

APPENDICE S: Intrusione di vapori nei luoghi di lavoro

Ing. Laura D'Aprile
APAT

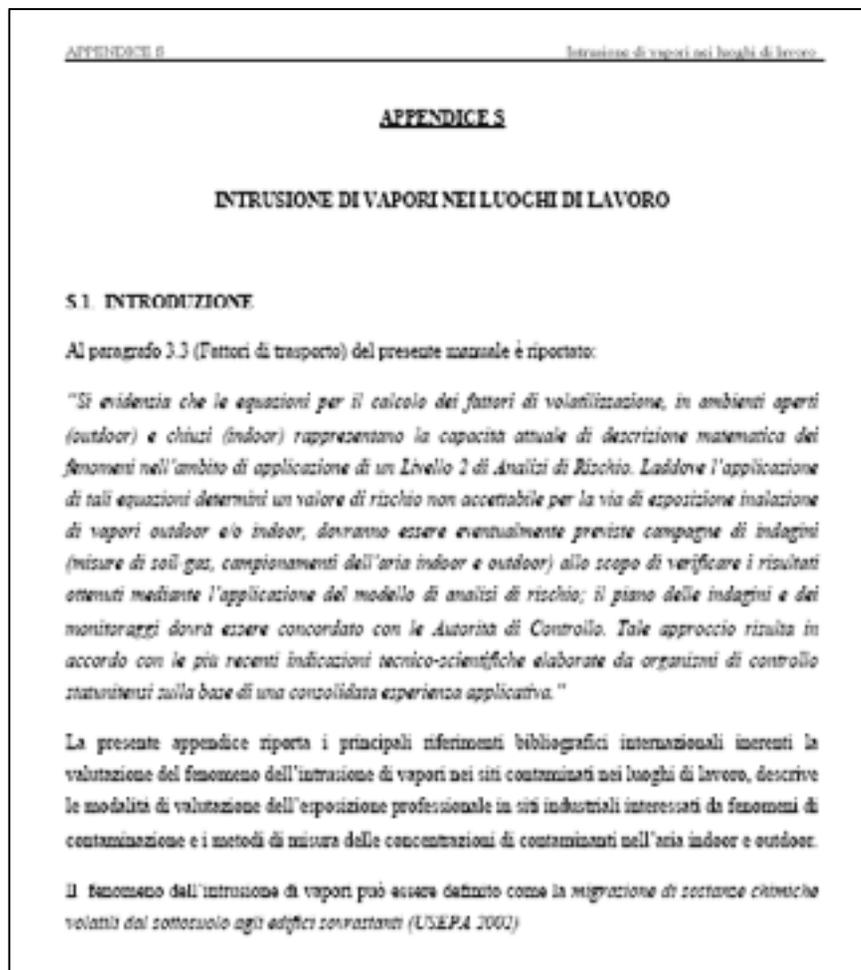
Ing. Simona Berardi
ISPESL

3.3 Fattori di trasporto

Si evidenzia che le equazioni per il **calcolo dei fattori di volatilizzazione, in ambienti aperti (outdoor) e chiusi (indoor)** rappresentano la capacità attuale di descrizione matematica dei fenomeni nell'ambito di applicazione di un Livello 2 di Analisi di Rischio. Laddove l'applicazione di tali equazioni determini un valore di rischio non accettabile per la via di esposizione inalazione di vapori outdoor e/o indoor, dovranno essere eventualmente previste campagne di indagini (misure di soil-gas, campionamenti dell'aria indoor e outdoor) allo scopo di verificare i risultati ottenuti mediante l'applicazione del modello di analisi di rischio; il piano delle indagini e dei monitoraggi dovrà essere concordato con le Autorità di Controllo. Tale approccio risulta in accordo con le più recenti indicazioni tecnico-scientifiche elaborate da organismi di controllo statunitensi sulla base di una consolidata esperienza applicativa. Tra i documenti di riferimento è opportuno citare il riferimento CalEPA (2005).

CalEPA (2005), Guidance for the evaluation and mitigation of subsurface vapour intrusion to indoor air, Department of Toxic Substances Control, California Environmental Protection Agency, USA.

APPENDICE S (APAT, 2008)



- ✓ S.1 - INTRODUZIONE
- ✓ S.2 - LINEE-GUIDA E DOCUMENTI TECNICI SVILUPPATI NEGLI U.S.A
- ✓ S.3 - VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE PROFESSIONALE
- ✓ S.4 - I TLVs DELL'ACGIH
- ✓ S.5 - UTILIZZO DI VALORI DI TLV/TWA NELL'ANALISI DI RISCHIO SANITARIOAMBIENTALE
- ✓ S.6 - MODALITA' DI MISURA DELLE CONCENTRAZIONI DI INQUINANTI NEGLI AMBIENTI INDOOR

PROBLEMATICHE RELATIVE AL *VAPOR INTRUSION*



Che cos'è il vapor intrusion?

- *Vapor Intrusion* (Intrusione di Vapori) = Migrazione di sostanze chimiche volatili dal sottosuolo agli edifici sovrastanti (USEPA 2002)

**Lavoratori
(Commerciale/Industriale)**

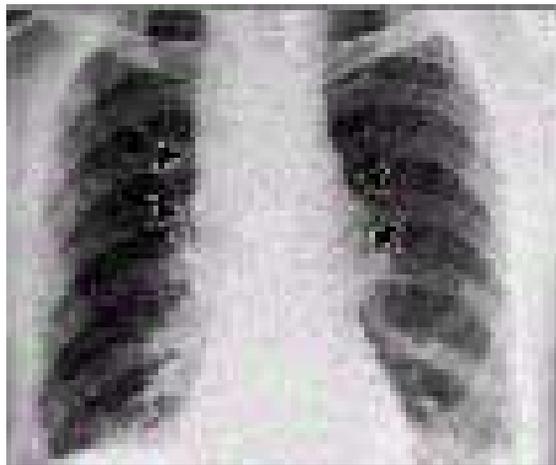
Adulti/Bambini (Residenziale)

Locali interrati

Fondazioni

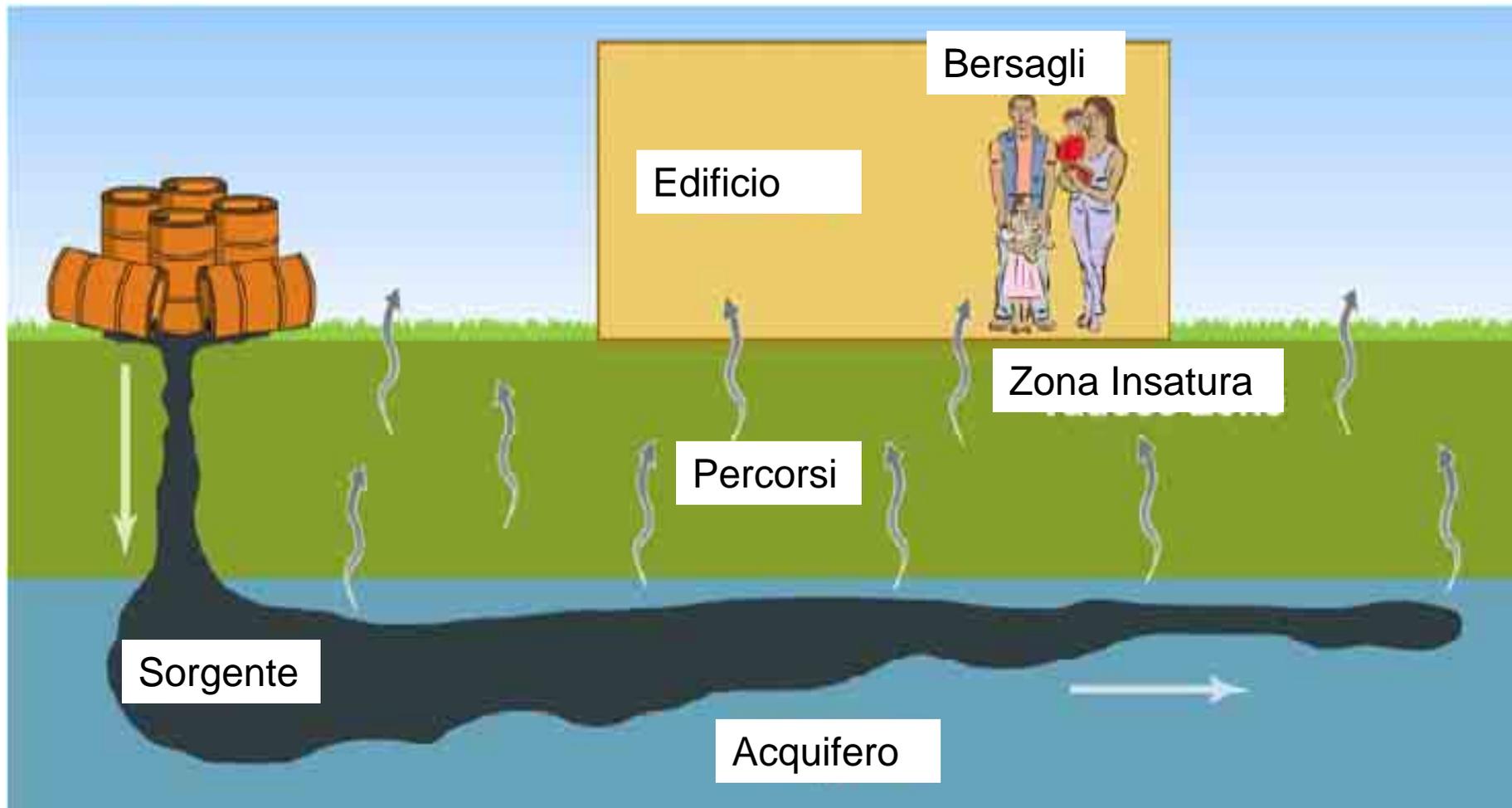


Perché occuparsi del vapor intrusion?



- ✓ Rischi per la sicurezza (ad es: esplosioni)
- ✓ Rischi per la salute:
 - le persone trascorrono più del 90% del tempo in ambienti chiusi;
 - la presenza di COVs spesso non è avvertita (assenza di tracce visive e/o olfattive)
 - effetti acuti e cronici
- ✓ I rischi legati all'intrusione di vapori possono essere di ordini di grandezza superiori rispetto ai rischi connessi ad altri percorsi di esposizione quali ingestione e contatto dermico.

Modello Concettuale di Base



Modificato da ITRC (Gennaio 2007)

Come si affronta il vapor intrusion?

- Approccio per fasi:
 - Generico
 - Sito-specifico
- Processo iterativo
- Costruzione del modello concettuale
- Utilizzo di modelli, dati relativi a misure di soil-gas, dati relativi a misure dell'aria indoor, misure di mitigazione;
- Utilizzo di linee di evidenza multiple
- Valutazione dell'esposizione e dell'utilizzo del sit.
- Coinvolgimento di esperti con varie competenze (chimiche, ingegneristiche, sanitarie, ecc.)
- Programmi di comunicazione per la popolazione

Principali riferimenti tecnici

- ✓ **2002 US EPA** (Draft Guidance for Evaluating the Vapor Intrusion to Indoor Air Pathway from Groundwater and Soils, Subsurface Vapor Intrusion Guidance).
 - utilizzata diffusamente negli U.S.A.
 - 3 livelli di intervento (generico, semi sito-specifico, sito-specifico)
- ✓ **2007 ITRC** (Vapor Intrusion Pathway: A Practical Guideline)
 - molto completa: descrive approcci guidati per fasi applicabili per vari scenari, fornisce strumenti pratici
 - contiene un capitolo dedicato agli interventi di mitigazione del *vapor intrusion*

Principali riferimenti tecnici

✓ **2008 ASTM (?)**

- riguarda soprattutto le transazioni immobiliari, fornisce un approccio per fasi che consente una certa flessibilità

- utilizzo di criteri non numerici; importanza della distanza dalle sorgenti, vengono trattati sia contaminanti clorurati che petroliferi

✓ **Riferimenti di altri Stati U.S.A.:** 2005 CalEPA (Guidance for the evaluation and mitigation of subsurface vapour intrusion to indoor air, Department of Toxic Substances Control, California Environmental Protection Agency, USA.), 2006 NYDOH (Guidance for Evaluating Soil Vapor Intrusion in the State of New York),.....

Problematiche principali

- ✓ Contaminazione di fondo (background)
- ✓ Biodegradazione dei contaminanti
- ✓ Percorsi preferenziali
- ✓ Uso presente e futuro del suolo
- ✓ Gestione e comunicazione del rischio
- ✓ Diverso approccio tra aree residenziali e aree industriali

Contaminazione di Fondo (Background)

La contaminazione di background può derivare da diverse sorgenti:

- Ovvie:
 - Vernici
 - Uso di sostanze chimiche
 - Adesivi
 - Spray
 - Lavaggio a secco
- Meno Ovvie:
 - Fumo di sigaretta
 - Tappeti
 - Caminetti a legna
 - Deodoranti per ambienti
 - Profumi, Spray per capelli

Contaminazione di Fondo (Background)



Aree Residenziali /Aree Industriali

Contaminante	C / NC	Valori di Screening Generici dell'EPA(ppb)	OSHA PEL TWA (ppb)	ACGIH TLV/TWA (ppb)
Tetracloroetilene	C	12	100,000	25,000
Tricloroetilene	C	0.41	100,000	50,000
Cloruro di Vinile	C	11	100,000	5,000
Benzene	C	9.8	10,000	500
Tetracloruro di Carbonio	C	2.6	10,000	5,000
Cloroformio	C	2.2	--	10,000
1,1,1-Tricloroetano	NC	400	350,000	350,000
1,2-Dicloroetilene (cis)	NC	8.8	200,000	200,000
1,2-Dicloroetilene (trans)	NC	18	200,000	200,000
Naftalene	NC	0.57	10,000	10,000

Da R. De Mott, 2006

APPENDICE S: Calcolo dei Valori Limite Indoor (IND)

I Valori Limite Indoor Industriali (VLin(IND)) sono stati calcolati applicando la procedura di analisi di rischio riportata nel presente manuale in modalità *backward*, per cui:

per effetti cancerogeni
$$VL_m(IND) = \frac{TR}{EM \cdot SF}$$

per effetti tossici
$$VL_m(IND) = \frac{HQ \cdot RfD}{EM}$$

dove:

- TR [adim.] e HQ [adim.] rappresentano rispettivamente i valori di accettabilità del rischio e dell'indice di pericolo individuale e per essi sono stati assunti i valori pari a 10^{-6} e 1 (paragrafo 4.4);
- SF [mg/kg-giorno]⁻¹ e RfD [mg/kg-giorno] sono rispettivamente i parametri tossicologici delle specie chimiche in esame;
- EM [m³/kg-giorno] rappresenta la portata effettiva di esposizione, ossia la quantità di aria inalata in ambienti confinati per unità di peso corporeo al giorno, per il calcolo di EM si è fatto riferimento a quanto contenuto nel paragrafo 3.4.2 del presente documento. Si precisa che il tasso di inalazione assunto è quello proposto come default nel caso si inalazione indoor. (Bi = 0,9 m³/ora).

E' evidente, dalla analisi delle equazioni sopra riportate, che i Valori Limite così identificati siano validi sia nel caso di inalazione di vapori che nel caso di inalazione di polveri.

APPENDICE S: TLV/TWA e Valori basati su AdR (1)

Tabella 4 (1/3) – AMBIENTI DI LAVORO - Valori limite stabiliti dal DM 26/02/2004, TLV-TWA dell'ACGIH e valori limite derivati dalla procedura di analisi di rischio

specie chimica	Numero CAS	U.M. 26/02/2004 [mg/m ³]	TLV-TWA [mg/m ³]	VL(Rischio) Cancerogeno [mg/m ³]	Valo(b)ri Toxicità [mg/m ³]
Composti inorganici					
Alluminio e composti (come Al)	7429-90-3	-	3,50E+00	-	3,03E-02
Antimonio e composti (come Sb)	7440-36-2	-	5,00E-01	-	5,88E-03
Argento metallo	7440-38-4	1,00E-01	1,00E-02	-	7,10E-02
Arsenio e composti inorganici (come As)	7440-38-2	-	1,00E-02	3,89E-06	4,26E-03
Bario e composti (come Ba)	7440-31-7	-	2,00E-02	4,70E-06	8,09E-06
Boro	7440-42-8	-	2,00E+00	-	5,11E-02
Cadmio composti (come Cd)	7440-43-6	-	2,00E-02	5,31E-06	8,06E-04
Cianuri (ionici)	57-12-6	-	-	-	2,84E-01
Cobalto e composti inorganici (come Co)	7440-48-4	-	2,00E-02	4,00E-06	5,11E-05
Cromo totale	024-017-00-5	-	5,00E-04	-	2,10E+01
Cromo VI	18540-28-9	-	1,00E-02	9,46E-07	4,26E-04
Ferro	7439-89-6	-	2,30E+01	-	-
Fluoruri (come F)	-	3,50E+00	1,90E+00	-	-
Manganese elemento e composti inorganici (come Mn)	7439-96-3	-	1,00E-01	-	2,03E-04
Mercurio (come Hg)	7439-97-6	-	1,00E-02	-	1,22E-03
Nichel	7440-02-0	-	1,00E-01	4,73E-06	2,84E-01
Niobio elemento e composti inorganici (come Nb)	7433-90-1	1,50E-01	5,00E-02	-	4,97E-01
Niobio Tetraclorido (come Nb)	78-00-2	-	1,00E-01	-	1,40E-06
Rame	7440-06-2	-	2,00E-01	-	3,08E-01
Selenio e composti (come Se)	7782-49-2	-	2,00E-01	-	7,10E-02
Tungsteno metallo	7440-31-8	-	2,00E+00	-	5,32E+00
Tantalo elemento e composti solubili (come Ta)	7440-38-6	-	1,00E-01	-	1,14E-03
Tungsteno	7440-65-3	-	5,00E-02	-	9,94E-02
Zinco	7440-66-6	-	-	-	4,26E+00
Zolfo	-	-	-	-	1,42E+00
Zolfo	-	-	-	-	-
Aromatici					
Benzene (Benzolo)	71-43-2	-	1,60E+00	1,37E-03	1,21E-01
Bifenilene	100-41-4	4,42E+00	4,34E+02	-	4,00E+00
Bifenilene monossido (Violetto base)	100-43-0	-	5,00E+01	-	4,50E+00
Toluene (Toluolo)	108-88-3	-	1,80E+00	-	1,82E+00
m-Xilene	106-36-3	2,21E+00	4,34E+02	-	2,84E+00
o-Xilene	95-47-8	2,21E+00	4,34E+02	-	2,84E+00
p-Xilene	106-42-0	2,21E+00	4,34E+02	-	2,84E+00
Xilene	1330-20-7	2,21E+00	4,34E+02	-	2,84E+00
Aromatici policiclici					
Benzofluorantene	56-35-3	-	-	5,62E-05	4,05E+00
Benzobipirrene	50-33-8	-	-	5,43E-06	4,48E+01
Benzofluorantene	208-30-0	-	-	5,62E-06	4,05E+00
Benzopirene	191-34-2	-	-	-	4,26E-01
Benzofluorantene	207-05-8	-	-	1,26E-03	4,05E-01
Citrene	218-01-9	-	-	5,52E-03	4,26E-01
Dibenz(a,h)pirene	190-69-4	-	-	-	-
Dibenz(a,i)pirene	185-64-0	-	-	-	-
Dibenz(a,j)pirene	191-26-0	-	-	-	-
Dibenzofurani	-	-	-	-	-
Dibenzofluorantene	53-70-3	-	-	5,48E-06	-
Indenopirene	163-39-5	-	-	5,62E-05	4,48E+01
Perene	123-00-0	-	-	-	4,26E-01
Idrocarburi policiclici aromatici adsorbiti su particelle (HAP) - Carbone e pezzi di carbone prodotti idrati (benzoli solubili in Benzene)	61595-93-2	-	2,00E-01	-	-

**APPENDICE S:
TLV/TWA e
Valori basati su
AdR (2)**

Tabella 4 (2/3) - AMBIENTI DI LAVORO - Valori limite stabiliti dal D.M. 26/02/2004, TLV-TWA dell'ACGIH e valori limite derivati dalla procedura di analisi di rischio

specie chimiche	Numero CAS	D.M. 26/02/2004 [mg/m ³]	TLV-TWA [mg/m ³]	VL _{inj} (ND) Cancerogeno [mg/m ³]	VL _{inj} (AdR) Tossico [mg/m ³]
Aldali aromatici cancerogeni					
1,1,2-Triclorometano	70-12-6		6,90E+00	1,00E-04	3,34E+00
1,1,2-Tricloroetano	79-00-0		5,50E+01	7,10E-04	5,09E-01
1,1-Dicloroetano (Cloruro di vinilidene)	75-35-1		2,00E+01	2,27E-04	1,29E-01
1,2,3-Tricloropropano	96-13-6		5,00E+01	5,50E-05	5,52E-02
1,2-Dicloroetano (Cloruro di etilene)	107-06-2		4,50E+01	4,37E-04	4,06E-02
1,2-Dicloropropano (Isopolio di propilene)	78-27-2		-	3,33E-04	1,83E-01
Clorometano	74-07-3		-	6,31E-03	6,90E-02
Cloruro di vinile (Cloroetano)	75-01-4		3,60E+00	1,20E-03	4,06E-01
Diclorometano (Cloruro di metilene)	75-09-2		-	2,34E-02	1,22E+01
Tetraclorometano (PCP)	107-13-2		1,74E+01	1,90E-03	1,23E-01
Toluossilene	75-01-8		2,89E+02	6,62E-03	6,52E-02
Triclorometano (Cloroformio)	67-66-3	1,00E+01	4,90E+01	4,94E-04	1,00E-01
Esacloroetano	57-05-3		2,10E-01	5,10E-04	2,68E-03
Aldali aromatici non cancerogeni					
1,1,1-Tricloroetano (Metilcloroformio)	71-55-6	5,56E+02	1,91E+03	-	4,06E+00
1,1-Dicloroetano (Cloruro di stilidene)	75-34-3	4,10E+00	4,06E+02	-	1,20E+00
o-1,2-Diclorobenzene	156-59-2		7,93E+02	-	1,62E-01
trans-1,2-Diclorobenzene	156-60-3		7,93E+02	-	3,04E-01
1,3-Diclorobenzene	567-53-0		7,93E+02	-	1,23E-01
Aldali alogenati cancerogeni					
1,3-Dibromometano (Bromoformio di allene)	106-43-4		-	5,16E-06	3,65E-03
Bromodichlorometano	75-27-4		-	6,41E-04	2,64E-01
Dibromodichlorometano	134-48-1		-	4,73E-04	2,88E-01
Iodometano (Iodoformio)	73-25-2		5,20E+02	1,03E-02	2,64E-01
Nitrobenzani					
1,2-Dinitrobenzene	528-23-2		1,00E+00	-	5,65E-03
1,3-Dinitrobenzene	59-02-0		1,00E+00	-	1,42E-02
Dimnitrobenzani	100-00-6		-	1,50E-03	-
Nitrobenzene	90-90-3		5,00E+00	-	5,09E-03
Clorobenzani					
1,2,4,5-Tetraclorobenzene	85-94-3		-	-	4,20E-03
1,3,4-Triclorobenzene	105-83-1	1,51E+01	-	-	8,06E-01
1,2-Diclorobenzene (o-Diclorobenzene)	95-50-1	1,22E+02	1,00E+02	-	5,09E-01
1,4-Diclorobenzene (p-Diclorobenzene)	106-46-7	1,03E+03	6,00E+01	1,80E-03	3,55E+00
Esaclorobenzene	119-74-1		2,00E-03	2,40E-05	1,14E-02
Monoclorobenzene	108-90-7	4,70E+01	4,60E+01	-	6,62E-02
Pentaclorobenzene	502-93-5		-	-	1,14E-02
Fenoli non clorurati					
Fenolo	105-85-0	7,80E+00	1,90E+01	-	6,60E+00
m-Metilfenolo	100-29-4		-	-	7,10E-01
o-Metilfenolo	95-48-7		-	-	7,10E-01
p-Metilfenolo	106-44-0		-	-	7,10E-02
Metilfenoli	-		-	-	7,10E-02
Fenoli clorurati					
2,4,6-Triclorofenolo	68-08-3		-	3,97E-03	-
2,4-Diclorofenolo	123-63-2		-	-	4,20E-02
2-Clorofenolo	95-67-6		-	-	7,10E-02
Pentaclorofenolo	87-86-2		5,00E-01	3,31E-04	4,26E-01

APPENDICE S: TLV/TWA e Valori basati su AdR (3)

Tabella 4 (3/3) – AMBIENTI DI LAVORO - Valori limite stabiliti dal DM 26/03/2004, TLV-TWA dell'ACGIH e valori limite derivati dalla procedura di analisi di rischio

Specie chimiche	Numero CAS	D.M. 26/03/2004 [mg/mc]	TLV TWA [mg/mc]	VLV(ND) Cancerogeno [mg/mc]	VLV(ND) Tossico [mg/mc]
Ammine aromatiche					
Anilina	62-53-2	-	7.50E+00	8.97E-03	4.26E-03
Oftalmina	122-28-4	-	1.00E+01	-	3.55E-01
m,p-Anilina	538-90-3	-	5.00E-01	-	9.94E-02
o-Anilina	90-04-0	-	5.00E-01	2.84E-04	8.55E-04
p-Toluidina	105-43-0	-	5.00E+00	2.09E-04	-
Alcooli					
Alcol	13952-60-8	-	-	4.97E-04	1.43E-01
Alcol	209-00-2	-	2.50E-01	2.32E-05	4.26E-04
Alcolina	1912-34-9	-	5.00E+00	1.81E-04	4.97E-01
Cloroformo	67-74-2	-	5.00E-01	1.14E-04	2.84E-03
COE	72-54-2	-	-	1.58E-04	7.10E-03
COE	72-55-0	-	-	1.17E-04	7.10E-03
COE	90-29-1	-	1.00E+00	1.17E-04	7.10E-03
Cloroformo	66-01-1	-	2.50E-01	2.49E-05	7.10E-04
Cloroformo	72-20-8	-	1.00E-01	-	4.26E-03
1,1,1-tricloroetano	718-24-8	-	-	6.24E-05	7.10E-03
1,1,2-tricloroetano	319-00-7	-	-	2.14E-05	2.04E-03
1,1,2-tricloroetano (Isomero)	88-80-3	-	5.00E-01	3.06E-05	4.26E-03
Diossina					
2,3,7,8-TCDF ¹⁾	1746218	-	-	3.43E-10	-
1,2,3,7,8-PeCDF	40321764	-	-	-	-
1,2,3,6,7,8-HxCDF	7927288	-	-	-	-
1,2,3,6,7,8-HxCDF	17613657	-	-	-	-
1,2,3,7,8-PeCDD	1980743	-	-	-	-
1,2,3,6,7,8-HxCDD	35823453	-	-	-	-
OCDD	3248879	-	-	-	-
Furani					
2,3,7,8-TCDF	81207319	-	-	-	-
2,3,4,7,8-PeCDF	57117354	-	-	-	-
1,2,3,7,8-PeCDF	57117416	-	-	-	-
1,2,3,6,7,8-HxCDF	57117448	-	-	-	-
1,2,3,4,7,8-HxCDF	10528255	-	-	-	-
1,2,3,7,8-PeCDF	12515219	-	-	-	-
2,3,4,6,7,8-HxCDF	50001040	-	-	-	-
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	67062394	-	-	-	-
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	55070057	-	-	-	-
OCDF	39001823	-	-	-	-
TCDFa					
PCDF ¹⁾	1388-36-3	-	5.00E-01	1.00E-06	-
Idrocarburi					
Idrocarburi leggeri C<12	-	-	-	-	-
Idrocarburi pesanti C<12	-	-	-	-	-
Alcatri C5-C8	-	-	-	-	8.00E-01
Alcatri C9 - C10	-	-	-	-	2.00E-01
Alcatri C9 - C18	-	-	-	-	8.00E-01
Alcatri C19 - C38	-	-	-	-	-
Alcatri C19 - C22	-	-	-	-	-
Altre sostanze					
Amianto (Fibre libere)	12001-29-4	-	-	-	-
Asbesto (tutte le forme)	1332-21-4	-	0,1 fibre/mc	-	-
Esteri dell'acido ftalico (ognuno)	-	-	-	-	-
Acidoftalimide (ammide acido)	79-06-1	-	3.00E-02	8.83E-06	2.84E-03
Benzene	112-24-3	-	1.76E+02	-	3.00E-01
Acido para-ftalico (acido tetraftalico)	760-27-6	-	1.00E+01	-	1.42E+01
Misc. 1-Metil-ter-butilperossido (alere metilperossido terziario)	10-58-08-4	-	1.00E+02	-	1.00E+01

APPENDICE S: Valori Limite Indoor (IND)- Osservazioni

Dalla analisi dei dati riportati in Tabella 4 emerge che:

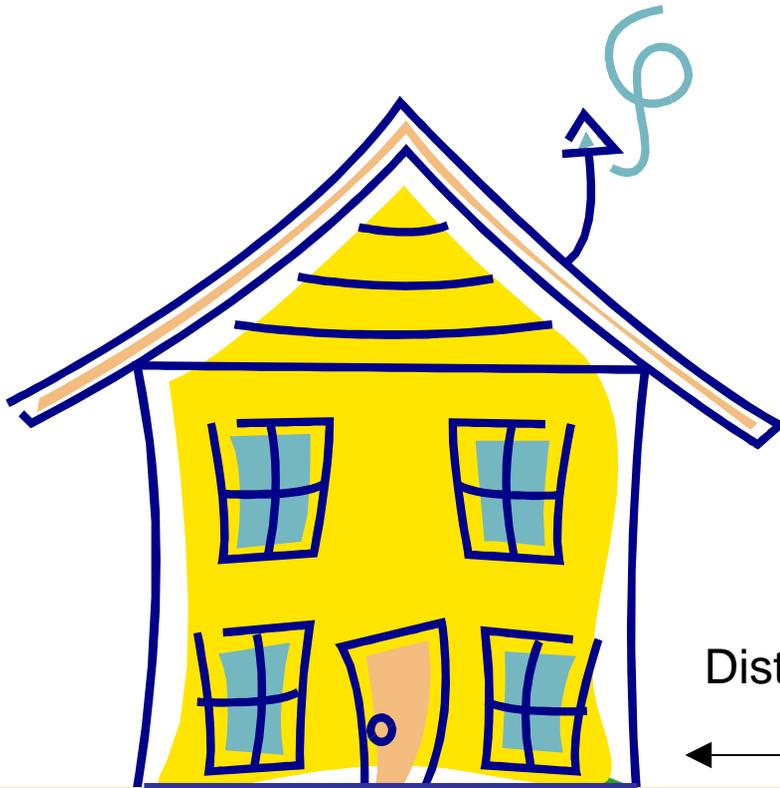
- i "VLin(IND) Cancerogeno" risultano inferiori ai "VLin(IND) Tossico", anche di cinque ordini di grandezza;
- i "VLin(IND) Tossico" risultano, per la maggioranza dei casi, inferiori ai valori limite stabiliti dal D.M. 26/02/2004 e ai (TLV/TWA) dell'ACGIH mediamente di due, tre ordini di grandezza.



I limiti TLV/TWA non sono, in generale, confrontabili con le concentrazioni derivate dall'applicazione modellistica, sono pertanto necessarie misure dirette (monitoraggi).

Distanza dalle sorgenti

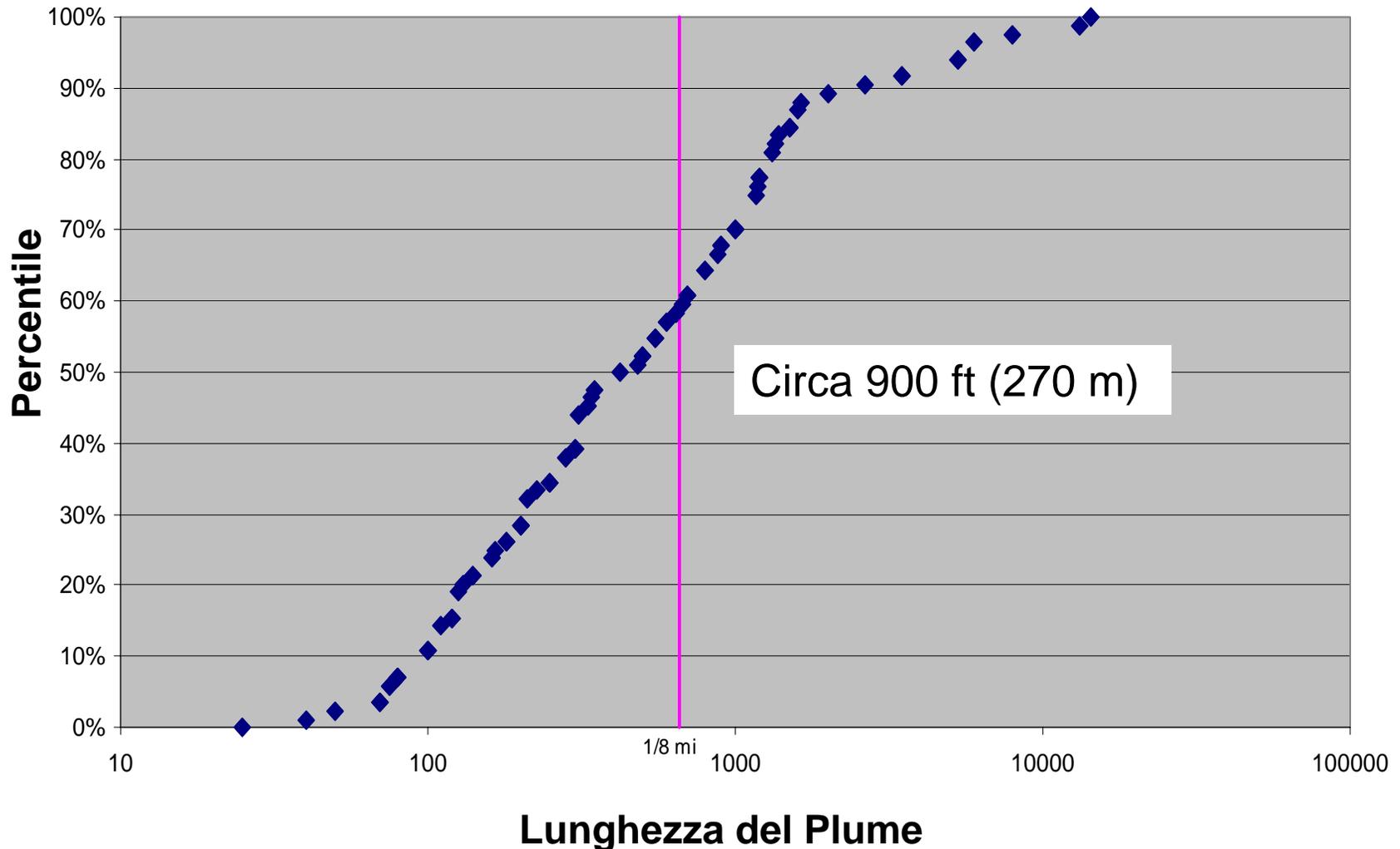
E' corretto considerare solo gli edifici entro 30 m (100 ft) dalla sorgente? (EPA, 2002)



Distanza tra l'edificio e la sorgente

5 ug/l

Dati relativi ad indagini condotte su siti contaminati da lavanderie a secco (Envirogroup Limited, 2007)



Le linee-guida dell'ITRC (2007)

Struttura della linea guida ITRC (2007)



Verifica Preliminare (Capitolo 2 della guida ITRC)

Step 1: Il sito presenta un pericolo di esposizione acuta?

Step 2: I dati ottenuti dalle indagini effettuate in fase di caratterizzazione sono sufficienti a valutare il percorso di VI?

Step 3: Nel sito sono presenti contaminanti volatili e tossici?

Step 4: Ci sono edifici in prossimità dei punti contaminanti da volatili (suolo, sottosuolo e acque sotterranee)?

Step 5: Identificare gli scenari di esposizione appropriati per gli occupanti degli edifici e i valori di screening per il sito.

Step 6: I dati mostrano il superamento dei valori di screening per lo scenario di esposizione selezionato?

Step 7: Il superamento riscontrato giustifica ulteriori indagini?

Fase di Indagine (Capitolo 3 della guida ITRC)

Step 8: Scelta della strategia di indagine per VI

Step 9: Progettazione del piano di indagine

Step 10: Attuazione del piano di indagine

Step 11: Valutazione dei dati raccolti

Step 12: Sono necessarie ulteriori indagini?

Step 13: Sono necessarie misure di mitigazione del rischio?

Elementi importanti in fase di indagine

- ✓ Modello Concettuale Sito-Specifico
- ✓ Sistematizzazione dei dati esistenti e individuazione delle lacune
- ✓ Ubicazione dei punti di campionamento
- ✓ Modalità di campionamento
- ✓ Tipologia degli edifici
- ✓ Livelli di background
- ✓ Comunicazione alla popolazione
- ✓ Scenario del caso peggiore (ad es. sistemi di riscaldamento attivi)
- ✓ Differenze stagionali

Influenza delle condizioni climatiche

A seguito di eventi meteorici significativi i VOCs, a seguito del riempimento delle porosità del suolo da parte dell'acqua, possono essere spostati al di sotto delle fondazioni/pavimentazioni.

Pertanto i campionamenti di soil-gas (sotto le pavimentazioni o fondazioni) e di aria indoor effettuati nelle 48 ore che seguono un evento meteorico significativo, sono maggiormente rappresentativi.



Campionamento delle acque sotterranee

- ✓ Verificare i dati disponibili e reperire nuove informazioni
- ✓ Reperire le informazioni sulle caratteristiche dell'acquifero
- ✓ Stabilire in modo esatto ubicazione e modalità costruttive dei pozzi
- ✓ Studiare i profili verticali di contaminazione
- ✓ Delimitare il plume



Campionamento del suolo

- ✓ I dati relativi ai campioni di suolo sono generalmente poco significativi per la valutazione del percorso di Vapor Intrusion;
- ✓ I dati del suolo costituiscono una linea di evidenza e consentono di evidenziare la necessità di ulteriori indagini, tuttavia non consentono di escludere la presenza di criticità per il percorso VI;
- ✓ I dati relativi al suolo possono essere convertiti in dati di Soil Gas attraverso equazioni di partizione
- ✓ Durante il campionamento devono essere minimizzate le perdite di VOCs



Campionamento del soil-gas

Metodi attivi

- ✓ Estrazione di soil-gas attraverso fori ad infissione/rotazione

Metodi passivi

- ✓ Utilizzo di materiali assorbenti
- ✓ Campionamento per diffusione

Considerazioni

- ✓ Controllo dei volumi di spurgo e di pompaggio
- ✓ Controllo della velocità di flusso, del volume di vuoto, delle perdite
- ✓ I contenitori dei campioni devono garantire la massima tenuta
- ✓ Il tempo tra campionamento ed analisi deve essere ridotto al minimo



Campionamento del soil-gas (sub-slab)

- ✓ Consente di misurare le concentrazioni di soil-gas che possono entrare negli edifici
- ✓ Può essere estratto con sistemi attivi e passivi
- ✓ Possono essere realizzati punti di campionamento permanenti o temporanei
- ✓ Fornisce ottime indicazioni se i dati vengono comparati con quelli dell'aria indoor

Campionamento attivo



Campionamento passivo



Campionamento dell'aria indoor

- ✓ Generalmente viene eseguito dopo il campionamento del gas del suolo
- ✓ Deve essere focalizzato sui contaminanti di interesse
- ✓ Il tempo di campionamento ha una grande influenza sui dati
- ✓ Può essere effettuato con metodi attivi e passivi
- ✓ E' particolarmente importante quando sono presenti spazi chiusi interrati



Canisters per il campionamento dell'aria indoor

APPENDICE S: Valutazione delle tecniche di campionamento

APPENDICE S

Intrusione di vapori nei luoghi di lavoro

Tecniche campionamento	Tecniche analitiche	Sostanze campionabili/analizzabili	Limite di rivelabilità	Vantaggi	Svantaggi
Misure dirette	FID	Idrocarburi	ppm	Detector universale, risposta simile per gli idrocarburi con lo stesso numero di atomi di carbonio ad idrogeno	Scarsa risposta per sostanze alogenate; necessità di H ₂ come combustibile, risposta non selettiva
Misure dirette	PID	Sostanze fotoionizzabili	ppm	Elevata sensibilità per specie aromatiche o insature, non necessità di gas per il suo funzionamento	Risposta non selettiva, differente risposta a sostanze differenti, scarsa risposta ad alcune sostanze.
Misure dirette	microGC, GC portatile	Tutte le sostanze organiche volatili	ppm ppb con preconcentratore	Possibilità di risposta selettiva, uso di differenti detector (più comune TCD). Tempi di risposta di alcuni minuti.	necessità di accurata taratura dello strumento, costi elevati, poca maneggevolezza, necessità di gas per il suo funzionamento. Usualmente considerato metodo di screening se non si usa MS come detector
Fiale Colorimetriche	Analisi colorimetrica su scala graduata		ppm o superiore	Praticità ed economicità, specificità nella risposta	Elevato limite di rilevabilità, necessità di possedere fiale differenti per sostanze diverse
Sacche in tedlar	GC	La maggior parte delle sostanze organiche volatili	Funzione della tecnica analitica anche ppb	Economicità del mezzo di campionamento	Difficile conservazione del campione, presenza di siti attivi di campionamento, possibilità di effetto memoria
Canister	GC	La maggior parte delle sostanze organiche volatili e semivolatili	Funzione della tecnica analitica ppb o frazione di ppb	Possibilità di conservare il campione per alcune settimane, assenza di effetto memoria	Elevato costo del campionario, necessità di avere un laboratorio attrezzato per l'analisi e pulizia
Fiale adsorbenti attive	GC/HPLC	La maggior parte delle sostanze organiche volatili e semivolatili	Funzione della tecnica analitica ppb o frazione di ppb	Possibilità di conservare il campione per alcune settimane, economicità e praticità del campionario	Specificità del mezzo adsorbente ad alcune classi di sostanze, necessarie differenti tecniche di analisi a seconda del supporto, rischio breakthrough
Campionatori adsorbenti passivi	GC/HPLC	La maggior parte delle sostanze organiche volatili e semivolatili		Economicità del mezzo, possibilità di campionamenti per lunghi periodi	Specificità del mezzo adsorbente ad alcune classi di sostanze, differenti tecniche di analisi, soggette a breakthrough? ed a retrodiffusione, interferenza tra composti e con elevata umidità
Gorgogliatori	GC/HPLC/ colorimetria	Classi specifiche di sostanze	Funzione della tecnica analitica	Economicità del mezzo	Specificità del mezzo adsorbente ad alcune classi di sostanze, differenti tecniche di analisi, poca maneggevolezza

APPENDICE S: Metodi per COV

Tabella 5 – TECNICHE DI MONITORAGGIO - lista indicativa di metodi che possono essere utilizzati per la ricerca dei COV.

inquinante	Tecnica di campionamento	substrato	Limiti di concentrazione	Metodi
COV Composti organici volatili	Tubi assorbenti	Carbone attivo Tenax Zeolite	>0.5ppb <25 ppb	EPA TO-17 1997
COV Composti organici volatili	Tubi assorbenti con desorbimento termico	Carbone attivo Carbone Grafitato	Metodo di Screening	NIOSH 2549 1996
COV Composti organici volatili	Camister/sacche in tedlar	/	>0.5 ppb	EPA TO-15 1999 EPA TO14 A 1997
COV Composti organici volatili	Tubi assorbimento passivo	Carbone attivo- carbone Grafitato	>1000 µg min/mc	Fondazione Mangeri
Idrocarburi clorurati e benzene	Tubi assorbenti con desorbimento termico	Carbone Grafitato	>0.3µg/mc <160µg/mc	M.U.1576-2001
COV da carburanti	Tubi assorbenti con desorbimento termico	Chromosorb 106	> 10 µg/mc	M.U.1386-1999
Idrocarburi aromatici	Tubi assorbenti	Carbone attivo	>0.4-1.1µg/campione	NIOSH 1501-2003
MTBE	Tubi assorbenti	Carbone attivo	>0.06 mg/campione	NIOSH 1615-1994
Tricloroetilene	Tubi assorbenti	Carbone attivo	>0.01 mg/campione	NIOSH 1022-1994
Idrocarburi alogenati	Tubi assorbenti	Carbone attivo	>0.6-6 µg/campione	NIOSH 1003-2003
IPA	Filtro+tubo assorbente	PTFE + XAD2	> 0.002-0.2 µg/campione	NIOSH 2506-1998
Fenoli	Gorgogliamento	NaOH 0.1 M	>0.2 mg/mc	M U 504-80
Fenoli	Tubi assorbimento passivo	Tenax	>0.4 µg/mc	Fondazione Mangeri
Aldeidi-Chetoni	Tubi assorbimento passivo	Fluorisil attivato con DNPH	>0.1-0.9 µg/mc	Fondazione Mangeri
Aldeidi-chetoni	Gorgogliamento	Soluzione di DNPH		EPA TO5
Ammine Aromatiche	Tubo assorbente	Gel di silice	>0.01 mg/campione	NIOSH 2002-1994
Ammine alifatiche	Tubo assorbente	Gel di silice	>0.02 mg/campione	NIOSH 2010-1994
Mercaptani	Filtro assorbente	Filtro in fibra di vetro attivato con acetato di Hg	>4-7 µg/campione	NIOSH 2542-1994
Mercurio	Fiala	Hopcalite (ossido di Mn e Cu)	>0.03µg/campione	NIOSH 6009 1994
Mercurio	Fiala	Oro, quarzo rivestito in oro		D.Lgs 152/2007

Fattori di Conversione per Soil Gas

Fattori di Conversione per misure di Soil Gas (in condizioni standard di T e P)		
Unità di Misura	Converti in:	Moltiplica per:
$\mu\text{g/L}$	mg/m^3	1
$\mu\text{g/m}^3$	mg/m^3	0.001
ppbv	$\mu\text{g/m}^3$	PM/24
$\mu\text{g/m}^3$	ppbv	24/PM
ppmv	mg/m^3	PM/24
ppbv	mg/m^3	PM/24000
$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/m}^3$	1000
$\mu\text{g/m}^3$	$\mu\text{g/L}$	0.001
$\mu\text{g/L}$	ppbv	24000/PM
$\mu\text{g/L}$	ppmv	24/PM
ppbv	ppmv	0.001
ppmv	ppbv	1000
Simboli:		
$\mu\text{g/L}$	microgrammi per litro	
mg/m^3	milligrammi per metro cubo	
$\mu\text{g/m}^3$	microgrammi per metro cubo	
ppbv	parti per miliardo in volume	
PM	Peso Molecolare	
ppmv	Parti per milione in volume	

Influenza di altri parametri

Nella tabella seguente sono riportati i parametri stagionali che influenzano maggiormente le risultanze dei campionamenti effettuati per la valutazione del percorso Vapor Intrusion.

Parametro	Condizioni Maggiormente Conservative	Condizioni Meno Conservative
Stagione	Tardo inverno/inizio primavera	Estate
Temperatura	Interna 10°F>Esterna	Interna<Esterna
Vento	Stazionario > 8 km/h	Calmo
Suolo	Saturato dalla pioggia	Secco
Porte/Finestre	Chiuse	Aperte
Sistemi di riscaldamento	Attivi	Non Attivi
Sistemi di ventilazione	Non attivi	Attivi

MADEP, 2002

Valutazione dei dati

Matrice	Metodo di Valutazione	Limiti
Acqua sotterranea	Mediante fattori di attenuazione o mediante l'applicazione di modelli basati su caratteristiche sito-specifiche possono essere calcolate le concentrazioni nell'aria indoor	Assunzioni molto conservative nei modelli e nei fattori di attenuazione. La legge di Henry's deve essere corretta sulla base della temperatura
Vapore del suolo	Mediante fattori di attenuazione o mediante l'applicazione di modelli basati su caratteristiche sito-specifiche possono essere calcolate le concentrazioni nell'aria indoor	Minori assunzioni rispetto alle acque sotterranee, ma l'accuratezza e la rappresentatività delle misure potrebbe essere un problema
Vapore del suolo (sotto pavimentazioni o fondazioni)	Vengono stimati o misurati (ad es: attraverso il radon) I fattori di attenuazione per calcolare le concentrazioni nell'aria indoor	Maggiore sicurezza nei percorsi indagati, ma I fattori di attenuazione stimati potrebbero risultare ancora troppo conservativi per alcuni edifici
Aria Indoor	Concentrazioni nell'aria indoor misurate direttamente	Intrusione e diffusione di vapori da sorgenti diffuse potrebbero portare ad interpretazioni dei dati sbagliate. Le variazioni stagionali possono rivelarsi un fattore limitante.

Su cosa basare le decisioni?

Devono essere utilizzate Linee di Evidenza Multiple (Multiple Lines of Evidence, MLoE):

- ✓ Distribuzione spaziale delle concentrazioni nel soil-gas e nelle acque sotterranee;
- ✓ Presenza di sorgenti diffuse (Interne e/o Esterne)
- ✓ Condizioni degli edifici (o caratteristiche costruttive)
- ✓ Dati relativi all'aria indoor e ai campioni di soil-gas presi al di sotto di pavimentazioni e fondazioni;
- ✓ Rapporti di concentrazione tra i vari contaminanti individuati nelle matrici (es: TCE/DCE)

**SI TRATTA DI UN PROCESSO
PER FASI ITERATIVO**



Quali misure di mitigazione?

1. Bonifica



2. Controllo istituzionale



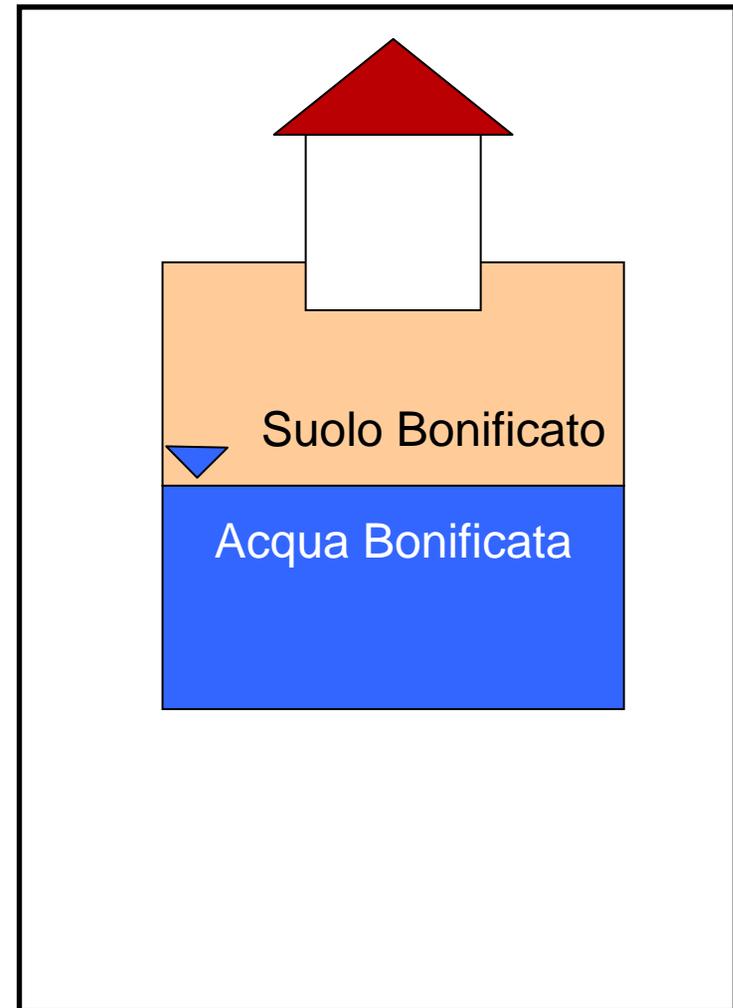
3. Controllo negli edifici



1. Bonifica

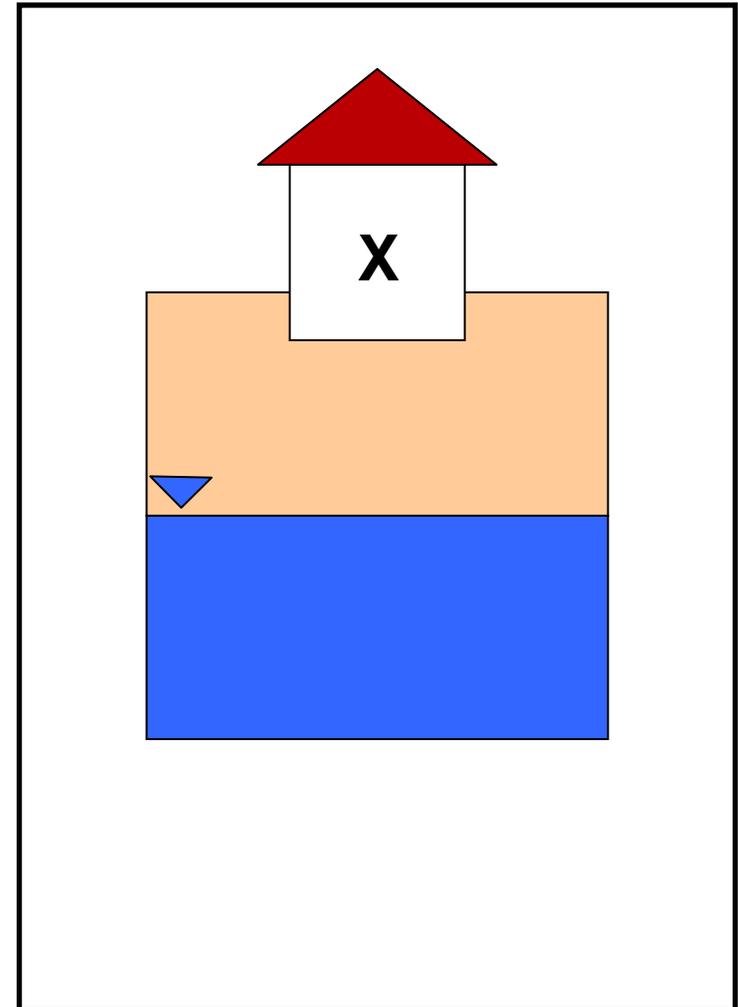
- ✓ Escavazione del suolo
- ✓ Air sparging/soil vapor extraction
- ✓ Ossidazione chimica in situ (ISCO)
- ✓ Barriere idrauliche
- ✓ Barriere passive
- ✓ More...

ATTENZIONE: la bonifica (rimozione della sorgente del VI) è l'unica misura definitiva



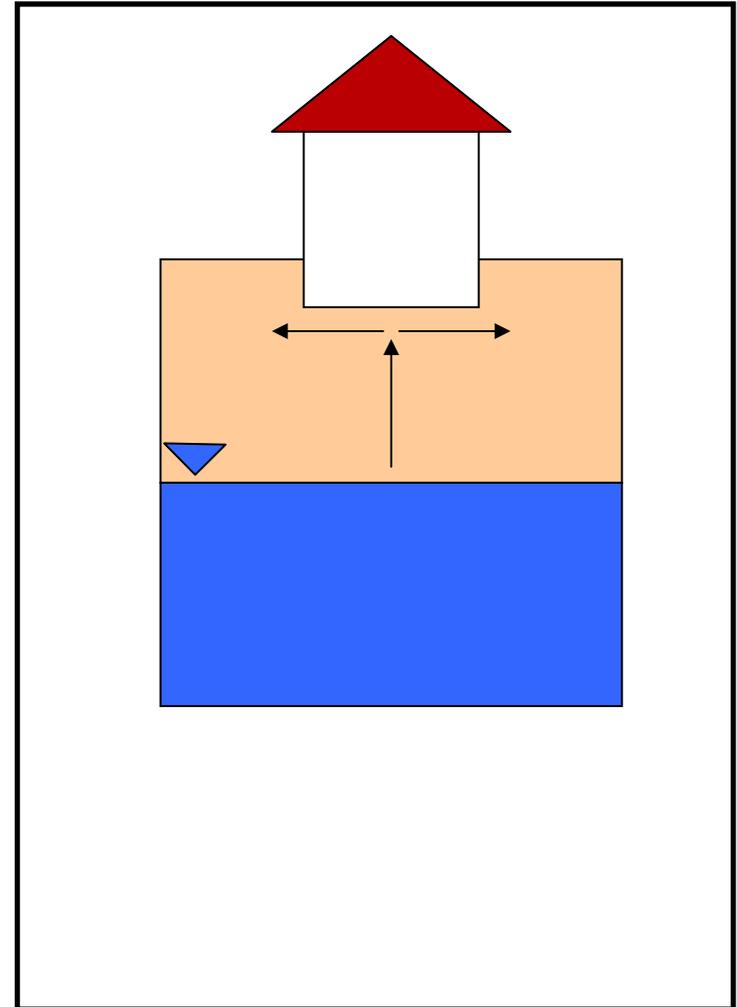
2. Controlli Istituzionali

- ✓ Restrizioni d'uso
- ✓ Divieto di uso di edifici
- ✓ Divieto d'uso del suolo (per aree dismesse)



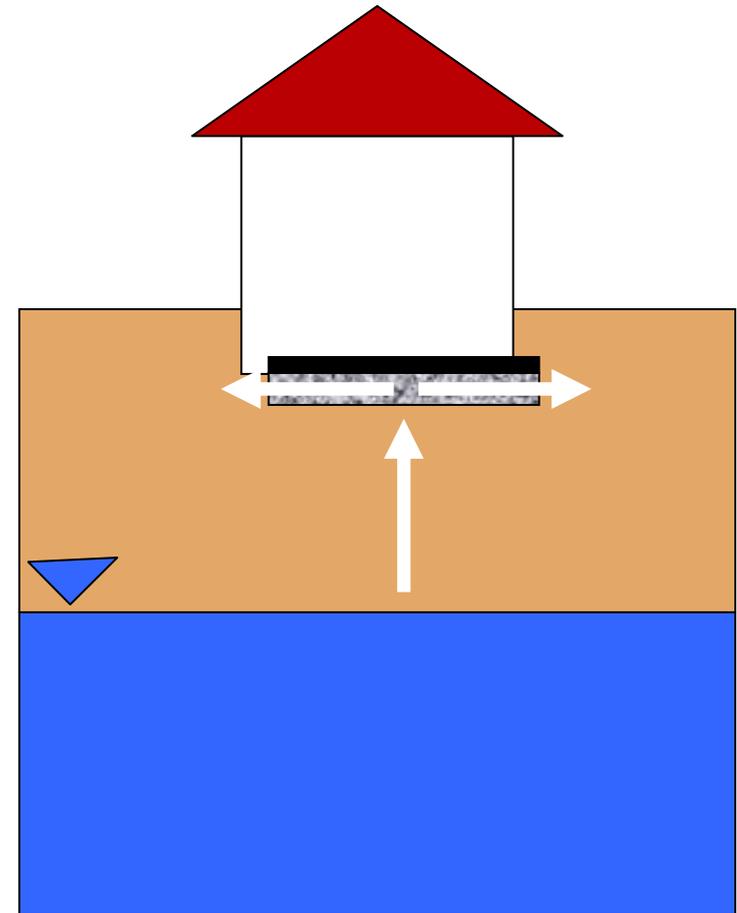
2. Controlli Istituzionali

- ✓ Barriere passive
- ✓ Depressurizzazione o pressurizzazione della zona al di sotto delle pavimentazioni o fondazioni
- ✓ Ventilazione forzata
- ✓ Trattamento dell'aria indoor
- ✓



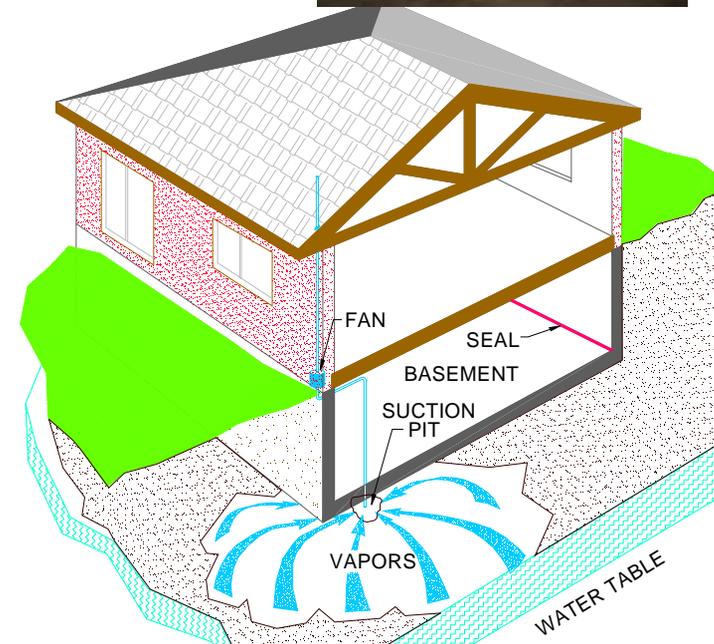
2. Controllo negli Edifici: Barriere Passive

- ✓ Non applicabile alle strutture esistenti
- ✓ Esclude la realizzazione di locali interrati
- ✓ Deve essere accompagnata da sistemi di ventilazione passiva
- ✓ L'impermeabilizzazione deve avere uno spessore adeguato
- ✓ L'efficienza/efficacia non è comparabile con quella dei sistemi attivi



2. Controllo negli Edifici: Depressurizzazione

- ✓ E' il sistema più applicato ed efficiente (90-99%) per il controllo del VI negli edifici
- ✓ Può essere applicato sia ad edifici esistenti che ad edifici nuovi
- ✓ il sistema è molto flessibile
- ✓ Richiede un mantenimento periodico
- ✓ Le condizioni di umidità del suolo possono ritardare l'afflusso del vapore.



Vapor Intrusion Pathway: Investigative Approaches for Typical Scenarios (VI-1A, ITRC 2007)

Nel documento sono analizzati gli approcci da utilizzare per i seguenti scenari:

- ✓ Punti vendita in aree residenziali
- ✓ Lavanderie a secco in centri commerciali adiacenti aree residenziali
- ✓ Vaste aree industriali con plume estesi sotto diverse centinaia di edifici
- ✓ Terreni liberi con progetti di urbanizzazione collocati sul plume contaminati
- ✓ Edifici commerciali liberi con spazi interrati e uffici
- ✓ Appartamenti con parcheggi interrati collocati su plume contaminati