

Inquinamento da Tetracloroetilene (TCE) delle acque di falda freatica nel quartiere campo sportivo di Fabriano (AN) Monitoraggio superficiali edifici pubblici

RELAZIONE

Premessa

A seguito della nota Prot.n.11452 del 27/10/2004 del Direttore Generale ARPAM, in cui veniva richiesta l'effettuazione di una riunione e di un'ispezione congiunta con il personale dell'ASUR Zona Territoriale 6 di Fabriano finalizzati alla verifica delle esalazioni dal terreno di solventi clorurati, con nota Prot.n.19487/DIR/2007 del 08/11/2004 il Direttore del Dipartimento Provinciale ARPAM di Ancona ha richiesto al Responsabile del Servizio Igiene e Sanità Pubblica dell'ASUR Zona Territoriale 6 di Fabriano una riunione in riferimento alla problematica. L'effettuazione della riunione è stata sollecitata dal Direttore del Dipartimento Provinciale ARPAM di Ancona con nota prot.n.22732/DIR/2334 del 21/12/2004.

Una prima riunione è stata effettuata presso il Servizio Igiene e Sanità Pubblica dell'ASUR Zona Territoriale 6 di Fabriano in data 11/01/2005 nella quale si è proposto all'ASUR di coordinare una riunione con il Comune e la partecipazione dei Servizi Tecnici dell'ARPAM.

Con nota prot.n.1753 del 26/01/2005 il Servizio Igiene e Sanità Pubblica dell'ASUR Zona Territoriale 6 di Fabriano ha richiesto al Comune di Fabriano, la convocazione di un incontro al fine di conoscere l'estensione dell'area interessata dalla problematica e gli edifici potenzialmente interessati e per conoscere le esatte metodiche che l'ARPAM dovrà eseguire al fine di organizzare il prelievo dei campioni. Tale incontro è stato sollecitato con nota prot.n.2929/DIR/291 del 11/02/2005 dal Direttore del Dipartimento Provinciale ARPAM di Ancona.

Con nota prot.n.9137/02/03/2005/CFAB/c_d451/P del 01/03/2005 il Comune di Fabriano convocava, per il giorno 11/03/2005, un incontro tecnico per programmare l'inizio degli accertamenti al fine di un monitoraggio superficiale degli edifici pubblici (verbale di riunione inviato dal Comune di Fabriano con prot.n.11697/16/03/2005/CFAB/c_d451/p del 16/03/2005).

Nella riunione si è presa visione sia dei risultati del monitoraggio analitico svolto negli anni presso pozzi pubblici e privati sia di una cartografia relativa al posizionamento degli stessi evidenziando l'area avente le maggiori concentrazioni di contaminazione corrispondente, in particolare, alla Via Camposportivo nei pressi del Parco Merloni. In base ai suddetti dati sono stati scelti gli edifici pubblici maggiormente significativi al fine della verifica dello stato degli ambienti interrati e seminterrati sotto riportati:

1. Asilo nido Petrarca, posizionato a monte idrogeologico del fulcro della contaminazione;
2. Scuola materna ed elementare Aldo Moro, posizionato all'interno del plume di contaminazione;
3. Stazione di pompaggio acquedotto pubblico zona stadio – sede del potabilizzatore – posizionato all'interno del plume di contaminazione;
4. Asilo Nido Qui - Quo – Qua, posizionato a valle al di fuori del plume di contaminazione.

Si è deciso di posizionare, presso ognuno dei suddetti edifici pubblici, campionatori passivi "RADIELLO".

Inoltre, nella stessa giornata sono stati effettuati dei specifici sopralluoghi negli edifici scelti per decidere l'esatto posizionamento dei campionatori passivi prediligendo i vani interrati o seminterrati e si è effettuato uno screening con fiale a lettura diretta Dräger utilizzando fiala specifica per il tetracloroetilene avente limite di rilevabilità di 0,1 ppm (680 µg/mc).

Nel primo sopralluogo, effettuato presso la scuola ALDO MORO, si è presa visione dei luoghi parzialmente interrati della scuola ed in particolare dell'archivio seminterrato, dello spogliatoio seminterrato, della palestra seminterrata e del ripostiglio della palestra. Nei locali sopra citati sono state effettuate delle prove con fiale Dräger risultate tutte negative. Inoltre, si è concordato che i campionatori passivi andranno posizionati presso la stanza dell'archivio e presso gli spogliatoi.

Nel secondo sopralluogo, effettuato presso l'asilo nido PETRARCA, si è constatata l'assenza nella struttura di vani interrati o seminterrati. La prova con fiala Dräger è stata effettuata presso il dormitorio dei lattanti, vano più ristretto dell'edificio ed è risultata negativa ed inoltre, si è concordato che i campionatori passivi andranno posizionati presso la stessa stanza.

Nel terzo sopralluogo, effettuato presso l'asilo nido QUI QUO QUA, si è presa visione dell'edificio. È stata eseguita la prova con fiala Dräger presso la dispensa, totalmente interrata, che è risultata negativa. Inoltre, si è concordato di posizionare il campionatore passivo presso la stessa stanza.

Nel quarto sopralluogo, presso la stazione di pompaggio zona stadio sede del potabilizzatore dell'acquedotto, non potendovi accedere, si è esclusivamente preso visione dei luoghi.

In data 08/04/2005 è stata effettuata, presso la sede del Municipio di Fabriano, una seconda riunione (verbale di riunione inviato dal Comune di Fabriano con prot.n.18901/03/05/2005/CFAB/c_d451/P del 03/05/2005) in cui si è stabilita la durata del campionamento i circa 30 giorni e di posizionare, per ogni sito, un campionatore passivo all'esterno degli edifici. Successivamente si è proceduto al sopralluogo per il posizionamento dei campionatori passivi.

Nel primo sopralluogo, presso l'asilo nido PETRARCA, sono stati posizionati n° 2 campionatori (n. 1 e n.2) presso il dormitorio dei lattanti e n° 1 campionatore (n. 3) all'esterno dell'edificio.

Nel secondo sopralluogo, presso la scuola ALDO MORO, sono stati posizionati n° 2 campionatori (n. 4 e n.5) presso l'archivio seminterrato, n° 2 campionatori (n. 6 e n.7) presso lo spogliatoio seminterrato e n° 1 campionatore (n. 8) all'esterno dell'edificio.

Nel terzo sopralluogo, presso l'asilo nido QUI QUIO QUA, sono stati posizionati n° 2 campionatori (n. 9 e n.10) presso la dispensa e n° 1 campionatore (n. 11) all'esterno.

Nel quarto sopralluogo, presso la stazione di pompaggio zona stadio, sono stati posizionati n° 2 campionatori (n. 12 e n.13) presso la sala delle vasche e n° 1 campionatore (n. 14) all'esterno.

In data 10/05/2005 si è proceduto al ritiro della prima serie di campionatori passivi posizionati in data 08/04/2005 ed al posizionamento di una seconda serie (verbale N.49/FF/2005 del 10/05/2005).

In data 15/06/2005 si è proceduto al ritiro della seconda serie di campionatori passivi (verbale N.58/FF/2005 del 15/06/2005).

Risultati analitici

I campionatori passivi “RADIELLO” sono stati desorbiti con solfuro di carbonio (CS₂) e successivamente analizzati mediante gas massa (GC-MS).

Nella tabella e nel grafico sottostanti vengono riportati i dati analitici di tetracloroetilene riscontrati nei quattro siti prescelti nella prima serie di campionamenti (08/04-10/05/2005).

Sito		Campionatore n°	Protocollo campione	1° campioantore (µg/mc)	2° campionatore (µg/mc)	Media (µg/mc)
Asilo nido PETRARCA	Dormitorio lattanti	1 – 2	59/IM – 60/IM	0,32	0,26	0,29
	Esterno	3	61/IM	0,29	-	0,29
Scuola ALDO MORO	Archivio seminterrato	4 – 5	62/IM – 63/IM	1,85	1,75	1,80
	Spogliatoio seminterrato	6 – 7	64/IM – 65/IM	1,70	1,41	1,55
	Esterno	8	66/IM	0,22	-	0,22
Stazione di pompaggio Zona stadio	Sala vasche	12 – 13	70/IM – 71/IM	2,37	2,37	2,37
	Esterno	14	72/IM	0,25	-	0,25
Asilo nido QUI QUO QUA	Dispensa	9 – 10	67/IM – 68/IM	2,86	2,92	2,89
	Esterno	11	69/IM	0,81	-	0,81



ARPAM
AGENZIA REGIONALE
PER LA PROTEZIONE AMBIENTALE
DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO PROVINCIALE ARPAM DI ANCONA – SERVIZIO ARIA

Via Cristoforo Colombo, 106 – 60127 Ancona

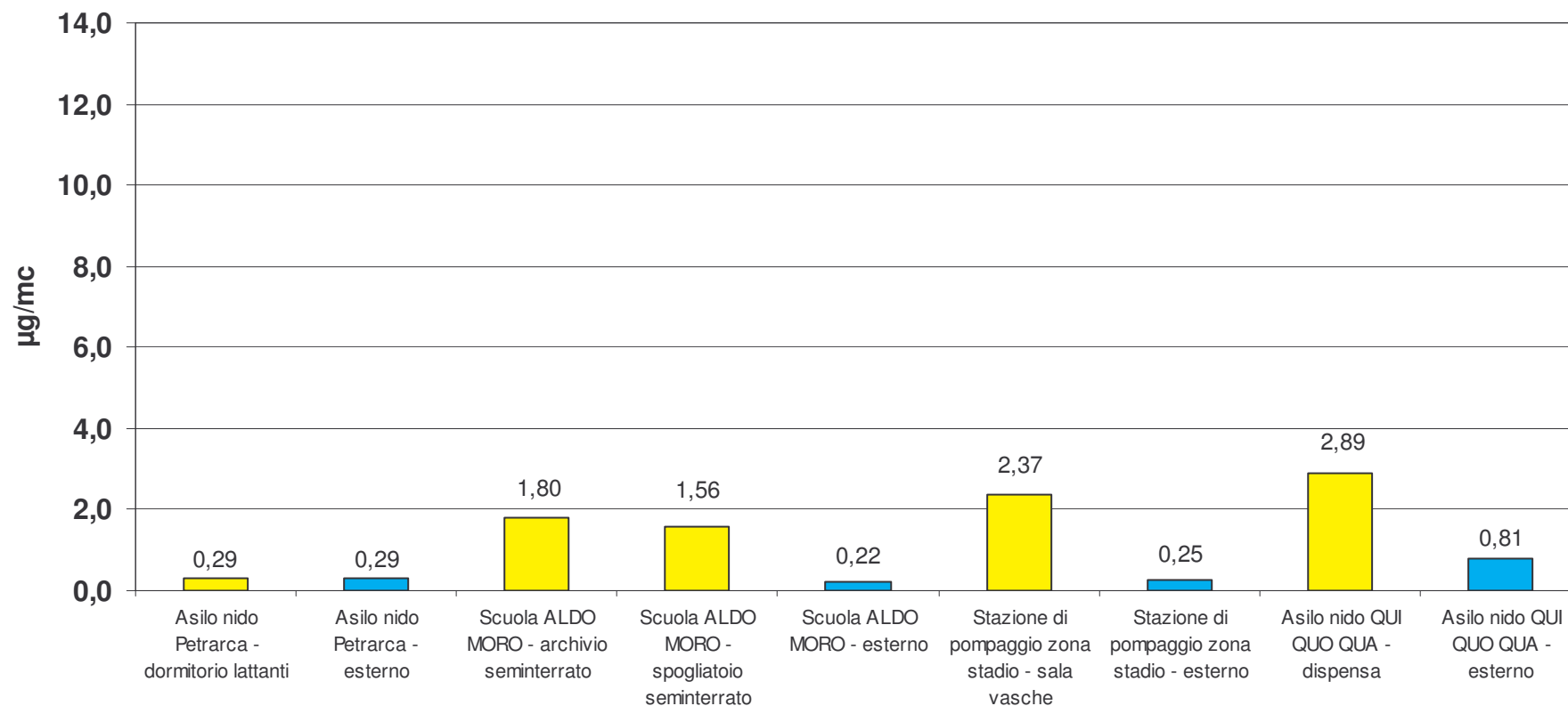
Tel. 071/28732716 - 32 – 37 – 40 – 41 – 44 – 65

Fax 071/28732742

e-mail: ariaan@ambiente.marche.it

FABRIANO

Tetracloroetilene - 08/04-10/05/2005



Nella tabella e nel grafico sottostanti vengono riportati i dati analitici di tetracloroetilene riscontrati nei quattro siti prescelti nella seconda serie di campionamenti (10/05-15/06/2005).

Sito		Campionatore n°	Protocollo campione	1° campioantore (µg/mc)	2° campionatore (µg/mc)	Media (µg/mc)
Asilo nido PETRARCA	Dormitorio lattanti	1 – 2	73/IM – 74/IM	0,26	0,26	0,26
	Esterno	3	75/IM	0,26	-	0,26
Scuola ALDO MORO	Archivio seminterrato	4 – 5	76/IM – 77/IM	0,88	0,76	0,82
	Spogliatoio seminterrato	6 – 7	78/IM – 79/IM	1,52	1,41	1,46
	Esterno	8	80/IM	0,20	-	0,20
Stazione di pompaggio Zona stadio	Sala vasche	12 – 13	84/IM – 85/IM	12,94	13,65	13,29
	Esterno	14	86/IM	0,34	-	0,34
Asilo nido QUI QUO QUA	Dispensa	9 – 10	81/IM – 82/IM	2,41	2,46	2,43
	Esterno	11	83/IM	1,49	-	1,49



ARPAM
AGENZIA REGIONALE
PER LA PROTEZIONE AMBIENTALE
DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO PROVINCIALE ARPAM DI ANCONA – SERVIZIO ARIA

Via Cristoforo Colombo, 106 – 60127 Ancona

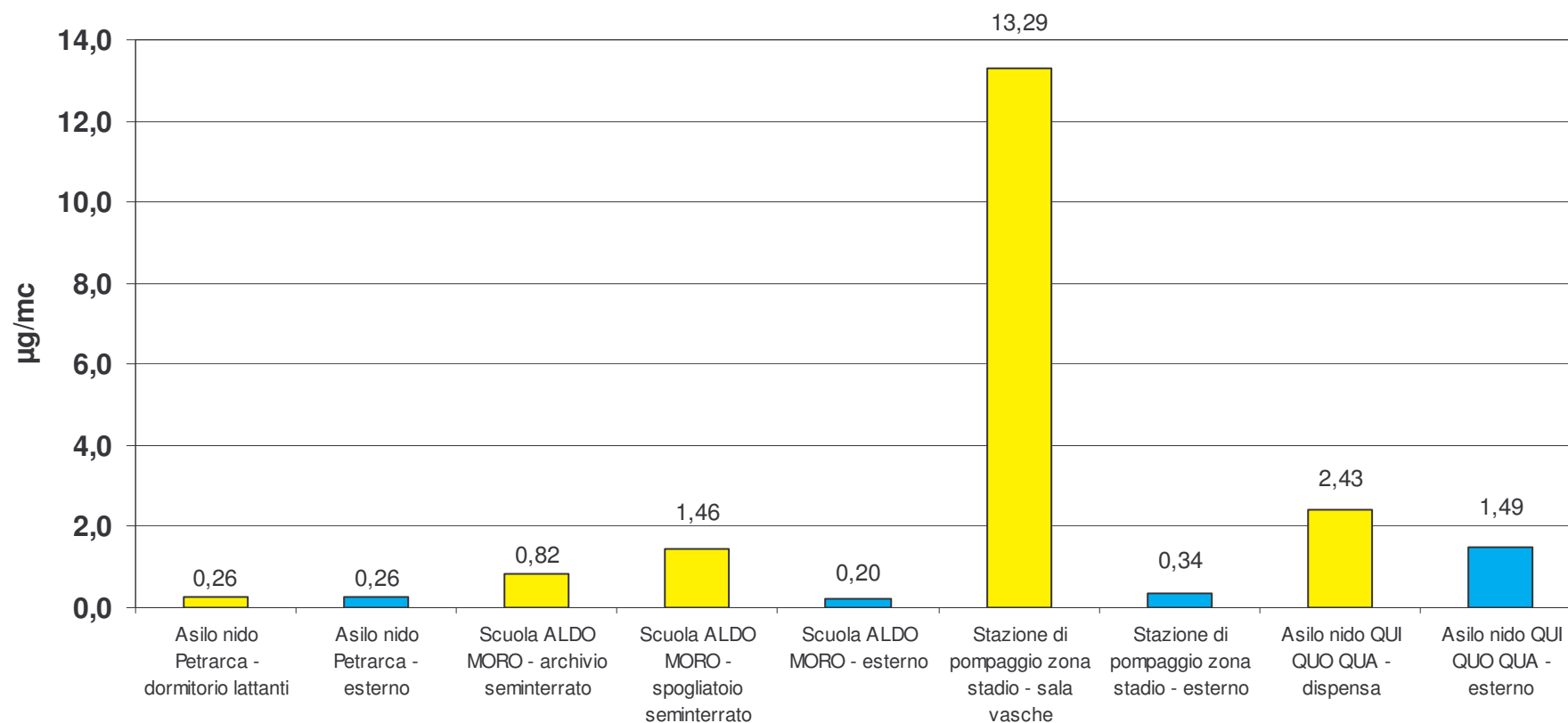
Tel. 071/28732716 - 32 – 37 – 40 – 41 – 44 – 65

Fax 071/28732742

e-mail: ariaan@ambiente.marche.it

FABRIANO

Tetracloroetilene - 10/05-15/06/2005





ARPAM
AGENZIA REGIONALE
PER LA PROTEZIONE AMBIENTALE
DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO PROVINCIALE ARPAM DI ANCONA – SERVIZIO ARIA

Via Cristoforo Colombo, 106 – 60127 Ancona
Tel. 071/28732716 - 32 – 37 – 40 – 41 – 44 – 65
Fax 071/28732742
e-mail: ariaan@ambiente.marche.it

Nella tabella e nel grafico sottostanti vengono riportati i dati analitici di tetracloroetilene riscontrati nei quattro siti prescelti nelle due serie di campionamenti (1^a serie 08/04-10/05/2005 – 2^a serie 10/05-15/06/2005).

Sito		1 ^a serie (µg/mc)	2 ^a serie (µg/mc)	Media (µg/mc)
Asilo nido PETRARCA	Dormitorio lattanti	0,29	0,26	0,27
	Esterno	0,29	0,26	0,27
Scuola ALDO MORO	Archivio seminterrato	1,80	0,82	1,31
	Spogliatoio seminterrato	1,55	1,46	1,50
	Esterno	0,22	0,20	0,21
Stazione di pompaggio Zona stadio	Sala vasche	2,37	13,29	7,83
	Esterno	0,25	0,34	0,29
Asilo nido QUI QUO QUA	Dispensa	2,89	2,43	2,66
	Esterno	0,81	1,49	1,15



ARPAM
AGENZIA REGIONALE
PER LA PROTEZIONE AMBIENTALE
DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO PROVINCIALE ARPAM DI ANCONA – SERVIZIO ARIA

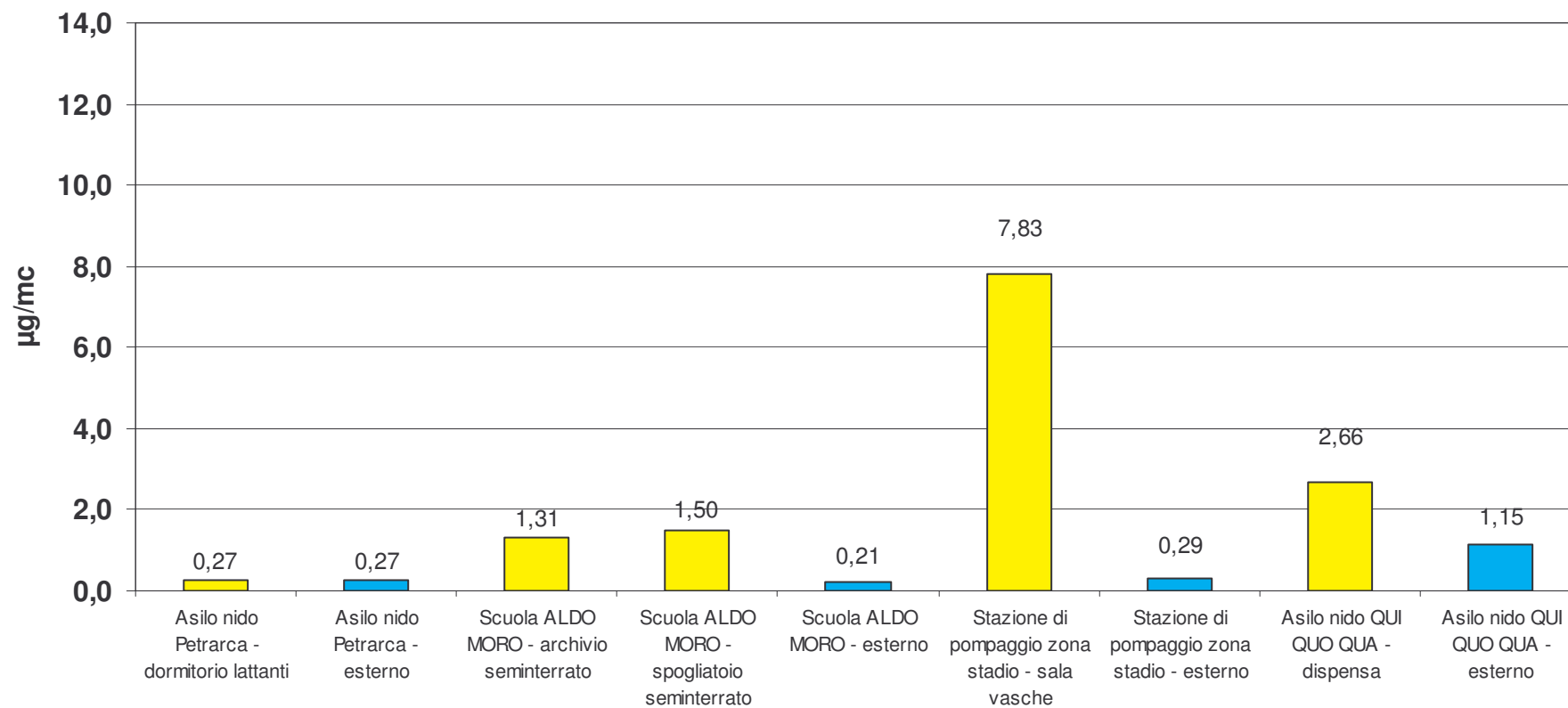
Via Cristoforo Colombo, 106 – 60127 Ancona

Tel. 071/28732716 - 32 – 37 – 40 – 41 – 44 – 65

Fax 071/28732742

e-mail: ariaan@ambiente.marche.it

FABRIANO Tetracloroetilene



Nella tabella sottostante vengono riportati i valori di concentrazione medi, minimi e massimi di tetracloroetilene riscontrati nei quattro siti prescelti nelle due serie di campionamenti (1^a serie 08/04-10/05/2005 – 2^a serie 10/05-15/06/2005).

	Valore medio ($\mu\text{g}/\text{mc}$)	Valore minimo ($\mu\text{g}/\text{mc}$)	Valore massimo ($\mu\text{g}/\text{mc}$)
Ambienti interni	2,71	0,27	7,83
Ambienti esterni	0,48	0,21	1,15

Commento

La normativa vigente sulla qualità dell'aria ambiente non stabilisce valori limite per il tetracloroetilene (TCE). L'unico riferimento normativo sui limiti di concentrazione in aria di tale inquinante è quello per gli ambienti di lavoro. Il TLV-TWA (concentrazione media ponderata nel tempo, su una giornata lavorativa convenzionalmente di otto ore e su 40 ore lavorative settimanali, alla quale si ritiene che quasi tutti i lavoratori possono essere ripetutamente esposti, giorno dopo giorno, senza effetti negativi) per il TCE è pari a 25 ppm ($170.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La qualità dell'aria ambiente ha dato una concentrazione di TCE abbastanza omogenea nei quattro siti con una concentrazione media di $0,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed una variazione tra $0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $1,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I valori di concentrazione di TCE riscontrati sono risultati in linea con i dati di letteratura che si registrano in aria ambiente in aree extraurbane o rurali.

Negli ambienti interni le concentrazioni sono risultate maggiori dell'ambiente esterno, ma comunque sempre di bassa entità, con una media nei cinque siti analizzati di $2,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con una variazione compresa tra $0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $7,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I valori di concentrazione di TCE riscontrati sono risultati abbastanza correlabili con i dati di letteratura che si registrano in aria ambiente in aree urbane.

Per un ulteriore approfondimento sui risultati del monitoraggio, con nota prot.n.11893/SAR/1524 del 22/06/2005, è stato richiesto un parere al Servizio Epidemiologia Ambientale dell'ARPAM che ha relazionato con nota prot.n.20/3.2-13843/SEA/94 del 19/07/2005. Inoltre, dalla documentazione inviata, a conferma di quanto riscontrato, risulta che all'interno di ambienti chiusi le persone sono esposte più frequentemente al TCE.

Per le valutazioni sanitarie sugli ambienti indoor, si rimanda al competente servizio di Igiene e Sanità Pubblica dell'ASUR Zona Territoriale n. 6 di Fabriano.

Dr. Gianluca Coppari

Il Coordinatore delle UU.OO.
P.Ch. Mauro Fabbretti

Il Responsabile Servizio Aria
Dott. Walter Vignaroli

ARPAM

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche

A.R.P.A.M.
SERVIZIO ARIA
DIPARTIMENTO - ANCONA

Dipartimento di Ancona - Servizio Epidemiologia Ambientale

Via C. Colombo, 106 - 60127 Ancona

Tel. 0712132750 - Fax 0712132731

e-mail: Epidemiologia.AmbientaleAN@ambiente.marche.it

22 LUG 2005

PROT. N°

14014/SAR/1819

Prot. n. 20/3.2 - 13843/SEA/94

Ancona, 19 luglio 2005

Al Direttore
del Servizio Aria
del Dipartimento Provinciale ARPAM
di Ancona

e p.c. Al Direttore
del Dipartimento Provinciale ARPAM
di Ancona

Oggetto: Inquinamento da tetracloroetilene delle acque di falda freatica nel quartiere campo sportivo di Fabriano. Parere sui risultati del monitoraggio.

In risposta a quanto richiesto con la Sua n. 11893/SAR/1524 del 22/06/2005 si espongono di seguito e con il documento in allegato i risultati della revisione della letteratura internazionale sulla sostanza in oggetto ed alcuni appunti sui rischi attribuibili all'inalazione del tetracloroetilene alle concentrazioni medie riscontrate.

Le concentrazioni rilevate negli studi pubblicati in letteratura per ambienti esterni rurali e urbani ed interni sono rappresentati nella due tabelle seguenti; si rimanda al documento allegato per la descrizione degli studi e per i riferimenti bibliografici.

Tabella 1. Valori di concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del Tetracloroetilene rilevati in ambiente outdoor per località in studio.

California	0,128	(21)
Paesi Bassi	<0,007 - 0,62	(3)
Zone rurali Canada	0,2	(2)
Zone rurali California	0,53	(21)
Stati Uniti	0,23 - 9,0	(4)
Canada	0,2 - 5,0	(2)
Paesi Bassi	0,7 - 1,4	(3)
Columbus (Ohio)	1,59 (0,21 - 40)	(21)
Stati Uniti (13 Aree)	3,6 (0,69 - 104)	(21)
California	1,74 - 4,41	(21)

ARPAM

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche

Dipartimento di Ancona - Servizio Epidemiologia Ambientale

Via C. Colombo, 106 - 60127 Ancona

Tel. 0712132750 - Fax 0712132731

e-mail: Epidemiologia.AmbientaleAN@ambiente.marche.it

Tabella 2. Valori di concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del Tetracloroetilene rilevati in ambiente indoor per località in studio.

California	1,44	Valore medio outdoor $0,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (21)
Aree Urbane		
California	2,27 - 6,72	Valore medio outdoor $1,74$ a $4,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (21)
California	$5,45 - 8,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Ore notturne. Valore medio outdoor $1,24$ a $5,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (21)
Stati Uniti	20,7 (mediana 4,9)	Volatile Organic Compounds - VOCs (6)
Canada	5,1	(2)
Paesi Bassi	2200 (mediana) (max 29900)	lavanderie con sistema di "trasferimento aperto" (6)
Paesi Bassi	177 (mediana)	Lavanderie con sistema di "trasferimento chiuso". Valore medio outdoor $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (6)
Stati Uniti	7500-13000	lavanderie con sistema di "trasferimento aperto". Valore medio outdoor 580 e $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (22)
Stati Uniti	130-370	lavanderie con sistema di "trasferimento chiuso" (22)
Stati Uniti	50000-197000	lavanderie con sistema di "trasferimento aperto" (7)
Italia	265	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle case dei controlli (8)
Italia	2600-221500	(24)

Al fine delle valutazioni dei rischi per esposizione inalatoria al tetracloroetilene si ritiene utile presentare nella tabella seguente le concentrazioni guida e limite indicate da vari organismi internazionali e gli effetti sanitari segnalati alle diverse concentrazioni tossiche.

Tabella 3. Riferimenti per la valutazione delle esposizioni per via inalatoria (note e riferimenti nel documento allegato)

WHO air guidelines for Europe (22)	0,037 ppm ($0,25 \text{mg}/\text{m}^3$) media 24 ore
RfC ^a (27)	0,04 ppm
REL ^b acute (21)	1 ppm ($6,8 \text{mg}/\text{m}^3$)
ODOR THRESHOLD LOW ^c (25)	2 ppm
TLV-TWA ^d (25)	25 ppm
TLV-STEL ^d (25)	100 ppm
LOAEL ^e inalat. (22)	100 ppm
PEL ^f (25)	100 ppm (media di più di 8 ore di lavoro)

ARPAM

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche

Dipartimento di Ancona - Servizio Epidemiologia Ambientale
Via C. Colombo 106 - 60137 A

Via C. Colombo, 106 - 60127 Ancona

Tel. 0712132750 - Fax 0712132731

e-mail: Epidemiologia.AmbientaleAN@ambiente.marche.it

	200 ppm (esposizione limite per 15 minuti) 300 ppm (5 minuti di picco massimo ogni 3 ore)
IDLH⁹ (25)	150 ppm
AIHA ERPG-2^h (28)	200 ppm
LC₅₀ⁱ (32)	5200 ppm (topo per 4 ore)
DATI DI TOSSICITA' SULL'UOMO per via inalatoria (28-ATSDR)	75-100 ppm possono causare disturbi dell'apparato visivo. 100-300 ppm provocano effetti sul Sistema Nervoso Centrale (CNS), inclusi sonnolenza, cefalea e deficit motori. 216 ppm o più producono irritazione del tratto respiratorio. Durante esposizioni di 1000-1500 ppm per meno di 2 ore, le persone hanno manifestato cambiamenti di umore, lieve atassia, debolezza e vertigini. Esposizione a maggiori concentrazioni o per lunghi periodi di tempo può condurre a collasso, coma o morte.

Nel documento allegato si riportano, anche se non esplicitamente richieste, alcune prime considerazioni sulla valutazione del rischio per l'uomo per l'esposizione inalatoria alle concentrazioni di tetracloroetilene rilevate e comunicate con la sua del 22/6/05.

Distinti saluti.

Il Responsabile del Servizio
Dott. Mauro Mariottini

N. 1 Rapporto allegato.



ARPAM

Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche

Dipartimento di Ancona

Servizio Epidemiologia Ambientale

Via C. Colombo, 106 - 60127 Ancona

Tel. 0712132750- Fax 0712132731

e-mail: Epidemiologia.AmbientaleAN@ambiente.marche.it

Revisione della letteratura internazionale sul tetracloroetilene
e considerazioni sui rischi attribuibili all'esposizione
per inalazione a detto inquinante.

A cura di:

Dott. Marco Baldini

TETRACLOROETILENE.....	3
SINONIMI.....	3
PROPRIETA' FISICO-CHIMICHE.....	3
Formula molecolare.....	3
Altre proprietà fisiche.....	3
REFERENCES.....	18
RIFERIMENTI PER LA VALUTAZIONE DELLE ESPOSIZIONI INALATORIE.....	3
INDICI BIOLOGICI DI ESPOSIZIONE.....	4
DATI SANITARI DA ESPOSIZIONE PER INALAZIONE.....	6
CLASSIFICAZIONI DI CANCEROGENICITA'.....	7
SORGENTI ED EMISSIONI.....	8
METABOLISMO.....	9
CONCENTRAZIONI AMBIENTALI.....	9
Inquinamento outdoor.....	9
Inquinamento indoor.....	10
PERSISTENZA IN ATMOSFERA.....	12
INFORMAZIONI SULLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO.....	12
EFFETTI SULLA SALUTE.....	13
Effetti non cancerogeni.....	13
Effetti mutageni.....	15
Effetti cancerogeni.....	15
CONCLUSIONI.....	16

Tabella 1. Proprietà fisiche del tetracloroetilene.....	3
Tabella 2. Riferimenti per la valutazione delle esposizioni per via inalatoria.....	4
Tabella 3. Indici biologici di esposizione a tetracloroetilene.....	4
Tabella 4. Aziende in cui il tetracloroetilene è presente come materia prima o additivo.....	8
Tabella 5. Valori di concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del Tetracloroetilene rilevati in ambiente outdoor per località in studio.....	10
Tabella 6. Valori di concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del Tetracloroetilene rilevati in ambiente indoor per località in studio.....	12
Tabella 7. Responsabilità del tetracloroetilene nelle valutazioni di rischio cancerogeno effettuate dal OEHHA.....	13
Tabella 8. Responsabilità del tetracloroetilene nelle valutazioni di rischio non cancerogeno effettuate dal OEHHA.....	13

TETRACLOROETILENE

SINONIMI

1,1,2,2-tetrachloroethylene; Ankilostin; Antisal 1; Carbon bichloride; Carbon dichloride; Dee-solv; Didakene; Dow-per; Ent 1860; Ethylene tetrachloride; Fedal-un; Nema; Perchlorethylene; Perchloroethylene; Perchlor; Perclene; Percosolv; Perc; Perklone; Perk; Persec; Per; Tetlen; Tetracap; Tetrachloroethane; Tetrachloroethylene; Tetraleno; Tetravec; Tetroguer; Tetropil (23).

ICSC 0076

CAS 127-18-4

RTECS KX3850000

NU 1897

CE 602-028-00-4

PROPRIETA' FISICO-CHIMICHE

Il tetracloroetilene è un composto clorurato di un idrocarburo alifatico che contiene un doppio legame. Alla temperatura ambiente, il tetracloroetilene è un liquido non infiammabile, incolore, denso con un odore caratteristico di etere. E' relativamente insolubile in acqua, è solubile in alcool, etere, cloroformio e benzene (21 - Merck, 1989). Il tetracloroetilene si decompone lentamente in acqua per dare acidi tricloroacetici e cloridrici ed è ossidato da agenti ossidanti forti (21 - HSDB, 1995).

Formula molecolare

C_2Cl_4

Altre proprietà fisiche

Tabella 1. Proprietà fisiche del tetracloroetilene

Peso Molecolare:	165,85
Punto di ebollizione:	121 °C a 760 mmHg
Punto di fusione:	-22,4 °C
Solubilità in acqua	150 mg/litro a 25 °C
Tensione di vapore:	18,47 mmHg a 25 °C
Densità di vapore:	5,7 (aria = 1)
Densità:	1.6227 g/ml a 20 °C
Costante della legge di Henry	1.8 kPa.m ³ /mol a 25 °C ¹
Log. del coeff. di ripartizione ottanolo/acqua (log K _{ow}):	3,40
(21 - HSDB, 1995; Merck, 1989; Sax, 1989; U.S. EPA, 1994)	

FATTORE DI CONVERSIONE (22)

1 ppm = 6,78 mg/m³  1 ppb = 6,78 µg/m³

1 mg/m³ = 0,147 ppm

RIFERIMENTI PER LA VALUTAZIONE DELLE ESPOSIZIONI INALATORIE

Tabella 2. Riferimenti per la valutazione delle esposizioni per via inalatoria

WHO air guidelines for Europe (22)	0,037 ppm (0,25mg/m ³) media 24 ore
RfC^a (27)	0,04 ppm
REL^b acute (21)	1 ppm (6,8 mg/m ³)
ODOR THRESHOLD LOW^c (25)	2 ppm
TLV-TWA^d (25)	25 ppm
TLV-STEL^d (25)	100 ppm
LOAEL^e inalat. (22)	100 ppm
PEL^f (25)	100 ppm (media di più di 8 ore di lavoro) 200 ppm (esposizione limite per 15 minuti) 300 ppm (5 minuti di picco massimo ogni 3 ore)
IDLH^g (25)	150 ppm
AIHA ERPG-2^h (28)	200 ppm
LC₅₀ⁱ (32)	5200 ppm (topo per 4 ore)
DATI DI TOSSICITA' SULL'UOMO per via inalatoria (28-ATSDR)	75-100 ppm possono causare disturbi dell'apparato visivo. 100-300 ppm provocano effetti sul Sistema Nervoso Centrale (CNS), inclusi sonnolenza, cefalea e deficit motori. 216 ppm o più producono irritazione del tratto respiratorio. Durante esposizioni di 1000-1500 ppm per meno di 2 ore, le persone hanno manifestato cambiamenti di umore, lieve atassia, debolezza e vertigini. Esposizione a maggiori concentrazioni o per lunghi periodi di tempo può condurre a collasso, coma o morte.

INDICI BIOLOGICI DI ESPOSIZIONE

Tabella 3. Indici biologici di esposizione a tetracloroetilene

BEIⁱ (25)	Concentrazione in aria espirata = 5 ppm Concentrazione nel sangue = 0,5 mg/L (campionamento eseguito prima dell'ultimo turno di lavoro settimanale) Acido tricloroacetico urinario = 3,5 mg/L (campionamento eseguito alla fine dell'ultimo turno di lavoro settimanale)
Half life^m	Sangue: 96 ore; Acido tricloroacetico nelle urine: 80 ore (può essere più lungo essendo dipendente dal deposito di grasso)

ANNOTAZIONI:

a RfC (inhalation Reference Concentration): concentrazione per inalazione di riferimento per l'assenza di effetti non cancerogeni per esposizioni inalatorie per tutta la popolazione e per tutta la vita (EPA).

b REL acute (Reference Exposure Level): Livello di Esposizione di Riferimento, è il livello al di sotto del quale non si attendono effetti avversi nella popolazione generale per un'esposizione di un'ora (21-COPCOA).

c ODOR THRESHOLD LOW: Soglia olfattiva minore. E' la concentrazione minore a cui la sostanza può essere sospettata o riconosciuta usando l'olfatto. L'olfatto per esposizioni acute a dosi elevate rappresenta un efficace sistema di allerta, ma per prolungate esposizioni tende a svanire per esaurimento funzionale dei recettori (28-ATSDR).

d TLV: Threshold Limit Values (valori limite di esposizione) (23).

I TLV sono stati stabiliti dall' [American Conference of Governmental Industrial Hygienists](#) per gli ambiente di lavoro. La definizione di ogni TLV si basa sugli effetti avversi che compaiono alla più bassa esposizione. I Threshold Limit Values (**TLV**) si riferiscono alla concentrazione dell'inquinante in atmosfera e rappresentano la condizione per cui la maggior parte dei lavoratori esposti in modo continuo all'inquinante non sviluppa patologie. I TLV si basano su informazioni provenienti da esperimenti industriali, da studi epidemiologici sull'uomo, da studi sperimentali su animali e, quando possibile dalla combinazione dei tre.

Sono previste tre categorie di TLV.

- Il **TLV-TWA** (Time Weighted Average) rappresenta la concentrazione media di inquinante ponderata nel tempo riferita ad una giornata lavorativa di 8 ore ed a una settimana di 40 ore a cui un lavoratore può essere esposto in modo continuo senza sviluppare patologie.
- Il **TLV-STEL** (Short Term Exposure Limit) rappresenta una concentrazione TWA di 15 minuti che non deve essere superata in qualsiasi momento durante la giornata lavorativa.

Il TLV-C (Ceiling) rappresenta la concentrazione che non deve essere mai superata durante in qualsiasi momento dell'attività lavorativa.

e LOAEL (Lowest-Observed-Adverse-Effect Level): Limite di Osservazione dei primi Lievi Effetti Avversi. Dose minima di sostanza che è in grado di produrre incrementi staticamente o biologicamente significativi per frequenza o gravità di effetti avversi tra popolazione esposta e relativi controlli (ATSDR).

f PEL (Permissible exposure limit): Limite consentito di esposizione (OSHA).

g IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health): Concentrazioni immediatamente pericolose per la salute o per la vita (NIOSH).

h AIHA-ERPG: (American Industrial Hygiene Association-Emergency Response Planning Guidelines) Associazione Americana di Igiene Industriale - Lineeguida per la Pianificazione della Risposta alle Emergenze (ATSDR).

Il valore indica la massima concentrazione in aria della sostanza al di sotto della quale si ritiene che la maggior parte delle persone possano essere esposte per più di 1 ora senza mostrare o sviluppare sintomi o effetti gravi o irreversibili per la salute che possano diminuire la loro capacità di intraprendere azioni protettive.

i LC₅₀ (Lethal Concentration₅₀): concentrazione di una sostanza chimica in atmosfera per la quale ci si attende che l'esposizione, per un periodo stabilito di tempo, causi la morte del 50% di una determinata popolazione di animali da esperimento.

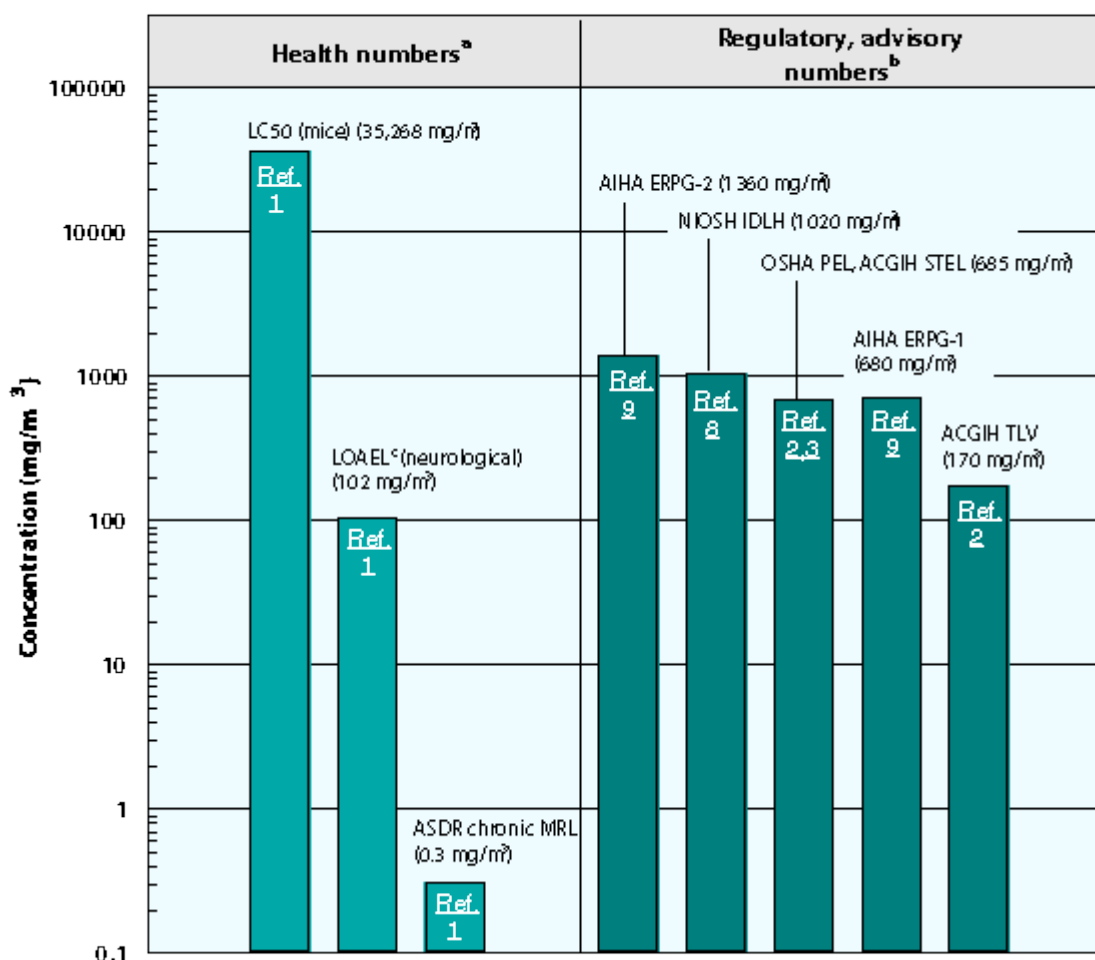
I BEI (Biological Exposure Indices): Indici Biologici di Esposizione. Rappresentano i livelli di determinanti che sono più comunemente rilevati in campioni raccolti da lavoratori sani che sono stati esposti a sostanze allo stesso grado dei lavoratori con esposizione inalatoria al TLV-TWA (ACGIH).

m Half life: tempo richiesto per dimezzare il totale della sostanza chimica assorbita dal corpo.

DATI SANITARI DA ESPOSIZIONE PER INALAZIONE

<http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/tet-ethy.html#ref1>

Tetrachloroethylene



^a **Health numbers** sono i valori tossicologici da test effettuati su animali o da studi di valutazione del rischio svolti dall'EPA.

^b **Regulatory numbers** sono i valori che sono stati inclusi nei Regolamenti Governativi, mentre gli **advisory numbers** sono i valori non normati suggeriti dal Governo o da altri enti quali consigli. I valori dell'OSHA sono normative, mentre quelli di: NIOSH, ACGIH, e AIHA sono suggerimenti.

^c **LOAEL** = Limite di Osservazione dei primi Lievi Effetti Avversi. Il LOAEL viene utilizzato come base per il calcolo del MRL (Livello Minimo di Rischio) di inalazione cronica dall'ATSDR.

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). *Toxicological Profile for Tetrachloroethylene (Update)*. U.S. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. 1997.
2. American Conference of Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH). *1999 TLVs and BEIs: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents, Biological Exposure Indices*. Cincinnati, OH. 1999.
3. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Occupational Safety and Health Standards, Toxic and Hazardous Substances. Code of Federal Regulations 29 CFR 1910.1000*. 1998.

8. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). [*Pocket Guide to Chemical Hazards*](#). U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention. Cincinnati, OH. 1997.
9. American Industrial Hygiene Association (AIHA). *The AIHA 1998 Emergency Response Planning Guidelines and Workplace Environmental Exposure Level Guides Handbook*. 1998.

CLASSIFICAZIONI DI CANCEROGENICITA'

Classe IARC (23): **2A**

Classificazione di cancerogenicità attribuita dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro.

La valutazione della [IARC](#) è basata sull'evidenza di cancerogenicità sull'uomo, ove siano disponibili dati epidemiologici, e sugli animali da esperimento, valutate separatamente.

In particolare sono definite 5 categorie:

- [Gruppo 1](#) : cancerogeni per l'uomo
- [Gruppo 2A](#) : probabili cancerogeni per l'uomo
- [Gruppo 2B](#) : possibili cancerogeni per l'uomo
- [Gruppo 3](#) : agenti non classificabili per la cancerogenicità nell'uomo
- [Gruppo 4](#) : agenti probabilmente non cancerogeni per l'uomo

Classe CE (23): Carc. **Cat. 3** - R40 ; N - R51-53

[Classificazione di cancerogenicità](#) attribuita dalla Comunità Europea.

La CE ha adottato, con la direttiva 91/325 una distinzione in tre categorie:

- **Categoria 1:** sostanze note per gli effetti cancerogeni sull'uomo. Esistono prove sufficienti per stabilire un nesso causale tra l'esposizione dell'uomo ad una sostanza e lo sviluppo di tumori;
- **Categoria 2:** sostanze che dovrebbero considerarsi cancerogene per l'uomo. Esistono elementi sufficienti per ritenere verosimile che l'esposizione dell'uomo ad una sostanza possa provocare lo sviluppo di tumori, in generale sulla base di:
 - adeguati studi a lungo termine effettuati su animali;
 - altre informazioni specifiche;
- **Categoria 3:** sostanze da considerare con sospetto per i possibili effetti cancerogeni sull'uomo per le quali tuttavia le informazioni disponibili non sono sufficienti per procedere ad una valutazione soddisfacente. Esistono prove ottenute da adeguati studi su animali che non bastano tuttavia per classificare la sostanza in categoria 2.

Per le sostanze appartenenti alla categoria 1 e 2 si usa il simbolo T e la frase di rischio R45 "può provocare il cancro".

Si usa la frase R49 " può provocare il cancro per inalazione" qualora la sostanza sia cancerogena soltanto se inalata.

Il tetracloroetilene, secondo criteri europei, appartiene al gruppo di sostanze della categoria 3 che vengono indicate con il simbolo **Xn** e la frase **R40** "può provocare effetti irreversibili".

Inoltre è anche contrassegnato con il simbolo **N** (Pericoloso per l'ambiente) ed è abbinato alle frasi di rischio **R51** (Tossico per gli organismi acquatici) e **R53** (Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico).

Classe ACGIH (23): **A3**

Classificazione di cancerogenicità attribuita dall'ACGIH che si basa sulle seguenti 5 classi:

A1: sostanze confermate come cancerogene per l'uomo

A2: sostanze sospette di essere cancerogene per l'uomo

A3: sostanze cancerogene per gli animali

A4: sostanze non classificabili come cancerogene per l'uomo;

A5: sostanze non sospette di essere cancerogene per l'uomo.

SORGENTI ED EMISSIONI

Il tetracloroetilene non è presente naturalmente nell'ambiente (21 - HSDB, 1995).

Viene utilizzato principalmente come solvente nei cicli di lavorazione delle lavanderie a secco, ma trova largo uso come solvente ed intermedio anche in: industria chimica, farmaci e pesticidi - Sgrassaggio e pulizia metalli - Intermedio nella sintesi di CFC - Pulitura fibre tessili - Idrorepellente - Sverniciante - Componente inchiostri da stampa, adesivi, rivestimenti di carta, per trattamento delle pelli - Produzione siliconi - Gas di compressione negli aerosol - Detergente per auto - Rimozione di fuliggini da bollitori nell'industria - Fluido isolante per trasformatori elettrici (23).

Tabella 4. Aziende in cui il tetracloroetilene è presente come materia prima o additivo

Centrali ed impianti di produzione dell'energia elettrica.
Conservazione, concia, preparazione, trattamento e rifinitura di pelli e cuoi.
Costruzione di arredamenti in materiale metallico, di casseforti, armadi corazzati, serrature e lucchetti di sicurezza, di lampadari, di carrozzine e passeggini per bambini, di serramenti in lega leggera.
Costruzione di autoveicoli, rimorchi, autobetoniere, carrelli industriali, motocicli, ciclomotori, biciclette.
Costruzione di carpenteria metallica e lavori in materiale metallico con posa in opera.
Costruzione di carpenteria metallica e lavori in materiale metallico senza posa in opera.
Costruzione di impianti elettrici.
Cromolitografia.
Fabbricazione e riparazione di carrozzerie metalliche per autoveicoli.
Finissaggio di fibre, filati, tessuti e articoli confezionati.
Industria dei prodotti chimici inorganici ed organici.
Industria dei prodotti tossici e corrosivi.
Industria farmaceutica.
Lavanderie, tintorie, stirerie.
Lavorazione completa di fibre tessili.
Lavorazione metalmeccanica di stampaggio della lamiera.
Produzione di gas compressi.
Produzione di inchiostri, gomma arabica, colle, prodotti per tipografie.
Produzione di matrici per stampa fotomeccanica, zincotipia, fotoincisione, stereotipia.
Produzione di minuterie metalliche.
Produzione di prodotti fitosanitari.
Servizi di pulizia edifici e impianti sportivi.
Smaltatura, metallizzazione, trattamenti termici e fisico-chimici di manufatti metallici.
Tipografie ed industrie poligrafiche.

METABOLISMO

Il tetracloroetilene viene assorbito soprattutto attraverso i polmoni e in minima parte attraverso la cute; nell'organismo si distribuisce in maniera analoga ai solventi organici ad elevata liposolubilità. La biotrasformazione è modesta: il 2% della dose assorbita si ritrova nelle urine sotto forma di acido tricloroacetico, il resto viene eliminato soprattutto per via respiratoria. La formazione di acido tricloroacetico avviene attraverso i seguenti passaggi metabolici (31):

tetracloroetilene → **epossido** → **tricloroacetilcloruro** → **acido tricloroacetico**

CONCENTRAZIONI AMBIENTALI

Inquinamento outdoor

Le concentrazioni ambientali di tetracloroetilene possono oscillare ampiamente anche in periodi relativamente brevi di tempo a seconda dell'intensità della fonte di emissione, delle variazioni della direzione e della velocità del vento, della diluizione e della fotodecomposizione(2).

Le concentrazioni in aria sono elevate nelle vicinanze delle attività di lavanderia a secco ed ai luoghi di smaltimento dei rifiuti.

In California la concentrazione in ambiente esterno di Tetracloroetilene viene monitorata da una rete di misurazione di sostanze tossiche presente in tutto lo Stato: Air Resources Board (ARB). Da gennaio a dicembre 1996 la concentrazione media stimata è stata di 0,128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o 0,019 ppb (21-ARB, 1997).

La concentrazione media annuale di tetracloroetilene è stata ritenuta tossica (contaminazione atmosferica) per la popolazione al valore di 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o 0,37 ppb. (21-ARB, 1991).

Si riportano di seguito i risultati di alcuni studi che hanno stimato la concentrazione di tetracloroetilene in ambiente outdoor (rurale e urbano) e successivamente in ambiente indoor. Per le aree extraurbane o rurali sono stati riportati valori variabili da <7 a 620 ng/m^3 (3).

Per zone rurali, in Canada, è stata segnalata una concentrazione media di 200 ng/m^3 (2).

Le concentrazioni ambientali nelle aree urbane sono più alte. Parecchi studi effettuati nelle città degli Stati Uniti riportano concentrazioni che variano da 0,23 a 9,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (4).

Un'indagine condotta nel 1990 in alcune città del Canada ha mostrato concentrazioni medie comprese tra 0,2 e 5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2); le concentrazioni medie nei Paesi Bassi sono variate da 0,7 a 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3).

E' stato stimato che lo 0,1 della popolazione nei Paesi Bassi sia esposta ad una concentrazione media atmosferica di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo 0,5% a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, il 3,3% a 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, il 12,5% a 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e la rimanente a 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Coloro che vivono nell'immediata vicinanza di lavanderie a secco (si pensa che rappresentino lo 0,08% della popolazione), la media della concentrazione di esposizione per ogni giorno di lavoro è stata stimata di 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3).

L'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti (U.S. EPA), nell'anno 1989 ha rilevato a Columbus (Ohio) una concentrazione media di 1,59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o 0,23 ppb con un range di valori variabili da un minimo di 0,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o 0,03 ppb ad un massimo di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o 5,90 ppb.

Inoltre sono stati riportati i valori di concentrazione di tetracloroetilene in 13 aree di studio tra il 1989 e il 1991. Il range di concentrazioni in queste zone variava da 0,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o 0,10 ppb a 104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o 15,34 ppb.

La concentrazione media era di 3,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o 0,53 ppb (21-U.S. EPA, 1993).

Tabella 5. Valori di concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del Tetracloroetilene rilevati in ambiente outdoor per località in studio.

Località in studio	Valore medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bibliografia
	minimo	
Aree Extraurbane		
California	0,128	(21)
Paesi Bassi	<0,007 - 0,62	(3)
Zone rurali Canada	0,2	(2)
Zone rurali California	0,53	(21)
Aree Urbane		
Stati Uniti	0,23 - 9,0	(4)
Canada	0,2 - 5,0	(2)
Paesi Bassi	0,7 - 1,4	(3)
Columbus (Ohio)	1,59 (0,21 - 40)	(21)
Stati Uniti (13 Aree)	3,6 (0,69 - 104)	(21)
California	1,74 - 4,41	(21)

Inquinamento indoor

Il monitoraggio dell'ambiente indoor in abitazioni della California e la contemporanea osservazione individuale hanno indicato che le persone sono esposte più frequentemente al tetracloroetilene all'interno di ambienti chiusi.

Il livello di esposizione può variare notevolmente fra le diverse abitazioni per la possibile presenza nelle varie sedi di una diversa quantità e tipologia delle fonti di emissione.

La volatilizzazione dagli indumenti lavati a secco è probabilmente la più grande fonte di tetracloroetilene in ambiente indoor (21-U.S. EPA, 1987).

In un grande studio del sud della California, le concentrazioni medie nelle 24 ore, in ambiente indoor, variavano da 2,27 a 6,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre le concentrazioni outdoor concomitanti variavano da 1,74 a 4,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Usando i dati di campionatori individuali per stimare l'esposizione indoor nelle ore notturne si sono rilevate concentrazioni medie tra 5,45 a 8,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rispetto alle concentrazioni outdoor delle ore notturne che hanno variato da 1,24 a 5,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (21-ARB, 1991).

Nella primavera del 1990 sono stati effettuati studi in zone rurali della California. La concentrazione media di tetracloroetilene su 124 misurazioni indoor era 1,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La media delle concentrazioni indoor nello studio in ambiente rurale era circa 2,7 volte più grande della media delle concentrazioni outdoor di 0,53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rilevata nello stesso studio (21-Sheldon ed altri, 1992).

Da 2195 rilevazioni presenti nel database dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti (U.S. EPA) si evince che il valore della mediana per i contaminanti organici volatili (VOC-AMBI) in ambiente indoor era 4,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,737 ppb), mentre il valore medio, 20,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3,056 ppb) (6). In Canada, è stata segnalata una concentrazione media in ambiente indoor di circa 5,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2). In una serie di misurazioni eseguite nei Paesi Bassi in ambiente indoor in abitazioni situate direttamente sopra attività di lavanderie a secco, è stata rilevata una concentrazione mediana di 2200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (con un massimo di 29900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). In locali immediatamente adiacenti a queste attività di lavanderie a secco la concentrazione mediana è stata 177 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da rapportare con i 127 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ presenti in atmosfera. Queste misure sono state effettuate dopo l'introduzione delle macchine a "sistema chiuso" nelle stesse attività di lavaggio a secco (6).

Una serie simile di misurazioni è stata effettuata negli Stati Uniti in appartamenti posizionati sopra le lavanderie a secco che utilizzavano sistemi aperti di trasferimento. Queste hanno mostrato concentrazioni medie di 7500-13000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nelle immediate vicinanze degli appartamenti, sono state riscontrate concentrazioni medie di 580 e 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In appartamenti sopra le lavanderie a secco che utilizzano sistemi chiusi, sono state rilevate concentrazioni medie di 370 e 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In un altro studio, sono state segnalate alte concentrazioni in luoghi chiusi vicini alle attività di lavaggio a secco (trasferimento aperto): 50000-197000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7).

Sono stati riscontrati alti valori in ambienti indoor nelle abitazioni di lavoratori di lavanderie a secco (in media 265 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contro 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle case dei controlli) a causa dell'emissioni di tetracloroetilene dagli operai stessi al loro rientro dopo un turno di lavoro (8). Uno studio condotto in Italia nelle abitazioni di lavoratori di lavanderie a secco ha mostrato un'esposizione a concentrazioni (8 ore in media) di 2,6-221,5 mg/m^3 (24).

Una fonte ulteriore di esposizione indoor legata alle lavanderie a secco è l'evaporazione di tetracloroetilene dai vestiti puliti a secco. Portare in automobile i vestiti lavati a secco di recente può provocare un innalzamento della concentrazione di tetracloroetilene fino a 2100 mg/m^3 (7).

Un'altra fonte potenziale di tetracloroetilene in ambiente indoor è l'evaporazione da acqua ad uso domestico contaminata (9).

Tabella 6. Valori di concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del Tetracloroetilene rilevati in ambiente indoor per località in studio.

Località in studio	Valore medio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Note e bibliografia
Aree Rurali		
California	1,44	Valore medio outdoor $0,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (21)
Aree Urbane		
California	2,27 - 6,72	Valore medio outdoor $1,74$ a $4,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (21)
California	5,45 - 8,56	Ore notturne. Valore medio outdoor $1,24$ a $5,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (21)
Stati Uniti	20,7 (mediana 4,9)	Volatile Organic Compounds – VOCs (6)
Canada	5,1	(2)
Abitazioni adiacenti a lavanderie		
Paesi Bassi	2200 (mediana) (max 29900)	lavanderie con sistema di "trasferimento aperto" (6)
Paesi Bassi	177 (mediana)	Lavanderie con sistema di "trasferimento chiuso". Valore medio outdoor $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (6)
Stati Uniti	7500 - 13000	lavanderie con sistema di "trasferimento aperto". Valore medio outdoor 580 e $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (22)
Stati Uniti	130 - 370	lavanderie con sistema di "trasferimento chiuso" (22)
Stati Uniti	50000 - 197000	lavanderie con sistema di "trasferimento aperto" (7)
Abitazioni di lavoratori di lavanderie		
Italia	265	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle case dei controlli (8)
Italia	2600 - 221500	(24)

PERSISTENZA IN ATMOSFERA

Il processo di maggior degradazione del tetracloroetilene in atmosfera avviene per reazione con il radicale libero OH. Il tempo di dimezzamento e l'eliminazione completa dovuti alla reazione della fase gassosa con lo ione idrossile sono calcolati per il tetracloroetilene rispettivamente di 2 mesi e di 3 mesi (21-Atkinson, 1995). Di conseguenza, il tetracloroetilene è sufficientemente persistente da poter essere trasportato in atmosfera prima di essere degradato (21-ARB, 1991).

INFORMAZIONI SULLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Tra le valutazioni di rischio esaminate dall'Ufficio californiano per la Valutazione Ambientale del Rischio per la Salute (OEHHA) a partire dall'aprile del 1996, il tetracloroetilene è stato ritenuto il fattore di rischio principale per l'insorgenza del cancro in 43 delle circa 550 valutazioni con rischio di tumore superiore ad 1 su 1 milione e ha contribuito insieme ad altre sostanze al rischio totale di cancro in 79 di queste valutazioni.

Il tetracloroetilene inoltre era il maggiore imputato per il rischio del cancro in 7 delle circa 130 valutazioni di rischio che segnalano un rischio totale di cancro uguale a o più alto di 10 su 1 milione e ha contribuito ad un rischio totale di cancro in 34 di queste valutazioni di rischio (21-OEHHA, 1996).

Tabella 7. Responsabilità del tetracloroetilene nelle valutazioni di rischio cancerogeno effettuate dal OEHHA.

n. valutazioni con rischio cancerogeno $>1 \cdot 10^{-6}$	n. valutazioni con rischio cancerogeno $>1 \cdot 10^{-5}$	Tetracloroetilene come principale fattore di rischio	Tetracloroetilene come fattore di rischio associato ad altre sostanze
550		43	79
	130	7	34

Per gli effetti non cancerogeni sulla salute, il tetracloroetilene ha contribuito all'indice totale di rischio in 35 delle circa 89 valutazioni di rischio che segnalano un indice di rischio totale *cronico* più alto di 1 ed ha presentato un indice di rischio individuale maggiore di 1 in 19 di queste valutazioni di rischio. Il tetracloroetilene inoltre ha contribuito all'indice totale di rischio in 23 delle circa 107 valutazioni di rischio che segnalano un indice di rischio totale *acuto* più alto di 1 ed ha presentato un indice di rischio individuale più alto di 1 in 4 di queste valutazioni di rischio (21-OEHHA, 1996).

Tabella 8. Responsabilità del tetracloroetilene nelle valutazioni di rischio non cancerogeno effettuate dal OEHHA.

Tipologia del rischio	n. valutazioni con rischio non cancerogeno >1	Tetracloroetilene come principale fattore di rischio	Tetracloroetilene come fattore di rischio associato ad altre sostanze
cronico	89	19	35
acuto	107	4	23

EFFETTI SULLA SALUTE

I rischi tossicologici e cancerogeni dovuti all'ingestione della frutta e della verdura da parte dell'adulto non sono quantificabili; inoltre si possono definire trascurabili in quanto il trasferimento dei solventi dalla terra alla pianta è nullo (DORS).

Il meccanismo più probabile di esposizione umana a tetracloroetilene è l'inalazione (21-ARB, 1991).

Effetti non cancerogeni

Gli organi bersaglio per l'effetto tossico del tetracloroetilene nell'uomo sono: SNC, fegato e rene. La relazione dose-risposta nell'uomo per gli effetti su fegato e rene non sono ancora completamente conosciuti (22).

Lavoratori sottoposti ad esposizione cronica a tetracloroetilene hanno manifestato segni di tossicità epatica, così come disfunzione renale ed effetti neurologici (21-ARB, 1991; U.S. EPA, 1994).

I vapori del tetracloroetilene sono irritanti per occhi e vie respiratorie. Possono anche sensibilizzare il miocardio agli effetti aritmogeni dell'epinefrina.

In una serie di studi short-term effettuati in un gruppo di volontari si sono osservati sintomi neurologici (inclusi vertigini, sonnolenza e deficit funzionali in test di coordinazione motoria) e disturbi dell'apparato visivo a concentrazioni rispettivamente: $>678 \text{ mg/m}^3$ ($>100 \text{ ppm}$) e 339 mg/m^3 (50 ppm) (1,10,11,12). Alcuni studi effettuati su lavoratori di lavanderie a secco hanno considerato i possibili effetti del tetracloroetilene sulle funzioni renali.

Lavoratrici esposte per un periodo medio di 14 anni ad una concentrazione TWA di 68 mg/m^3 (10 ppm) hanno mostrato un aumento dei livelli urinari di lisozima e β -glucuronidasi che sono indice di modeste alterazioni della funzione renale (13).

In uno studio sui lavoratori di lavanderie a secco ($n=50$) sono stati misurati circa 20 indicatori di iniziale danno nefrotossico. L'esposizione era determinata dall'analisi di campioni di aria presi durante periodi di 4 ore selezionati casualmente alla fine della settimana lavorativa. La mediana delle concentrazioni è stata 102 mg/m^3 (range: tracce - 580 mg/m^3).

Comparandolo alla popolazione di controllo, gli individui esposti avevano un incremento significativo di valori anormali di un certo numero di marcatori nelle urine compresa l'albumina, la transferrina, la fosfatasi alcalina tissutale aspecifica e antigeni delle cellule con orletto a spazzola.

Il significato della scoperta non è facilmente valutabile ma potrebbe rappresentare un primo stadio clinicamente silente ma potenzialmente progressivo di danno renale (14).

Un Livello di Esposizione di Riferimento (Acute REL = è il livello al di sotto del quale non si attendono effetti avversi nella popolazione generale per un'esposizione di un'ora) acuto per effetti non cancerogeni di **$6,8 \times 10^3 \mu\text{g/m}^3$** è riportato dall'Associazione Ufficiale di Controllo dell'Inquinamento Atmosferico della California (CAPCOA) che ha modificato nel 1992 le Linee guida sulla valutazione del rischio.

Per gli effetti tossici acuti l'organo bersaglio è ritenuto il sistema nervoso centrale.

Gli organi bersaglio per gli effetti tossici cronici sono ritenuti il rene, il fegato ed il sistema gastrointestinale (21-CAPCOA, 1993).

L'Ente per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti (U.S. EPA) ha indicato una concentrazione di riferimento (**RfC** = Concentrazione di riferimento per l'assenza di effetti non cancerogeni per esposizioni inalatorie per tutta la popolazione e per tutta la vita) pari a **$0,3 \text{ mg/m}^3$** basandosi sul valore del MRL (Livello di Rischio Minimo) dell'ATSDR del 2000 (27);

La dose orale di riferimento (**RfD**) per tetracloroetilene è di **$0,01 \text{ mg/kg-d}$** (milligrammi per chilogrammo al giorno); tale valore è derivato dallo studio dell'epatotossicità nei topi e dell'aumento del peso nei ratti (21-U.S. EPA, 1994).

In generale l'RfD è una stima di un'esposizione giornaliera della popolazione totale (inclusi i gruppi più sensibili) che verosimilmente non si associa ad un incremento rilevante del rischio di insorgenza di effetti dannosi per la salute per la durata dell'intera vita. L'RfD può essere calcolato sia per gli effetti non cancerogeni che per quelli cancerogeni della sostanza.

Effetti Critici	Dosi sperimentali*	UF	MF	RfD
epatotossicità nei topi e aumento di peso nei ratti	NOAEL (29): 20 mg/kg/day (convertito a 14 mg/kg/day)	1000	1	1E-2 mg/kg/day

LOAEL (29): 100 mg/kg/day
(convertito a 71 mg/kg/day)

*Fattore di conversione: le dosi sono state adattate al programma di trattamento (5 gioni/settimana)

Effetti mutageni

Studi epidemiologici condotti su donne che lavorano presso lavanderie a secco hanno mostrato alcuni effetti riproduttivi avversi, quali disordini mestruali ed aborti spontanei, ma non sono stati raggiunti risultati significativi (21-ARB, 1991).

Un incremento di aborti spontanei rilevato in donne esposte per motivi occupazionali in Finlandia non ha trovato riscontro in studi eseguiti in altri stati (Danimarca, Norvegia e Svezia) (25- Frazier, p. 182-3).

Donne esposte ad acqua potabile contaminata con solventi compreso il tetracloroetilene, hanno evidenziato in alcuni casi malformazioni congenite.

L'esposizione di roditori in gravidanza a 300 ppm di tetracloroetilene per inalazione ha provocato effetti tossici materni e fetali manifestatisi come deficit di crescita ed alterazioni delle prestazioni nei test di comportamento della prole dei topi e dei ratti esposti (21-ARB, 1991).

Il tetracloroetilene in alte dosi, in studi sulla riproduzione dei topi ha causato anomalie scheletriche (25).

Nonostante quanto appena esposto, il tetracloroetilene non è considerato un teratogeno (21-ARB, 1991).

Effetti cancerogeni

Nonostante non vi sia certezza che una sostanza in grado di provocare tumore nell'animale sia in grado di svolgere la stessa azione anche nell'uomo, è biologicamente plausibile e prudente, in caso di sufficiente evidenza nell'animale, considerare un rischio di cancerogenicità anche per l'uomo (23-DORS).

Alcuni studi epidemiologici hanno fornito indicazioni sul possibile legame tra l'uso dei solventi nelle lavanderie a secco, soprattutto tetracloroetilene, e l'aumento del rischio per l'insorgenza del cancro per i lavoratori esposti.

Tali studi presentano limiti metodologici dovuti prevalentemente all'impossibilità dei ricercatori di differenziare le esposizioni ai vari solventi e alla mancanza di valutazione di concomitanti altri possibili fattori confondenti come ad esempio il fumo di tabacco.

Somministrato per via orale nel topo ha aumentato in modo significativo l'incidenza di *carcinomi epatocellulari*. Per inalazione ha prodotto *leucemie* nel ratto e adenomi e carcinomi epatocellulari nel topo. (Dors)

Il tetracloroetilene ha indotto un incremento dell'incidenza dei tumori epatocellulari nei topi di laboratorio dopo esposizione orale e per inalazione ed

un aumento di leucemia mononucleare e *tumori del rene* in ratti dopo inalazione (U.S. EPA, 1994).

La U.S. EPA ha classificato il tetracloroetilene come appartenente al Gruppo B2/C: probabile cancerogeno sulla base di sufficienti evidenze di cancerogenicità negli animali e di insufficienti evidenze negli esseri umani (21-U.S. EPA, 1994).

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro ha classificato il tetracloroetilene nel Gruppo 2A: probabile cancerogeno umano, sulla base di sufficienti evidenze sugli animali e limitate evidenze sugli esseri umani (21-IARC, 1995).

Lo Stato della California secondo l'AB 1807 e la Dichiarazione 65 cataloga il tetracloroetilene come cancerogeno e come contaminante atmosferico (21-ARB, 1991; CCR, 1996).

La California a fini di regolamentazione ha utilizzato una Unità di Rischio (URF) potenziale respiratorio per cancro pari 5,9 per milione; vale a dire che per esposizione per tutta la vita a concentrazioni di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di tetracloroetilene nella popolazione si avrebbe un eccesso di 5,9 nuovi casi di cancro per milione di residenti. Tale valore da luogo ad uno Slope Factor inalatorio pari a $0,02 (\text{mg}/\text{Kg}\cdot\text{d})^{-1}$ (21-OEHHA, 1994).

L'EPA riporta per gli stessi fattori un valore dieci volte minore (27).

CONCLUSIONI

La valutazione di rischio non cancerogeno è data dal rapporto tra il valore della dose giornaliera (proveniente dalla valutazione dell'esposizione e dell'assorbimento) ed una dose ritenuta priva di effetti sanitari (un rapporto < di uno è ritenuto accettabile). Per le sostanze classificate come cancerogene non esiste una dose sicura per cui si ricorre alla valutazione della dose risposta di studi sperimentali per prevedere gli eccessi di nuovi casi di cancro nella popolazione esposta (incrementi di casi inferiori ad 1 su centomila sono ritenuti accettabili).

La letteratura scientifica precedentemente citata, per quanto concerne la presenza di tetracloroetilene in ambiente outdoor ed indoor, ha indicato alcuni valori di concentrazione rilevati nei vari studi ed ha stimato il possibile effetto tossicologico e cancerogeno sulla popolazione esposta.

Il monitoraggio dei siti ambientali e residenziali nel quartiere campo sportivo di Fabriano effettuato dal personale tecnico del Servizio Aria dell'ARPAM ha condotto ai seguenti risultati:

- concentrazione media di tetracloroetilene pari a $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in ambiente esterno;
- concentrazione media di $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in ambiente interno.

Tali dati risultano molto inferiori ai valori indicati dall'OMS nella revisione delle linee guida per gli inquinanti atmosferici ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (22).

Alla luce dei valori riportati dalla letteratura sulla presenza del tetracloroetilene nell'ambiente si rileva che, sulla base delle conoscenze attuali, i valori riscontrati sono in linea con quanto riportato in molte altre realtà urbane ed abitative (Tabb. 2-3).

La valutazione del rischio derivante dall'esposizione ad un contaminante ambientale per la numerosità delle variabili ambientali ed umane, per la presenza di diversi fattori confondenti e per le metodologie non ancora universalmente accettate comporta notevoli difficoltà ed incertezze.

All'interno di una stessa popolazione, infatti, possono esistere grandi differenze per ciò che riguarda lo stile di vita degli individui (le attività intraprese, le loro preferenze, le loro abitudini, ecc.), le eventuali esposizioni occupazionali e le condizioni sanitarie individuali.

Lo stesso dicasi per le concentrazioni ambientali dell'inquinante che possono variare notevolmente a seconda della caratterizzazione dei vari fattori di pressione presenti sul territorio (attività industriale e agricola, viabilità a traffico intenso, ecc.), dell'intensità della fonte di emissione, delle variazioni litologiche, climatiche e atmosferiche, dell'intervento antropico ecc.

Ad esempio se si può affermare che il potenziale rischio tossicologico a seguito di ingestione di tetracloroetilene in normali condizioni sia trascurabile; altrettanto non può dirsi per il possibile rischio tossicologico derivante dall'inalazione e dal frequente contatto cutaneo con acqua proveniente da falde superficiali contaminate.

Utilizzando l'Unità di Rischio inalatorio cancerogeno proposto dallo stato della California si potrebbe ipotizzare che per una popolazione come quella del quartiere stadio di Fabriano se fosse esposta per tutta la vita a concentrazioni di tetracloroetilene pari $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ potrebbe mostrare un eccesso di casi di tumore di 9,4 casi per milione. Con i fattori di rischio proposti dall'EPA (27) i casi scenderebbero a meno di 1.

Utilizzando infine i parametri e le formule impiegate nel software APAT "Rome vers. 2.1" (vedi Manuale UNICHIM 196/1) per valutare il rischio non cancerogeno per tali concentrazioni di tetracloroetilene il rischio sia per gli adulti che per i bambini risulta inferiore a 1 e quindi accettabile.

Una migliore valutazione del rischio richiede analisi più dettagliate per una precisa valutazione delle esposizioni (esposizioni per via orale e dermica).

Di sicura utilità potrebbe essere anche programmare uno studio epidemiologico descrittivo che valuti lo stato di salute della popolazione con particolare attenzione alle patologie associate dalla letteratura all'esposizione a tetracloroetilene e, nell'ipotesi della presenza di eccessi statisticamente significativi degli indicatori sanitari indagati, valutare la fattibilità di uno studio epidemiologico analitico caso-controllo.

¹REFERENCES

1. *Toxicological profile for tetrachloroethylene*. Atlanta, GA, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1993 (Public Health Service Report, No. TP-92/18).
2. Tetrachloroethylene. Priority substances assessment report for the Canadian Environmental Protection Act. Ottawa, Environment Canada and Health Canada, 1993.
3. BESEMER, A.C. ET AL. *Criteriadocument over Tetrachlooretheen*. [Tetrachloroethylene criteria document]. The Hague, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1984 (Publikatiereeks Lucht, No. 32).
4. *Toxicological profile for tetrachloroethylene*. Atlanta, GA, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1993 (Public Health Service Report, No. TP-92/18).
5. SHAH, J.J. & SINGH, H.S. Distribution of volatile organic chemicals in outdoor and indoor air – a national VOCs data base. *Environmental science and technology*, **22**: 1381–1388 (1988).
6. FAST, T. & VAN WIJNEN, J.H. Exposure to perchloroethylene in homes nearby drycleaners using closed systems. Fourth European Meeting of Environmental Hygiene, Wageningen, Netherlands, June 9–11, 1993. *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin*, **195**: 147–148 (1994).
7. *Dry cleaning, some chlorinated solvents and other industrial chemicals*. Lyon, International Agency for Research on Cancer, 1995 (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 63).
8. AGGAZZOTTI G. ET AL. Indoor exposure to perchloroethylene (PCE) in individuals living with dry-cleaning workers. *Science of the total environment*, **156**: 133–137 (1994).
9. CLARK, C.M. & FULLER, C.L. Total exposure and risk assessment for drinking water contaminated with volatile organic compounds. Springfield, VA, US National Technical Information Services, 1987 (NTIS No. PB-88-50602; Illinois Dept. of Energy and Natural Resources Report, No. ILENR/RE-AQ-87/22).
10. *Tetrachloroethylene*. Geneva, World Health Organization, 1984 (Environmental Health Criteria, No. 31).
11. HAKE, C.L. & STEWART, R.D. Human exposure to tetrachloroethylene: inhalation and skin contact. *Environmental health perspectives*, **21**: 231–238 (1977).
12. ALTMANN, L. ET AL. Neurophysiological and psychological measurements reveal effects of acute low-level organic solvent exposure in humans. *International archives of occupational and environmental health*, **62**: 493–499 (1990).
13. FRANCHINI, I. ET AL. Early indicators of renal damage in workers exposed to organic solvents. *International archives of occupational and environmental health*, **52**: 1–9 (1983).
14. MUTTI, A. ET AL. Nephropathies and exposure to perchloroethylene in dry-cleaners. *Lancet*, **340**: 189–193 (1992).
15. Carpenter CP, Smyth HF Jr, Pozzani UC [1949]. The assay of acute vapor toxicity and the grading and interpretation of results on 96 chemical compounds. *J Ind Hyg Toxicol* **31**: 343–346.
16. Friberg L, Kylin B, Nystrom A [1953]. Toxicities of trichloroethylene and tetrachloroethylene and Fujiwara's pyridinealkali reaction. *Acta Pharmacol Toxicol* **9**: 303–312.
17. Pozzani UC, Weil CS, Carpenter CP [1959]. The toxicological basis of threshold limit values: 5. The experimental inhalation of vapor mixtures by rats, with notes upon the relationship between single dose inhalation and single dose oral data. *Am Ind Hyg Assoc J* **20**: 364–369.
18. ten Berge WF, Zwart A, Appelman LM [1986]. Concentration-time mortality response relationship of irritant and systematically acting vapours and gases. *J Haz Mat* **13**: 301–309.
19. Negherbon WO [1959]. Handbook of toxicology. Vol. III. Insecticides, a compendium. Wright-Patterson Air Force Base, OH: U.S. Air Force, Air Research and Development Command, Wright Air Development Center, Aero Medical Laboratory, WADC Technical Report 5516, p. 737.
20. Rowe VK, McCollister DD, Spencer HC, Adams EM, Irish DD [1952]. Vapor toxicity of tetrachloroethylene for laboratory animals and human subjects. *AMA Arch Ind Hyg Occup Med* **5**: 566–579.
21. <http://www.scorecard.org/chemical-profiles/html/tetrachloroethylene.html>
22. http://www.euro.who.int/document/aig/5_13tetrachloroethylene.pdf
23. <http://www.dors.it/matline/scheda.php?codsos=231>
24. AGGAZZOTTI, G. ET AL. Occupational and environmental exposure to perchloroethylene (PCE) by dry cleaners and their family members. *Archives of environmental health*, **49**: 487–

493 (1994).

25. http://hazmap.nlm.nih.gov/cgi-bin/hazmap_generic?tbl=TblAgents&id=432

26. Bundesgesundheitsblatt. Mar. 1988, Vol.31, No.3, p.99-101.9 ref.

27. EPA. Risk Assessment technical background document for the paint and coatings hazardous waste listing determination – Section 7.0, Table 7-1. January 17, 2001.

28. <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg18.html>

29. Buben, J.A. and E.J. O'Flaherty. 1985. Delineation of the role of metabolism in the hepatotoxicity of trichloroethylene and perchloroethylene: a dose- effect study. Toxicol. Appl. Pharmacol. 78: 105-122.

30. World Health Organization (WHO), 1996. Updating and Revision of the Air Quality Guidelines for Europe. Report on a WHO Working Group on Volatile Organic Compounds. Brussels, Belgium, 2-6 October, 1995.

31. www.gimle.fsm.it

32. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~82P1dw:1>