

**Unità di Progetto “Ambiente e Salute”**  
**Tel. 0742.339522**

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

**Componenti:**  
**dr. Ubaldo Bicchielli, S.S. Epidemiologia e analisi Biostatistica**  
**dr. Marco Cristofori, S.S. Sorveglianza e promozione della salute**  
**dr. Bruno Minni, S.C. Igiene alimenti e nutrizione**  
**dr. Franco Santocchia, S.C. Igiene e sanità pubblica, area nord**  
**dr. Danilo Serva, S.C. Igiene degli alimenti di origine animale**  
**dr. Guglielmo Speranzoni, S.C. Igiene allevamenti e produzioni zootecniche**  
**dr. Luisa Valsenti, S.C. Igiene e sanità pubblica, area sud**



**Inquinamento da mercurio dei fiumi Paglia e Tevere.**  
**Valutazione di impatto sulla salute**

**Aggiornamento al 4 aprile 2019**  
**(dr. Armando Mattioli)**

## **Indice**

### **Prima relazione**

<b>Il Mercurio: assorbimento, distribuzione nel corpo umano ed eliminazione</b>	<b>pag.3</b>
<b>Tossicità ed impatto sulla salute</b>	<b>pag. 4</b>
<b>Indicatori biologici di esposizione</b>	<b>pag. 5</b>
<b>Valori limite di esposizione</b>	<b>pag. 6</b>
<b>Mercurio inorganico e Metil mercurio</b>	<b>pag. 6</b>
<b>Livelli di contaminazione dei fiumi Paglia, zona Monte Amiata, e Tevere</b>	<b>pag. 7</b>
<b>Stima di impatto sulla salute nelle aree del Paglia (zona Monte Amiata)</b>	<b>pag. 8</b>
<b>Conclusioni</b>	<b>pag. 9</b>

### **Aggiornamento 2 novembre 2017**

<b>Impatto sulla salute per consumo dei pesci contaminati di Paglia e Tevere</b>	<b>pag. 10</b>
<b>Impatto sulla salute per assunzione di alimenti vegetali</b>	<b>pag. 12</b>

### **Aggiornamento 4 aprile 2019**

<b>Consumi massimi ammissibili in base alla contaminazione</b>	<b>pag.16</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>pag. 17</b>

## Il mercurio

Il mercurio, che nella sua forma metallica si estrae in natura dalle miniere di cinabro (HgS), si presenta in 3 diverse forme: mercurio elementale o metallico (Hg<sup>0</sup>), mercurio inorganico, cioè mercurioso (Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>) o mercurico (Hg<sup>2+</sup>) ed infine mercurio organico, la cui forma di gran lunga più comune nella catena alimentare è il metilmercurio (tab.1) <sup>(1)</sup>.

Le tre forme hanno diverse caratteristiche di assorbimento, distribuzione, accumulo e tossicità nel corpo umano; diversa è anche la distribuzione nell'ambiente.

**Table 1:** Elemental mercury and major mercury ions/species in environmental and biological samples (adapted from Kuban et al. (2007)).

			CAS number
<b>Elemental mercury</b>		Hg <sup>0</sup>	92786-62-4
<b>Inorganic mercury ions</b>	Mercurous ion	Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	n/a
	Mercuric ion	Hg <sup>2+</sup>	7439-97-6
<b>Organic mercury ions/species</b>	Methylmercury	CH <sub>3</sub> Hg <sup>+</sup>	22967-92-6
	Dimethylmercury	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Hg	593-74-8
	Ethylmercury	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Hg <sup>+</sup>	627-44-1
	Phenylmercury	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Hg <sup>+</sup>	23172-37-4

n/a: not available.

tab. 1

In condizioni naturali (UNEP, 2002) il mercurio esiste nei seguenti stati principali:

- come vapore metallico e mercurio liquido / elementare;
- legato in minerali contenenti mercurio (solido);
- come ioni in soluzione o legati in composti ionici (sali inorganici e organici);
- come complessi ionici solubili;
- come composti organici non ionici gassosi o sciolti;
- legato a particelle/materiali inorganici od organici per adsorbimento ionico, elettrofilico o lipofilico.

### Vie di assorbimento, distribuzione nei tessuti umani ed eliminazione<sup>(2,3,4)</sup>

Le varie forme di mercurio hanno effetti tossici diversi fra loro sulla popolazione in generale, essendo le donne incinte ed i bambini comunque i soggetti più vulnerabili.

Il **mercurio inorganico** (Hg) si accumula nei vegetali<sup>(1)</sup>; la via di assorbimento principale è il tratto respiratorio, mentre in misura minore viene assorbito attraverso la pelle (3-4%) o nel tratto gastrointestinale (2-10%).

Le principali vie di escrezione sono l'urina e le feci, con un'emivita di circa due mesi.

Il **mercurio metallico** ( $\text{Hg}^0$ ), estratto dal cinabro ( $\text{HgS}$ ), viene comunemente assorbito attraverso il tratto respiratorio sotto forma di vapore, si accumula principalmente nei reni e nel cervello e la sua emivita è di circa 70 giorni. Può essere trasmesso al feto e ritrovarsi nel latte materno<sup>(1,3)</sup>.

Esso è presente nell'acqua del mare o dei fiumi come prodotto di conversione del mercurio inorganico da parte di batteri e plancton. Il mercurio metallico si accumula nel corpo degli organismi acquatici, tra cui pesci e molluschi e, attraverso di essi, entra nel corpo umano, anche se per tale via non viene sostanzialmente assorbito. Viene escreto con l'urina.

Il tipo principale di **mercurio organico** è il **metilmercurio** ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ , monometilmercurio e  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Hg}$ , dimetilmercurio) ed è presente in percentuali fra l'1 e l'1,5% nei sedimenti e nel suolo incontaminati ed in concentrazioni inferiori allo 0,5% negli estuari e nel mare.

È la forma di mercurio che pone i maggiori problemi in termini di impatto sulla salute; è facilmente assorbito nel tratto gastrointestinale ( $\geq 95\%$ ) ed in quello respiratorio ( $\approx 80\%$ ), viene distribuito in tutti i tessuti entro 30 ore e la sua emivita varia da 45 a 70 giorni.

Circa il 90% del metilmercurio viene escreto nelle feci attraverso la bile e meno del 10% nell'urina. Il mercurio organico attraversa facilmente le barriere emato-encefalica, emato-liquorale e placentare, venendo così trasmesso al feto<sup>(4)</sup>; si ritrova sia nel latte materno che nei capelli.

### **Tossicità ed impatto sulla salute** <sup>(1,2, 3,4)</sup>

#### **Mercurio metallico** ( $\text{Hg}^0$ )

L'esposizione acuta può provocare polmonite, mentre i sintomi di un'esposizione cronica a basse concentrazioni sono più sfumati ed aspecifici: debolezza, stanchezza, anoressia, perdita di peso e disturbi gastrointestinali, inquadrabili in una sindrome definita micromercurialismo.

Alle esposizioni croniche più elevate i disturbi più importanti, a carico del sistema nervoso, sono caratterizzati da tremori fini con saltuari episodi a grandi scosse, da alterazione della coordinazione motoria, deficit di memoria a breve termine e di concentrazione, labilità emotiva, disturbi della visione, eretismo; strumentalmente si rileva deficit della velocità di conduzione dei nervi periferici ed alterazione dei potenziali evocati. Possono manifestarsi anche gengivite, eccessiva salivazione, deficit immunitari, poliartrite, dermatiti, ipertensione, malattie cardiache ischemiche e ictus.

#### **Mercurio inorganico** ( $\text{Hg}$ )

Sulla base di studi epidemiologici non conclusivi sull'uomo<sup>(1)</sup>, la tossicità sembra espletarsi soprattutto sul rene, ma anche sul fegato, sul sistema immunitario, sullo sviluppo, sull'apparato cardiocircolatorio e quello riproduttivo.

Gli esperimenti sul ratto confermano che il rene è l'organo bersaglio.

Il mercurio inorganico è presente nei pesci, nei molluschi e nei crostacei, in una percentuale stimata essere del 20% del mercurio totale, mentre si ritrova praticamente in via esclusiva in molti altri alimenti, sia di origine vegetale che animale, all'interno della catena alimentare terrestre.

## Mercurio organico

I dati di letteratura si riferiscono soprattutto al metil mercurio.

L'intossicazione prenatale massiva può indurre paralisi cerebrale; dosi prenatali minori sono associate a deficit dello sviluppo neurocognitivo e disturbi neuromotori <sup>(4)</sup>.

Le esposizioni postnatali provocano sintomi che vanno dalle parestesie, all'atassia, ai disturbi visivi, uditivi ed extrapiramidali fino alle crisi convulsive con l'aumentare delle concentrazioni, come accaduto nei casi di intossicazione a Minamata ed in Iraq.

Presenta inoltre caratteristiche patologiche analoghe a quelle descritte per il mercurio elementare.

Il metil-mercurio nella catena alimentare si ritrova solo negli animali e il suo punto di partenza è nelle acque marine e fluviali. Non si ritrova nei vegetali.

Due fenomeni fondamentali presenti nel biota acquatico, marino in particolare, sono il **bioaccumulo** e la **biomagnificazione**.

Con il primo termine si intende il meccanismo in base al quale negli esseri viventi posti al livello più basso della catena alimentare (fitofagi) il metil-mercurio viene difficilmente escreto e pertanto tende ad accumularsi nei tessuti mano a mano che aumenta l'assorbimento con l'alimentazione.

La biomagnificazione, invece, interessa le specie predatorie poste in alto nella catena alimentare (tonno, pesce spada, squalo, falco pescatore, aquile marine) le quali si nutrono dei pesci più piccoli che hanno accumulato il mercurio nei loro tessuti, visceri, muscolo e grasso; più è grande il predatore e maggiore la sua età, maggiore sarà la differenza di concentrazione di metil-mercurio nei sui tessuti rispetto alle specie predate giungendo ad un rapporto anche di 10:1.

Il metil-mercurio è la forma che ha il maggiore impatto sulla salute della popolazione generale, sia per le sue caratteristiche tossicocinetiche (elevato assorbimento per via digestiva, elevata distribuzione ed accumulo nei vari organi corporei, facilitati dalla sua permeabilità alle barriere emato-encefalica, emato-liquorale e placentare, ed escrezione che non avviene per via urinaria), sia per quelle tossicodinamiche, legate ai gravi effetti provocati ai vari organi bersaglio.

## Indicatori biologici di esposizione al mercurio <sup>(2,3)</sup>

La misurazione dei livelli di esposizione, di assorbimento e di accumulo del mercurio viene effettuata su campioni di sangue, urine, capelli o unghie.

Il livello di concentrazione ematica ed urinaria di mercurio si correla alla quantità assorbita di recente, entro 3-5 giorni; la prima si correla soprattutto all'esposizione a metilmercurio, mentre la concentrazione urinaria è legata al mercurio elementare o inorganico, poiché l'escrezione del metilmercurio avviene soprattutto attraverso le feci.

Il valore di riferimento ematico per la popolazione generale è compreso fra 1–8 µg /L mentre quello urinario è 4–5 µg /L; recentemente l'International Commission on Occupational Health (ICOH) e l'International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) hanno posto a 2 µg /L il valore di riferimento per una popolazione che non mangia pesce, l'alimento che rappresenta la fonte principale di introduzione di metilmercurio.

Per valutare un'esposizione cronica o pregressa a metilmercurio è utilizzabile l'analisi dei capelli; il rapporto fra concentrazione ematica e nei capelli si attesta attorno ad 1:250.

Generalmente, la concentrazione di mercurio nei capelli non supera i 10 mg/kg, mentre il limite raccomandato dall'OMS è di 1 mg/kg.

In caso di intossicazione moderata, il livello di concentrazione è compreso tra 200 e 800 mg/kg, mentre in un'intossicazione grave sale fino a 2400 mg/kg.

Secondo l'OMS un livello di concentrazione di metilmercurio nei capelli in gravidanza di 10 mg/kg o superiore può aumentare il rischio di difetti neurologici fetali.

## Valori limite per assunzione per via orale

### Mercurio inorganico

Sulla base dei dati relativi agli studi sui ratti, la **JECFA** (Joint Expert Committee on Food Additives della Food and Agriculture Organization dell'OMS) e l'**EFSA** (European Food Safety Authority) hanno derivato rispettivamente un **PTWI** (Provisional Tolerable Weekly Intake) ed un **TWI** (Tolerable Weekly Intake) pari a **4 µg/kg** <sup>(3)</sup>

Dai dati dell'EFSA risulta che il TWI di 4 µg/kg non viene mai superato se non ci si alimenta con pesci, crostacei e molluschi.

L'ISS<sup>(5)</sup> e l'EPA<sup>(6)</sup> prevedono una **RfDo** (Reference Dose orale) di 0,3 µg/kg-giorno ed una **RfCi** (Reference Concentration inalatoria) di 0,3 µg/m<sup>3</sup>; l'ISS indica anche una **RfDi** (Reference Dose inalatoria) di 0,0875 µg/kg-giorno.

L'OHEEA prevede un limite per ingestione cronica di mercurio inorganico pari 0,16 µg/kg-giorno ed una concentrazione limite inalatoria per esposizione cronica pari a 0,03 µg/m<sup>3</sup> <sup>(7)</sup>

Per l'acqua l'EPA indica un Maximum Contaminant Level di 2 µg/l per il mercurio organico e metallico.

### Metil-mercurio

#### Esposizioni croniche

Per il metil-mercurio la JECFA ha proposto un PTWI di 1,6 µg/kg di peso corporeo per la protezione del feto dagli effetti neurotossici, mentre gli esperti dell'EFSA hanno indicato un TWI più basso, pari a 1,3 µg/kg <sup>(3)</sup>.

L'EPA e l'ISS indicano una **RfDo** di 0,1 µg/kg-giorno; l'EPA fissa in 0,3 mg/kg il valore limite di concentrazione di metil-mercurio nel muscolo del pesce per un consumo medio giornaliero stimato di 0,0175 kg/die <sup>(8)</sup>

Per la donna incinta è stata proposta una **RfDo** più bassa, pari a 0,03 mcg/kg di peso corporeo <sup>(4)</sup>.

A fronte di questi dati così diversi fra loro, per quanto riguarda il mercurio nel settore alimentare, l'UE <sup>(2)</sup> suggerisce un livello massimo (ML) per il mercurio pari a 0.5 mg/kg peso umido (ww) nei muscoli di pesce (1,0 per alcune specie).

Gli Stati Uniti e i Paesi Bassi propongono che il PTWI per il metil-mercurio sia 0,7 µg/kg di peso corporeo, il più basso tra i diversi paesi, mentre il Giappone, dato il suo elevatissimo consumo di pesci posti ai vertici della catena alimentare quali il tonno suggerisce un limite di esposizione al metilmercurio più alto, ossia un TWI di 2,0 µg/kg di peso corporeo. <sup>(2)</sup>

### Esposizioni acute

Per le intossicazioni acute da Mercurio organico la letteratura <sup>(9)</sup> riporta i seguenti valori limite:

- IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations): 2 mg/m<sup>3</sup> per 30 minuti;
- STEL (Short Term Exposure Level): 0,03 mg/m<sup>3</sup>.

Poiché un'assunzione per via orale di mercurio organico pari a 200 mg corrisponde in termini di tossicità acuta ad un'esposizione per via respiratoria pari a 125 mg/m<sup>3</sup> per 30 minuti <sup>(9)</sup>, ne risulta un rapporto di 1,6. Conseguentemente, si ritiene di poter derivare un IDLH per un'assunzione per via orale di mercurio organico pari a 3,2 mg per adulti di 70 Kg di peso e di 2,3 mg per bambini di 14 anni del peso di 50 kg.

Analogamente, per lo STEL, si è derivato un valore limite per effetti acuti e sub-acuti per assunzione orale giornaliera di mercurio organico pari a 0,096 mg per un adulto di 70 kg di peso e di 0,069 mg per un bambino di 14 anni del peso di 50 kg (0,0137mg/kg-die).

### **Livelli di contaminazione dei fiumi Paglia e Tevere**

#### Contaminazione dei pesci

Nel 2012 e nel 2014 sono stati pubblicati due studi <sup>(10,11)</sup> sulla contaminazione dei pesci dei fiumi Paglia e Tevere in relazione all'inquinamento da mercurio proveniente dal monte Amiata.

Da essi risulta una contaminazione da mercurio dei sedimenti significativamente maggiore rispetto al torrente Nestore, che è stato preso come riferimento non provenendo le sue acque dall'area del Monte Amiata. Inoltre le concentrazioni più elevate si sono trovate nel Paglia, più prossimo all'area del Monte Amiata <sup>(11)</sup>; nel Tevere non si sono ritrovati pesci in cui la concentrazione di mercurio nel muscolo superasse gli 0,3 mg/kg <sup>(11)</sup>. Nello studio del 2014 <sup>(11)</sup> solo il 17% dei pesci campionati (9 su 54) avevano nei muscoli una concentrazione di metil-mercurio eccedente gli 0,3 mg/kg di peso umido fissato dall'US-EPA come valore limite per un consumo medio quotidiano pari 0,0175 kg di pesce al giorno. Il limite di questo studio è però legato al fatto che non sono stati campionati pesci carnivori, soggetti al fenomeno della biomagnificazione.

Nello studio del 2012 <sup>(10)</sup>, invece, il 95% dei pesci campionati nel torrente Pagliola e nel Paglia avevano una concentrazione superiore al valore limite di 0,3mg/kg, anche se lo studio concludeva che per la grandezza e la qualità le specie campionate non avevano un interesse alimentare tale da far emettere un qualche provvedimento da parte dell'autorità.

Nel 1994 nella zona del Monte Amiata in cui è presente, oltre all'attività estrattiva di mercurio, un'importante attività geotermica anch'essa fonte di inquinamento del medesimo metallo, è stato effettuato uno studio sui livelli di concentrazione di mercurio inorganico in decine di specie vegetali, frutta ed alimenti di origine animale <sup>(12)</sup>.

I risultati delle analisi dei vari campioni di alimenti prelevati nelle 10 stazioni del territorio del Monte Amiata sono risultati nel 42% del totale (46 su 110) più elevati rispetto ai controlli (prodotti in commercio provenienti da altre zone d'Italia). I livelli di inquinamento maggiori sono stati trovati nei vegetali provenienti da orti e frutteti più vicini alla miniera di Abbadia San Salvatore.

Fra i vegetali analizzati, quelli che per ragioni legate al loro ciclo vitale sono risultati essere più inquinati si trovano carote, pere, lattuga, barbabietole e cavoli, mentre i livelli più bassi si presentano nei fagioli, mele e pomodori.

Comunque sia, pur ipotizzando un consumo esclusivo di alimenti contaminati, l'assunzione settimanale risulta di molto inferiore ai valori limite sopra richiamati (TWI, RfDo).

**Stima di impatto sulla salute dell'inquinamento da mercurio nelle aree del Paglia  
(zona Monte Amiata)**

Come valori limite di riferimento per gli **effetti acuti da assunzione giornaliera**, sopra si è indicato un valore limite derivato dallo STEL di 0,096 mg per gli adulti di 70 Kg e di 0,069 mg per ragazzi di 14 anni ed un IDLH per via orale pari a 3,2 mg per gli adulti di 70 Kg e 2,3 per bambini di 14 del peso di 50 kg. Considerando cautelativamente che il contenuto di metilmercurio nei pesci eventualmente mangiati sia quello massimo rilevato nello studio del 2012<sup>(10)</sup> pari a 0,0012 mg/g di peso umido, il **consumo tollerabile giornaliero** dovrebbe essere inferiore a:

- **80 grammi per un adulto** di 70 kg ed a **57 grammi per un bambino** di 50 kg per rispettare i valori limite **STEL-derivati**;
- circa **2700 grammi per un adulto** di 70 kg ed a **1990 grammi per un bambino** di 50 kg rispettare i valori limite **IDLH derivati**.

In base al principio di precauzione, si terrà conto dei valori limite STEL-derivati pari a 80 grammi e 57 grammi rispettivamente per gli adulti e per i bambini.

Per prevenire gli **effetti cronici di tale possibile assunzione quotidiana**, ipotizzando che i pesci del fiume Paglia abbiano la concentrazione media di 0,00084 mg/g di peso umido rilevata nello studio del 2012, gli adulti ed i bambini dovrebbero mangiare pesci per non più di 40 giorni l'anno, mentre le donne in gravidanza per non più di 10 giorni (tab.2).

Questi livelli di consumo rispetto all'assunzione del mercurio inorganico, che rappresenta una percentuale del 20% del mercurio totale contenuto nel pesce, sono circa 30 volte più cautelativi rispetto ad un valore limite 6 volte maggiore di quello del metilmercurio (tab.3).

Metil mercurio nei cavedani Paglia mg/gr	Assunzione massima tollerabile di pesce gr/day	Peso corporeo (kg)	Giorni massimi di assunzione ammissibili	ADD Average Daily dose* mg/kg bw	Dose giornaliera tollerabile mg/kg	** HI: Hazard Index ≤1
0,00084	80	adulto 70	40	0,0001	0,0001	1
0,00084	57	bambino 50	40	0,0001	0,0001	1
0,00084	80	donna gravida 60	10	0,00003	0,00003	1
* mediata su 365 giorni						

tab.2

Mercurio inorganico nei pesci del Paglia mg/gr	Assunzione massima tollerabile di pesce gr/day	Peso corporeo (kg)	Giorni massimi di assunzione ammissibili	ADD Average Daily dose* mg/kg bw	Dose giornaliera tollerabile mg/kg	** HI: Hazard Index ≤1
0,000168	80	adulto 70	40	0,000021	0,0006	0,037
0,000168	57	bambino 50	40	0,000021	0,0006	0,037
* mediata su 365 giorni						

tab.3

\*\* Hazard Index: rapporto fra assunzione media giornaliera (ADD) e dose giornaliera tollerabile; esso deve essere minore o uguale ad 1.



## Conclusioni

Nella valutazione di impatto sulla salute legato al rischio chimico si è ritenuto di rispettare le tappe standard previste dal criterio tossicologico: il primo “step”, è stato rappresentato dall’analisi delle possibili fonti di inquinamento e da una caratterizzazione del rischio basata sui dati derivanti ad una revisione della letteratura disponibile, con particolare riguardo ai lavori pubblicati relativi alla zona del monte Amiata<sup>(10, 11,12)</sup>.

Successivamente, per una stima più accurata dell’impatto sulla salute derivante dall’assunzione in primo luogo di metilmercurio contenuto nei pesci dei fiumi Paglia e Tevere, sarà necessario effettuare preliminarmente una valutazione del loro effettivo consumo nei territori interessati, sia in termini di quantità che di qualità, per poter meglio orientare il prelievo delle specie più importanti ai fini della tutela della salute.

L’analisi e la caratterizzazione di questa modalità di esposizione per via digestiva, potrà essere effettuata mediante metodologia epidemiologico statistica di tipo quali/quantitativo con interviste strutturate e “focus group” sulle popolazioni interessate. Sulla base dei risultati di questa indagine si valuterà l’opportunità di procedere anche al monitoraggio biologico, tenuto conto della delicatezza ed invasività fisica e psicologica dell’intervento.

A maggior ragione analoga valutazione preliminare va effettuato sui vegetali e sui prodotti di origine animale, essendo il rischio molto minore rispetto a quello del consumo dei pesci, anche alla luce dell’indagine effettuata nel 1994 nella zona del Monte Amiata<sup>(12)</sup>, verosimilmente molto più inquinata dell’area del Paglia e del Tevere. Questo intervento ha interessato decine di alimenti vegetali e di origine animale prelevati in 9 stazioni, evidenziando una insussistenza di rischio reale. Inoltre, prima di procedere ad eventuali campionamenti di alimenti di origine terrestre, occorrerà tenere conto dei dati relativi alla concentrazione di mercurio inorganico misurata nei sedimenti fluviali e di terrazzo e nelle acque di pozzo e di fiume. Sulla base dei risultati si potrebbe rivelare inutile procedere ad analisi sui vegetali, anche tenendo conto del fatto che nella catena alimentare terrestre non c’è il fenomeno della biomagnificazione, fondamentale per aumentare gli effetti tossici derivanti dall’alimentazione nell’uomo.

Alla fine del processo descritto si arriverà ad un quadro sufficientemente chiaro e tecnicamente corretto dell’entità della contaminazione ambientale, degli ecosistemi vegetali e animali e, infine, ad una definizione dell’impatto sulla salute per le popolazioni.

## Aggiornamento 2 novembre 2017

### Stima di impatto sulla salute per consumo di pesci contaminati da mercurio nelle aree del Paglia e del Tevere (provincia di Terni)

I dati sui quali si fa la stima di Impatto sulla Salute derivano dai campionamenti effettuati dai servizi Veterinari della USL n.2 nel 2013 (ciprinidi) e 2017 (cavedani) (Tab.4).

Si fa notare che i dati mettono in evidenza il fenomeno del bioaccumulo e della biomagnificazione, infatti i cavedani, predatori, hanno concentrazioni significativamente maggiori rispetto agli altri ciprinidi.

Mercurio totale nei pesci del Paglia area orvietana (mg/kg)	specie
0,74	Cavedani 2017
0,58	Cavedani 2017
0,66	Cavedani 2017
0,466	Altri ciprinidi 2013
0,495	Altri ciprinidi 2013
0,547	Altri ciprinidi 2013

tab.4

Sulla base dei risultati del 2013 che si collocavano come media poco sopra il livello del tenore massimo di 0,5 mg/kg previsto dal reg. CE 1881/2006 e S.M.I e con un campione che lo superava del 10%, il Servizio veterinario competente del Dipartimento di Prevenzione della USL sollecitò l'introduzione del divieto di pesca.

In base al principio di precauzione, si considera cautelativamente che tutto il mercurio misurato sia la forma organica (cioè metilHg, che mediamente si aggira sull'80%, il rimanente essendo mercurio inorganico meno tossico) e che nei cavedani eventualmente mangiati sia quello massimo rilevato nello studio del 2017 pari a 0,00074 mg/g di peso umido, il **consumo tollerabile giornaliero** dovrebbe essere inferiore a:

**Cavedani: 130 grammi per un adulto** di 70 kg ed a **80 grammi per un bambino** di 50 kg per rispettare i valori limite **STEL-derivati**;

circa **4300 grammi per un adulto** di 70 kg ed a **3100 grammi per un bambino** di 50 kg rispettare i valori limite **IDLH derivati**.

**Altri ciprinidi: 175 grammi per un adulto** di 70 kg ed a **125 grammi per un bambino** di 50 kg per rispettare i valori limite **STEL-derivati**;

circa **4300 grammi per un adulto** di 70 kg ed a **3100 grammi per un bambino** di 50 kg rispettare i valori limite **IDLH derivati**

Per prevenire però gli **effetti cronici e sub-cronici di un'assunzione quotidiana** e per rispettare il valore limite più restrittivo, che è quello dell'Olanda e degli USA con un TWI (Tolerable Weekly Intake) pari a 0,7 mcg/kg, il consumo di cavedani non dovrebbe superare i 70 ed i 50 grammi/die rispettivamente per gli adulti ed i bambini per 1 volta a settimana per 50 settimane l'anno, mentre per le donne in gravidanza 70 grammi/die per non più di 13 settimane l'anno (tab.5), mentre per i ciprinidi tali valori sono 90 e 65 per lo stesso numero di settimane (tab5).

Concentrazione max di Mercurio totale nei <b>cavedani</b> (mg/gr)	Assunzione massima tollerabile di pesce (gr/die) In base PTWI USA-Olanda	Peso corporeo (kg)	Giorni massimi di assunzione ammissibili (massimo una volta a settimana)
0,00074	70	adulto 70	50
	50	bambino 50	50
	70	donna gravida 60	13
<hr/>			
Concentrazione max di Mercurio totale in altri <b>ciprinidi</b> (mg/gr)	Assunzione massima tollerabile di pesce (gr/die) In base PTWI USA-Olanda	Peso corporeo (kg)	Giorni massimi di assunzione ammissibili (massimo una volta a settimana)
0,00055	90	adulto 70	50
	65	bambino 50	50
	90	donna gravida 60	13

tab. 5

Le stime sopra elaborate mettono in evidenza che il valore limite proposto dalla direttiva europea è incompatibile con i valori limite previsti da USA ed Olanda (PTWI 0,7 mcg/kg), a meno di un consumo del tutto occasionale.

Se invece facciamo riferimento alle indicazioni dell' Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA) il valore limite del reg. CE 1881/2006 permette un consumo non occasionale (tab. 6), ma che va sempre limitato, come indicato in tabella.

Concentrazione max di Mercurio totale nei <b>cavedani</b> (mg/gr)	Assunzione massima tollerabile di pesce (gr/die) In base TWI di EFSA	Peso corporeo (kg)	Giorni massimi di assunzione ammissibili (massimo una volta a settimana)
0,00074	125	adulto 70	28
	90	bambino 50	28
	125	donna gravida 60	7
<hr/>			
Concentrazione max di Mercurio totale in altri <b>ciprinidi</b> (mg/gr)	Assunzione massima tollerabile di pesce (gr/die) In base TWI di EFSA	Peso corporeo (kg)	Giorni massimi di assunzione ammissibili (massimo una volta a settimana)
0,00055	160	adulto 70	29
	115	bambino 50	29
	160	donna gravida 60	8

(tab. 6)

## **Stima dell'impatto sulla salute per assunzione degli alimenti di origine vegetale contaminati da mercurio.**

Nelle tabelle 7), 8) ed 9) sono presentate le stime del massimo consumo ammissibile di vari alimenti di origine vegetale contaminati da mercurio inorganico nella zona del monte Amiata basate sui dati dello studio del 1994 di Barghigiani et al. <sup>(13)</sup>.

Le tabelle sono riportate in ordine decrescente di contaminazione del suolo e degli alimenti delle stazioni rispettivamente 9, 8 e 10, che sono quelle più prossime alla miniera (stazione 9, area contigua ad una distanza maggiore di 50 metri dalla miniera, stazione 8, situata a 2 km di distanza dalla miniera e 3 km dai cumuli del materiale risultante dall'arrostimento del cinabro, stazione 10 posta a circa 500 mt. dalla miniera).

La contaminazione del suolo di queste stazioni è di due ordini di grandezza maggiore rispetto alle altre e i dati dimostrano una chiara correlazione fra inquinamento del suolo e contaminazione dei vegetali, statisticamente significativa, ancorchè basata su un basso numero di dati.

Il consumo massimo consentito è riportato nelle tabelle in grammi ed in termini di assunzione media giornaliera per tutto l'anno e per settimana e per assunzione massima settimanale.

Come sostenuto dagli autori, che pure non avevano fatto una stima di impatto sulla salute, i dati delle tabelle 7, 8 e 9 dimostrano con un notevolissimo margine di certezza che anche l'alimentazione basata **esclusivamente** sui prodotti contaminati, cosa assai poco verosimile, non sarebbe in grado di provocare danni alla salute. Peraltro ciò conferma i dati di letteratura, che legano le intossicazioni da consumo alimentare al metil-mercurio ed al fenomeno del bioaccumulo correlato a quello della biomagnificazione.

Tenendo anche conto che i dati delle misurazioni effettuate dall'ARPA Umbria evidenziano concentrazioni di mercurio inorganico nel suolo circa 3 volte minori della stazione n. 9 (Tab. 7) del Monte Amiata, rischi per la salute umana legati al consumo di vegetali nelle aree prossimali al fiume Paglia e Tevere sono da escludere.

Tab.7) Hg inorganico mg/g lattuga* 0,00015	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	75	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	271	<b>1.900</b>
Hg inorganico mg/g carote* 0,0000219	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	500	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	1.857	<b>13.000</b>
Hg inorganico mg/g cavolo* 0,0000277	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	400	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	1.571	<b>11.000</b>
Hg inorganico mg/g fagiolini* 0,0000033	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	3.500	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	12.143	<b>85.000</b>
Hg inorganico mg/g castagne* 0,0000114	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	1.000	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	3.571	<b>25.000</b>
Hg inorganico mg/g <b>rosmarino*</b> 0,000259	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	<b>45</b>	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	164	<b>1.150</b>
Hg inorganico mg/g <b>salvia*</b> 0,000319	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	<b>35</b>	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	129	<b>900</b>
*Stazione 9, contigua (>50mt) alla miniera Monte Amiata Contaminazione suolo: 27,950 mcg/g. peso secco		

Tab. 8)  Hg inorganico mg/g pomodoro* 0,0000018	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	6500	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	24.286	<b>170.000</b>
Hg inorganico mg/g fagioli* 0,0000025	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	4500	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	16.000	<b>112.000</b>
*Stazione 9, contigua (>50mt) alla miniera Monte Amiata Contaminazione suolo: 27.950 mcg/g. peso secco		
Hg inorganico mg/g scalogno** 0,0000066	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	1700	
	assunzione media giornaliera in una settimana gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	6.429	45000
Hg inorganico mg/g fichi** 0,000021	gr assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	550	
	assunzione media giornaliera in una settimana gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	1.929	<b>13.500</b>
Hg inorganico mg/g noci** 0,000012	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	950	
	assunzione media giornaliera in una settimana gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	350	2450
Hg inorganico mg/g carote** 0,000021	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	530	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	1.900	<b>13.500</b>
** Stazione n.8, a 2 km dalla miniera Monte Amiata e 3 km dal deposito di cinabro arrostito Contaminazione suolo: 16,762 mcg/g. peso secco		

Tab. 9) Hg inorganico mg/g sedano*** 0,000012	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	1000	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	3.571	<b>25.000</b>
Hg inorganico mg/g carote*** 0,0000055	assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	2.100	
	assunzione media giornaliera consentita in una settimana, gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	7.800	<b>55.000</b>
Hg inorganico mg/g pere*** 0,0000035	gr assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	3200	
	assunzione media giornaliera in una settimana gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	11.000	<b>80.000</b>
Hg inorganico mg/g fagioli*** 0,000002	gr assunzione media giornaliera consentita di alimento in un anno (gr.)	
	5.600	
	assunzione media giornaliera in una settimana gr.	consumo alimento settimanale max in gr.
	20.000	<b>140.000</b>
*** Stazione n.10, a 500 mt dalla miniera Monte Amiata Contaminazione suolo: 8,885 mcg/g, peso secco		

## Aggiornamento 4 aprile 2019

### Consumi massimi ammissibili di pesci in base alla contaminazione

Il Servizio Veterinario IPAS nel 2018 ha svolto ulteriori campagne di prelievo di pesci, su cui l'IZS Umbria e Marche ha effettuato le analisi. Nel dettaglio sono stati effettuati 8 campionamenti sulle 3 postazioni del fiume Paglia, 2 campionamenti sul lago di Alviano e 2 sul fiume Chiani (campione bianco). Sono stati prelevati 67 esemplari ( con dimensioni superiori a 20 cm) appartenenti alle seguenti specie: cavedano, carpa, carassio, abramide, barbo, gardon e siluro. Il livello più alto è stato pari a 2,4 mg/kg di mercurio, il più basso pari a 0,05 mg/kg. Complessivamente su 61 analisi, 10 sono risultate con valori superiori a 0,5 mg/kg di mercurio pari al 16,4% dei pesci campionati. Tutti gli esemplari con valori superiori ai 0,5 mg/kg, tranne un carassio sul fiume Chiani, sono stati pescati nel fiume Paglia.

Per una valutazione conclusiva delle varie campagne si ritiene opportuno produrre la tabella 10, in modo da poter avere dei riferimenti di carattere complessivo sui consumi massimi ammissibili in relazione ai diversi valori di contaminazione ed ai valori limite proposti dagli organismi scientifici internazionali.

Tab. 10

valore contaminazione mercurio <b>mg/kg</b>					Valore limite	consumo	fascia età e peso
2,5	2	1,5	1	0,50			
consumo <b>massimo giornaliero</b> tollerabile gr.					WHO TDI 2 mcg/kg (0,002mg/kg) x Hg totale	quotidiano	
<b>56</b>	<b>70</b>	<b>93</b>	<b>140</b>	<b>280</b>			17 -70 anni , 70 kg
<b>40</b>	<b>50</b>	<b>67</b>	<b>100</b>	<b>200</b>			14 - 16 anni , 50 kg
consumo <b>massimo settimana</b> tollerabile gr.					USA e Olanda PTWI 0,7 mcg/kg (mg/kg- day)	Giorni a settimana	
<b>20</b>	<b>25</b>	<b>33</b>	<b>49</b>	<b>98</b>			17 -70 anni , 70 kg
<b>14</b>	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>35</b>	<b>70</b>			14 - 16 anni , 50 kg
consumo <b>massimo settimana</b> tollerabile gr.					JECFA / WHO TWI 1,6 mcg/kg (0,0016 mg/kg-week)	Giorni a settimana	
<b>45</b>	<b>56</b>	<b>75</b>	<b>112</b>	<b>224</b>			17 -70 anni , 70 kg
<b>18</b>	<b>40</b>	<b>54</b>	<b>81</b>	<b>92</b>			14 - 16 anni , 50 kg
consumo <b>massimo settimana</b> tollerabile gr.					TWI: Esperti del gruppo CONTAM EFSA TWI 1,3 mcg/kg (0,0013 mg/kg)	Giorni a settimana	
<b>36</b>	<b>46</b>	<b>61</b>	<b>91</b>	<b>182</b>			17 -70 anni , 70 kg
<b>26</b>	<b>32</b>	<b>43</b>	<b>65</b>	<b>130</b>			14 - 16 anni , 50 kg
consumo <b>medio giornaliero</b> tollerabile gr. (per massimo 26 giorni/anno)					ISS RfD, 0,0001 mg/kg-day	Giorni/anno	
<b>39</b>	<b>49</b>	<b>65</b>	<b>98</b>	<b>196</b>			17 -70 anni , 70 kg
<b>28</b>	<b>35</b>	<b>47</b>	<b>70</b>	<b>140</b>			14 - 16 anni , 50 kg
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>TDI: Tolerable Daily Intake</b> (assunzione giornaliera tollerabile)</p> <p><b>PTWI: Provisional Tolerable Weekly Intake</b> (assunzione settimanale tollerabile provvisoria)</p> <p><b>TWI: Tolerable Weekly Intake</b> (assunzione settimanale tollerabile)</p> <p><b>RfD: Reference Dose</b> (assunzione media giornaliera tollerabile per tutta la vita)</p> </div>							



## Bibliografia

- 1) Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food, EFSA Journal 2012; 10(12): 2985
- 2) Evaluation of mercury exposure level, clinical diagnosis and treatment for mercury intoxication, [Ann Occup Environ Med.](#) 2016; 28: 5.
- 3) Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature. Robin A. Bernhoft; J Environ Public Health. 2012; 2012: 460508.
- 4) Mercury Exposure and Children's Health, [Stephan Bose-O'Reilly et al., Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care.](#) 2010 Sep; 40(8): 186–215.
- 5) Banca Dati ISS-INAIL per Analisi di Rischio Sanitario Ambientale, marzo 2015
- 6) Regional Screening Level (RSL) Summary Table, EPA June 2017
- 7) Consolidated table of OEHHA/ARB approved risk assessment health values, OEHHA, March 2016
- 8) Water Quality Criterion for the Protection of Human Health: Methylmercury Final; EPA-823-R-01-001 January 2001
- 9) Mercury (organo) alkyl compounds (as Hg). Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), may1994, last update december 2014.
- 10) Concentration, distribution, and translocation of mercury and methylmercury in mine-waste, sediment, soil, water, and fish collected near the Abbadia San Salvatore mercury mine, Monte Amiata district, Italy; Science of the Total Environment 414 (2012): 318–327
- 11) Long-distance transport of Hg, Sb, and As from a mined area, conversion of Hg to methyl-Hg, and uptake of Hg by fish on the Tiber River basin, west-central Italy, John E. Gray et al.; Environ Geochem Health (2014) 36:145–157
- 12) Mercury levels in agricultural products of Mt. Amiata (Tuscany, Italy). Barghigiani C, Ristori T. Arch Environ Contam Toxicol. Apr 1994; 26(3): 329-34.