

# RISCHI PER LA SALUTE DERIVANTI DA MATERIALE DI INFRASTRUTTURE FERROVIARIE DISMESSE

Vitalia Murgia, Pediatra

Giunta Esecutiva Nazionale Associazione Medici per l'Ambiente ISDE Italia

13-05-2024

Questo sintetico report ha l'obiettivo di evidenziare i possibili pericoli per la salute umana e per l'ambiente derivanti dal rilascio di contaminanti tossici da materiale ferroviario dismesso. La prima parte analizza i contaminanti di maggiore rilevanza tra quelli possono essere rilasciati nell'ambiente da alcuni componenti delle infrastrutture ferroviarie, le loro caratteristiche e il comportamento nell'ambiente. La seconda parte analizza per ciascuna delle maggiori classi di contaminanti i possibili rischi noti per gli ecosistemi e per la salute umana.

## Materiali derivanti da infrastrutture ferroviarie

Il trasporto ferroviario e le relative infrastrutture possono avere un impatto negativo sull'ambiente naturale. Le emissioni tossiche associate al funzionamento dei treni e dei binari ferroviari contribuiscono all'inquinamento dell'aria, del suolo e dell'acqua. Tra gli aspetti più importanti da indagare c'è il rischio di contaminazione del suolo e dell'ambiente acquatico, anche da materiale ferroviario dismesso e accantonato. Sono a rischio soprattutto le zone attraversate dalle linee ferroviarie, o le aree in cui i materiali ferroviari dismessi vengono accantonati, soprattutto se queste sono in aree particolarmente suscettibili all'infiltrazione di sostanze nocive nelle preziose acque sotterranee, e in vicinanza di aree agricole.

## Scorretto smaltimento e pericolosità per la salute

Tra i materiali da infrastrutture ferroviarie che vengono accatastati o a volte anche "riutilizzati" troviamo spesso: traversine ferroviarie, solitamente trattate con sostanze chimiche come il creosoto, e il *ballast* (la zavorra) che è costituito da un primo strato di pietrisco o ghiaia di media e grossa pezzatura (5-10 cm), su cui si posano le traverse, che poi si ricalzano e ricoprono alle estremità con materiale di pezzatura minore (2-5 cm). La zavorra contaminata dall'ambiente è classificata come uno dei residui nell'Elenco dei Rifiuti Pericolosi entrato in vigore nel 2001, con l'adeguamento del Catalogo Europeo dei Rifiuti [Afonso, 2011]<sup>1</sup>.

Questi e molti altri rifiuti da infrastrutture ferroviarie possono essere stati contaminati da, ad esempio:

- Ceneri e scorie di carbone contenenti piombo e arsenico
- Liquidi versati o fuoriusciti come olio, benzina, solventi per la pulizia, ecc.
- Erbicidi

---

<sup>1</sup> Afonso, M. Contaminated Railway Ballast – Rehabilitation Solutions And Final Destination. (2011). <https://www.semanticscholar.org/paper/CONTAMINATED-RAILWAY-BALLAST-%E2%80%93-REABILITATION-AND/7dfdf48907cb98213447885547366690c4cc23cf>

- Prodotti di combustione di combustibili fossili (IPA)
- Metalli

Tra gli inquinanti ferroviari più importanti figurano gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), i metalli pesanti e, in una certa misura, i policlorobifenili (PCB), [Wiłkomirski et al. 2012]<sup>2</sup>. I risultati delle indagini descritte in uno studio mostrano chiaramente che il trasporto ferroviario causa tipiche contaminazioni di natura organica e inorganica [Wiłkomirski et al. 2011]<sup>3</sup>

In varie parti funzionali dei nodi ferroviari è stato evidenziato un elevato contenuto di metalli pesanti (soprattutto Cu, Mn e Zn), [Rak et al. 2022]<sup>4</sup>.

L'utilizzo di oli lubrificanti è comune nella fase di esercizio di un sistema ferroviario. Gli oli lubrificanti comprendono idrocarburi a catena lunga, che generalmente sono caratterizzati da elevata viscosità, elevato punto di ebollizione e, prevedibilmente, un'elevata persistenza ambientale.

Nelle ferrovie, sono state usate per anni traversine in legno impregnate di creosoto sostanza catramosa potenzialmente pericolosa. Ci sono sei principali classi di composti nel creosoto: idrocarburi aromatici, acidi fenolici, basi di catrame contenenti azoto, amine aromatiche, sostanze contenenti zolfo, e contenenti ossigeno. Il profilo dei composti IPA nel creosoto estratto dalle traversine ferroviarie è dominato da fenantrene, pirene, naftalene e fluorantene. Le molecole del creosoto applicato nelle traversine ferroviarie possono essere rilasciate nell'ambiente provocando possibile bioaccumulo negli animali e nei vegetali. Alcuni costituenti (benzopirene e benzene) sono considerati cancerogeni per cui l'intero complesso di creosoto può essere considerato potenzialmente cancerogeno [Zicari et al. 2013]<sup>5</sup>.

Nei terreni delle aree di stoccaggio delle traversine ferroviarie dismesse sono state trovate concentrazioni fino a diverse migliaia di mg/kg di peso secco per i composti IPA totali. I componenti del creosoto che non si dissolvono in acqua rimangono nel posto in cui vengono ceduti in una massa simile al catrame (gli IPA si legano fortemente alla materia organica del terreno) alcuni componenti si dissolvono in acqua e possono spostarsi attraverso il suolo fino alle falde acquifere. Una volta che questi componenti arrivano nelle acque sotterranee, potrebbero volerci anni prima che si decompongano. La decisione della Commissione delle Comunità Europee del 31 ottobre 2002 riporta che “il tasso di degradazione degli IPA nel

<sup>2</sup> Wiłkomirski, Bogustaw & Galera, Halina & Sudnik-Wójcikowska, Barbara & Staszewski, Tomasz & Suska-Malawska, Małgorzata. (2012). Railway Tracks -Habitat Conditions, Contamination, Floristic Settlement -A Review. Environment and Natural Resources Research. DOI:10.5539/enrr.v2n1p86

<sup>3</sup> Wiłkomirski B, Sudnik-Wójcikowska B, Galera H, Wierzbicka M, Malawska M. Railway transportation as a serious source of organic and inorganic pollution. Water Air Soil Pollut. 2011 Jun;218(1-4):333-345. doi: 10.1007/s11270-010-0645-0.

<sup>4</sup> Adam Rak, Iwona Klosok-Bazan, Izabela Zimoch, Joanna Machnik-Slomka, Analysis of railway ballast contamination in terms of its potential reuse, Journal of Cleaner Production, Volume 378, 2022,134440, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134440>.

<sup>5</sup> Zicari et al. 2013. Creosote released from railway-ties recycled and the sanitary risks. Volume LXIX – N. 2 – Marzo / Aprile 2013. IgSanPubbl – Issn 0019-1639. [www.igienesanita.org](http://www.igienesanita.org).

suolo e in altri comparti ambientali è solitamente lento; i residui di creosoto possono persistere per molti anni nell'ambiente (> 20-30 anni)”[2002/884/CE]<sup>6</sup>.

Secondo un documento dell’Agency for Toxic Substances and Disease Registry USA (ATSDR) del 2022 [ATSDR, 2022]<sup>7</sup> lo **"smaltimento in atto" dei materiali contaminati da creosoto richiede il monitoraggio delle acque sotterranee per un periodo di 30 anni.**

### **Emissioni atmosferiche derivanti da creosoto o traversine ferroviarie impregnate**

Il creosoto ha 12 ingredienti principali nella fase vapore tra cui: naftalene (in proporzione rilevante), metilnaftalene, toluene, xilene, fenolo, benzo(a)pirene, etc. La maggior parte di queste sostanze chimiche sono note per essere neurotossiche. Altri componenti nei vapori di creosoto sono: dibenzofurano, chinolina, isochinolina e fluorene.

I fattori di emissione degli IPA volatili e dei composti fenolici provenienti dalle traversine ferroviarie sono stati calcolati rispettivamente in 20,3 e 0,58 mg/m<sup>2</sup> al giorno.

La combustione del legno trattato con creosoto, inoltre, può rilasciare nell'atmosfera sostanze pericolose come diossine, monossido di carbonio, ossidi di azoto, idrocarburi, naftalene, anidride carbonica, diossine e altri IPA [Zicari et al. 2013, ref.5].

### **Tossicità del creosoto per gli ecosistemi e gli organismi acquatici**

Il creosoto è tossico per alcuni organismi nel terreno e altamente tossico per gli organismi acquatici (con valori 96h LC-50 spesso inferiori a 1 mg/l). Molti suoi componenti hanno un effetto di bioaccumulo.

Negli ecosistemi acquatici, una concentrazione di creosoto di pochi µg/l può ridurre il numero delle specie di zooplancton e fitoplancton e modificarne l'abbondanza relativa [OMS, 2004]<sup>8</sup>.

In una serie di studi sul microcosmo acquatico all’aperto in cui è stato aggiunto creosoto, è stata osservata una rapida riduzione, dipendente dalla concentrazione, dell’abbondanza di zooplancton e del numero di taxa, con una EC50 (a 5 giorni) di 45 µg di creosoto/litro (valore nominale). Il creosoto è estremamente tossico per i pesci, ad esempio la trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) esposta a 100 µl di creosoto/litro è morta entro 3 giorni.

Molte verdure possono accumulare composti IPA, soprattutto i composti leggeri provenienti dalle radici e dalla parte aerea (es: carote, lattuga, patate, olive;) [Zicari et al. 2013, ref.5].

### **Tossicità del creosoto per gli esseri umani**

---

<sup>6</sup> 2002/884/CE. DECISIONE DELLA COMMISSIONE Delle Comunità Europee del 31 ottobre 2002 relativa alle disposizioni nazionali sulle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di legno trattato con creosoto notificate dai Paesi Bassi ai sensi dell'articolo 95, paragrafi 4 e/o 5, del trattato CE.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002D0884&qid=1715534664722>

<sup>7</sup> ATSDR, 2022. CHAPTER 5. POTENTIAL FOR HUMAN EXPOSURE.  
<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp85-c5.pdf>

<sup>8</sup> OMS 2004. (Concise international chemical assessment document ; 62)

1.Coal tar - toxicity 2. Creosote - toxicity 3.Risk assessment 4.Environmental exposure 5.Occupational exposure  
I.International Programme on Chemical Safety II.Series.  
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42943/9241530626.pdf>

È stato dimostrato che l'esposizione a lungo termine dei lavoratori al creosoto aumenta il cancro in diversi tessuti, tra cui il tratto respiratorio, la pelle, i polmoni, il pancreas, i reni, lo scroto, la prostata, il retto, la vescica e il sistema nervoso centrale. Il creosoto è un agente cancerogeno genotossico per il quale non è stata identificata una soglia [OMS, 2004, ref.8]. Studi sugli animali hanno anche dimostrato che l'esposizione della pelle ai prodotti a base di catrame di carbone può causare cancro della pelle (ATSDR USA 2023)<sup>9</sup>.

Gli effetti sulla salute derivanti dall'esposizione agli IPA includono: ritardo della crescita, basso peso alla nascita, danni al DNA, interferenza sui sistemi endocrini, aumento del rischio di cancro, aumento del rischio di diabete e malattie cardiache.

In generale, l'IPA (metabolizzato o non metabolizzato) può essere escreto nella bile, nelle feci, nelle urine e nel latte materno, indipendentemente dalla via di assorbimento. Il benzo(a)pirene si accumula nei tessuti ricchi di grassi (anche nel latte materno) ed è riscontrato nei tessuti cerebrali [Zicari et al.2013, ref. 7].

Il rapporto già citato dell'OMS [OMS, 2004, ref.8] riporta dei dati sulla salute umana derivanti da numerosi studi caso-controllo che esplorano l'associazione tra diversi tipi di cancro e l'esposizione al creosoto. "Un'associazione statisticamente significativa per il mieloma multiplo è stata riportata in uno studio; in uno di due studi sulla malattia di Hodgkin, in uno di tre studi su pazienti non -Linfoma di Hodgkin, e in uno studio sul cancro del polmone. È stata osservata un'associazione tra la potenziale esposizione professionale paterna al creosoto e al cancro al cervello e al neuroblastoma nei bambini.

### **Tossicità dei Metalli pesanti (HM)**

In termini sanitari, sono sostanze presenti in natura che si accumulano e causano danni all'ambiente e agli esseri viventi, compreso l'uomo. Includono anche sostanze note come semimetalli o metalloidi che possono avere gli stessi effetti deleteri.

Gli esseri umani sono esposti agli HM attraverso l'inalazione, l'ingestione o il contatto con la pelle. L'inquinamento ambientale causato dagli HM può provocare la contaminazione dell'aria, dell'acqua, dei liquami, dell'acqua di mare, dei corsi d'acqua e può accumularsi nelle piante, nei raccolti, nei frutti di mare e nella carne e influenzare indirettamente gli esseri umani. Alcuni HM possono causare tossicità anche a concentrazioni molto basse e sono noti come HM senza soglia [Rajkumar et al. 2023]<sup>10</sup>.

Le acque sotterranee contaminate da HM possono essere consumate dall'uomo e provocare tossicità cronica da HM. Molti sistemi del corpo possono essere colpiti. L'esposizione tossica a due o più HM può causare più danni di un singolo HM e causare un'enorme morbilità. I bambini sono più sensibili degli adulti. Mentre la tossicità acuta deriva da una breve esposizione a dosi elevate, l'esposizione a lungo termine a quantità minori provoca tossicità cronica e potenzialità di danno grave spesso difficile da collegare alla fonte di esposizione.

---

<sup>9</sup> ATSDR USA 2023. ToxFAQs™ for Creosote. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts85.pdf>

<sup>10</sup> Rajkumar V, Lee VR, Gupta V. Heavy Metal Toxicity. [Updated 2023 Mar 23]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560920/>

Il piombo è responsabile nei bambini di tossicità neurologica cronica che causa riduzione del quoziente intellettivo, disturbi del comportamento, scarse performance scolastiche, etc. Questo può accadere anche a livelli ematici di piombo bassissimi. Il manganese causa in adulti e bambini danni neurologici. Lo zinco causa anemia da carenza di ferro refrattaria al trattamento con ferro 3 elevati livelli di colesterolo LDL (il cosiddetto colesterolo “cattivo”). Questi sono solo alcuni degli effetti negativi dei metalli pesanti.

### **Tossicità dei Policlorobifenili (PCB)**

I PCB sono sostanze tossiche e persistenti. Si accumulano negli ecosistemi terrestri e acquatici, diffondendosi su scala planetaria attraverso processi atmosferici. I PCB sono sostanze liposolubili a cui tutti sono esposti attraverso l'ingestione di grassi animali, l'inalazione o il contatto cutaneo. Alcuni PCB producono effetti simili a quelli della diossina; per questo motivo, sono detti anche simil-diossine o coplanari (cPCB). Sia i congeneri ortosostituiti che quelli coplanari (diossina-simili) sono promotori tumorali che potenziano gli effetti di altre sostanze cancerogene. L'esposizione ai PCB, soprattutto durante l'età fetale e le prime fasi della vita, riduce il QI e altera il comportamento.

I PCB sono responsabili di una vasta gamma di effetti tossici cronici. Danneggiano tra l'altro il sistema immunitario e il sistema nervoso centrale. L'esposizione ai PCB sopprime il sistema immunitario, aumentando così il rischio di contrarre diverse malattie umane. Inoltre, provocano effetti nocivi sui meccanismi di regolazione endocrina (ormonale) dell'organismo. I PCB alterano la funzione tiroidea e riproduttiva sia nei maschi che nelle femmine e aumentano il rischio di sviluppare malattie cardiovascolari ed epatiche e diabete. Le donne corrono un rischio elevato di dare alla luce bambini con basso peso alla nascita, che a loro volta corrono un elevato rischio nel corso della vita di sviluppare diverse malattie [Carpenter, 2006]<sup>11</sup>. L'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC), sulla base di prove sufficienti di cancerogenicità nell'uomo e negli animali da esperimento, ha classificato i PCB come cancerogeni per l'uomo (Gruppo 1) [IARC, 2013]<sup>12</sup>. Anche l'Agenzia statunitense per la protezione dell'ambiente (United States Environmental Protection Agency, EPA) ha stabilito che i PCB sono probabili agenti cancerogeni per l'uomo [ATSDR, 2016]<sup>13</sup>.

### **Conclusioni**

Emergono parecchi elementi di preoccupazione dall'analisi della letteratura scientifica dedicata alla potenziale contaminazione derivante dalle infrastrutture ferroviarie e ai possibili danni per gli ecosistemi, gli animali e la salute umana.

---

<sup>11</sup> Carpenter DO. Polychlorinated biphenyls (PCBs): routes of exposure and effects on human health. Rev Environ Health. 2006 Jan-Mar;21(1):1-23. doi: 10.1515/reveh.2006.21.1.1. PMID: 16700427.

<sup>12</sup> IARC, 2013. IARC MONOGRAPHS ON THE IDENTIFICATION OF CARCINOGENIC HAZARDS TO HUMANS. <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>

<sup>13</sup> ATSDR, 2016. ATSDR Case Studies in Environmental Medicine Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Toxicity. <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/pcb/docs/pcb.pdf>

Innanzitutto, è possibile affermare che il materiale ferroviario dismesso e accatastato nel terreno, rilascia contaminanti di tossicità grave nota ed in particolare (anche se non solo) il creosoto e gli IPA che lo compongono, i metalli pesanti e i PCB.

Tutti questi contaminati hanno la potenzialità di contaminare il terreno (nei terreni delle aree di stoccaggio delle traversine ferroviarie dismesse si ritrovano fino a diverse migliaia di mg/kg di peso secco per i composti IPA totali) e le falde acquifere. Gli IPA possono essere emessi anche in aria, hanno elevata persistenza, potenziale di bioaccumulo (possono quindi contaminare la catena alimentare umana ed animale), persistono nel terreno per periodi di tempo molto lunghi (i residui di creosoto possono persistere oltre 20-30 anni nell'ambiente).

**Lo "smaltimento in atto" dei materiali contaminati da creosoto richiede il monitoraggio delle acque sotterranee per un periodo di 30 anni.**

Queste sostanze sono cancerogene, interferiscono con il sistema endocrino, causano ritardo della crescita, basso peso alla nascita, danni al DNA, aumento del rischio di diabete e malattie cardiache. Metalli pesanti e PCB sono caratterizzati da elevata persistenza ambientale, bioaccumulo, danni importanti alla salute. I metalli pesanti sono potenti neurotossine che in caso di contaminazione cronica, anche a dosi molto basse, possono interferire con lo sviluppo mentale e comportamentale dei bambini e causare neuro-degenerazione negli adulti, oltre a problemi seri a carico di vari organi. I PCB danneggiano il sistema immunitario e il sistema nervoso centrale, sono classificati dalla IARC cancerogeni umani certi (Gruppo 1).

A fronte di questi pericoli per la salute umana, occorre rimarcare un ulteriore aspetto rilevante: **la contaminazione cronica da IPA, metalli pesanti e PCB, è difficile da identificare precocemente e i segni e sintomi che i medici possono identificare purtroppo sono tardivi e compaiono perciò a danno già conclamato.** Pertanto, la diagnosi ritardata e la grave tossicità si traducono in una prognosi sempre sfavorevole.

Per limitare il rischio di potenziale contaminazione di terreni e acque ad opera di materiali contaminati dalle sostanze sopra analizzate, evitare il danno sull'uomo e sugli ecosistemi, l'accento dovrebbe essere posto sulla prevenzione e l'obiettivo dovrebbe essere l'evitamento o la minimizzazione della contaminazione. Le istituzioni dovrebbero far rispettare rigorosamente la legge per evitare condizioni di contaminazione cronica nella popolazione e prendere decisioni che siano coerenti con rigorose misure di prevenzione. Insomma, in linea con le indicazioni di tutte le istituzioni sanitarie e ambientali a livello internazionale, in situazioni di elevato rischio di contaminazione da sostanze tossiche certe, bisogna applicare sempre il principio di precauzione.