \text{ET} \cdot \text{EF} \cdot \text{ED}) / \text{AT}$$

**CA:** concentrazione del contaminante in aria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**ET:** tempo di esposizione (ore/giorno).

**EF:** frequenza d’esposizione (giorni/anno).

**ED:** durata d’esposizione (anni).

**AT:** tempo sul quale l’esposizione è mediata (ED in anni  $\cdot$  365 giorni/anno  $\cdot$  24 ore/giorno)

Nella Tabella sono rappresentati i valori di esposizione da usare nel calcolo del rischio

| FATTORI DI ESPOSIZIONE (EF)                                  | Simbolo | Unità di Misura | Residenziale |          | Com/Ind | Ricreativo |          |
|--------------------------------------------------------------|---------|-----------------|--------------|----------|---------|------------|----------|
|                                                              |         |                 | Adulto       | Bambino  | Adulto  | Adulto     | Bambino  |
| Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene       | ATc     | anni            | 70           | 70       | 70      | 70         | 70       |
| Tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene   | ATn     | anni            | 24           | 6        | 25      | 24         | 6        |
| Durata di esposizione                                        | ED      | anni            | 24           | 6        | 24      | 24         | 6        |
| Frequenza di esposizione                                     | EF      | giorni/anno     | 350          | 350      | 350     | 350        | 350      |
| Tempo di esposizione                                         | ET      | ore/giorno      | 24           | 24       | 8       | 3          | 3        |
| Fattore di aggiustamento per sostanze cancerogene e mutagene | ADAF    | [adim.]         | 1            | 3-10 (*) | 1       | 1          | 3-10 (*) |

(\*) Secondo Exposure Factor Handbook del 2011, il fattore di aggiustamento è da assumersi pari a 10 per la fascia di età 0 - <2, pari a 3 per la fascia di età 2 - <16 e pari a 1 per gli adulti

Nella Tabella sono riportati i fattori di esposizione indicativi per alcuni specifici scenari e possono essere variati secondo l'effettiva esposizione dei soggetti presenti nell'area in studio.

| Scenari                              | Fattori di esposizione                                     |                  |                 |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|
|                                      | ED (anni)                                                  | EF (giorni/anno) | ET (ore/giorno) |
| <b>Abitazioni</b>                    |                                                            |                  |                 |
| <i>Adulti</i>                        | <b>24 + 6 (adj)</b>                                        | 350              | 24              |
| <i>Bambini</i>                       | 6                                                          | 350              | 24              |
| <b>Scuole</b>                        |                                                            |                  |                 |
| <i>Bambini*</i>                      | Specifico dipende dalla Fascia di età e dal tipo di scuola |                  |                 |
| <i>Lavoratori</i>                    | <b>25</b>                                                  | 250              | 8               |
| <b>Uffici</b>                        |                                                            |                  |                 |
| <i>Adulti(Fruitori)</i>              | Specifico dipende dal tipo di ufficio                      |                  |                 |
| <i>Lavoratori</i>                    | <b>25</b>                                                  | 250              | 8               |
| <b>Alberghi</b>                      |                                                            |                  |                 |
| <i>Adulti</i>                        | <b>24 + 6 (adj)</b>                                        | 30               | 24              |
| <i>Bambini</i>                       | 6                                                          | 15               | 24              |
| <i>Lavoratori</i>                    | <b>25</b>                                                  | 250              | 8               |
| <b>Attività ricreative e sociali</b> |                                                            |                  |                 |
| <i>Adulti</i>                        | <b>24 + 6 (adj)</b>                                        | 150              | 3               |
| <i>Bambini</i>                       | 6                                                          | 150              | 3               |
| <i>Lavoratori</i>                    | <b>25</b>                                                  | 250              | 8               |

## CASO STUDIO

Il territorio oggetto di studio è costituito da un'area residenziale ad est delle mura di Ferrara, dove negli anni '50 era insediata una fornace con presenza di aree di cava di argilla, comunicanti con le falde idriche sotterranee.

Si ipotizza che parte delle cave siano state riempite con materiale di risulta dall'attività estrattiva e, che fino agli anni '70, abbiano ricevuto rifiuti urbani ed industriali, motivo per cui, mediante il processo di percolazione, alcune sostanze organiche volatili, disciolte in acqua, abbiano inquinato le falde sottostanti.

In prossimità di tale area, nel tempo, si è sviluppato un insediamento urbano, denominato "Quadrante Est", il cui l'ultimo edificio, costruito in ordine di tempo, è stato un asilo nido.

I risultati della caratterizzazione hanno fatto emergere una contaminazione legata a composti organici clorurati, anche cancerogeni. La possibile esposizione della popolazione ivi residente ha suscitato preoccupazione, per cui sono state condotte una serie di indagini finalizzate alla ricerca di sostanze organiche volatili (COV) in ambienti aperti (outdoor) e confinati (indoor).



# Quadrante Est



- ✓ Nell'estate 2010, prima di effettuare i monitoraggi, sono stati eseguiti dei sopralluoghi per identificare le aree maggiormente significative.
- ✓ In questa fase, presso l'asilo nido "Polo per l'Infanzia", è stata eseguita un'attività di screening (da luglio a ottobre 2010) mediante monitoraggi ambientali indoor e outdoor, per definire, sulla base dei dati prodotti, il protocollo di prelievo e analisi da utilizzare per caratterizzare l'intero quartiere.
- ✓ I campionamenti nell'asilo nido sono stati effettuati prima dell'apertura della struttura. Contestualmente, è stato effettuato, in collaborazione con il Comune di Ferrara, un censimento, eseguito porta a porta, della popolazione, che ha permesso di selezionare gli edifici, le abitazioni e le tipologie di monitoraggio.

Le abitazioni sono state selezionate:

- rispetto all'anno di costruzione,
- tenendo in considerazione le diverse tipologie strutturali:  
numero di camere, presenza di seminterrati, presenza di box e/o garage nonché il numero di livelli su cui gli appartamenti si sviluppavano (piano singolo, doppio o triplo considerando anche le mansarde),

escludendo dal campionamento le cucine e i bagni, vani soggetti ad interferenze dovute alle diverse attività tipicamente svolte in tali ambienti (cottura dei cibi, uso di detersivi e deodoranti, ecc.).

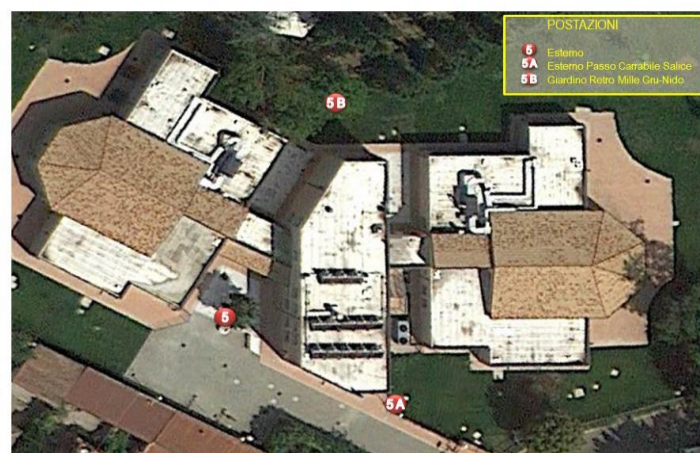
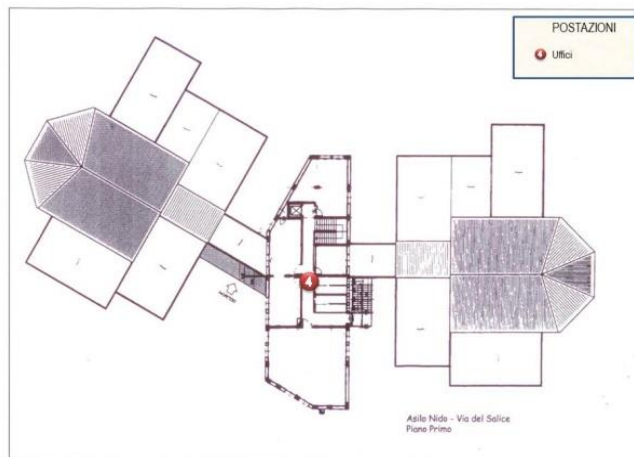
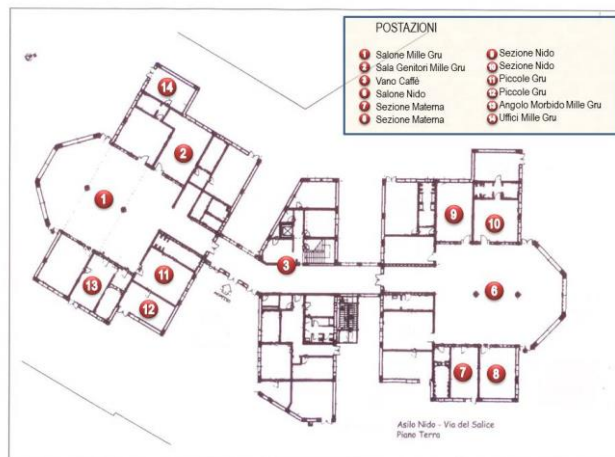
- ✓ Sono state indagate 21 residenze, in cui sono state eseguite 5 campagne di monitoraggio, con campionatori passivi (radiello), della durata di 15 giorni ognuna.
- ✓ Inoltre, sempre con campionatori passivi, sono stati effettuati campionamenti di aria outdoor, estendendoli in aree non abitative ma fruibili dai residenti (giardini pubblici, aree comunali, aree limitrofe a parcheggi pubblici, ecc.).
- ✓ Sono stati prelevati 15 campioni di soil-gas, presso giardini privati e aree pubbliche, utilizzando come tecnica di prelievo i Canister.

Le procedure analitiche impiegate, per la determinazione dei COV, sono state il desorbimento chimico per i radielli e per i canister l'introduzione diretta di un volume noto di gas nello strumento analitico e la determinazione strumentale è stata eseguita mediante gascromatografia accoppiata al rivelatore di massa (CG-MS).

Rispetto all'indagine condotta negli edifici selezionati, le sostanze organiche volatili che hanno restituito valori di concentrazione puntuali sono stati principalmente i *BTEX*, il *Diclorometano*, il *Tricloro* e *Tetracloroetilene*, il *Tetracloruro di Carbonio*.

Sulla base dei valori misurati per i singoli inquinanti non sono state evidenziate particolari problematiche nell'esposizione inalatoria della popolazione considerando anche i dati di aria ambiente esterna.

- ✓ L'asilo nido "Polo per l'Infanzia" considerata area molto sensibile, è stata monitorata, senza interruzioni di tempo per un periodo di 18 mesi, dall'apertura della struttura fino al completamento di un intero anno scolastico. Le stazioni campionate sono state in tutto 17 di cui 14 interne e 3 esterne (giardino).



# Conclusioni

- ✓ In totale sono stati prelevati, con i “Radielli”, 532 campioni.
- ✓ I composti organici volatili indagati sono stati: Benzene, Toluene, Etilbenzene, o-m-p Xilene, 1,3,5- Trimetilbenzene, 1,2,4-Trimetilbenzene, Tetracloroetilene, Tetracloruro di carbonio, Tricloroetilene, Cloroformio, Cloruro di vinile, Cloruro di Metilene, Clorometano, Clorobenzene, 1,1,1-Tricloroetano, 1,1-Dicloroetano, 1,2-Dicloroetano.
- ✓ In nessun caso è stata evidenziata la presenza di: Cloruro di vinile, Cloruro di Metilene, Clorometano, Clorobenzene, 1,1,1-Tricloroetano, 1,1-Dicloroetano, 1,2-Dicloroetano.
- ✓ Dai risultati ottenuti si evince che in generale, nei campionamenti condotti con i “Radielli”, i BTEX sono sempre presenti e comunque a basse concentrazioni.
- ✓ I campionamenti condotti all'esterno della struttura non mostrano presenza di sostanze organiche volatili, se non tracce, del resto ciò è intuibile essendo l'area in studio una zona residenziale lontana dal centro città e a bassa frequenza autoveicolare.
- ✓ Anche in questo caso i risultati ottenuti non hanno evidenziato particolari criticità.

Le valutazioni condotte sui monitoraggi effettuati hanno permesso alle amministrazioni locali di dare avvio alla bonifica in tempi ragionevoli e a costi sostenibili.