

PROGETTO FORMALDEIDE

Monitoraggio della formaldeide nell'acqua e
nell'aria nei territori della bassa pianura
mantovana e reggiana

Dr Mario Franzini¹ - Dr Roberto Spaggiari² – P.I. Rubens Busana³

Uno degli obiettivi principali dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) e dei suoi stati membri è che "tutte le persone, indipendentemente dal loro stadio di emancipazione e dalle loro condizioni sociali ed economiche, abbiano il diritto di avere accesso ad un approvvigionamento adeguato di acqua potabile sicura".

World Health Organization, 2005 (31)

¹ Medico-chirurgo, Associazione Prevenzione Tumori ONLUS, Guastalla

² Biologo, Eurambiente srl, Reggio Emilia

³ Perito Industriale, già Tecnico ARPA, Reggio Emilia

PREMESSA

Sulla sponda sinistra del Po, nei comuni di Viadana e Pomponesco, bassa provincia di Mantova, ha sede un importante polo industriale per la produzione del pannello truciolare, che comprende le ditte “Sadepan – Gruppo Mauro Saviola” di Viadana e “Fratelli Luigi Spa – Pannelli Truciolari” di Pomponesco. Il processo produttivo del pannello truciolare comporta l’impiego di colle a base di urea-formaldeide, il cui approvvigionamento viene garantito da due impianti chimici situati nella stessa zona. Il primo di essi fa parte del complesso industriale “Sadepan”, il secondo, più importante per dimensioni e volumi prodotti, denominato “Chimica Pomponesco”, ha sede appunto nel comune di Pomponesco.

L’Associazione Prevenzione Tumori ONLUS” di Guastalla (Reggio Emilia), istituzione indipendente che per statuto esegue *screening* per la ricerca e la prevenzione dei tumori, nel 2017 ci ha conferito il mandato di effettuare una campagna di monitoraggio per la ricerca della formaldeide nell’aria e nelle acque superficiali e di falda, all’interno di un territorio che comprende i comuni di Viadana e Pomponesco in provincia di Mantova e quelli di Guastalla, Gualtieri, Boretto e Brescello in provincia di Reggio Emilia. L’esposizione ad eventuali emissioni di formaldeide dalle industrie del “polo del legno truciolare” si può infatti considerare omogenea all’interno del perimetro sopra delineato, essendo gli abitati dei comuni elencati compresi entro un raggio di circa 3 km dalle fonti di emissione.

Sono state prescelte, quali matrici di ricerca, l’aria e l’acqua, data la loro fruibilità gratuita e la significatività per quanto riguarda la qualità del territorio, sia dal punto di vista ambientale che sanitario, trattandosi di due “beni comuni” fondamentali per le comunità che vi risiedono.

Aggiungiamo, tuttavia, che la ricerca di inquinanti pericolosi e cancerogeni andrebbe intensificata e meglio indirizzata. Come? Utilizzando matrici e substrati più sensibili. Citiamo ad esempio le unghie e i capelli dei bambini per la ricerca dei metalli pesanti, il latte materno (ma si potrebbe ripiegare sul latte vaccino dei nostri numerosi allevamenti) per le diossine, le urine per individuare pesticidi, solventi, ecc. Dai dati che andremo ad esporre sarà facile concludere che resta tanto altro da ricercare e da approfondire. Ma questo è il valore della ricerca, che è anche il metodo della democrazia e della convivenza. E’ nostro auspicio che questo semplice ed essenziale monitoraggio della formaldeide nell’aria e nell’acqua possa stimolare nuove e più efficaci iniziative.

Gli Autori

INTRODUZIONE

L'inquadramento della formaldeide come "inquinante prioritario" è stabilito dalla Comunità Europea ed il suo utilizzo è sottoposto ad una specifica regolamentazione, essendo annoverata tra le sostanze "estremamente preoccupanti", così denominate in quanto riconosciute cancerogene, mutagene e tossiche (24). L'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO: "World Health Organization") la classifica come cancerogeno di gruppo 1, cioè "cancerogeno certo", in grado di provocare, per inalazione, neoplasie maligne del rino-faringe e leucemie (15). Altri studi riportano correlazioni con tumori di organi e sedi diversi (cavità orale, pancreas, encefalo, polmoni, mieloma multiplo), ma per tali localizzazioni non è stato ancora dimostrato un legame di causalità formale con l'esposizione alla molecola. La via inalatoria è considerata quella attraverso cui la formaldeide è in grado di esplicare i suoi effetti cancerogeni. Tale rischio è invece considerato improbabile per ingestione, dato che un danno potenziale sulla mucosa gastrica può esplicarsi, come dimostrato sperimentalmente su ratti, soltanto per l'ingestione di formaldeide ad alte dosi e per periodi assai prolungati (32). La formaldeide, inoltre, fa parte di una categoria di cancerogeni definita "cancerogeni con effetto soglia". Ciò significa che l'inalazione di formaldeide si correla con un significativo rischio di sviluppare cancro soltanto superando il valore soglia, che è stabilito dalla Comunità Europea in $0,369 \text{ mg/m}^3$, ovvero $0,3 \text{ ppm}^4$ (28). Questo valore soglia – concentrazione media riferita ad una esposizione di 8 ore (TWA)⁵ – è fissato come valore di riferimento europeo da non superare per i lavoratori esposti alla formaldeide (10).

Per la qualità dell'aria nella popolazione generale, quella cioè non esposta al cancerogeno per motivi professionali, si fa riferimento ad un valore limite pari a $0,1 \text{ mg/m}^3$ per una media di 30 minuti, fissato da WHO e considerato protettivo per gli effetti a lungo termine. Al di sotto di tale concentrazione esiste un rischio trascurabile di cancro delle vie aeree superiori, così come insignificanti vengono considerati anche gli effetti irritativi alle mucose e agli occhi, reazioni allergiche e attacchi asmatici. Lo stesso parametro vale sia per l'aria negli ambienti confinati, cosiddetti *indoor*, che nell'ambiente esterno (*outdoor*) (33).

La formaldeide è una sostanza presente in natura: libera nell'ambiente e in numerosi sistemi viventi; si rinviene nei cibi, nella frutta e come prodotto endogeno del metabolismo ossidativo nei mammiferi. Inoltre essa si sprigiona durante la cottura degli alimenti, nei processi di produzione di energia da combustione e/o termovalorizzazione, in concomitanza di fiamme libere, viene emessa con i gas di scarico dei motori a scoppio; costituisce uno dei numerosi prodotti cancerogeni del fumo di tabacco. Altra fonte di inquinamento è rappresentata dal suo impiego come disinfettante, cui sono esposti operatori sanitari di varie discipline (anatomo-patologi, medici di laboratorio,

⁴ ppm: parti per milione

⁵ TWA: Time Weighted Average (media ponderata nel tempo)

igienisti, imbalsamatori, necrofori). Esiste poi una forma di inquinamento cronico da formaldeide nell'ambito domestico, in quanto la molecola, utilizzata in svariati processi industriali manifatturieri – tessile, industria del legno, coloranti e cosmetici, resine e colle, eccetera – viene lentamente rilasciata da tutti i materiali che la contengono, creando il cosiddetto “inquinamento *indoor*”. La sommatoria di tante emissioni domestiche, cui va eventualmente aggiunta quella da fumo di tabacco (che concorre per il 10-25% del totale *indoor*) (15), rende l'aria domestica più inquinata per tasso di formaldeide rispetto a quella esterna. Esiste tuttavia un'ampia variabilità di concentrazione della formaldeide nell'ambiente esterno, se, ad esempio, paragoniamo l'aria delle aree rurali con quella degli insediamenti urbani, notoriamente meno salubre. Nella moderna società industriale assistiamo quindi ad una situazione paradossale dovuta al fatto che, mentre i materiali da costruzione, vernici, colle, resine e impregnanti, arredi, mobili, tessuti, ecc. vengono prodotti secondo precise normative mirate al contenimento delle emissioni di formaldeide nelle abitazioni, le concentrazioni di formaldeide nell'ambiente esterno di certi siti (insediamenti industriali, grandi centri urbani) possono essere di gran lunga maggiori. In queste condizioni il valore di riferimento di 0,1 mg/m³ per una media di 30 minuti stabilito da WHO, appare irrealistico ed impraticabile. Pensando alle necessità di ricambi d'aria e di ventilazione tra ambienti domestici e aria esterna comprendiamo le implicazioni che ne conseguono per i comportamenti umani e per la salute (26).

La formaldeide immessa nell'ambiente dai processi industriali è associata per lo più a numerosi altri agenti inquinanti. Riferendoci esplicitamente al nostro territorio, dove è insediato il “polo del legno truciolare”, numerose molecole vengono emesse in atmosfera dagli impianti di combustione, che, per produrre energia, bruciano residui legnosi, ma non solo, di provenienza spesso incontrollata ed in quantità enormi. Citiamo i più noti: ossidi d'azoto, diossine, anidride solforosa, metalli pesanti, polveri sottili e nano-polveri, idrocarburi, benzene, benzopirene. E' verosimile inoltre che concentrazioni sub-liminari di tali sostanze, formaldeide compresa, possano incidere più subdolamente sull'epidemiologia se presenti contemporaneamente nell'aria, nell'acqua, nel suolo, nel cibo.

La concomitanza di una miscela di inquinanti può determinare il cosiddetto “effetto *cocktail*”. Una conseguenza sperimentalmente dimostrata, dovuta a miscele di inquinanti somministrati a valori sub-liminari, è l'induzione della “sindrome metabolica” (diabete, dislipidemie, obesità) (17), cui sono associate cardiopatie, ipertensione, cerebropatie degenerative (Parkinson, Alzheimer, demenze) e tumori. Da anni le società mediche sottolineano questa correlazione e ammoniscono sull'elevato rischio di neoplasie legato all'“effetto *cocktail*” (29). Un monitoraggio ambientale, occorre sottolinearlo, può fornire riscontri solo apparentemente tranquillizzanti se i parametri indagati rientrano nei limiti di tolleranza, ma le matrici monitorate o gli inquinanti esaminati sono inidonei. Per esemplificare: ha scarso significato, oggi, ricercare le PM10 trascurando le ben più pericolose nano-polveri; è illusorio dimostrare che i metalli pesanti nell'aria rientrano nella norma, sapendo che in un bacino ad alta densità industriale essi si accumulano nel terreno, nell'acqua e, questione ancor più grave, nelle matrici organiche come capelli ed unghie (12, 25).

E' dimostrato che la formaldeide riveste, nel distretto di riferimento, un ruolo tutt'altro che casuale in ambito epidemiologico. A tale riguardo richiamiamo le ben note indagini "Viadana I" e "Viadana II", realizzate tra il 2007 e il 2012 dall'ASL di Mantova in collaborazione con l'Università di Verona, su un target "pregiato" di popolazione qual è quella in età pediatrica fra i 3 e i 12 anni. Come noto, questa ricerca ha potuto dimostrare l'effetto genotossico della formaldeide sulla mucosa buccale dei bambini, con una correlazione diretta tra il grado di esposizione all'agente mutageno e la gravità del danno cellulare osservato mediante i test dei micronuclei e della cometa (9, 13).

Si stima che nel "polo del legno truciolare" venga prodotto più del 12% della formaldeide prodotta in Europa (22). Data l'entità dei volumi di formaldeide da sintesi chimica e di quelli impiegati nella produzione del pannello, ci è parsa appropriata questa nostra iniziativa: l'intento è stato quello di verificare se e quanta formaldeide possa essere presente nell'aria e nell'acqua della rete superficiale e delle falde. Segnaliamo, dato non trascurabile, che il comune di Pomponesco non è dotato di rete idrica comunale per l'acqua potabile ed ogni abitazione fruisce di almeno un pozzo proprio. In questo comune non esiste perciò un monitoraggio centralizzato della qualità dell'acqua per uso domestico.

La formaldeide è ubiquitaria nell'ambiente. Essa si forma nella troposfera per fenomeni naturali durante l'ossidazione degli idrocarburi; si sviluppa per ozonolisi ed in seguito a reazioni fotochimiche; nell'acqua potabile deriva principalmente dalla clorazione (2) e dall'ossidazione della materia organica naturale (umica) durante l'ozonizzazione (11). La formaldeide entra nell'acqua potabile anche tramite lisciviazione da raccordi in plastica poliacetale il cui rivestimento protettivo è deteriorato (16). La produzione e l'uso di formaldeide come fertilizzante sono responsabili del rilascio diretto nelle acque di superficie (20). A fronte di tante possibili interferenze sull'inquinamento da formaldeide, abbiamo tuttavia considerato che, in un distretto così geograficamente limitato come quello di riferimento, sul quale insistono le maggiori industrie che producono e utilizzano formaldeide nei loro processi, la presenza di tale molecola nelle acque superficiali e/o di falda potesse rappresentare un parametro importante per definire la qualità dell'ambiente. Al proposito si deve rilevare che la documentazione e le normative vigenti sono scarse. In molti stati ed anche in ambito UE la regolamentazione della presenza di formaldeide nel suolo e nelle acque è lacunosa. La stessa WHO nelle "Guidelines for Drinking-water Quality" del 2017 non ha ritenuto necessario stabilire per la formaldeide nell'acqua potabile un valore di linea guida formale, in quanto *"la sostanza si ritrova in acqua da bere a concentrazioni molto inferiori a quelle che destano preoccupazione per la salute"* (34). In Italia, invece, l'Istituto Superiore di Sanità ha emesso nel 2006 un protocollo (16), successivamente aggiornato e correlato con la classificazione delle matrici ambientali suolo ed acque sotterranee dei siti contaminati, il quale stabilisce concentrazioni di riferimento per la formaldeide assimilabili a quelle da tempo validate per il benzene, in base al comportamento ambientale (mobilità della molecola nel suolo) e tossicologico (tossico e cancerogeno del gruppo 1), che sono analoghi per entrambe le molecole. Detti valori sono così definiti:

- suolo ad uso residenziale/verde pubblico: 0.1 mg/kg

- suolo ad uso industriale/commerciale: 2 mg/kg
- acque sotterranee: 1 µg/L.

Significativo ed eclatante è il valore di 1 µg/L per le acque sotterranee, poiché da esse si approvvigionano gli acquedotti ed i pozzi per uso domestico. Parametro che possiamo definire perentorio ai fini della tutela della salute se lo paragoniamo a quelli, notevolmente più elevati, vigenti in alcuni stati degli USA, come Maryland: 10 µg/L; California e Maine: 30 µg/L; New Jersey: 100 µg/L (1).

In riferimento al citato protocollo dell'Istituto Superiore di Sanità, occorre sottolineare che vengono indicati, contestualmente al valore per l'acqua sotterranea, parametri di formaldeide per il suolo a seconda della destinazione d'uso: residenziale/verde pubblico, oppure industriale/commerciale. Riteniamo si tratti di una precisazione rilevante per definire la qualità dell'ambiente e dovrebbe pertanto essere compito istituzionale quello di verificare anche la condizione del suolo oltre che dell'acqua e dell'aria.

Quanto esposto ci induce a sottolineare che, mentre da un lato risulta accertata e ben normata la pericolosità della formaldeide per gli addetti alle attività produttive, è ancora incerta la regolamentazione che dovrebbe tutelare tutti gli altri cittadini, in specie coloro i quali possono, anche solo incidentalmente, subire danno dalla presenza di tale sostanza nell'ambiente di vita. Ci riferiamo in particolare ai bambini (come ben documentato nello studio "Viadana II") (13), alle donne gravide ed alle nuove generazioni. Dobbiamo anche sottolineare quanto sia aleatorio discutere di qualità dell'acqua, dell'aria e dell'ambiente se, riferendoci ad un determinato territorio, non si tenga conto e non si ricerchino nelle matrici più idonee tutti i tossici e cancerogeni che vengono impiegati nei processi produttivi, di quelli che sono soggetti a regolamenti speciali per la loro dismissione, ma soprattutto di quelle particolari molecole che si sospetta incidano localmente dal punto di vista epidemiologico per gli usi massicci che se ne fanno in determinate produzioni specializzate, com'è appunto la produzione del pannello truciolare.

Occorre infine rilevare che la formaldeide non viene elencata dal Ministero della Salute tra i parametri qualitativi dell'acqua potabile e, per tanto, essa non viene ricercata ai fini della certificazione di potabilità (5). Questa rappresenta una lacuna, soprattutto e specificamente per quei territori ad alto rischio di contaminazione da diverse sostanze, come la formaldeide, definite dalla Comunità Europea "prioritarie" ed "estremamente pericolose" (24).

Lo scopo principale del monitoraggio è stato quello di documentare la presenza di formaldeide nell'aria e nell'acqua in un territorio specificamente industrializzato e sovraesposto a questo tipo di inquinante, tanto pericoloso quanto insidioso per le caratteristiche "sfuggenti" della molecola. I dati che abbiamo raccolto sulle due sponde del Po, in due distretti accomunati da storia, tradizioni, cultura, vocazione agricola e industriale, nonché da radici geomorfologiche ed orografiche che ne connettono le falde sotterranee in una rete unitaria, dovrebbero provocare, in chi amministra e governa su due sponde contrapposte, un comune operare per risolvere i problemi.

CAMPAGNA DI MISURAZIONI E SITI DEI PRELIEVI

Nel periodo tra settembre 2017 e luglio 2018 sono state effettuate tre serie di campionamenti e, oltre a queste, alcuni altri campionamenti mirati, per la ricerca della formaldeide nell'aria *outdoor*, nelle acque superficiali ed in quelle di falda, nei comuni di Viadana e Pomponesco in provincia di Mantova, e di Guastalla, Gualtieri, Boretto, Brescello in provincia di Reggio Emilia. Questo territorio medio-padano, situato sulle due sponde del Po, risulta esposto in modo omogeneo alle emissioni delle industrie del "polo del legno truciolare", essendo tutti i comuni sopra citati compresi entro un raggio di circa 3 km dalle industrie.

Allo scopo di ottenere riscontri più omogenei possibile, il monitoraggio è stato protratto per un anno solare, annotando volta per volta le condizioni climatiche, in particolare piovosità e direzione del vento. Per le acque superficiali abbiamo tenuto conto della portata dei corpi idrici, per lo più sottoposti a regimentazione artificiale.

A titolo di confronto sono stati prelevati campioni, sia di acque che di aria, in località remote del crinale appenninico (Febbio e Ventasso, provincia di Reggio Emilia), non interessate da ricadute dirette di inquinanti emessi da insediamenti industriali. Altri campioni di aria sono stati prelevati in località di pianura al di fuori del perimetro di riferimento (Cadelbosco, Canolo di Correggio, Reggiolo) ed altri in località collinari della provincia di Reggio Emilia (Puianello e Casalgrande).

I siti dei prelievi sono stati individuati sulla base delle seguenti caratteristiche:

1) postazioni di campionamento passivo per l'aria nell'area di studio, disposte a raggiera rispetto alle fonti di emissione, fino ad una distanza massima di 3 km circa dalle stesse, tenendo conto della direzione prevalente dei venti visualizzata nella figura 1 sui dati medi del 2015-2016, gentilmente forniti da Arpa Emilia-Romagna per la stazione meteo di Rolo. A titolo di confronto abbiamo effettuato campionamenti in due sedi collinari (Puianello e Casalgrande) e in due località remote del crinale appenninico: Febbio e Ventasso.

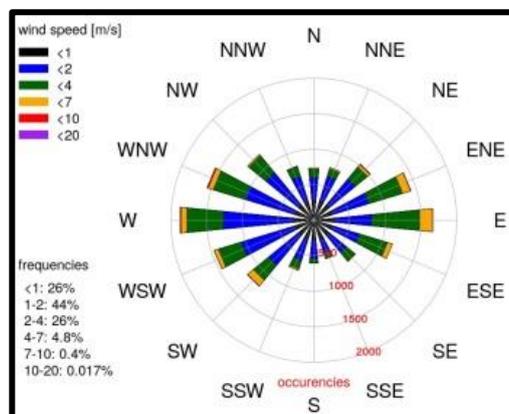


Figura 1. Direzione prevalente dei venti sui dati medi del 2015-2016 (stazione di Rolo – RE).

2) per i pozzi abbiamo campionato specificamente nel comune di Pomponesco, in quanto sprovvisto di acquedotto e rete idrica. I campioni sono stati prelevati da pozzi, sia per uso agricolo sia per uso domestico, di profondità diverse. I siti dei prelievi sono stati distribuiti a raggiera il più omogeneamente possibile in riferimento alle due industrie “Fratelli Luigi Spa” e “Chimica Pomponesco”. A scopo di confronto abbiamo campionato alcuni pozzi nel comune di Guastalla. Infine abbiamo campionato *una tantum* due sorgenti, nelle sedi remote di Febbio e Ventasso.

3) per le acque superficiali: abbiamo tenuto conto della direzione di drenaggio dei corpi idrici che va da sud verso nord/nord-est per il versante mantovano; per quello reggiano abbiamo campionato i cavi di riferimento dei principali bacini scolanti.

MATERIALI E METODI

I campioni di aria sono stati concentrati mediante campionatori passivi (Radielli), che sono rimasti esposti per la durata di 7 giorni, allestiti con cartucce assorbenti in gel di silice attivata con DNPH per aldeidi e posizionate in un corpo diffusivo configurato per il campionamento di composti fotosensibili. Tutte le procedure di esposizione dei Radielli e di recupero delle cartucce sono state espletate da personale abilitato della Società “Eurambiente srl” di Reggio Emilia, che ha provveduto ad eseguire anche i campionamenti delle acque. Per i campioni di acqua sono state utilizzate bottiglie di vetro scuro borosilicato da 1 lt, munite di tappo filettato. I prelievi dai pozzi sono stati effettuati con tecnica *low flow*, spurgando adeguatamente i pozzi; i prelievi di acque superficiali sono stati eseguiti rispettando le precauzioni e gli accorgimenti previsti dalle linee guida per i campionamenti di acque superficiali (18).

Gli esami di laboratorio per la ricerca della formaldeide sono stati eseguiti da “Chelab srl”, Volpiano (TO), accreditato “Accredia N. 0094”. Per i campioni di aria la determinazione della formaldeide è stata eseguita con metodo analitico cromatografico NI OSH 2016 2003, secondo la norma ISO 16000-3:2011, riconosciuta da WHO. La determinazione di formaldeide presente nei campioni di acqua è stata eseguita mediante EPA 8315A 1996, secondo la norma ISO 17226-1:2008.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati vengono esposti in modo analitico in quattro tabelle, relative a: campioni di aria (Tabelle 1 e 2), campioni di acqua dei pozzi (Tabella 3) e campioni di acque superficiali (Tabella 4).

- Formaldeide nell’aria (Tabella 1 e 2)

Le postazioni utilizzate per i Radielli sono indicate nelle figure 2 e 3. In nessuna delle postazioni monitorate sulle due sponde del Po sono stati riscontrati valori oltre soglia delle concentrazioni di formaldeide nelle tre repliche di campionamenti dell’aria (Tabella 1). Tutti i valori si attestano

infatti tra 1,6 e 3,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁶. Significativamente più bassi appaiono i valori riscontrati in aree remote della provincia di Reggio Emilia (Febbio e Ventasso) e nella postazione collinare di Puianello (Tabella 2). In queste sedi la concentrazione di formaldeide è dimezzata rispetto alla media dei dati riscontrati in pianura. Si tratta infatti di valori imputabili alla quota di formaldeide che possiamo definire “di fondo”, dovuta cioè alla ubiquitarità della molecola originata da processi naturali. Il dato di Casalgrande, situato nel “distretto della ceramica”, è in linea con quelli del “polo del legno”, verosimilmente condizionato dalla concentrazione di industrie in quel territorio (Tabella 2).

Nel distretto Viadana-Pomponesco la percentuale di formaldeide emessa dai processi produttivi industriali e da altre attività antropiche particolarmente intense (traffico su gomma, impiego di fertilizzanti in agricoltura, presenza di inceneritori e termovalorizzatori, ecc.) si somma alla quota di formaldeide di origine naturale. I valori riscontrati nelle tre serie di monitoraggio sono sovrapponibili nelle diverse stagioni ed anche in presenza di vento sostenuto, che ha caratterizzato i campionamenti di marzo e giugno 2018. Essi inoltre appaiono equiparabili ai livelli medi dell’inquinamento *indoor* delle abitazioni, che, come già accennato, supera generalmente i valori *outdoor*, tanto da identificare la formaldeide come il più tipico inquinante *indoor* (30) insieme al radon. Nel nostro territorio medio-padano i livelli di formaldeide, *outdoor* e *indoor*, appaiono sovrapponibili, intorno a 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vale a dire entro i limiti, paragonabili ai valori bassi del *range* di riferimento indicato da IARC (15) e recepiti dalle Linee Guida della Regione Lombardia per la gestione del rischio da esposizione a formaldeide (23). Occorre tuttavia sottolineare che OEHHA (“*Office of Environmental Health Hazard Assessment*”), ufficio confederale statunitense per la valutazione del rischio ambientale per la salute, considera come “limite di riferimento per l’esposizione cronica” il valore di 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (19, 31). Tale valore risulta superato in numerosi dei campioni d’aria da noi intercettati, sia in territorio reggiano che mantovano, particolarmente nei campioni raccolti più a ridosso degli insediamenti industriali. Il dato potrebbe pertanto acquisire rilevanza.

⁶ Le concentrazioni di formaldeide nell’aria ambiente (*outdoor*) variano da 0,001 mg/m^3 (1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nelle aree remote a 0,02 mg/m^3 (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nelle aree urbane. I livelli di formaldeide *indoor*, in un tipico ambiente domestico, oscillano tra 0,002 mg/m^3 (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e 0,06 mg/m^3 (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$); il fumo di sigaretta contribuisce al 10-25% dell’esposizione *indoor* (IARC 2012) (15).

ARIA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N
	Provincial e Nord Dosolo	Tazzoli Nord Pomponesco	Albereto Pomponesco	Cantoni Pomponesco	Manfrassina Viadana	Cogozzo Viadana	Costituent e Brescello	Argine Boretto	Pieve Saliceto Gualtieri	Cavallotti Gualtieri	Viazzolo Guastalla	De Amicis Guastalla
2017 October												
formaldeide $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,6	2,9	2,1	1,8	2,6	1,8	2,2	2,2	1,7	1,9	2,2	2,1
				O Tazzoli Sud Pomponesco								
2018 March												
formaldeide $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,7	3,1	2,5	3,3	2,9		3,1	2,6	2,7			2,7
2018 June												
formaldeide $\mu\text{g}/\text{m}^3$		2,2			2,2			1,8				2,4

Tabella 1. Valori di formaldeide nell'aria. Tutti i campioni sono stati prelevati in ambiente aperto (*outdoor*).

Q	R	S	
Cadelbosco Sopra	Canolo Correggio	Canolo Correggio	
2,5	1,9	2,6	
T	U	V	Z
Puianello	Montina Casalgran	Febbio	Ventasso
0,93	2	0,95	0,94

Tabella 2. I valori di formaldeide nell'aria delle aree remote Febbio e Ventasso (V e Z), insieme alla località collinare di Puianello (T), sono i più bassi rilevati (verde). Sono stati eseguiti alcuni campionamenti in località di pianura a maggiore distanza dalle fonti di emissione, che mostrano tuttavia valori di formaldeide sovrapponibili alla media riscontrata (giallo).

E' dimostrato che le concentrazioni di formaldeide e l'entità dei ricambi d'aria in un'abitazione sono inversamente correlati (14). Ciò significa che, per attenuare la concentrazione di formaldeide *indoor*, i ricambi d'aria devono essere efficaci e costanti, cosa che non può verificarsi qualora le concentrazioni di formaldeide nell'ambiente esterno siano più elevate o quanto meno sovrapponibili a quelle *indoor*. In tali condizioni aumenta il rischio dell'esposizione cronica al cancerogeno, come si verifica in modo drammatico nelle megalopoli, dove vengono riscontrati valori *outdoor* di formaldeide fino a 5 volte superiori rispetto al massimo di 20 µg/m³ (3) indicato da IARC. Pertanto un giudizio sulla salubrità dell'aria per quanto riguarda la formaldeide in un distretto come quello del legno truciolare, dovrebbe tener conto delle concentrazioni medie *indoor* e *outdoor* e dell'esistenza di un gradiente favorevole ad eliminare la formaldeide dalle abitazioni. Riferendoci alle conclusioni dello studio "Viadana II", che individua una correlazione diretta della gravità delle alterazioni genotossiche nella mucosa orale dei bambini con la distanza delle loro abitazioni dalla fonte delle emissioni (9, 13), occorre chiedersi se il danno non sia in rapporto anche con la scarsa efficacia dei ricambi d'aria nelle abitazioni a causa dell'inversione del rapporto *indoor/outdoor* della molecola. Non è stato infatti verificato quanto fosse elevato il livello di formaldeide all'interno delle abitazioni rispetto a quello *outdoor*, al fine di escludere un fenomeno di accumulo all'interno delle case, simile a quanto riportato da Salthammer (fig. 4) (27).

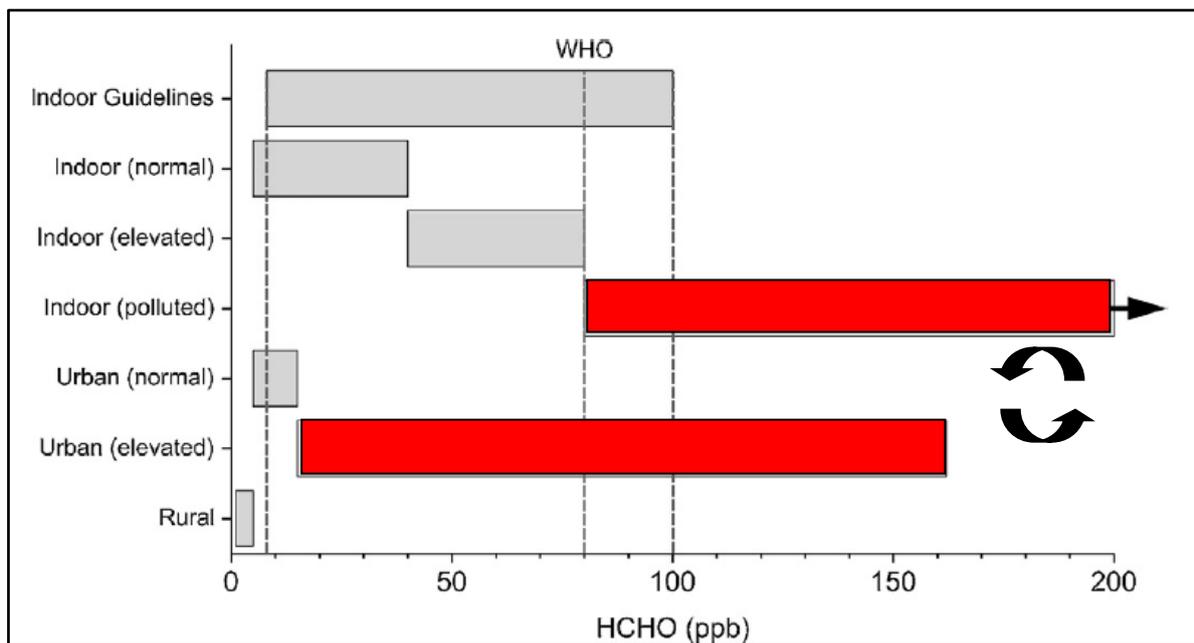


Figura 4. Ampiezza di concentrazioni di formaldeide nell'aria *indoor* e *outdoor*.

Le linee verticali indicano il *range* di valori correnti delle linee guida per la concentrazione *indoor* (tra 8 ppb⁷ (= 9,8 µg/m³) e 100 ppb (122,82 µg/m³) (da Salthammer T. mod.) (27). Gli istogrammi evidenziati in rosso mostrano come, nelle megalopoli, ma anche nelle aree intensamente industrializzate, possa invertirsi il rapporto tra formaldeide *indoor* e *outdoor* allorché la concentrazione *outdoor* superi quella *indoor*, vanificando i ricambi d'aria nelle abitazioni e provocando quindi un accumulo di formaldeide all'interno delle abitazioni.

⁷ ppb: parti per miliardo

- Formaldeide nei pozzi (Tabella 3)

I pozzi rappresentano a tutt'oggi un mezzo indispensabile di approvvigionamento dell'acqua per gli usi domestici, industriali ed irrigui. L'acqua potabile è il bene comune per eccellenza. In genere diamo per scontato che l'acqua fornita dagli acquedotti urbani sia "sicura", esente da batteri, residui organici, idrocarburi e sostanze chimiche, metalli pesanti e sostanze radioattive, e questo non è un privilegio di poco conto per gran parte della popolazione. Esistono tuttavia situazioni di paradossale incertezza riguardo all'acqua, come quella di Pomponesco, comune privo di acquedotto e di una rete idrica controllata, dove, per questo motivo, esistono almeno tanti pozzi quante sono le abitazioni, i condomini e le aziende agricole. Di conseguenza, per la ricerca della formaldeide nelle acque di falda, abbiamo deciso di campionare pozzi di varia profondità, ad uso domestico o irriguo, quasi tutti nel comune di Pomponesco, tralasciando il territorio di Viadana che è servito da acquedotto. Per confronto abbiamo esteso l'indagine ad alcuni pozzi di Guastalla e a due postazioni remote dell'Appennino: Febbio e Ventasso (fig. 5).

In diversi pozzi abbiamo riscontrato concentrazioni di formaldeide superiori al valore di riferimento di 1 µg/L (Tabella 4), indicato dal protocollo dell'ISS come valore limite di tolleranza per definire la contaminazione della risorsa sotterranea (16). Le concentrazioni di formaldeide riscontrate variavano, a seconda della profondità, da <0,45 µg/L a 22 µg/L. Per il comune di Pomponesco, non servito da una rete idrica controllata, questo dato è significativo e dovrebbe indurre ad applicare controlli periodici sistematici sui pozzi domestici e sulle falde. La variabilità riscontrata fra campionamenti ripetuti in alcuni pozzi è da imputare con tutta probabilità alla stagionalità ed al gradiente piezometrico.

A riguardo delle acque di falda è interessante considerare un singolare aspetto unitario dei due territori mantovano e reggiano sulle due sponde del Po. Infatti, per ragioni geologiche ed orografiche correlate con l'assestamento dell'alveo del Po (che nel corso dei secoli ha migrato da sud verso nord/nord-ovest), sussistono falde in territorio reggiano che comunicano direttamente con quelle in territorio mantovano e viceversa (21). Non è infondato perciò sospettare eventuali inquinamenti crociati tra le due sponde e conseguentemente trova indicazione la ricerca della formaldeide anche nei pozzi del versante reggiano.

I campioni di acqua di sorgente nelle aree remote di Febbio e Ventasso hanno dimostrato l'elevata qualità di quelle acque, essendo i valori di formaldeide al di sotto del limite di rilevabilità della metodica (<0,45 µg/L).

In conclusione possiamo desumere, che le falde superficiali, dalle quali attingono pozzi rurali ma anche domestici, sono tutte, quale più quale meno, interessate da presenza di formaldeide oltre il valore di 1 µg/L proposto dall'Istituto Superiore di Sanità; alcune lo sono ben oltre, fino a valori decuplicati. Indenni risultano invece le aree remote dell'Appennino reggiano.



Figura 5. Le frecce indicano i pozzi campionati. Come si nota per la maggior parte sono stati effettuati prelievi nel comune di Pomponesco; alcuni a Guastalla; altri sul crinale appenninico (riquadro giallo). *Legenda. 1: pozzo di 30 m, via Tazzoli Nord, Pomponesco; 2: pozzo di 25 m, Correggioverde; 3: pozzo di 30 m, via Albereto, Pomponesco; 4: pozzo di 30 m, via Vegri, Guastalla; 5: pozzo di 100 m, via Vegri, Guastalla; 6: pozzo di 30 m, via Saletto, Pomponesco; 7: pozzo di 100 m, via Cantoni, Pomponesco; 8: pozzo di 40 m, via XX Settembre, Pomponesco; 9: pozzo di 20 m, via del Campo, Pomponesco; 10: pozzo di 20 m, via Tazzoli Sud, Pomponesco; 11: sorgente, Ventasso; 12: sorgente, Febbio; 13: pozzo di 10 m, via Pellico, Guastalla.*

POZZI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2017 September	Pozzo 30 m via Tazzoli Nord Pompon	Pozzo-Pompa 25 m Correggio Verde	Pozzo 25 m Albereto Pomponesco	Pozzo 30 m via Vegri Guastalla	Pozzo 100 m via Vegri Guastalla								
	formaldeide µg/L	2,6	9,7	22	6,3								
2018 January			Pozzo 30 m Albereto Pomponesco					Pozzo 100 m Cantoni Pomponesco					
	formaldeide µg/L			< 0,45		< 0,45		< 0,45					
2018 March						Pozzo 30 m via Saletto Pomponesco		Pozzo 40 m via XX Settembre Pomponesco	Pozzo 20 m via del Campo Pomponesco	Pozzo 20 m via Tazzoli Sud Pomponesco			
	formaldeide µg/L					2,4		1,9	< 0,45	0,49			
2018 June											Sorgente Ventasso	Sorgente Febbio	Pozzo 10 m via Pellico Guastalla
	formaldeide µg/L										< 0,45	< 0,45	< 0,45
2018 July			Pozzo 30 m Albereto Pomponesco										
	formaldeide µg/L	< 0,45	12	4,9				0,68					

stato	classe di qualità
elevato	1
buono	2
sufficiente	3
scarso	4
cattivo	5

Tabella 3. Valori di formaldeide nell'acqua dei pozzi. In azzurro sono indicati i valori inferiori al potere di risoluzione della metodica (acqua di qualità elevata); in verde i valori inferiori a 1 µg/L, limite massimo per le acque sotterranee stabilito dall'Istituto Superiore di Sanità, che equipara la formaldeide al benzene riguardo al valore massimo di tolleranza nelle acque sotterranee (16). I colori giallo, arancione e rosso evidenziano le concentrazioni di formaldeide oltre il limite di 1 µg/L.

- Formaldeide nelle acque superficiali (Tabella 4)

La Tabella 4, relativa ai campionamenti in acque superficiali, dimostra che la formaldeide è un reperto comune nei canali della rete, sia in territorio mantovano che in territorio reggiano. Alcuni risultati, però, rivelano concentrazioni assai più elevate rispetto alla media. Si tratta di campioni prelevati da collettori di acque reflue: uno, il fosso Saletto, situato in via Saletto a Pomponesco, l'altro, il fosso Cogozzo, a Viadana in via Don Mazzi (fig. 6). Si tratta di reperti suggestivi data la contiguità dei siti di campionamento alle industrie del legno truciolare.

ACQUE SUPERFICIALI										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Fosso Cogozzo Viadana	Fosso Saletto Pomponesco	Canale Diversivo Viadanese Pomponesco	Canale Dusilio depuratore Brescello	Fosso scolo Variante 62 depuratore Boretto	Cavo Alfieri Gualtieri	Dugale Grande Guastalla	Canale Zenzalino depuratore Guastalla	Canale lato nord SP57 Pomponesco	
2017 September										
formaldeide µg/L	30	650	20	5,5	5,5	2,4	14	0,92		
2018 January										
formaldeide µg/L	140	1200	< 0,45			< 0,45	1,5	< 0,45		
2018 March										
formaldeide µg/L	44	770	7,6							12
2018 June										
formaldeide µg/L	41		23 (July)							

Tabella 4. Valori di formaldeide riscontrati in acque superficiali.

Il D. Lgs. 152/2006 – “Norme in materia ambientale – Parte III. Allegato 5, Tabella 3” (6), fissa genericamente in 1 mg/L il valore massimo di aldeidi tollerato negli scarichi in acque superficiali. Nei nostri campioni è stata ricercata specificamente la formaldeide. (Conversione milligrammo in microgrammo: 1 mg = 1000 µg).

A differenza delle acque sotterranee, la legislazione italiana non fissa un limite specifico per la formaldeide nelle acque superficiali, ma indica, per le acque di scarico in corpi idrici superficiali, il limite massimo di 1 mg/L (1000 µg/L) comprendente le aldeidi nel loro insieme (6). Ebbene, anche questo limite, riservato agli scarichi, è stato superato nel fosso Saletto. Gli altri campioni dello stesso corso d'acqua hanno ripetutamente presentato valori non trascurabili. Precisiamo che l'aldeide rilevata dal laboratorio era solo e soltanto formaldeide. Dato il sito di campionamento tali reperti sono veramente suggestivi, a maggior ragione in quanto il fosso Saletto drena l'acqua reflua dal depuratore di Pomponesco, situato circa un centinaio di metri a monte del suddetto canale. Sarebbe pleonastico avanzare ipotesi in merito a tale riscontro. Al confronto, i valori di formaldeide nei canali che drenano i tre depuratori in terra reggiana – Brescello, Boretto e

Guastalla – presentano percentuali di formaldeide estremamente bassi, ben al di sotto del valore di 1 mg/L fissato per lo scarico in acque superficiali. Il cavo Zenzalino, che riceve tutte le acque reflue del depuratore nord di Guastalla, presenta valori addirittura inferiori al limite di 1 µg/L fissato per le acque sotterranee (Tabella 4).

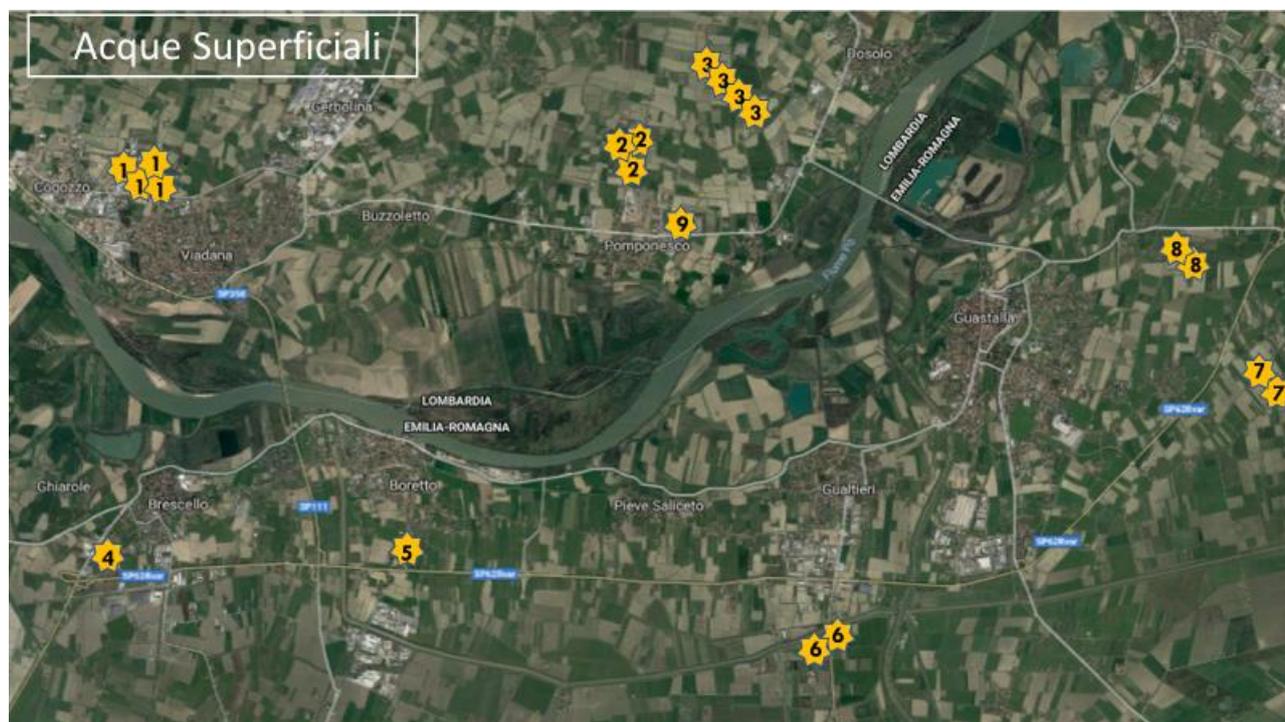


Figura 6. Le stelle indicano i punti di campionamento delle acque di superficie.

Legenda: 1: fosso Cogozzo, Viadana; 2: fosso Saletto, Pomponesco; 3: canale Diversivo Viadanese, Pomponesco; 4: canale Dusilio (depuratore), Brescello; 5: fosso di scolo Variante 62 (depuratore), Boretto; 6: cavo Alfieri, Gualtieri; 7: fosso Dugale Grande, Guastalla; 8: canale Zenzalino (depuratore), Guastalla; 9: canale lato nord SP57, Pomponesco.

Sembra inoltre insensato dover raffrontare valori di formaldeide così elevati, riscontrati in un corpo idrico superficiale, con il limite fissato per gli scarichi. Per tale ragione vorremmo ipoteticamente applicare, per la formaldeide in acque superficiali, le stesse considerazioni che l'ISS esprime a riguardo delle acque sotterranee, laddove, in base al comportamento ambientale (mobilità nei suoli) e per affinità tossicologica (tossico e cancerogeno accertato), assimila la formaldeide al benzene e ne determina lo stesso valore limite già normato per il benzene (16). Orbene, nella legislazione di recepimento della direttiva CEE 2000/60 (8), il Decreto 8 novembre 2010 n. 260 (*"Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali"*), alla Tabella 1/A (*"Standard di qualità nella colonna d'acqua per le sostanze dell'elenco di priorità"*), fissa un limite per il benzene di 50 µg/L come concentrazione massima ammissibile (CMA), per definire uno stato buono e accettabile, dal punto di vista chimico, di un corpo idrico superficiale (Tabella 5) (7). Si deduce – ma ripetiamo che si tratta di una nostra ipotesi dedotta dalle considerazioni dell'ISS – che il limite massimo della formaldeide, mutuato dal

benzene e inteso come concentrazione massima ammissibile per la classificazione delle acque superficiali, dovrebbe essere 50 µg/L. Che aggiungere, visto il confronto con i 1200 µg/L riscontrati nel fosso Saletto? Quanto al fosso Cogozzo, che decorre perpendicolare a via Don Mazzi a Viadana, raccogliendo tutte o in parte – non siamo stati in grado di appurarlo – le acque reflue del polo viadanese del legno, possiamo rilevare la presenza della formaldeide a livelli inferiori rispetto al fosso Saletto, ma pur sempre indicativa di degrado. Ribadiamo, tuttavia, che ben più assidui e protratti dovrebbero essere i monitoraggi per poter disporre di dati significativi anche ai fini statistici.

N	NUMERO CAS	(1)	Sostanza	(µg/l)		
				SQA-MA ⁽²⁾ (acque superficiali interne) ⁽³⁾	SQA-MA ⁽²⁾ (altre acque di superficie) ⁽⁴⁾	SQA-CMA ⁽⁵⁾ *
1	15972-60-8	P	Alaclor	0,3	0,3	0,7
2	85535-84-8	PP	Alcani, C ₁₀ -C ₁₃ , cloro	0,4	0,4	1,4
3		E	Antiparassitari ciclodiene	Σ= 0,01	Σ= 0,005	
	309-00-2		Aldrin			
	60-57-1		Dieldrin			
	72-20-8		Endrin			
	465-73-6		Isodrin			
4	120-12-7	PP	Antracene	0,1	0,1	0,4
5	1012-24-0	P	Atrazina	0,6	0,6	2,0
6	71-43-2	P	Benzene	10 ⁽⁶⁾ **	8	50
7	7440-43-9	PP	Calcio e composti (in funzione delle classi di durezza) ⁽⁷⁾	≤ 0,08 (Classe 1) 0,08 (Classe 2) 0,09 (Classe 3) 0,15 (Classe 4)	0,2	(Acque interne) ≤ 0,45 (Classe 1) 0,45 (Classe 2) 0,6 (Classe 3) 0,9 (Classe 4) 1,5 (Classe 5)

*Nota 5: Standard di qualità ambientale espresso come concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA).

**Nota 6: Per il benzene si identifica come valore guida la concentrazione pari 1 µg/L.

Tabella 5. Standard di qualità nella colonna d'acqua per le sostanze dell'elenco di priorità (7). Gli standard di qualità rappresentano le concentrazioni che identificano il buono stato chimico delle acque superficiali.

La ricerca della formaldeide nelle acque superficiali deve necessariamente tenere conto della presenza ubiquitaria della molecola in natura, come prodotto del metabolismo di numerosi sistemi

viventi, di decomposizione di composti organici, come residuo di lavorazioni industriali, ed anche, nella nostra zona, in seguito all'impiego massiccio di fertilizzanti. Nell'acqua e nel suolo essa degrada facilmente, sia in condizioni aerobiche che anaerobiche (16), e viene naturalmente smaltita. Tuttavia, trattandosi nella fattispecie di campionamenti che abbiamo effettuato nella rete superficiale, sia in territorio mantovano che in territorio reggiano, deputata a regimentare acque reflue e acque di bonifica, emerge chiaramente la notevole discrepanza tra i corsi d'acqua contigui alle industrie del legno e quelli della rete complessiva.

E' altresì vero che i dati da noi raccolti sono palesemente inadeguati per numero, anzi troppo sporadici nell'arco temporale di un anno. Essi dovrebbero, però, rappresentare un primo approccio documentale per stimolare un monitoraggio sistematico e prolungato nei corpi idrici più "suggestivi", con lo scopo di definire lo stato chimico reale per le sostanze "prioritarie" ed anche la qualità ecologica di quei corsi d'acqua, come previsto dal D.M. 260/2010 – *"Norme in materia di difesa del suolo, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche"* (7).

CONCLUSIONI

La formaldeide, pur essendo una molecola ubiquitaria ed in molti casi di origine naturale, è classificata come cancerogeno. Per questo l'Istituto Superiore di Sanità ne fissa i limiti nelle acque sotterranee e nei terreni (16) ed il D. Lgs. 152/2006 (*"Norme in materia ambientale - Parte III"*) ne stabilisce quelli per lo scarico in acque superficiali (6). Nell'area di monitoraggio la formaldeide è stata individuata a valori eccedenti il limite massimo in acqua di superficie ed in numerosi pozzi privati, ad uso domestico o irriguo, che nel comune di Pomponesco costituiscono la sola fonte di approvvigionamento idrico. Per tali riscontri essa andrebbe sistematicamente monitorata in tutte le matrici: acqua, terreno, aria *outdoor* e *indoor*. La mancanza di dati relativi all'eventuale presenza di formaldeide nel terreno costituisce una lacuna che, per il distretto "del pannello truciolare", diventa obbligatorio colmare.

L'inesistenza di una rete idrica controllata per gli usi domestici costituisce un elemento di palese e grave insicurezza per la popolazione, soprattutto in un comune, come Pomponesco, in cui hanno sede industrie, tra le maggiori in Italia, che producono e/o utilizzano la formaldeide a volumi assai elevati. Le Autorità Sanitarie possono, *ope legis* (5), rendere obbligatoria la ricerca della formaldeide nelle acque dei pozzi in territorio non servito da acquedotto, inserendo *tout court* la molecola nell'elenco delle sostanze da misurare ai fini della certificazione di potabilità.

Anche per la difesa dall'inquinamento delle acque superficiali esistono norme ben precise miranti a salvaguardare la vita acquatica e la biodiversità, tant'è che per definire e promuovere la "qualità ecologica" di un corso d'acqua, è necessario programmare in modo sistematico controlli e monitoraggi che riguardano la vita biologica, oltre che le caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua, in assenza, ovviamente, di inquinanti nocivi per l'uomo e per il "biota".

L'industria ad alto rischio ambientale è tenuta all'applicazione sistematica e meticolosa delle BAT (*"Best Available Techniques"*: migliori tecniche disponibili), al fine di ottimizzare l'impatto ambientale attraverso tecniche e processi che razionalizzino le emissioni in atmosfera, nelle acque e nel suolo e la gestione dei rifiuti. Esse non concernono soltanto il risparmio energetico, il consumo e/o il recupero di acqua, le varie forme d'inquinamento – atmosferico, idrico, territoriale, acustico, luminoso, eccetera –, ma sono ben dettagliate ed articolate, proprio al riguardo dell'industria del legno, circa la riduzione del carico inquinante nelle acque di processo e/o di dilavamento, verso la rete idrica superficiale (4).

Riferendoci alla formaldeide nell'aria, benché i nostri dati non abbiano rilevato nell'area di monitoraggio situazioni critiche specifiche per la molecola, occorre osservare che i processi industriali di cui abbiamo trattato impiegano forni per la combustione di residui di legno e materiali di risulta e che le emissioni in atmosfera comportano inevitabilmente la concomitanza di numerose molecole aerodisperse. Da qualche anno la ricerca ha iniziato a confermare sperimentalmente i danni, già rilevati nell'uomo, prodotti dagli effetti sinergici di più inquinanti coesistenti simultaneamente nell'ambiente. Questa condizione, definita efficacemente con il termine di *"effetto cocktail"*, si verifica per una sommatoria di azioni che si potenziano quando gli inquinanti sono immessi nell'ambiente anche a valori sub-liminari. Per questa ragione nessun *"valore limite"* può garantire l'innocuità assoluta di un cancerogeno come la formaldeide, soprattutto quando tale molecola incide sulla stessa popolazione in quanto veicolata da più mezzi, e per di più sommandosi a numerosi altri inquinanti. Tale concetto, pure in carenza di norme specifiche sui livelli sub-liminari degli inquinanti, andrebbe tenuto in considerazione per tutte le sostanze aventi caratteri di tossicità e cancerogenicità, emesse, prodotte o smaltite dalle industrie che operano *"nel polo del pannello truciolare"*. E' evidente che, per il bene comune e nel rispetto del fondamentale *"principio di precauzione"*, la soluzione di scelta dovrebbe essere quella di abolire la formaldeide dal processo produttivo, introducendo sostanze e materiali meno tossici e di classe FF, cioè *"Formaldehyde Free"*. Nel frattempo, tuttavia, esistono ancora ampi spazi operativi, sia da parte dell'industria, per applicare ogni regola e provvedimento atti ad ottimizzare i processi produttivi riducendo le emissioni di inquinanti nell'ambiente, sia da parte delle Autorità Civili, poiché è loro compito salvaguardare aria ed acqua, beni comuni, proprietà di tutti. Che fino ad ora questa strategia sia stata applicata non è possibile, purtroppo, affermarlo alla luce dei rilievi che abbiamo fatto e dei dati che abbiamo potuto qui documentare. Dati che vanno a sommarsi alle già citate preoccupanti conclusioni degli *screening "Viadana I"* e *"Viadana II"*, indicando una situazione veramente complessa, che sarebbe indispensabile monitorare accuratamente nel tempo e tenere sotto rigoroso controllo in quanto palesemente pericolosa.

Dobbiamo concludere che ciò che manca non sono le leggi ed i regolamenti; manca piuttosto l'etica, cioè la volontà di applicarli.

RINGRAZIAMENTI

Questa ricerca è stata totalmente finanziata dall' "Associazione Prevenzione Tumori ONLUS" di Guastalla (Reggio Emilia), di cui vogliamo ringraziare il Presidente, Ragioniere Luigi Tosi, ed il Consiglio Direttivo. Ringraziamo i tanti privati cittadini che ci hanno consentito l'accesso alle loro proprietà per raccogliere i campioni di acqua ed aria. Ringraziamo tutti coloro, cittadini ed enti, che, sostenendo finanziariamente l' "Associazione Prevenzione Tumori ONLUS" di Guastalla, hanno reso possibile la realizzazione del "Progetto Formaldeide".

BIBLIOGRAFIA

1. Agency of Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR. *Toxicological Profile for Formaldehyde*. July 1999, pag 340.
2. Becher et Al. *Novel chlorination by-products of aquatic humic substances*. *Sci Total Environ*, 117 (118), 509-520, 1992.
3. Corrêa, S.M. et Al. *Five years of formaldehyde and acetaldehyde monitoring in the Rio de Janeiro downtown area – Brazil*. *Atmos Environ*, 44, 2302–2308, 2010.
4. Decisione di Esecuzione 2015/2119 della Commissione UE, 20 novembre 2015. "Stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) concernenti la produzione di pannelli a base di legno, ai sensi della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio". N. C(2015) 8062. *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea*, L 306/31-51.
5. Decreto Legislativo 2 febbraio 2001 n. 31. *Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano*.
6. Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. *Norme in materia ambientale*.
7. Decreto Ministeriale 8 novembre 2010, n. 260. *Norme in materia di difesa del suolo, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche. Criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali – Modifica norme tecniche del D. Lgs. 152/2006*.
8. Direttiva Parlamento Europeo e Consiglio Ue 2000/60/Ce. "Quadro per l'azione comunitaria in materia di acque".
9. *Esposizione ad inquinanti industriali e biomarcatori di danno cellulare precoce nei bambini fra i 3 e i 12 anni, residenti nel distretto di Viadana*. Servizio Epidemiologico ASL Mantova, Sezione di Epidemiologia e Statistica Medica dell'Università di Verona, Cattedra di

- Tossicologia-Sezione di Farmacologia dell'Università di Verona. Relazione ufficiale del 2/4/2012.
10. Giunta della Regione Lombardia. Seduta del 17 ottobre 2016. *Rischio da esposizione a formaldeide: indirizzi regionali*.
 11. Glaze WH, et Al. *Ozonation by-products. 2. Improvement of an aqueous-phase derivatization method for the detection of formaldehyde and other carbonyl compounds formed by the ozonation of drinking water*. Environ Sci Technol, 23, 838-847, 1989.
 12. Hussein WF, et Al. *Use of human nails as bio-indicators of heavy metals environmental exposure among school age children in Kenya*. Sci Total Environ, 393(2-3):376-84, 2008.
 13. *Indagine epidemiologica "Viadana II": conclusioni generali*. Servizio Epidemiologico ASL Mantova, Sezione di Epidemiologia e Statistica Medica dell'Università di Verona, Cattedra di Tossicologia-Sezione di Farmacologia dell'Università di Verona. Documento ufficiale del 2/4/2012.
 14. Institute of Medicine (IOM) of the National Academies, 2011. *Climate Change, the Indoor Environment, and Health*. The National Academies Press, Washington, DC.
 15. International Agency for Research on Cancer (IARC) - Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum. *Chemical agents and related occupations*. 100:9-562, 2012.
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F-29.pdf>
 16. Istituto Superiore di Sanità. Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria. *Formaldeide*. N. Protocollo AMPP/IA.12 22282 - 03/05/2006.
 17. Lukowicz C. et Al. *Metabolic Effects of a Chronic Dietary Exposure to a Low-Dose Pesticide Cocktail in Mice: Sexual Dimorphism and Role of the Constitutive Androstane Receptor*. Environ Health Perspect, 25;126(6):067007, 2018.
 18. Manuali e Linee Guida APAT/ CNR-IRSA n.29/2003.
 19. Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA). Air Toxics Hot Spots Program Risk Assessment Guidelines. Part III. *Noncancer Chronic Reference Exposure Levels*. February 2000. Pag 33.
 20. Owen BA et Al. Citato da: IPCS,2002:
<http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad40.htm>

21. Papani G. et Al. *Note illustrative della carta geologica d'Italia. Foglio 74, Reggio nell'Emilia*. Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato. Roma, La Litograf, 1967.
22. Petizione al Parlamento Europeo per la messa al bando della produzione e dell'utilizzo della formaldeide a seguito della classificazione quale sostanza cancerogena dal 01/01/2016 ai sensi del regolamento (CE) n. 1272/2008.
<https://petiport.secure.europarl.europa.eu/petitions/it>.
23. Regione Lombardia. Decreto 11665, Atto 556. Linea guida regionale sulla stima e gestione del rischio da esposizione a formaldeide: razionalizzazione del problema e proposta operativa. 11 novembre 2016.
24. Regolamento UE N. 805/2014, in materia di registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche (REACH).
25. Rodrigues JLG, et Al. *Manganese and lead levels in settled dust in elementary schools are correlated with biomarkers of exposure in school-aged children*. Environ Pollut, 236:1004-1013, 2018.
26. Salthammer T. *Formaldehyde in the Ambient Atmosphere: From an Indoor Pollutant to an Outdoor Pollutant?* Angew Chem Int, Ed. 2013, 52, 3320 – 3327.
27. Salthammer T. *The formaldehyde dilemma*. Int J Hyg Environ Health, 218(4):433-6, 2015.
28. SCOEL/REC/125, *Formaldehyde*. Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits. 23 Sept 2015.
29. SIPREC – Società Italiana per la Prevenzione Cardiovascolare. *Inquinamento atmosferico e malattia cardiovascolare*. 2013.
30. Spengler J.D. et Al. *Indoor air pollution: a public health perspective*. Science, 221, 9–17, 1983.
31. State of Oregon Department of Environmental Quality. Air Toxics Science Advisory Committee. Meeting No. 9. *Formaldehyde*. Sept 16, 2015.
32. Til HP et Al. *Two-year drinking-water study of formaldehyde in rats*. Food Chem Toxicol, 27:77-87, 1989.
33. World Health Organization (WHO). *Air Quality Guidelines - Second Edition. Chapter 5.8. Formaldehyde*. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000, Pag. 87-92.
34. World Health Organization (WHO). *Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum*. 2017, pag 373-4.