

Unità di Progetto “Ambiente e Salute”
Tel.0742.339522

Coordinatore:
dr. Armando Mattioli
armando.mattioli@uslumbria2.it



“Orti Solidali” Caritas Foligno

Valutazione di impatto sulla salute da uso irriguo di acqua contaminata da Percloroetilene e Tricloroetilene a Foligno

dr. Armando Mattioli - dr. Ubaldo Bicchielli
21 dicembre 2018

Il Tricloroetilene (TCE) ⁽¹⁾ è usato principalmente nello sgrassaggio dei metalli, viene emesso soprattutto in atmosfera, ma può anche essere introdotto nelle acque sotterranee e, in misura minore, nelle acque superficiali dagli effluenti industriali. Il suo smaltimento inappropriato è stato la causa principale della contaminazione delle acque sotterranee.

L'esposizione al TCE per via aerea è maggiore di quella derivante dal cibo o dall'acqua potabile, a meno che l'acqua da bere contenga tricloroetilene a livelli superiore a circa 0,01 mg/l (10 µg/l).

Il valore guida per l'acqua potabile proposto dall'OMS ⁽¹⁾ è **0,02 mg/l** (20 µg/l) ed è protettivo sia verso gli effetti oncologici che quelli non tumorali. E' riferito ad un adulto di 60 kg per un consumo di 2 litri al giorno e corrisponde al **50% del TDI** ^(Nota), stabilito in 1,46 µg/kg di peso corporeo. Ciò vuol dire che il TDI sarebbe rispettato fino a concentrazioni di **0,04 mg/l** (40 µg/l).

Nella valutazione di impatto sulla salute oltre che per ingestione va tenuto conto dell'assorbimento per via aerea e per via cutanea durante la doccia o il bagno.

A causa della sua elevata volatilità, le concentrazioni sono normalmente basse (<0,001 mg/l) nelle acque superficiali, ma possono essere più alte (solitamente inferiori a 0,1 mg/l) nelle acque sotterranee dove la volatilizzazione e la biodegradazione sono limitate.

Espperimenti in vitro ed in vivo indicano che il tricloroetilene potrebbe essere debolmente genotossico, a causa di suoi metaboliti, sicuramente o probabilmente cancerogeni per l'uomo.

In considerazione del peso sufficiente delle prove di cancerogenicità in due specie di animali e dei dati epidemiologici a supporto, il tricloroetilene è classificato dallo IARC ⁽²⁾ come gruppo 2A (probabilmente cancerogeno per l'uomo).

Studi epidemiologici individuano nella tossicità per il feto l'effetto critico non cancerogeno, sia perché è quello che compare alle più basse dosi di esposizione, sia per la gravità dell'effetto (malformazioni cardiache).

Il Tetracloroetilene o Percloroetilene (PCE) ⁽¹⁾ è stato utilizzato principalmente come solvente nelle industrie di lavaggio a secco ed in misura minore come solvente sgrassante.

È diffuso nell'ambiente e lo si trova in tracce in acqua, negli organismi acquatici, nell'aria, negli alimenti e nei tessuti umani.

I più alti livelli ambientali di tetracloroetilene si trovano nelle aree dove insistono industrie di lavaggio a secco e sgrassaggio dei metalli; i loro scarichi possono portare ad alte concentrazioni nelle acque sotterranee. Il tetracloroetilene nell'acqua sotterranea può degradare per via anaerobica ad altri composti tossici, compreso il cloruro di vinile.

Il valore guida per l'acqua potabile indicato dall'OMS⁽¹⁾ è **0,04 mg/l** (40 µg/l), è riferito ad un adulto di 60 kg che assume 2 litri di acqua al giorno e corrisponde al **10% del TDI** ^(Nota1), che è 14 µg/kg di peso corporeo. Quindi il TDI sarebbe rispettato fino a concentrazioni di **0,4 mg/l** (400 µg/l). Le concentrazioni nell'acqua potabile sono generalmente inferiori a 0,003 mg/l (3 µg/l), sebbene

Nota1: il TDI, Tolerable Daily Intake, è la quantità massima, espressa in µg per kg di peso corporeo, che può essere assunta giornalmente senza danni alla salute. Prendendo a scopo cautelativo una percentuale del TDI come punto di partenza, l'OMS calcola il **Valore guida** per la potabilità dell'acqua, in riferimento una persona di 60 kg che beve 2 litri di acqua al giorno. La formula è: valore guida = % TDI x peso corporeo / litri acqua al giorno

Valore guida TCE (si parte dal 50% del TDI)= $0,50 \times 1,4 \times 60 / 2 = 21 \text{ µg/l}$, arrotondati a 20 µg/l ossia 0,02 mg/l

Valore guida PCE (si parte dal 10% del TDI)= $0,10 \times 14 \times 60 / 2 = 42 \text{ µg/l}$, arrotondati a 40 µg/l ossia 0,04 mg/l

Poiché i valori dell'OMS sono riportati in mg/l (milligrammi/litro) mentre quelli analitici in µg/l (microgrammi/litro), nel proseguo della relazione i valori saranno riportati con entrambi i parametri.

concentrazioni molto più elevate siano state rilevate nell'acqua di pozzo (23 mg/l o 23.000 µg/l) e nelle acque sotterranee contaminate (1 mg/l o 1.000 µg/l)

Il PCE causa danni al sistema nervoso centrale, al fegato e ai reni.

Negli animali causa tumori epatici, leucemie e tumori renali; lo IARC⁽³⁾ lo ha inserito nel gruppo 2A (probabilmente cancerogeno per l'uomo). Studi condotti per valutarne la genotossicità, compresa l'induzione di rotture del DNA a singolo filamento, mutazione nelle cellule germinali ed aberrazioni cromosomiche in vitro e in vivo, indicano che il PCE non è genotossico.

Inquinamento falde acquifere nel comune di Foligno.

Nel 2010 e nel 2011 l'ARPA ha effettuato una campagna di 298 campionamenti nel territorio del comune di Foligno per valutare la contaminazione da TCE e PCE.

Per quanto riguarda il TCE (Tab. 1), è stato ritrovato in 72 campioni, di cui solo 7 superiori a 0,001 mg/l (1 µg/l), con un **valore massimo di 0,0077 mg/l (7,7 µg/l)**, inferiore al limite di potabilità pari a 0,01 mg/l (10 µg/l).

Tab.1) - Campagna 2010 – 2011 numero totale campionamenti TCE	298
Numero campioni con TCE non rilevato	226
Numero campioni < 0,001 mg/l (1 µg/l)	65
Numero campioni < 0,01 mg/l (10 µg/l)	7
Valore massimo	0,0077 mg/l (7,7 µg/l)

Il PCE (Tab. 2) è stato rilevato in 191 campioni, di cui 145 con concentrazioni al di sotto del limite di potabilità pari a 0,01 mg/l (10 µg/l), 39 inferiori al valore guida dell'OMS di 0,04 mg/l (40 µg/l) e 7 che lo hanno superato fino ad un **massimo di 0,111 mg/l (111 µg/l)**.

Tab. 2) - Campagna 2010 – 2011 numero totale campionamenti PCE	298
Numero campioni con PCE non rilevato	107
Numero campioni < 0,01 mg/l (10 µg/l)	145
Numero campioni > 0,01 mg/l (10 µg/l)	46
Numero campioni > 0,04 mg/l (40 µg/l)	7
Valore massimo	0,111 mg/l (111 µg/l)

Dal 2015 al 2018 sono state effettuate dall'ARPA altre 7 campagne di monitoraggio, per un totale di 112 campionamenti; il TCE è stato rilevato saltuariamente e sempre a livelli inferiori a 0,001 mg/l (1 µg/l).

Il PCE (Tab. 3) ha avuto valori compresi fra 0 e 0,001 mg/l (1 µg/l) in 65 campioni; fra 0,001 mg/l (1 µg/l) e 0,01 mg/l (10 µg/l) in 13 casi ed fra 0,01 mg/l (10 µg/l) e 0,03 mg/l (30 µg/l) 34 volte; quindi non è mai stato superato il valore guida dell'OMS di 0,04 mg/l (40 µg/l).

Tab. 3) - Campagna 2015 – 2018 numero totale campionamenti PCE	112
Numero campioni < 0,001 mg/l (1 µg/l)	65
Numero campioni fra 0,001 mg/l (1 µg/l) e 0,01 mg/l (10 µg/l)	13
Numero campioni > 0,01 mg/l (10 µg/l)	34
Valore massimo	0,03 mg/l (30 µg/l)

Per dare una rappresentazione concreta del significato di queste concentrazioni, nelle figure 1 e 2 si evidenzia come rispettivamente i valori di 0,111 mg/l (111 µg/l), di 0,040 mg/l (40 µg/l) si ottengano da una goccia di PCE versata in una data quantità di acqua (fusti da 200 lt e cisterna da 1.000 lt).



1 goccia di PCE in quasi 800 litri d'acqua: 0,111 mg/l (111 µg/l) - fig.1



1 goccia di PCE in 2.025 litri acqua: 0,04 mg/l (40 µg/l) – fig.2

Utilizzo dell'acqua contaminata per irrigare gli orti.

Nei 443 campionamenti effettuati nel periodo dal 2010 al 2018, per quanto riguarda il TCE, quando è stato riscontrato, i valori erano sempre inferiori a 0,0077 mg/l (7,7 µg/l).

Per quanto riguarda il PCE, le concentrazioni sono risultate maggiori del valore guida dell'OMS solo in 7 campionamenti, con un valore massimo di 0,111 mg/l (111 µg/l).

Occorre fare alcune ulteriori considerazioni:

- 1) i valori guida dell'OMS, espressi in mg/l, sono riferiti ad un'assunzione giornaliera di acqua di 2 litri per tutta la vita, mentre il consumo medio di ortaggi crudi è molto inferiore ai 2 kg al giorno; quindi la concentrazione dell'inquinante espressa in mg/kg nell'ortaggio o nella verdura di per sé non è sufficiente a stimare l'impatto sulla salute, ma va rapportata al consumo giornaliero del vegetale;
- 2) le concentrazioni di TCE e PCE, cui si fa riferimento in letteratura per valutare il rischio legato agli ortaggi, è riferito in µg/kg di terreno; è evidente che un kg di terreno irrigato con una certa concentrazione d'acqua avrà una concentrazione minore rispetto ad essa, essendosi l'acqua "diluita" con le componenti del terreno.

TCE

Per quanto riguarda il tricloroetilene un documento del Minnesota Department of Health⁽⁴⁾, richiama due studi del 1997 e del 2007^(5,6) ed indica che non c'è alcun problema nel consumare ortaggi irrigati con acqua contenente fino a 0,560 mg/l (560 µg/l), in quanto il TCE è molto volatile e quindi in parte evapora prima di essere assorbito ed in parte viene eliminato dalle foglie dopo l'assorbimento.

Uno studio specifico⁽⁷⁾ sulla concentrazione del TCE negli ortaggi coltivati in terreni irrigati con acqua contaminata dal solvente, mostrò che per poter essere ritrovato nelle foglie ad una concentrazione di 0,001 mg/kg (1 µg/kg) doveva essere presente ad una concentrazione nel terreno (non nell'acqua!) di almeno 3 mg/kg (3.000 µg/kg) o 13 mg/kg (13.000 µg/kg) in caso di contenuto di sostanza organica nel suolo pari rispettivamente all'1% o al 5%.

Come si vede, siamo molto lontani dalle condizioni peggiori rilevate nel comune di Foligno.

PCE

Due gli studi hanno messo alcuni punti fermi sulla contaminazione dei vegetali da PCE.

Il primo è lo studio del 1975 di McConnell et al.⁽⁸⁾ da cui risultò che nei vegetali le concentrazioni variavano da 0 a 0,002 mg/kg (da 0 a 2 µg/kg), compreso il caso peggiore rappresentato da radici e tuberi. I risultati di questo studio sono stati citati in molti altri studi e documenti successivi.

Altro studio fondamentale è stato quello condotto nel 1987 dalla Royal Botanical Society of The Netherlands⁽⁹⁾ che evidenziò che un terreno contaminato da PCE a livelli compresi fra 0,1 e 9 mg/kg, contaminava le radici della lattuga ad un livello pari al 10% di quello del suolo, mentre la concentrazione complessiva nella verdura integra era compresa fra lo 0,1 e l'1,5%.

Uno studio del 2016 del Canada Faculty of Health Sciences⁽¹⁰⁾, rilevò dati analoghi; in particolare nelle fragole concentrazioni di 0,005 mg/kg (5 µg/kg) e nella frutta secca 0,011 mg/kg (11 µg/kg).

Molti altri studi⁽¹¹⁻¹⁸⁾, compreso quello dell'ARPA Piemonte⁽¹⁹⁾ indicano che l'assorbimento e l'accumulo del PCE nei vegetali è minimo e che le eventuali contaminazioni avvengono successivamente al raccolto.

Un dato poco conosciuto è che molti prodotti alimentari sono contaminati dal PCE a causa della sua dispersione in aria da parte delle lavanderie a secco. Data la lipofilia di questa sostanza, risultano essere oggetto di questo tipo di contaminazione i latticini, il burro, i gelati.

L'U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES⁽²⁰⁾ e il Dutch Expert Committee on Occupational Standards⁽²¹⁾ riportano che nei gelati e nel burro campionati nei pressi di una lavanderia in Germania si sono raggiunte concentrazioni rispettivamente di 18,75 mg/kg e 58 mg/kg (18.750 µg/kg e 58.000 µg/kg), mentre in Svizzera le concentrazioni nel latte e nelle carni furono comprese fra valori di 0,003 e 3,49 mg/kg (3 e 3.490 µg/kg).

Utilizzabilità delle acque dei pozzi monitorati nel territorio del comune di Foligno

L'inquinamento da TCE e soprattutto da PCE delle acque sotterranee è diffuso in tutta Italia.

La valutazione del rischio dell'ARPA PIEMONTE, effettuata presso un sito di bonifica caratterizzato da una contaminazione delle acque sotterranee da PCE con una concentrazione media di 0,19 mg/l (190 µg/l) e massima di 0,6 mg/l (600 µg/l), quindi molto più elevata del valore massimo di 0,111 mg/l (111 µg/l) riscontrato durante la campagna di campionamenti del 2010-2011, è pervenuta alle seguenti conclusioni⁽¹⁹⁾:

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

“il rischio tossicologico relativo alla presenza di contaminanti nelle acque dell’acquifero superficiale non desta preoccupazione per l’uso irriguo in spazi aperti; esiste un lieve rischio per inalazione in spazi chiusi come le serre, per il quale si dovrebbe raccomandare di mantenere sempre una buona aerazione durante l’annaffiatura, evitando il più possibile la permanenza all’interno della serra durante tale mansione.”

Sulla base di questo e di altri studi e richiamato il D.M. n° 185 del 12/06/2003 “Regolamento sul riutilizzo delle **acque reflue** in attuazione del D.l.vo n.152 del 11/05/1999” il Dipartimento di Prevenzione della A.S.L. TO-5 in data 23.03.2018 ha prodotto per il comune di Carmagnola una relazione⁽²²⁾ nella quale ha indicato il valore limite di 0,04 mg/l (40 µg/l) per l’utilizzo irriguo delle **acque di pozzo** contaminate da PCE. Questo è il valore che il D.L.vo 152/1999 prevede per i solventi clorurati totali, mentre per la somma di PCE+ TCE il valore limite previsto è di 0,010 mg/l (10 µg/l).

Quest’ultimo, però, non appare giustificato dalle attuali conoscenze scientifiche e pertanto si ritiene il valore di 0,04 mg/l (40 µg/l) indicato dalla ASLTO-5 corretto per la tutela della salute collettiva.

Va anche evidenziato che il D.L.vo 152/1999 si riferisce al riutilizzo di **acque reflue ed a scorrimento superficiale**, situazione in cui i solventi clorurati sono ridotti per evaporazione, non ad **acque di pozzo** appena sgorgate dal sottosuolo, oggetto della nostra valutazione.

Con ordinanza del 05.04.2018 il comune di Carmagnola recependo le indicazioni della ASLTO-5 ha indicato in 0,04 mg/l (40 µg/l) il valore limite per usi irrigui di **acque di pozzo** contaminate dal PCE.

Si ritiene utile fare ulteriori considerazioni, basate sul Principio di Precauzione⁽²³⁾, il quale prevede:
“Le misure dovrebbero essere proporzionate al livello di protezione prescelto.”

6.3.2. La non discriminazione

Il principio di non discriminazione vuole che situazioni comparabili non siano trattate in modo diverso e che situazioni diverse non siano trattate in modo uguale, a meno che tale trattamento non sia obiettivamente giustificato.

Le misure precauzionali adottate dovrebbero applicarsi in modo tale da raggiungere un livello di protezione equivalente, senza che l’origine geografica o la natura di una produzione possano essere invocate per applicare in modo arbitrario trattamenti diversi.

Le misure non dovrebbero introdurre discriminazioni nella loro applicazione.

6.3.3. La coerenza

Le misure dovrebbero essere coerenti con quelle già adottate in situazioni analoghe o utilizzando approcci analoghi. Le valutazioni di rischio comportano una serie di elementi da prendere in considerazione per una valutazione quanto più completa possibile. Questi elementi si propongono d’identificare e di caratterizzare i pericoli, in particolare stabilendo un rapporto tra la dose e l’effetto, di apprezzare l’esposizione della popolazione colpita o dell’ambiente. Se la mancanza di alcuni dati scientifici non consente di caratterizzare il rischio, tenuto conto delle incertezze inerenti alla valutazione, le misure precauzionali adottate dovrebbero essere di portata e di natura comparabile con le misure già adottate in settori equivalenti, nei quali tutti i dati scientifici sono disponibili.”

Ciò posto, poiché i dati di letteratura^(9,10,16,18) individuano nelle lavanderie a secco un’attività a maggior rischio di inquinare per via aerea gli alimenti rispetto all’uso irriguo delle acque dei pozzi di Foligno, il divieto di tale utilizzo sarebbe in contrasto con i punti 6.3.2 e 6.3.3 del Principio di Precauzione, laddove le lavanderie continuassero a restare aperte.

Occorre infine anche tener conto degli svantaggi che il divieto per uso irriguo comporta, dato il fatto che nel comune di Foligno sono stati attivati orti urbani solidali, la cui implementazione rappresenta un fattore che favorisce il benessere socio-sanitario.

Conclusioni

Considerato che:

- le concentrazioni massime rilevate nell'acqua equivalgono rispettivamente al 20% ed al 28% dei TDI (Tolerable Daily Intake) per un consumo giornaliero di 2 litri (2 kg);
- la letteratura scientifica indica che le concentrazioni di TCE e PCE negli ortaggi sono estremamente più basse di quelle riscontrate nel terreno;
- il consumo medio di ortaggi è molto inferiore ai 2 kg al giorno;
si ritiene che le acque dei pozzi di Foligno, contaminate da TCE e PCE, siano utilizzabili per uso irriguo senza effetti nocivi per la salute dei cittadini.

Bibliografia

- 1. Guidelines for Drinking-water Quality**, Fourth edition, World Health Organization 2011
- 2. Trichloroethylene, Tetrachloroethylene, and Some Other Chlorinated Agents**, IARC MONOGRAPHS ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS, Volume 106-1 (2014)
- 3. Trichloroethylene, Tetrachloroethylene, and Some Other Chlorinated Agents**, IARC MONOGRAPHS ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS, Volume 106-2 (2014)
- 4. Trichloroethylene (TCE) and Gardening**, Minnesota Department of Health Site Assessment and Consultation Unit, , February 2012
- 5. Uptake and transformation of trichloroethylene by edible garden plant**
W. E. Schnabel, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Iowa, Iowa City, IA 52242-1527, U.S.A. Water Research (Impact Factor: 5.32). 04/1997
- 6. Trichloroethylene uptake into fruits and vegetables: three-year field Monitoring study**,
W. Doucette et al., Utah State University, Utah Water Research Laboratory, Environ. Scie. Technol. 41, 2505-2509, 2007
- 7. ANALYSIS OF THE POTENTIAL FOR PLANT UPTAKE OF TRICHLOROETHYLENE AND AN ASSESSMENT OF THE RELATIVE RISK FROM DIFFERENT CROP TYPES**, Roy-Alan C. Agustin, Faculty of the School of Engineering of the Air Force Institute of Technology Air University Master of Science in Engineering and Environmental Management, July 1994
- 8. PLANT PHYSIOLOGY IN RELATION TO SOIL POLLUTION WITH VOLATILE ORGANIC XENOBIOTICS: PHYTOTOXICITY, CONTAMINATION AND BIOTRANSFORMATION**
First joint meeting of the Belgian Federation for Plant Phisiology and the Section for Plant Physiology, Royal Botanical Society of The Netherlands, 8 may 1987
- 9. Chlorinated hydrocarbons and the environment**. McConnell et al, Endeavour 34, 1975.
- 10. Tetrachloroethylene**, CAREX Canada Faculty of Health Sciences, Simon Fraser University, Harbour Centre Campus 105 - 515 West Hastings St Vancouver, BC, 2016
- 11. Tetrachloroethylene**, European Union Risk Assessment Report, Institute for Health and Consumer Protection, European Chemicals Bureau, European Communities, 2005
- 12. Concerns Regarding Vegetables Grown with Tetrachloroethylene Contaminated Water**
Utah Department of Health (UDOH), March 2014

13. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Tetrachloroethylene

Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment Canada Ottawa, Ontario January, 2015

14. Tetrachloroethylene, Priority Substances List Assessment Report, Government of Canada, Environment Canada, Health Canada, 1993

15. Tetrachloroethylene, European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC), december 2009

16. MONOGRAPH FOR UKPID TETRACHLOROETHYLENE Henrietta Wheeler

National Poisons Information Service (London Centre) Medical Toxicology Unit
Guy's & St Thomas' Hospital Trust Avonley Road London UK, March 1996

17. TOXICOLOGICAL REVIEW OF Tetrachloroethylene, In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS), U.S. Environmental Protection Agency February 2012

18. Opinion on Risk Assessment Report on TETRACHLOROETHYLENE, Human Health Part, Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER), March 2008

19. ESPERIENZA DEL PIEMONTE: STUDIO EPIDEMIOLOGICO, RISK ASSESSMENT, VALUTAZIONE, E. Cadum et al., Rapporti ISTISAN 06/19 Rev.168, 2006

20. DRAFT TOXICOLOGICAL PROFILE FOR TETRACHLOROETHYLENE, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)- Division of Toxicology and Human Health Sciences, Atlanta, GA October 2014

21. Tetrachloroethylene, K. de Raat; The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals and The Dutch Expert Committee on Occupational Standards; 2003:14

22. Inquinamento acque sotterranee sito in bonifica ditta Italdry ubicata a Carmagnola in via Caramagna, Dipartimento di Prevenzione della A.S.L. TO-5, 23.03.2018

23. Comunicazione della Commissione sul Principio di precauzione, COM(2000) 1 final; COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE, Bruxelles, 2.2.2000