Copia anticipata per e-mail

Istituto Superiore di Sanità

00161 Roma

VIALE REGINA EL
TELEGRAMMI: ISTISA
TELEFONO: 06 49
TELEFAX: 06 493
http://www.iss.it

Istituto Superiore di Sanita'
Prot 26/05/2015-0015414
Class: AMPP.IA.12.00 7

N. ....42550 AMPP/IA.12.....
Risposta al Foglio del ....4/12/14.....
N. .....1898/2014.....
Allegati .....

a Associazione nazionale delle autorità o enti di ambito territoriale – ANEA. Via Oderisi da Gubbio, 67, 00146 Roma

FederUtility - Piazza Cola di Rienzo, 80A 00192 - Roma

p.c. Ministero della Salute Direzione Generale della Prevenzione Viale Giorgio Ribotta 5. 00144 – Roma

Regione Toscana. Giunta regionale. Dir. Gen. Diritti Cittadinanza e coesione sociale. V. T. Alderotti, 26N 50139, Firenze

OGGETTO: Richiesta di linee guida in materia di tubazioni interrate in cemento amianto destinate al trasporto di acqua potabile.

In riferimento alla richiesta di pari oggetto, si rappresenta quanto segue.

Premessa

I requisiti di idoneità di un'acqua per il consumo umano, incluso l'utilizzo potabile ed altri impieghi domestici, sono stabiliti dal D. Lgs. 31/2001 e *s.m.i.*, recepimento della Dir. 98/83/CE, in base al quale l'acqua, nei punti in cui è attinta per il consumo umano, deve essere conforme ad una serie di parametri chimici indicati nell'allegato I dello stesso Decreto[1].

I parametri stabiliti nell'allegato I della direttiva rappresentano requisiti minimi di sicurezza, relativi ad un numero relativamente limitato di sostanze chimiche di interesse prioritario per caratteristiche tossicologiche o per diffusione. In aggiunta alle sostanze regolamentate, molteplici elementi e composti chimici, di origine geogenica o antropica rilasciati nelle risorse idriche di origine, prodotti nel corso dei trattamenti dei sistemi idrici, o migrati nelle acque da prodotti e materiali in contatto con esse, laddove non efficacemente rimossi nella filiera di potabilizzazione, potrebbero ritrovarsi nelle acque al punto di consumo e rappresentare dei fattori di rischio per la salute umana[2]. La protezione della qualità delle acque destinate al consumo umano deve quindi essere perseguita anche rispetto a elementi o composti chimici non espressamente considerati nella Direttiva, che possono tuttavia rappresentare potenziali fattori di rischio, in ottemperanza al principio generale secondo il quale le acque destinate al consumo umano "*non contengono microrganismi e parassiti, né altre sostanze, in quantità o concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana*"[3].

---

1 I parametri ed i valori parametrici della dir 98/83/CE, così come il recepimento nazionale di questi, è basato sulle conoscenze scientifiche disponibili, al fine di garantire che le acque possano essere utilizzate e consumate in condizioni di sicurezza nell'intero arco della vita. I valori parametrici individuati sono in genere fondati sugli orientamenti stabiliti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO). I "*guideline values*", o analoghe espressioni di valori di sicurezza per concentrazioni limite di sostanze nelle acque, che comportino un rischio accettabile in seguito ad ingestione nell'arco di una vita del consumatore, sono definiti da organismi scientifici internazionali, in primo luogo la WHO, attraverso processi armonizzati di valutazione del rischio.

2 Si riporta in proposito il considerando (8) della dir 98/83/CE (8) "considerando che, per consentire alle imprese erogatrici di rispettare le norme di qualità per l'acqua potabile, occorre garantire - grazie a idonee misure di protezione delle acque - la purezza delle acque di superficie e sotterranee; che lo stesso scopo si può raggiungere applicando opportune misure di trattamento delle acque prima dell'erogazione;"

3 Rif. art. 4. c. 1, a, dir 98/83/CE, recepito in art. 4, c. 2, a del D.Lgs. 31/2001 e *s.m.i.*

Sulla base della normativa vigente, la ricerca e il controllo di sostanze non normate, tra cui l'amianto, nelle acque da destinare e destinate a consumo umano è responsabilità dell'azienda unità sanitaria locale competente per territorio[4], che è tenuta ad assicurare "*una ricerca supplementare, caso per caso, delle sostanze e dei microrganismi per i quali non sono stati fissati valori di parametro a norma dell'allegato I, qualora vi sia motivo di sospettarne la presenza in quantità o concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana*".

Nella fattispecie di interesse ai fini della richiesta in oggetto "*la fissazione di valori per parametri aggiuntivi non riportati nell'allegato I, qualora ciò sia necessario per tutelare la salute umana in una parte od in tutto il territorio nazionale*" è di competenza statale, da parte del Ministero della Salute di concerto con il Mistero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare; i valori fissati devono, al minimo, soddisfare i requisiti di cui al citato art. 4(2)a, del decreto"[5].

Rilevante nello stesso contesto è anche la recente emanazione a cura di questo Istituto sotto l'egida del Ministero della Salute delle "*Linee guida per la valutazione e gestione del rischio nella filiera delle acque destinate al consumo umano secondo il modello dei Water Safety Plans*"[6].

In relazione a quanto sopra si ritiene utile fornire un'analisi delle conoscenze e della valutazione di rischio in merito all'oggetto.

1. Sintesi delle conoscenze relative all'amianto

1.1 Proprietà, produzione ed uso dell'amianto

Con il termine di amianto o asbesto[7], si vuole indicare una serie di minerali naturali a morfologia fibrosa appartenenti alla classe mineralogica dei silicati.

Nella composizione chimica dei silicati entra costantemente il silicio, che, associandosi ad elementi chimici quali l'ossigeno, l'alluminio, il ferro, il manganese, il magnesio, il calcio e molti altri, dà luogo a numerosi minerali, spesso di composizione complessa. Il motivo strutturale di questa classe di minerali è rappresentato dal gruppo tetraedrico $[SiO_4]^{4-}$.

Di tutta la serie dei minerali di asbesto solamente sei hanno avuto una rilevante importanza tecnologica e commerciale. Questi sei diversi tipi di amianto appartengono al gruppo degli anfiboli ed al gruppo dei serpentini.

La normativa italiana (art. 247 D. Lgs. 81/2008)[8] considera e disciplina come amianto esclusivamente il crisotilo, appartenente al gruppo del serpentino ed i minerali crocidolite (riebeckite fibrosa), grunerite di amianto (amosite), tremolite di amianto, antofillite di amianto e actinolite di amianto, appartenenti al gruppo degli anfiboli.

Comunemente col nome generico di serpentino si indica un fillosilicato di magnesio di cui si distinguono tre strutture polimorfe: la lizardite, l'antigorite e il crisotilo. Il crisotilo (nome che deriva dal greco e significa "fibra d'oro") viene chiamato anche amianto bianco ed è la varietà fibrosa del serpentino[9,10]. Nella struttura cristallina del crisotilo uno strato di ossidi-idrossidi di Mg, disposto a

---

4 Rif. art. 8(3) D.Lgs. 31/2001 e *s.m.i.*

5 Il punto di rispetto della conformità per le acque fornite attraverso una rete di distribuzione è il rubinetto di utenza (art. 5). A garanzia della idoneità al consumo delle acque al punto di utenza, lo stesso Decreto prescrive l'esecuzione di controlli estesi alla filiera di produzione delle acque (art. 6), inclusi i punti di prelievo delle acque superficiali e sotterranee da destinare al consumo umano [art. 6, c.1, a)]; tali controlli devono essere eseguiti dal gestore del servizio idrico (art. 7) e dalle Autorità sanitarie locali, tenendo conto dei risultati del rilevamento dello stato di qualità dei corpi idrici ai sensi del D.L.gs. 152/1999[5] (art. 8, c. 2).

6 Lucentini L, Achene L, Fuscoletti V, Nigro Di Gregorio F, Pettine P (Ed.). *Linee guida per la valutazione e gestione del rischio nella filiera delle acque destinate al consumo umano secondo il modello dei Water Safety Plans.* Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2014. (Rapporti ISTISAN 14/21).

7 Per l'accezione italiana dei termini amianto ed asbesto si fa riferimento a quanto in Enciclopedia Treccani alle rispettive voci (Dizionario delle Scienze Fisiche).

8 Italia. Decreto legislativo 09 aprile 2008, n. 81. Tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Gazzetta Ufficiale – Supplemento Ordinario n. 101 del 30 aprile 2008.

9 IARC (1973). Some inorganic and organometallic compounds. IARC Monogr Eval Carcinog Risk Chem Man, 2: 1–181.

ottaedro, e ossidi di Si, disposti a tetraedro, sono combinati tra loro in modo da produrre una curvatura nella lamina. La lamina incurvandosi tende a formare una struttura tubulare o spirale stretta. Queste strutture tubulari costituiscono l'unità fibrillare base del crisotilo ed il diametro medio della fibra è di circa 25 nanometri (nm). Dal punto di vista morfologico le fibre di crisotilo appaiono circonvolute e flessibili.
La struttura di tutti gli anfiboli consiste di una unità di base costituita da un nastro di cationi coordinati ottaedricamente compresi tra due doppie catene silicatiche, ovvero di una doppia catena di tetraedri di $[Si_4O_{11}]^{6-}$. I legami degli ossidi di Si lungo la catena sono più forti dei legami ionici tra le diverse catene, questo è il motivo per cui gli anfiboli si separano con facilità nel senso della lunghezza. Dal punto di vista morfologico le fibre degli anfiboli, che tendono a raggrupparsi in fasci, presentano una forma aciculare, rigida e rettilinea, con un diametro medio di circa 0,2 micron (µm).
Una caratteristica importante di tutti gli amianti è rappresentata dalla loro struttura interna, tale che da ogni fascio di fibre si possono ottenere fasci più fini (cioè della stessa lunghezza ma di diametro più piccolo). Questa caratteristica li differenzia dalle fibre minerali artificiali (*man-made mineral fibres*, MMMF), come la lana di vetro o di roccia, che invece tendono a fratturarsi trasversalmente dando origine cosi a fibre più corte, ma con lo stesso diametro.
Un'altra caratteristica importante per quel che riguarda i minerali d'asbesto è l'abito. L'abito di un minerale è la forma o morfologia che il cristallo o gli aggregati di cristalli adottano durante la cristallizzazione. Esso dipende sia dalle caratteristiche intrinseche del minerale, come la simmetria del reticolo cristallino, che dalle condizioni presenti durante il suo accrescimento. Molti minerali, come gli anfiboli, possono cristallizzare in un'ampia varietà di abiti (fibroso, asbestiforme, prismatico, ed altri ancora). Un minerale cristallizza con abito fibroso se è composto da fibre separabili. Il termine asbestiforme invece ha un significato più ristretto: il minerale deve assomigliare ad un asbesto, e il suo abito deve possedere una serie di caratteristiche che lo differenziano dagli altri abiti tra cui la struttura fibrillare, la flessibilità e la resistenza delle fibre. Con il termine di fibrille si suole intendere le fibre elementari e singole che presentano un diametro estremamente piccolo. Bisogna tener presente che la descrizione degli abiti cristallini non è rigorosa, alcuni termini si possono sovrapporre, ed alcuni termini possono includerne altri (ad esempio i minerali asbestiformi sono fibrosi ma non tutti i minerali fibrosi sono asbestiformi).
Tutti gli amianti si presentano in natura in fasci di fibre lunghe, estremamente flessibili e facilmente separabili l'una dall'altra[10,11].
In Tabella 1 sono illustrate alcune proprietà chimico fisiche degli amianti e la loro classificazione secondo gli standard internazionali[12].
Per amianto in contesto naturale si intende il minerale così come si presenta nella roccia madre e nei suoi prodotti d'alterazione. I minerali di amianto sono molto diffusi nell'ambiente, soprattutto in aree in cui la roccia madre ha subito processi di metamorfismo[10,13].
Il minerale di amianto più comune è il crisotilo, generalmente rinvenibile come riempimento di fratture o in vene all'interno di formazioni rocciose di serpentino. Si genera per processi di "serpentinizzazione" ed azioni metasomatiche legate a condizioni di dinamometamorfismo intenso. I minerali del serpentino sono generalmente associati con la magnetite e con una varietà di altri minerali ricchi in Mg. Questi minerali accessori includono la tremolite, la clorite, la dolomite, la magnesite, il diopside, il talco e la brucite.
Importanti giacimenti sono presenti nella catena degli Urali, nei monti Appalachi (USA) e in Canada (Quebec), in Afghanistan, Cornovaglia, Cina, Asia, Francia, Norvegia ed Irlanda[14]. In Italia ci sono molte zone, sia appenniniche sia alpine, in cui è possibile rinvenire serpentiniti contenenti crisotilo.

---

10 USGS (2001). Some Facts about Asbestos (USGS Fact Sheet FS-012–01), 4 pp
11 Health and Safety Executive (2005). HSG 248 'Asbestos:The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures'. London: HSE Books
12 NIOSH (2008). Current Intelligence Bulletin (June 2008-Revised Draft) Asbestos and Other Elongated Mineral Particles: State of the Science and Roadmap for Research
13 ATSDR (2001). Toxicological Profile for Asbestos (TP-61).US Dept. of Health & Human Services
14 Virta RL (2006). Worldwide asbestos supply and consumption trends from 1900 through 2003. Reston, VA: US Geological Survery, Circular 1298

Tabella 1. Proprietà chimico fisiche dei minerali amiantiformi e la loro classificazione

Nome Comune	N° CAS	Sinonimi	Minerali analoghi non *asbestiformi*	Formula chimica di massima	Temperatura di decomposizione (°C)	Altre proprietà
Amianto	1332-21-4*	Non specificati		Non specificata		
Minerali del gruppo del Serpentino						
Crisotilo	12001-29-5*	Asbesto; Amianto Bianco	Lizardite, antigorite	$[Mg_3Si_2O_5(OH)_4]_n$	600–850	— Silicati a fogli ricurvi, cavi al centro, — lunghezza del fascio di fibre: da diversi mm a più di 10 cm; — fibre più flessibili di quelle degli anfiboli — assumono carica positiva superficiale e formano una sospensione stabile in acqua — le fibre si degradano in soluzioni di acidi diluiti
— ***Minerali del gruppo degli Anfiboli***						
Crocidolite	12001-28-4*	Amianto blu	Riebeckite	$[NaFe^{2+}{}_3Fe^{3+}{}_2Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	400–900	— Silicati a doppia catena — più corti, fibre più fini rispetto agli altri anfiboli, ma non al livello del Crisotilo — flessibilità delle fibre: da discreta a buona — filabilità: discreta — resistenza agli acidi: buona — meno resistente al calore rispetto alle altre fibre di amianto; — contengono di solito impurezze di natura organica, tra cui bassi livelli di IPA — assumono carica negativa superficiale in acqua
Amosite	12172-73-5*	Amianto bruno	Grunerite	$[(Mg,Fe^{2+})_7Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	600–900	— Silicati a doppia catena — fibre dritte, lunghe e grezze — flessibilità della fibra: notevole — resistenza agli acidi: notevole — possono essere più ricchi in ferro che in magnesio — assumono carica negativa superficiale in acqua
Antofillite	17068-78-9*	Ferroanto-fillite	Antofillite	$[(Mg, Fe2+)_7 Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	NR	— Silicati a doppia catena — fibre estremamente fragili — resistenza agli acidi: eccellente — sono presenti piuttosto raramente come impurezza nei depositi di talco — assumono carica negativa superficiale in acqua
Actinolite	12172-67-7*	Non specificati	Actinolite	$[Ca_2(Mg,Fe^{2+})_5 Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	NR	— Silicati a doppia catena — fibre fragili — nessuna resistenza agli acidi — si presentano sia in forma *amiantiforme* che *non-amiantiforme* — sono derivati ferro-sostituiti della tremolite — si trovano come contaminanti nei depositi di amosite — assumono carica negativa superficiale in acqua
Tremolite	14567-73-8*	Acido silicico; e relativo sale di calcio e magnesio (8:4)	Tremolite	$[Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	950–1040	— Silicati a doppia catena — fibre fragili; — resistenti agli acidi — si presentano sia in forma *amiantiforme* che *non-amiantiforme* — si trovano come contaminanti nei depositi di *crisotilo* e *talco* — assumono carica negativa superficiale in acqua

*** identificati come *amianto* nel registro CAS; NR, non riportata; IPA: Idrocarburi Policiclici Aromatici**

Gli amianti di anfibolo sono rinvenibili in formazioni di relativa minore entità più o meno diffuse sulla superficie terrestre, e la loro composizione chimica è funzione dell'ambiente di formazione[15]. I principali giacimenti degli anfiboli fibrosi si trovano in Sud-Africa, Australia, Cina, India e Russia.
Inoltre, fibre di amianto possono essere presenti in altri materiali come contaminante. Ne è un esempio la tremolite fibrosa, frequentemente presente come impurezza nei depositi di vermiculite e talco. In particolare per quanto riguarda il talco - minerale di elevata rilevanza industriale - è possibile rinvenire modeste quantità di fibre di tremolite, antofillite e actinolite.

L'amianto viene estratto come materia prima da miniere e cave che, nella maggior parte dei casi, si presentano a cielo aperto; tuttavia esistono alcune miniere in cui il minerale viene estratto in profondità. Solo il crisotilo, l'amosite e la crocidolite hanno avuto nel tempo una notevole importanza industriale, mentre i rimanenti minerali di amianto sono stati usati saltuariamente.
In Tabella 2 è riportata una sintesi di dati di produzione ed uso di amianto nel mondo.
L'impiego industriale dell'amianto ha avuto origine circa nel 1880, con l'inizio dello sfruttamento dei giacimenti di crisotilo in Quebec (Canada), per poi incrementare gradualmente nei successivi 50 anni e raggiungere la quota totale di poco meno di 5 milioni di tonnellate estratte nel 1930. Il picco di produzione mondiale è stato raggiunto negli anni '70 del secolo scorso, con più di 5 milioni di tonnellate estratte nel 1975 in 25 paesi produttori e lavorate in 85 paesi[10,16].
Per tutto il ventesimo secolo il maggior produttore di crisotilo è stata l'ex Unione Sovietica con circa il 50% della produzione annua mondiale, seguita dal Canada e dallo Zimbawe. Per quanto riguarda l'amianto anfibolico (crocidolite ed amosite) i maggiori Paesi produttori sono stati il Sud Africa e l'Australia.
Secondo recenti stime dell'*US Geological Survey*, la produzione mondiale di amianto nel 2007 è stata di 2,20 milioni di tonnellate, registrando un lieve incremento rispetto ai 2,18 milioni di tonnellate prodotti nel 2006. Quest'ultimo quantitativo è stato prodotto, per il 96% del totale, da sei paesi tra cui spicca la Federazione Russa (925.000 tonnellate), seguita dalla Repubblica Popolare Cinese (360.000 tonnellate), dal Kazakistan (300.000 tonnellate), dal Brasile (227.304 tonnellate), dal Canada (182.000 tonnellate) e dallo Zimbawe (100.000 tonnellate)[17].
I dati indicano anche come il picco d'impiego sia stato raggiunto in passato nei paesi dell'Europa Nord-Occidentale, nell'Oceania e nell'America Centro-Settentrionale. I maggiori tassi di consumo di amianto sono stati registrati in Australia (5,1 kg pro capite/anno negli anni 1970), Canada (4,4 kg pro capite/anno negli anni 1970), e in diversi paesi dell'Europa Nord-Occidentale (Danimarca: 4,8 pro capite/anno negli anni 1960; Germania: 4,4 kg pro capite/anno negli anni 1970; e Lussemburgo: 5,5 kg pro capite/anno negli anni 1960).
Le proprietà dell'asbesto sono molteplici tra cui l'essere ignifugo, refrattario e resistente ad abrasione-usura e relativamente ad agenti chimici e biologici. E' fonoassorbente ed è anche isolante termoelettrico. E' l'unico minerale naturale che può essere annodato e filato, ha affinità per gomme, resine e cemento. Tali proprietà, associate alla grande disponibilità in natura, ai bassi costi di estrazione, all'elevata flessibilità e leggerezza proprie della sua natura fibrillare, lo hanno reso per molto tempo un materiale molto conveniente nell'economia industriale mondiale.
Ad oggi sono note più di 3000 applicazioni e tipologie di prodotti di amianto e/o contenenti amianto[13]. I prodotti hanno trovano impiego in un vasto ambito di applicazioni, tra cui: isolamento termico ed elettrico, manufatti cementizi, pavimentazioni, materiali sottoposti ad attrito (es. frizioni e freni automobilistici, bronzine), filati, guarnizioni e giunti a tenuta stagna[10,13,18].
Il settore industriale in cui l'amianto è stato maggiormente utilizzato è stato sicuramente quello dell'edilizia. Circa l'80% dei consumi mondiali si registrava nell'industria delle costruzioni, dove veniva impiegato principalmente sotto forma di prodotti di cemento-amianto (AC).

---

[15] Virta RL (2002). Asbestos: Geology, Mineralogy, Mining, and Uses (Open-File Report 02–149). Reston, VA: US Geological Survey, pp. 28 [http://pubs.usgs.gov/of/2002/of02-149/of02-149.pdf]

[16] Nishikawa K, Takahashi K, Karjalainen A et al. (2008).Recent mortality from pleural mesothelioma, historical patterns of asbestos use, and adoption of bans: a global assessment. Environ Health Perspect, 116: 1675–1680. doi:10.1289/ehp.11272 PMID:19079719

[17] Virta RL (2008). 2007 Minerals Yearbook – Asbestos [Advance Release]. Reston, VA: US Geological Survey, pp. 7

[18] NTP (2005). NTP 11th Report on Carcinogens. Rep Carcinog, 111–A32. PMID:19826456.

L'Italia non ha fatto eccezione con oltre il 75% di prodotti in AC. I dati relativi ai principali consumi di amianto nei diversi settori industriali in ambito nazionale sono riportati in Tabella 3.
I prodotti in AC comprendono lastre piane e ondulate per coperture, lastre per rivestimenti esterni ed interni, condotte e componenti usati per giunti, raccordi e canalature per il drenaggio delle acque piovane, tubazioni destinate a lavorare a diverse pressioni o usate per il trasporto di acqua o per sistemi di irrigazione e drenaggi.
L'amianto e i suoi prodotti sono banditi in tutti gli Stati Membri dell'Unione Europea, inclusi i Membri degli stati dell'Europa Orientale, a decorrere dal 1 Gennaio 2005[19] .

Tabella 2: *Consumo di amianto in Kg pro capite/anno per Nazione/macroarea e anno di entrata in vigore del divieto di produzione e di impiego di nuovi manufatti contenenti amianto.*

[1] I valori in tabella sono la media aritmetica dei valori dei singoli stati: Austria, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Islanda, Lussemburgo, Olanda, Norvegia, Regno Unito, Spagna, Svezia.
[2] Valori in tabella sono la media aritmetica dei valori dei singoli stati: Croazia, repubblica Ceca, Ungheria, Polonia, Romania, Lituania.
[3] I valori in tabella sono la media aritmetica dei valori dei singoli stati: Canada, Cuba, Messico, Stati Uniti.
[4] I valori in tabella sono la media aritmetica dei valori dei singoli stati: Argentina, Brasile, Cile, Ecuador, Uruguay

Nazione / macroarea	impiego medio di amianto (Kg *pro-capite* / anno)						Anno di entrata in vigore del divieto di produzione e di utilizzo di nuovi manufatti
	Anni 1950	Anni 1960	Anni 1970	Anni 1980	Anni 1990	Anni 2000	
Europa Occidentale[1]	1,78	2,81	2,77	1,22	0,34	0,02	1983 (Islanda) 1984 (Norvegia) 1986 (Danimarca, Svezia) 1990 (Austria) 1992 (Finlandia) 1993 (Germania) 1994 (Olanda) 1996 (Francia) 1999 (Regno Unito) 2002 (Lussemburgo, Spagna)
Europa Orientale[2]	0,52	0,99	1,96	1,77	0,97	0,26	1997 (Polonia) 2005 (Ungheria, Rep.Ceca, Lituania) 2007 (Romania) produzione e uso ancora consentiti (Croazia)
Nord e Centro America[3]	1,71	1,83	1,93	1,10	0,69	0,33	produzione e uso ancora consentiti
Sudamerica[4]	0,06	0,58	0,74	0,67	0,48	0,23	2001 (Argentina, Brasile, Cile) 2002 (Uruguay) produzione e uso ancora consentiti (Ecuador)
Israele	3,13	2,87	1,23	0,78	0,44	0,02	produzione e uso ancora consentiti
Giappone	0,56	2,02	2,92	2,66	1,81	0,46	2004
Australia	3,24	4,84	5,11	1,82	0,09	0,03	2003
Nuova Zelanda	2,05	2,56	2,90	1,00	0,00	0,00	produzione e uso ancora consentiti

[19] EU (1999). Commission Directive 1999/77/EC of 26 July 1999. Official Journal of the European Communities.[L207/18 – L207/20]

Tabella 3: *Consumo di amianto in Italia per diversi settori industriali (espresso in migliaia di tonnellate) (fonte: ISPESL http://www.ispesl.it/amianto/amianto/caratter/consumi.doc e riferimenti ivi citati).*

SETTORE INDUSTRIALE	1973		1978		1983		1988	
Amianto-cemento: materiali edili, tubi	118,0	85%	119	72%	74,5	66%	-	72%
Materiali di attrito	4,0	2,9%	4,3	2,6%	n.r.		-	10%
Prodotti per isolamento anche spruzzati	0,8	0,6%	n.r.		n.r.		-	
Carta, feltri, filtri, cartoni	7,2	5,2%	5,0	3,0%	n.r.		-	3%
Guarnizioni	2,8	1,4%						
Tessili	4,80	2,9%	4,2	2,5	n.r.		-	3%
Pavimenti e pannelli in plastica	1,0	0,7%	15,0	9,1%	n.r.		-	3%
Plastiche stampate	2,0	0,7%	1,5	0,9%	n.r.			
Altri	-	-	16,0	9,7%	n.r.		-	9%
TOTALE	139,0		165,0		112,6		-	100%

n.r.= nessuna rilevazione

1.2 Cenni normativi sull'utilizzo di amianto in Italia

Nel 1992, con la legge n. 257, l'Italia ha messo al bando l'amianto, secondo un programma di dismissione di durata biennale, in base al quale, alla data del 28 aprile 1994, veniva vietata l'estrazione, l'importazione, la commercializzazione e la produzione di amianto e di tutti i prodotti contenenti amianto. Il provvedimento non si limitava a sancire la messa al bando dell'amianto, ma costituiva una vera e propria legge-quadro che prendeva in esame la complessa tematica dell'amianto nella sua interezza, affrontando i problemi di maggior rilievo connessi alla presenza nell'ambiente di prodotti di amianto tipica di quel periodo storico.
Successivamente, la legge 426 del 9 dicembre 1998 ha introdotto una deroga al divieto limitatamente ad alcune particolari applicazioni. La norma, oltre a ribadire la cessazione dell'impiego dell'amianto, ha affrontato alcuni problemi considerati particolarmente rilevanti ai fini della tutela della salute pubblica, connessi alla presenza nell'ambiente di prodotti di amianto liberamente commercializzati ed installati in precedenza.
Nell'ambito delle disposizioni previste dalla legge, il Ministero della Salute ha emanato il Decreto 14 maggio 1996 in cui sono stati riportati valutazioni ed indirizzi comportamentali riguardanti anche la questione delle acque in contatto con prodotti in cemento-amianto, in particolare in Allegato 3 "Criteri per la manutenzione e l'uso di tubazioni e cassoni in cemento-amianto destinati al trasporto e/o deposito di acqua potabile". Tale decreto evidenzia che studi internazionali su popolazioni esposte per via orale a concentrazioni di fibre di amianto variabili da 1×10^6 a 200×10^6 fibre/litro di acqua potabile non hanno fornito chiare evidenze di una associazione fra eccesso di tumori gastrointestinali e consumo di acqua potabile contenente fibre di amianto.

1.3 Esposizione alle fibre e profilo tossicologico

La via inalatoria e quella orale sono le principali vie di esposizione per l'uomo all'amianto, come indicato anche nella valutazione più recente dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) - 2012[20]. Per poter interpretare correttamente i dati tossicologici ed epidemiologici risulta fondamentale considerare le capacità delle fibre di amianto di penetrare nell'organismo attraverso le diverse vie di esposizione ed esplicare il loro effetto.

[20] IARC WHO. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (2012) Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts. http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C.pdf

Nel 1986 l'OMS indicò come 'pericolose' tutte le fibre di amianto con lunghezza >5 µm, diametro <3 µm e rapporto dimensionale lunghezza/diametro >3[21,22,23]. La pericolosità relativa all'inalazione delle fibre dipende dal grado di penetrazione nelle vie respiratorie a sua volta dipendente dalle dimensioni delle fibre: quelle a diametro aerodinamico minore (funzione della geometria e della densità della fibra) sono suscettibili di penetrare più a fondo nell'albero bronchiale fino agli alveoli[24]. Le fibre sono definite respirabili, ovvero in grado di giungere nella zona alveolare dell'albero respiratorio, quando abbiano diametro inferiore a 3 µm[25,26], che nel caso del crisolito corrisponde ad un diametro aerodinamico di circa 10 µm. Le particelle di diametro maggiore, che si depositano nelle vie aree superiori (nasali e tracheo-bronchiali), possono essere eliminate attraverso il trasporto mucociliare dell'epitelio. Riguardo alla lunghezza, è anche opinione diffusa che fibre di lunghezza superiore a 200-250 µm siano troppo grandi per depositarsi nei polmoni e quindi non respirabili a tutti gli effetti.
I tre fattori principali che concorrono a determinare la pericolosità degli amianti per via inalatoria sono:

- forma e dimensioni, che condizionano respirabilità e deposizione;
- "*clearance*" e ritenzione, che determinano la biopersistenza, rilevante per gli effetti a lungo termine;
- composizione chimica e reattività di superficie, che condizionano una serie di reazioni chimiche, che si ritiene possano contribuire agli effetti tossici delle fibre.

Forma e dimensioni e, in particolare, il rapporto lunghezza/diametro determinano la capacità delle fibre di raggiungere gli spazi alveolari e l'attitudine ad esservi ritenute in forma non modificata: un elevato rapporto di allungamento consente un buon allineamento della fibra con la corrente e quindi una penetrazione polmonare più profonda. Numerosi studi hanno individuato una relazione tra dimensione e forma della fibra e induzione di effetti tossici, nota come ipotesi di *Stanton*, per cui fibre lunghe e sottili risultano le più pericolose.
Le fibre respirabili possono depositarsi sia per sedimentazione sull'epitelio alveolare che per impatto ai siti di biforcazione dell'albero bronchiale, ma anche per incastro della punta della fibra sulla parete epiteliale. Le fibre depositate nelle vie aeree distali e negli alveoli, possono essere rimosse per fagocitosi ad opera dei macrofagi alveolari: la rapidità di rimozione dipende dalla lunghezza delle fibre: quelle più corte (<5 µm, spesso risultato di rottura o modifica chimica di fibre più grandi) sono eliminate più velocemente delle fibre più lunghe. Si ritiene che i macrofagi non siano in grado di fagocitare efficientemente fibre aventi una lunghezza pari o superiore al loro diametro (7-14 µm), perfettamente compatibile con il diametro degli alveoli polmonari umani (circa 14–25 µm). Le fibre lunghe provocano una fagocitosi "frustrata" con conseguente danneggiamento della membrana citoplasmatica dei macrofagi e liberazione del contenuto lisosomiale. Ciò induce un complesso ciclo ingestione – re-ingestione delle fibre da parte dei macrofagi, che provoca un'infiammazione persistente con conseguente danneggiamento delle cellule epiteliali.
Le fibre considerate avere l'impatto maggiore per la salute sono quelle lunghe e sottili (con diametro < 1.5 µm e lunghezza maggiore di 8 µm).
La biopersistenza, definita come la capacità delle fibre a permanere inalterate una volta depositate sull'epitelio polmonare, dipende oltre che dalla dimensione e forma della fibra, anche da composizione chimica, area superficiale, caratteristiche di superficie. Studi effettuati su un certo numero di differenti fibre minerali hanno mostrato una relazione tra la solubilità *in vivo* delle fibre e la

---

21 World Health Organization. Asbestos and other natural mineral fibres . Geneva: WHO; 1986.(Environmental Health Criteria, No. 53).

22 National Research Council. Asbestiform fibers: nonoccupational health risks. Washington, DC:National Academy Press: 1984.

23 Commins BT. The significance of asbestos and other mineral fibres in environmental ambient air. Maidenhead: Commins Associates, Pippins, Altwood Close; 1985.

24 Rif. nota 18.

25 Stanton MF, Layard M, Tegeris A, Miller E, May M, Morgan E, Smith A. Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestoses and other fibrous minerals. J Natl Cancer Inst 1981;67:965-75.

26 International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Man-made vitreous fibres. Volume 81. Lyon: WHO and IARC; 2002.

loro composizione chimica, ed un aumento del potenziale di tossicità delle fibre al diminuire della loro solubilità.
Un ulteriore fattore che concorre a determinare la capacità delle fibre di asbesto di indurre effetti tossici è la composizione mineralogica del solido (presenza di altri minerali, spesso in forma fibrosa), in termini sia di composizione chimica delle fibre che di caratteristiche della loro superficie. Numerosi studi hanno mostrato che la reattività di superficie delle fibre di amianto gioca un ruolo fondamentale nelle complesse reazioni chimiche che avvengono nelle interazioni tra le fibre e le strutture biologiche. Le proprietà di superficie influenzano il trasferimento delle fibre nei diversi compartimenti biologici, l'attivazione delle cellule dei macrofagi e la fagocitosi (ad esempio il rilascio di alcune specie radicaliche, mediato dalla presenza di Fe sulla superficie, incrementa l'*uptake* delle fibre di asbesto da parte delle cellule epiteliali tracheali).
Si evince pertanto che il meccanismo alla base della tossicità dell'amianto prevede una complessa interazione tra le fibre minerali e i *target* cellulari, basata su estensione e reattività della superficie della fibra, la sua dimensione e la biopersistenza.
Le fibre depositate possono penetrare negli spazi interstiziali da dove vengono traslocate alla pleura, al peritoneo o in distratti corporei più distanti. L'accumulo delle fibre nel tessuto polmonare, nella pleura e nei linfonodi è stata dimostrata in soggetti esposti professionalmente per inalazione a fibre di amianto. La via di traslocazione a distretti distanti dal polmone per indurre effetti in siti distanti dal punto di iniziale contatto (es: induzione di tumori ovarici) non è nota, anche se il coinvolgimento della vie linfatiche per le fibre di amosite è stato dimostrato in sperimentazioni animali.

Mediante studi *in vivo* su roditori esposti cronicamente a fibre di amianto (principalmente crisotilo) per inalazione, è stata dimostrata una correlazione tra lunghezza e biopersistenza delle fibre con infiammazione, fibrosi interstiziale, cancro al polmone e mesotelioma maligno. Nella maggior parte dei casi è stata dimostrata anche una correlazione tra la comparsa di fibrosi e il tumore al polmone. (NB: si osservi che anche nell'uomo l'esposizione ad amianto causa una specifica fibrosi polmonare, l'asbestosi; i soggetti asbestosici hanno un'elevata incidenza di tumori polmonari e mesoteliomi in quanto l'asbestosi richiede una elevata esposizione cumulativa ad amianto. Tuttavia l'eccesso di rischio per entrambi questi tumori si manifesta anche in soggetti con esposizioni cumulative ad amianto meno elevate, che non hanno la potenzialità di causare l'asbestosi).
Lo stesso tipo di effetti (fibrosi e tumore polmonare), con chiara dose-dipendenza, è stato evidenziato anche a seguito di esposizioni per istillazione intratracheale, o iniezioni intrapleuriche e intraperitoneali (vie non rappresentative della esposizione umana e perciò poco utili nella valutazione dei rischi).
Il meccanismo alla base della cancerogenicità dell'amianto prevede una complessa interazione tra le fibre minerali e i *target* cellulari. Le principali caratteristiche chimico-fisiche associate ai danni polmonari sono la estensione e reattività della superficie della fibra, la sua dimensione e la biopersistenza.
Sono stati proposti vari meccanismi (desunti da studi meccanicistici *in vitro* e da test tossicologici *in vivo* su animali) tra cui: infiammazione cronica mediata dalla produzione di fattori di crescita come il TNF-alfa e di specie radicaliche dell'ossigeno, con conseguente danno al DNA; danni al DNA diretti dovuti ad una interazione fisica della fibra con gli acidi nucleici; induzione di proliferazione cellulare a seguito dei fenomeni sopra elencati, causa di tumore attraverso meccanismi di tipo epigenetico. Un'altra ipotesi prevede che le fibre agiscano da *carrier* per il trasporto di cancerogeni chimici. I meccanismi sono schematizzati nelle figure seguenti tratte dalla Monografia IARC pubblicata nel 2012[27].

[27] Rif. nota 20.

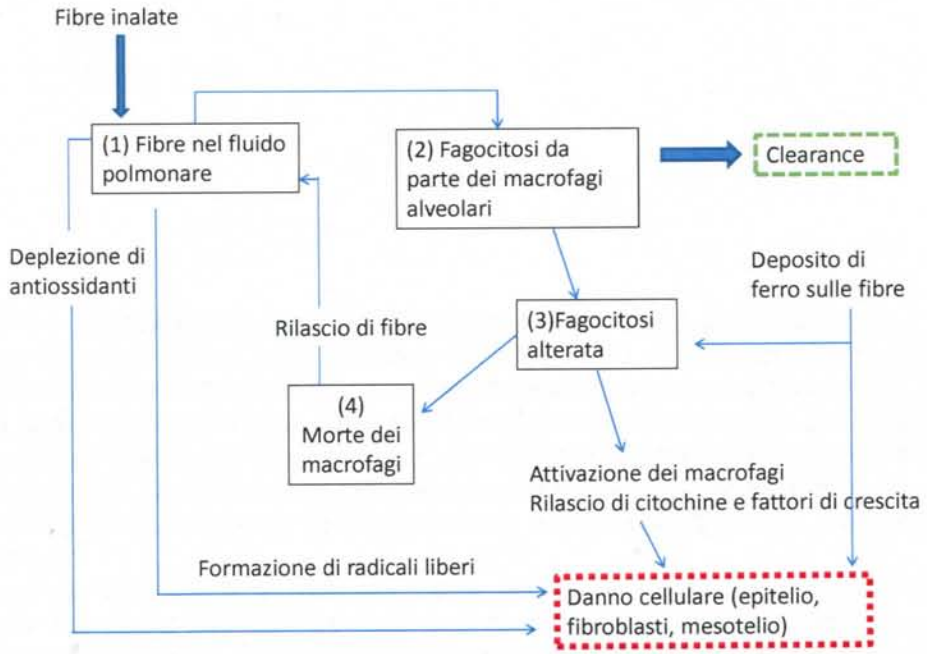

Figura 1. Schema dei processi da cui dipende il danno cellulare polmonare

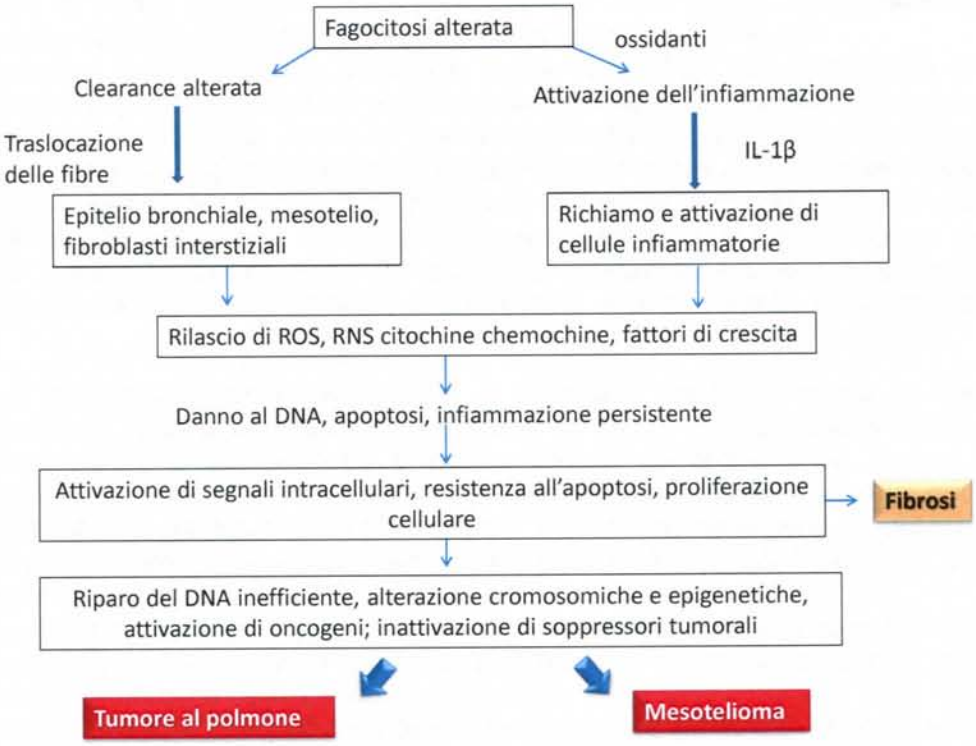

Figura 2. Meccanismi di induzione del tumore al polmone e del mesotelioma

I dati disponibili sugli animali trattati per inalazione con fibre di amianto forniscono una chiara evidenza di proprietà fibrogeniche e cancerogene in vari siti (inclusi stomaco e intestino). Tuttavia i dati degli studi tossicologici non sono adeguati ad una valutazione quantitativa dei rischi per l'uomo, a causa di relazioni dose-risposta non ben definite a seguito di inalazione e incertezze legate alla

estrapolabilità dei dati ottenuti sugli animali all'uomo, a causa delle differenze di specie nella deposizione alveolare delle fibre inalate.

Per quanto riguarda il rischio relativo all'esposizione per via orale, ovvero per ingestione di fibre contenute in acqua potabile, a fronte di numerose ricerche che hanno investigato la problematica, non è stato dimostrato in maniera chiara che l'ingestione di fibre di amianto possa dar luogo a degenerazioni cellulari precancerose, né è certo che essa accresca il rischio di neoplasie del tratto gastro-enterico.
Le fibre di amianto sono state somministrate a roditori in test di cancerogenesi, in molti studi condotti negli anni '80, ma nessuno di essi ha evidenziato aumento di tumori negli animali trattati.
Gli studi più rappresentativi sono stati condotti dal *National Toxicology Program*[28]: fibre di crisotilo, crocidolite, e amosite più tremolite non fibrosa sono state somministrate a ratti e criceti nella dieta. Inizialmente furono esposte femmine gravide (1% nella dieta), successivamente furono trattati i piccoli per *gavage* (intubazione gastrica) alla dose di 0.47 mg/g acqua prima dello svezzamento, poi nella dieta (1%): una dose stimata essere circa 4 ordini di grandezza più elevata della plausibile esposizione umana attraverso l'acqua da bere. Dopo analisi istopatologica dell'intero tratto intestinale non furono evidenziate lesione infiammatorie, preneoplastiche e/o neoplastiche. Nessuna alterazione fu osservata anche in: mesentere, linfonodi mesenterici, trachea, laringe e polmoni. L'unica osservazione nei vari studi fu relativa ad un modesto aumento (9/250 contro 0/85, $p = 0.08$) nell'incidenza di polipi adenomatosi (quindi di natura benigna) nel crasso, associato all'esposizione a fibre di crisolito di media lunghezza nei ratti maschi (ma non nelle femmine), pur senza alcuna lesione preneoplastica nell'epitelio circostante. L'assenza di lesioni infiammatorie e di fibrosi interstiziale supporta la scarsa capacità delle fibre di amianto di penetrare l'epitelio intestinale; resta anche da stabilire se il passaggio attraverso l'ambiente gastrico e intestinale permetta alle fibre di amianto di mantenere forma, dimensioni e soprattutto le proprietà di superficie che sono i fattori principali da cui deriva la loro tossicità a livello polmonare.
Esiste anche uno studio per somministrazione intragastrica, in cui 100 mg di crisotilo sono stati somministrati mediante una capsula perforata applicata chirurgicamente a ratti albini. Lo studio evidenzia la formazione di tumori in 18/75 animali (adenomi, adenocarcinomi, carcinomi dello stomaco), ma la stessa IARC nella sua valutazione più recente[29] esprime dubbi sul disegno dello studio e sulla significatività della somministrazione di una dose esageratamente elevata.

Gli studi disponibili sia nell'uomo che in animali sperimentali non permettono di valutare l'*uptake*, la distribuzione e l'escrezione di fibre di crisotilo a seguito di esposizione orale, anche se l'evidenza suggerisce che le penetrazione delle fibre di crisotilo della parete intestinale, se c'è, è estremamente limitata.

1.4 Contaminazione ambientale

La presenza sul territorio nazionale di cave e miniere, di discariche (sia controllate che abusive), di siti contaminati, la movimentazione di rocce e terreni contenenti amianto, nonché le azioni di

[28] NTP (1983). NTP Lifetime Carcinogenesis Studies of Amosite Asbestos (CAS No. 12172–73–5) in Syrian Golden Hamsters (Feed Studies). Natl Toxicol Program Tech Rep Ser, 249: 1–81.
NTP (1985). NTP Toxicology and Carcinogenesis Studies of Chrysotile Asbestos (CAS No. 12001–29–5) in F344/N Rats (Feed Studies). Natl Toxicol Program Tech Rep Ser, 295: 1–390.
NTP (1988). NTP Toxicology and Carcinogenesis Studies of Crocidolite Asbestos (CAS No. 12001–28–4) In F344/N Rats (Feed Studies). Natl Toxicol Program Tech Rep Ser, 280: 1–178.
NTP (1990a). NTP Toxicology and Carcinogenesis Studies of Amosite Asbestos (CAS No. 12172–73–5) in F344/N Rats (Feed Studies). Natl Toxicol Program Tech Rep Ser, 279: 1–341.
NTP (1990b). Toxicology and Carcinogenesis Studies of Chrysotile Asbestos (CAS No. 12001–29–5) in Syrian Golden Hamsters (Feed Studies). Natl Toxicol Program Tech Rep Ser, 246: 1–390.
NTP (1990c). NTP Toxicology and Carcinogenesis Studies of Tremolite (CAS No. 14567–73–8) in F344/N Rats (Feed Studies). Natl Toxicol Program Tech Rep Ser, 277: 1–183

[29] Vedi nota 20

rimozione, trasporto e stoccaggio (provvisorio e definitivo) possono causare una dispersione delle fibre di amianto con conseguente contaminazione delle matrici ambientali aria, terra ed acqua.
Le fibre di amianto possono essere immesse nell'atmosfera da sorgenti naturali e/o antropiche.
L'azione degli agenti atmosferici sulle rocce contenenti amianto è la prima fonte di emissione naturale, sebbene non sia definibile una stima specifica dei quantitativi[30]. Nell'ambito delle sorgenti, va considerata la notevole presenza sul territorio di manufatti contenenti amianto (MCA); che con l'uso e l'invecchiamento tendono a rilasciare fibre in ambiente. E' pertanto necessario controllare nel tempo lo stato di degrado e valutare l'eventuale rischio per l'ambiente circostante (sia esso *indoor* o *outdoor*).
La concentrazione di fibre aerodisperse, in prossimità di queste possibili sorgenti, può essere anche di alcuni ordini di grandezza superiore al fondo ambientale. Per tale motivo queste aree di potenziale diffusione devono essere attentamente considerate ed eventualmente monitorate.
Data la valenza di sito-specificità della contaminazione, la concentrazione di amianto in atmosfera è variabile a seconda della tipologia del sito e delle condizioni ambientali, fatta salva l'armonizzazione delle tecniche analitiche di prelievo ed analisi.
I livelli tipici di concentrazione di fibre aerodisperse in aree rurali sono 10 fibre/m^3 mentre in aree urbane si misurano in genere concentrazioni circa 10 volte più elevate[31]. In ambienti indoor, l'aria contiene livelli variabili di fibre di amianto nel *range* 30–6000 f/m^3, a seconda della tipologia di MCA e delle condizioni di mantenimento.
La contaminazione del suolo, se non è di origine naturale, è soprattutto imputabile alla presenza di rifiuti contenenti amianto illecitamente stoccati[32].
La contaminazione degli acquiferi superficiali e sotterranei ha generalmente origine dall'erosione e dal dilavamento di rocce circostanti contenenti amianto, oppure (ma non è generalmente il caso italiano) può essere causata dallo scarico dei reflui delle lavorazioni industriali[33].

Per quanto riguarda la presenza di fibre di amianto nell'acqua potabile condottata, dovuta a fenomeni di erosione/corrosione di tubature in cemento-amianto, una serie di studi statunitensi ha evidenziato che i livelli di concentrazione possono raggiungere i 10–300 milioni f/L; tuttavia in molte forniture di acqua potabile la concentrazione di amianto risulta essere inferiore a 1000 f/L, anche nelle zone con depositi di amianto o con cemento-amianto nei tubi di adduzione dell'acqua[34]. Diversi studi hanno anche evidenziato che un elevato numero di fibre è misurabile subito dopo l'istallazione di nuove tubature o a seguito di eventi di manutenzione per poi decrescere rapidamente. Una ricerca effettuata in Giappone ha mostrato che le fibre presenti nell'acqua potabile a seguito di fenomeni di erosione delle tubature in cemento-amianto sono generalmente di dimensioni diverse rispetto a quelle considerate 'pericolose' per inalazione (diametro maggiore e lunghezza inferiore)[35].
Le valutazioni in merito all'uso domestico di acqua contenente fibre di amianto (es: per lavaggio di indumenti, operazioni di pulizia di pavimenti o superfici) come potenziale vettore di contaminazione dell'ambiente *indoor* fanno fondamentalmente riferimento ad un unico studio in cui le concentrazioni medie di fibre aerodisperse determinate in 3 abitazioni servite da acqua contenente elevate quantità di fibre di amianto (> 20 milioni di fibre litro, MFL) sono state confrontate con quelle di 3 abitazioni usate come controllo[36]. I risultati hanno evidenziato che la concentrazione media di fibre nelle abitazioni servite da acqua contenente elevate quantità di fibre di amianto era 5 volte più elevata

---

30 Vedi nota 13.
31 Vedi nota 13.
32 Vedi nota 13.
33 Vedi nota 13.
34 John K Fawell Asbestos cement drinking water pipes and possible health risks review for DWI Report for Contract 70/2/135
35 Saitoh K, Takizawa Y, Muto H, Hirano K. (1992) [Concentration and form of asbestos fibres in tap drinking water contaminated from a water supply pipe with asbestos cement] In Japanese. Nippon Eiseigaku Zasshi, 47(4): 851-860. Citato in Asbestos cement drinking water pipes and possible health risks review for DWi Report for Contract 70/2/135 (John K Fawell)
36 Webber JS, Syrotynski S, King MV. Asbestos-contaminated drinking water: its impact on household air. Environmental research, 1988, 46:153-167.

(1.7 ng/m^3) rispetto a quella delle 3 abitazioni di controllo (0.31 ng/m^3), ma comunque comprese nel *range* di concentrazioni misurate da altri autori in ambienti *indoor*. Questa considerazione, insieme al numero piuttosto limitato di misure effettuate nello studio e alla concentrazione delle fibre in acqua molto elevata, non permette di trarre conclusioni definitive. E' comunque da sottolineare come la maggior frazione dimensionale di fibre presenti risultava quella con una lunghezza inferiore al micron (< 1 µm), che, se inalate, come sopra riportato, sono da considerarsi meno 'pericolose' rispetto a fibre sottili e lunghe.

E' stato inoltre riportato che il rilascio di fibre in aria può essere considerato trascurabile quando acqua contenente 40 ± 10 milioni di fibre/L era utilizzata in un umidificatore convenzionale, condizione sicuramente peggiore per alla possibile formazione di aerosol (e conseguentemente di fibre aerodisperse) rispetto alle normali condizioni di uso domestico dell'acqua[37].

I due studi di cui sopra sono stati considerati nelle valutazioni di rischio relativamente alla presenza di amianto nelle acque potabili (con specifico riferimento al potenziale apporto di amianto aeriforme per tramite di acque potabili) in sede OMS, e come supporto decisionale di organismi regolatori internazionali (cfr. sez. 2.1).

1.5 Evidenze epidemiologiche sugli effetti dell'esposizione ad amianto attraverso l'acqua potabile

Secondo la valutazione dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro[38], nell'uomo vi è evidenza sufficiente che l'esposizione ad amianto causi asbestosi, mesotelioma (della pleura, del peritoneo, del pericardio, della tunica vaginale del testicolo) e tumore del polmone, della laringe e dell'ovaio; vi è inoltre evidenza limitata per i tumori di faringe, stomaco e colon-retto. La valutazione IARC poggia su un'amplissima serie di studi epidemiologici relativi ad esposizioni professionali e ambientali, sempre per via inalatoria. La Monografia IARC[39] dedica anche una specifica trattazione agli studi relativi a popolazioni che utilizzavano acque con alte concentrazioni di amianto (per un dettagliato esame dei quali si rinvia al recente documento del Gruppo Regionale Amianto della Regione Toscana[40]), ma senza poterne trarre indicazioni di natura causale[41], in relazione al loro esiguo numero, all'inadeguatezza dei disegni di studio adottati, all'eterogeneità dei protocolli utilizzati e alla mancanza di coerenza fra i risultati disponibili.
Più nel dettaglio, alcuni studi ecologici[42] (che non permettono di identificare una relazione causa-effetto, ma solo di fornire indicazioni di possibili correlazioni), condotti nel periodo 1960-1980 negli Stati Uniti e in Canada suggerivano un'associazione tra fibre di amianto in forniture di acqua potabile (sia per contaminazione antropica che per inquinamento naturale delle sorgenti) con i tassi di cancro dello stomaco della popolazione servita da quelle acque; tuttavia i livelli espositivi non sono definiti (o per lo meno riportati) in modo preciso. Tra il 1982 e il 2005 sono stati pubblicati 3 studi sempre negli USA[43], di cui uno studio caso-controllo, che non hanno evidenziato correlazione tra

---

37 Meranger JC, Reid WW, Davey ABC. The transfer of asbestos from water to air via a 4 portable drum-type home humidifier. Canadian journal of public health, 1979, 70:276-278. 7. Chatfield EJ, Dillon MJ. A national survey for asbestos fibres in Canadian drinking water.

38 Vedi nota 20

39 Vedi nota 20

40 Regione Toscana – Giunta Regionale. Direzione generale diritti di cittadinanza e coesione civile. La presenza di amianto nelle acque destinate a consumo umano (rif. prot. ISS 12466 04.05.2015)

41 Marsh GM (1983). Critical review of epidemiologic studies related to ingested asbestos. *Environ Health Perspect*, 53: 49–56; Cantor KP (1997). Drinking water and cancer. *Cancer Causes Control*, 8: 292–308

42 Conforti PM, Kanarek MS, Jackson LA *et al.* (1981). Asbestos in drinking water and cancer in the San Francisco Bay Area: 1969–1974 incidence. *J Chronic Dis*, 34: 211–224; Levy BS, Sigurdson E, Mandel J et al. (1976). Investigating possible effects of asbestos in city water: surveillance of gastrointestinal cancer incidence in Duluth, Minnesota. *Am J Epidemiol*, 103: 362–368; Wigle DT (1977). Cancer mortality in relation to asbestos in municipal water supplies. *Arch Environ Health*, 32: 185–190.

43 Polissar L, Severson RK, Boatman ES, Thomas DB (1982). Cancer incidence in relation to asbestos in drinking water in the Puget Sound region. *Am J Epidemiol*, 116: 314–328; Howe HL, Wolfgang PE, Burnett WS *et al.* (1989). Cancer incidence following exposure to drinking water with asbestos leachate. *Public Health Rep*, 104: 251–256; Browne

esposizione a fibre di amianto in acqua potabile e cancro allo stomaco e al colon. Le concentrazioni nelle acque delle fibre di amianto riportate erano superiori al milione/L.
Uno studio ha esaminato l'incidenza di cancro dello stomaco nei custodi di fari in Norvegia, per i quali l'approvvigionamento di acqua potabile da acqua piovana e il suo stoccaggio avveniva utilizzando strutture di cemento amianto che rilasciavano fibre[44]. Il Rapporto standardizzato di incidenza per il cancro dello stomaco nel totale della coorte era di 1,6 (IC 95%: 1,0-2,3). Nella sottocoorte con esposizione definita all'amianto, era 2,5 (IC 95%: 0,9-5,5) e, con riferimento ai soli soggetti esposti ad amianto e seguiti per almeno 20 anni, 1,7 (IC 95%: 1,1-2,7). Lo stesso studio, per quanto riguarda il cancro del colon, mostrava un Rapporto Standardizzato di Incidenza di 2,5 (IC 95%: 0,9-2,2) per l'intera coorte, di 0,8 (IC 95%: 0,1-2,9) nella subcoorte con accertata esposizione ad amianto, e 1,6 (IC 95%: 1,0-2,5) fra gli esposti seguiti per almeno 20 anni.
Le concentrazioni nelle acque delle fibre di amianto riportate erano comprese tra 1,7 a 71 milioni/L (con picchi anche pari a >1 miliardo/L) senza alcuna caratterizzazione delle fibre per forma dimensione e indicazioni mineralogiche. Possibili fattori confondenti (dieta, fumo, esposizione occupazionale pregressa) non sono stati controllati.

Si può avere esposizione orale anche quando le dimensioni (specialmente il diametro aerodinamico) delle particelle inalate non permettono la respirabilità.
Per quanto sia possibile riferirsi agli studi di coorte e caso controllo per soggetti esposti per motivi occupazionali ad amianto aerodisperso riportati nella Monografia 100 della IARC[45] relativi a tumori dell'apparato digerente, bisogna comunque considerare che le caratteristiche delle fibre contenute in acque destinate al consumo umano sono per dimensioni (sia lunghezza che diametro) diverse da quelle derivanti da altre fonti e generalmente con pericolosità inferiore una volta inalate (vedi quanto riportato nel paragrafo 1.2). Tale riferimento rappresenta perciò un 'caso peggiore'. Una meta-analisi di 42 studi di coorte dell'IOM del National Academy of Science (2006), relativa all'associazione tra amianto e cancro dello stomaco rileva che la "*maggioranza delle coorti riporta un rischio relativo aumentato sebbene la solidità delle stime vari considerevolmente*" e senza alcuna relazione dose-risposta.
La IARC rielaborando i dati e confrontando gli SMR per cancro al polmone con gli SMR per il cancro dello stomaco nelle stesse coorti ha trovato un'associazione positiva e statisticamente significativa (coefficiente di determinazione r^2=0.6623; r=0,81). Analogamente un'associazione positiva e statisticamente significativa è stata osservata tra esposizione/indicatori di rischio per i tumori delle vie respiratorie con il tumore del colon-retto (coefficiente di determinazione r^2=0.5895; r=0,77).

Tuttavia, oltre alle suddette osservazioni relative alle differenze nelle dimensioni delle fibre aerodisperse originate dall'uso di acque destinate al consumo umano, nel prendere in considerazione gli effetti dovuti all'esposizione orale a seguito di deglutizione di fibre non respirabili, deve essere considerato il possibile fattore confondente dovuto alla contemporanea traslocazione delle fibre inalate agli organi distali al polmone. Le fibre infatti sono in grado, una volta inalate, di essere trasportate, presumibilmente attraverso il circolo linfatico, in sedi lontane dal polmone, inducendo tumori.
La mancata evidenza di correlazione tra esposizione orale e tumori di stomaco e intestino è inoltre compatibile con l'assenza di fibrosi dell'epitelio del tratto gastro-intestinale, per cui il riferimento all'induzione di tumori distali rispetto al polmone in seguito a studi inalatori è debole.

ML, Varadarajulu D, Lewis-Michel EL, Fitzgerald EF. (2005) Cancer incidence and asbestos in drinking water, Town of Woodstock, New York, 1980-1998. *Environ Res.* 98:224-32.

[44] Andersen A, Glattre E, Johansen BV. (1993) Incidence of cancer among lighthouse keepers exposed to asbestos in drinking water. *Am J Epidemiol.* 138:682-7; Kjarheim K, Ulvestad B, Martinsen JI, Andersen A (2005). Cancer of the gastrointestinal tract and exposure to asbestos in drinking water among lighthouse keepers (Norway). *Cancer Causes Control*, 16: 593–598

[45] Vedi nota 20

2. Lo stato dell'arte in Europa

2.1 Valori guida per le acque potabili e soglia di contaminazione per acque sotterranee.

Per quanto riguarda la pericolosità dovuta all'ingestione dell'amianto attraverso il consumo di acque, un primo documento di riferimento internazionale prodotto dall'OMS evidenziava la notevole disponibilità di studi epidemiologici e tossicologici in materia sottolineando, nel contempo, che, accertata la cancerogenicità dell'amianto per via inalatoria, i dati non indicavano potenziale cancerogeno correlabile ad ingestione di acque contenenti anche elevati livelli di amianto (dell'ordine del milione di fibre/L). Si concludeva pertanto che, in mancanza di evidenze di pericolosità per la salute riferite ad ingestione di amianto, non risultava necessario stabilire alcun valore guida sanitario per l'amianto nelle acque destinate al consumo umano. Tale posizione è stata ribadita più di recente in un dossier dell'OMS di revisione del rischio dovuto ad amianto nelle acque potabili, ripresa nell'edizione delle Linee guida del 2004 e revisioni successive (addenda)[46] e confermata nella versione corrente delle Linee Guida del 2011[47]. La valutazione OMS[48] prende anche in specifica considerazione il rischio di rilascio di presenza di amianto aeriforme veicolato attraverso le acque potabili (rif. sez. 1.4, note 34-37)[49].

Conformemente alla posizione espressa dall'OMS, l'Europa, con le direttive 88/778/CEE e, più di recente con la Direttiva 98/83/CE sulla qualità delle acque potabili, non ha ritenuto opportuno introdurre un valore parametrico per tali fibre minerali e di conseguenza anche il relativo recepimento nazionale (Decreto Legislativo 31/2001) non ha previsto alcun valore limite. Sulla base delle informazioni disponibili, la revisione della Direttiva 98/83, ancora in fase di elaborazione, non prevede l'inserimento dell'amianto tra i parametri oggetto di monitoraggio .

In ambito europeo è anche da menzionare la Risoluzione del Parlamento europeo del 14 marzo 2013 sulle minacce per la salute sul luogo di lavoro legate all'amianto e le prospettive di eliminazione di tutto l'amianto esistente. La risoluzione contiene specifiche esortazioni all'UE per l'uso di modelli di monitoraggio delle fibre di amianto nelle acque potabili e valutazioni in merito ai rischi per la salute umana correlati alla ingestione di amianto attraverso le acque potabili.

Il *Safe drinking water committee* della *National Academy of Sciences* statunitense ha stimato, basandosi su studi tossicologici *in vivo*, un rischio tumorale per l'uomo associato a consumo di acque potabili contenenti una concentrazione di circa $7x10^6$ fibre/litro nell'ordine di 1 caso addizionale di tumore gastrointestinale ogni 100.000 abitanti[21]. Su tali basi, l'Agenzia per la protezione ambientale statunitense (USEPA) ha stabilito un *limite massimo di contaminazione* (*maximum contaminant level*, MCL) in acque destinate al consumo umano di 7 milioni di fibre di lunghezza superiori a 10 μm[50], avvertendo sul potenziale rischio di sviluppo di polipi intestinali benigni a seguito di esposizioni prolungate a concentrazioni superiori ai 7 MFL.

Ad integrazione di quanto sopra, è anche da considerare che, nell'ambito del D.Lgs. 152/2006 e *s.m.i.*, non è stato definito un valore soglia di contaminazione per acque sotterranee sebbene sia indirettamente richiamato l'attuale valore USEPA, sopra indicato.

---

[46] Nella prima edizione delle Linee guida per la qualità dell'acqua potabile WHO, pubblicato nel 1984, si valutava che i dati disponibili non risultavano sufficienti per determinare se un valore di riferimento fosse necessario per l'amianto. Nella seconda edizione delle Linee Guida WHO (1993) si concludeva che non vi era alcuna prova consistente che l'amianto assunto per ingestione fosse pericoloso per la salute e che non vi era necessità di stabilire un valore guida per l'amianto. La valutazione del rischio era stata originariamente condotta nel 1993 ed aggiornata dieci anni più tardi (rif. nota 48).

[47] World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality*. 4th Edition. Geneva: WHO; 2011.

[48] WHO/SDE/WSH/03.04/02. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality Asbestos in Drinking-water. WHO, 2003. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/asbestos.pdf, e riferimenti ivi citati.

[49] Viene in particolare indicato che il rilascio di fibre dalle tubazioni riguarda in generale il primo periodo di esercizio delle condutture e/o il contatto con acque aggressive. La corrente edizione delle linee guida WHO 2011 (rif. nota 47) considera specificamente anche che "Limited data indicate that exposure to airborne asbestos released from tap water during showers or humidification is negligible"

[50] EPA, Technical factsheet on asbestos, http://1.usa.gov/lUXiEG

2.2 Informazioni disponibili per altri paesi europei

Questo Istituto ha di recente condotto una indagine informale sulle valutazioni ed azioni intraprese in diversi Stati membri in merito al potenziale rischio da amianto in acque potabili. Una sintesi dei dati raccolti[51], presentata anche di recente da esperti di questo Istituto nel corso del Meeting of the EC Expert Group under Directive 98/83/EC (18 dicembre 2014), evidenzia che:

- in nessuno dei paesi è in vigore un valore di parametro per amianto nelle acque destinate a consumo umano o sono indicati valori di riferimento/raccomandati;
- ca. il 25% dei paesi per cui si hanno dati ha elaborato una mappatura delle tubazioni in cemento amianto, non risultano dati per il 33% dei paesi, per il 42% i dati sono parziali;
- nel 92% dei casi non sono in atto attività di monitoraggio, nei restanti casi sono raccolti dati su base sito-specifica;
- per nessun paese sono, allo stato, in atto specifiche iniziative in merito alla Risoluzione del Parlamento Europeo.

3 Possibile scenario di contaminazione di acque potabili in distribuzione in Italia

In Tabella 4 sono illustrati alcuni valori relativi alla presenza di fibre di amianto in acque destinate al consumo umano in Italia.

L'analisi dei dati evidenzia una carenza generale di informazioni, riconducibile all'esiguo numero di campagne di monitoraggio effettuate, per cui è difficile trarre conclusioni esaustive. In tale contesto, le concentrazioni di amianto rinvenute nelle acque potabili in distribuzione risultano, ad oggi, abbastanza eterogenee, con valori compresi tra non rilevate e più di centomila fibre/litro.

Un confronto con dati disponibili in altri Paesi evidenzia, in linea generale, che le concentrazioni riscontrate ad oggi in Italia risultano di almeno un ordine di grandezza inferiori al valore guida EPA di 7 MFL[52,53] e non confrontabili con i valori di gran lunga più elevati rilevati in Nord America e Canada[54,55].

In Italia, le principali sorgenti di contaminazione delle acque da parte di fibre d'amianto possono essere ricondotte ad un:

- *inquinamento naturale*, quando le acque di sorgente o di fiume scorrono in bacini costituiti da formazioni geologiche contenenti mineralizzazioni ad amianto;
- *inquinamento da siti industriali dismessi*, che è generalmente prodotto dallo scarico in laghi e fiumi di acque di dilavamento nei pressi di cave, attività estrattive o siti industriali in cui vi è ancora presenza di amianto e/o MCA;
- *inquinamento da parte dei tubi in cemento-amianto* delle acque condottate per cessione di amianto.

La presenza di fibre di amianto nella rete idrica dell'acqua potabile nazionale potrebbe essere ricondotta allo stato delle condutture in cemento-amianto poste in opera nei decenni passati a seguito del trasporto di acque particolarmente aggressive[56], a lavori di manutenzione della rete e/o al danneggiamento delle tubazioni.

---

[51] elaborazione per12 paesi, tra cui l'Italia, che hanno fornito dati.

[52] S.Buzio, G.Pesando, G.M.Zuppi, *Hydrogeological study on the presence of asbestos fibres in water of Northern Italy;* Water Research, Volume 34, Issue 6, 1 April 2000, Pagg. 1817–1822.

[53] F.Capuano, A.Fava, T. Bacci, O. Sala, F.Paoli, V.Biancolini, E.Motta; *La ricerca di amianto nelle acque potabili*; Ecoscienza, Numero 3, Anno 2014, Pagg. 54-55.

[54] Toft P., Wigle D., Meranger J.C., Mao Y., *Asbestos and drinking water in Canada.* Sci Tot.Environ., 1981; 18:77-89.

[55] Webber J.S., Covey J.R., *Asbestos in water.* CRC Crit. Rev. Environ. Control, 1991; 21(3,4): 331-371.

[56] Per *aggressività* dell'acqua si intende la sua capacità di alterare la matrice cementizia di materiali in cemento-amianto, causandone il rilascio delle fibre nel circuito della distribuzione (cfr. Circolare del Ministero della Sanità 1° Luglio 1986 n°42. *Indicazioni esplicative per l'applicazione dell'ordinanza ministeriale 26 giugno 1986 relativa alle restrizioni all'immissione sul mercato ed all'uso della crocidolite e di taluni prodotti che la contengono.* GU n°157 del 9/7/1986).

Tabella 4 ***Alcuni dati di monitoraggio sulla presenza di amianto in acque potabili in distribuzione***

Regione	Comune	N° campioni	Intervallo di valori (fibre/L)	Periodo	Riferimento
Emilia Romagna	Bologna	416	N.R. (93% campioni) – 2550	1998-2013	(1)
Emilia Romagna	Modena	58	N.R. - 130.000	2006-2013	(1)
Emilia Romagna	Carpi	50	N.R. - 105.780	2014-2015	(2)
Toscana	-	50	N.R. – 4	2014- 2015	(3)
Piemonte	Torino	5	N.R.	1998	(4)
Marche	Senigallia	-	N.R. - 2680	2013	(5)

(1) Sito web Arpa Emilia Romagna; (2) Sito Web AIMAG S.p.A.(3) Sito web AIT Autorità idrica Toscana; (4) S.Buzio, G.Pesando, G.M.Zuppi, *Hydrogeological study on the presence of asbestos fibres in water of Northern Italy* Water Research, 34, 6 (2000). (5) Fiorenzuolo G. Moroni V. et al. *Evaluation of the quality of drinking water in Senigallia (Italy), including the presence of asbestos fibres, and of morbidity and mortality due to gastrointestinal tumors.* Ig Sanità Pubblica 2013; 69: 325 – 339 N.R. = Non Rilevabile

Fenomeni di cessione di fibre da parte delle tubazioni possono verificarsi fondamentalmente pe fessurazione a seguito di azioni meccaniche sia naturali che antropiche e/o solubilizzazione della matrice cementizia.
Le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua che scorre nei tubi risultano di fondamentale importanza; infatti i danni alle tubazioni dipendono soprattutto dalla natura aggressiva dell'acqua, che è funzione del pH, dell'alcalinità totale e della durezza calcica. Altri parametri importanti sono la temperatura, l'ossigeno disciolto, i solidi sospesi, il tenore in solfati e cloruri, la turbolenza e la velocità di flusso.
Qualora il tubo si mantenga integro, non esiste un rischio significativo di cessione di fibre di amianto all'acqua condottata, specialmente in quei casi in cui, sempre a causa delle caratteristiche chimiche dell'acqua, si formi uno strato protettivo di carbonato di calcio sulla superficie interna del tubo.

3.1 Metodi di analisi

In merito agli esami da effettuare per monitorare un acquedotto con tubature in cemento-amianto, in primo luogo è importante verificare lo stato di conservazione/manutenzione delle reti idriche. Per quanto riguarda più specificatamente l'acqua, è importante misurare l'indice di aggressività della stessa (I.A.), come indicato nella Circolare del Ministero della Sanità n. 42 dell'1/8/1986 (G.U. n.157, 9/7/1986).
L'Istituto ha istituito un Gruppo di Studio tecnico-scientifico composto da esperti di vari Istituti ed Enti per la messa a punto di un metodo analitico standardizzato e condiviso che abbia un alto livello di affidabilità per il campionamento e l'analisi delle fibre di amianto nelle acque potabili. Il documento, rilasciato in revisione 0, è inserito in Allegato 1, e potrà essere oggetto di revisione e di verifica di efficacia a seguito di aggiornamenti normativi, nuove evidenze scientifiche e della individuazione di modalità operative che perseguano i medesimi obiettivi di tutela della salute.

4 Conclusioni

Come risulta dal IV Rapporto del Registro Nazionale dei Mesoteliomi[57] si verificano annualmente in Italia circa 1500 nuovi casi di questa patologia, in maggioranza causata da esposizioni professionali. Per circa il 10% della casistica è accertata o sospettata una fonte di esposizione all'amianto. Si tratta in tutti i casi di esposizioni di tipo inalatorio. Secondo la III Consensus Conference sul Mesotelioma Maligno (Bari, 29-30 gennaio 2015) "*la presenza di amianto in acqua è oggetto di preoccupazione crescente per la popolazione perché può essere causa di ingestione e di aerodispersione successiva all'evaporazione. L'acqua destinata al consumo umano è in parte*

[57] link: http://www.inail.it/internet/default/INAILcomunica/ListaPubblicazioni/p/DettaglioPubblicazioni/index.html?wlpnew Page_contentDataFile=UCM_PORTSTG_115148&wlpnewPage dettaglioDaArchivio=true&_windowLabel=newPage

trasportata in Italia da condotte in cemento amianto da quasi un secolo. Si stima che l'estensione della rete idrica nazionale costruita con questo materiale potrebbe avere una lunghezza totale di circa 80 mila chilometri. L'acqua contaminata può aumentare il livello di fondo di fibre aerodisperse nei locali serviti. Attualmente non vi sono segnalazioni che questo possibile inquinamento sia stato causa di sviluppo di mesoteliomi."[58]

Va inoltre considerato che l'esposizione ad amianto per via inalatoria è causa, oltre che dei mesoteliomi, di un numero di casi annui di carcinoma polmonare dello stesso ordine di grandezza[59,60], nonché di un numero di casi di tumori della laringe e dell'ovaio allo stato attuale delle conoscenze non stimabili .

Molteplici sono in Italia le sorgenti acclarate di fibre di amianto aerodisperse, e non sono in atto interventi sistematici di mitigazione dell'esposizione su tutto il territorio. In questo quadro, questo Istituto, non ritiene che vada annesso carattere di priorità, in termini sanitari, a interventi a tappeto sulle tubature per l'acqua potabile, al fine di ridurre la potenziale cessione all'acqua di fibre di amianto.

In tale contesto, sulla base delle informazioni disponibili sul profilo tossicologico della sostanza in oggetto aggiornato alle più recenti evidenze e in relazione alle vie di esposizione, sui dati di epidemiologia ambientale rilevati, sullo scenario di contaminazione ad oggi definito e sulle possibili misure di prevenzione e mitigazione del rischio nella filiera idro-potabile, si ritiene di indicare le seguenti considerazioni conclusive, per quanto di competenza:

- non esiste un valore limite su base normativa per fibre idro-disperse di amianto. L'esame della letteratura e le più recenti valutazioni dell'OMS indicano infatti che non sussiste necessità di fissare un valore guida sanitario per l'amianto nelle acque destinate al consumo umano, stanti le attuali conoscenze; in accordo, organizzazioni di riferimento internazionali (quali le più recenti Linee guide Canadesi ed Australiane) ed altri Stati Membri Europei non raccomandano valori *health-based* o concentrazioni soglia, anche per fini di monitoraggio; il valore di riferimento attualmente considerato a livello internazionale è stato stabilito in sede EPA in 7×10^6 f/L;
- non sussiste ad oggi obbligo di monitoraggio della concentrazione di fibre di amianto nell'acqua potabile, fatte salve specifiche prescrizioni stabilite dalla ASL competente in base all'art. 8(3) del D.Lgs. 31/2001 e s.m.i., come parametro di ricerca supplementare in seguito ad una valutazione del rischio;
- in corrispondenza di opere di manutenzione che si rendano necessarie sulle reti, si ribadisce la necessità di procedere a sostituzioni di sezioni di impianti della filiera idro-potabile contenenti amianto con materiali a norma del DM 174/2004.

La valutazione e gestione dei rischi rispetto al parametro amianto nella filiera idro-potabile dovrebbe essere basata sui criteri di *water safety plans* (piani di sicurezza dell'acqua) introdotti dall'OMS, raccomandando a tal fine l'implementazione delle Linee Guida di recente emesse da questo Istituto[61]. Specifici elementi da tenere in considerazione in tale contesto sono, tra l'altro:

- potenziale presenza di amianto nelle risorse idriche all'origine;
- presenza di tratti di rete in materiali contenenti amianto, caratteristiche strutturali e condizioni delle reti stesse, potenziali eventi in grado di aver causato o di poter causare cedimenti strutturali o lesioni dell'integrità dei materiali contenenti amianto a contatto con le acque destinate al consumo umano (ad esempio alluvioni con possibili smottamenti di terreni interessati da passaggi di condotte, eventi simici, impatti o pressioni di altra natura come la sussistenza di carichi stradali sovrastanti tratti di condotte interrate, ecc.);

---

58 In press.

59 Darnton AJ et al. Estimating the number of asbestos-related lung cancer deaths in Great Britain from 1980 to 2000. Ann. Occup. Hyg 2006;50:29-38.

60 McCormack V. et al. Estimating the asbestos-related lung cancer burden from mesothelioma mortality. Br. J

61 Lucentini L, Achene L, Fuscoletti V, Nigro Di Gregorio F, Pettine P (Ed.). Linee guida per la valutazione e gestione del rischio nella filiera delle acque destinate al consumo umano secondo il modello dei Water Safety Plans. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2014. (Rapporti ISTISAN 14/21).

- caratteristiche chimico fisiche, in particolare pH ed aggressività, delle acque condottate, ma anche tenore in solfati e cloruri; ogni altra informazione desunta con sopralluoghi ed interventi di manutenzioni sulle reti, in particolare rispetto alla capacità incrostante delle acque;
- eventuali dati di monitoraggio in periodi pregressi.

Si segnala anche che in sede OMS e CE è stata posta dall'Italia l'attenzione alla necessità di una rivisitazione dello stato delle conoscenze sulla valutazione di rischio che possa eventualmente presiedere a revisione dei criteri adottabili a livello europeo su parametri nelle acque potabili, ed in tale contesto potrebbe essere considerato anche l'eventuale aggiornamento rispetto all'amianto, anche in considerazione della risoluzione del Parlamento Europeo del 2013. Dalle informazioni disponibili a questo Istituto la CE sta avviando i lavori nell'ambito dell'*expert group*, in seno al comitato di cui all'art. 12 dir 98/83/CE, anche mediante un accordo formale in fase di finalizzazione con l'OMS.

Sulla base di tali considerazioni, in applicazione dei dettami dell'art. 4(2)a, del D.Lgs. 31/2001 e s.m.i., questo Istituto:

- non ritiene che, allo stato, sussistano i requisiti di necessità per indicare un valore di parametro per l'amianto nelle acque destinate a consumo ai sensi dell'art. 11(1)b dello stesso decreto diverso da quello già indicato dall'EPA in 7×10^6 fibre/litro;
- ritiene opportuno precisare, sulla base delle conoscenze attuali e delle conclusioni a cui sono giunti enti internazionali di riferimento, che la situazione non deve essere percepita come un rischio incombente per la salute pubblica, né per quanto riguarda l'eventuale dose di fibre ingerita, né per la concentrazione eventualmente trasferita dalla matrice acqua alla matrice aria;
- sottolinea, d'altra parte, l'attenzione alla prevenzione dei rischi da esposizione ad amianto aerodisperso sia dei lavoratori che effettuano manutenzione e/o sostituzione delle tubazioni della rete idrica sia della popolazione generale potenzialmente esposta durante i predetti lavori;
- raccomanda comunque che, anche nell'ambito dell'applicazione di piani di sicurezza delle acque, sia condotta da parte dei sistemi di gestione idro-potabili, nelle circostanze in cui le autorità regionali e locali ne ravvisino necessità, una valutazione della potenziale presenza di amianto nelle acque potabili; in tali contesti, ove necessario, è da considerare anche la pianificazione di un monitoraggio per valutare la presenza e/o la concentrazione di fibre di amianto nelle acque potabili adottando criteri condivisi di controllo sito-specifici, e metodologie standardizzate, al fine di evidenziare eventuali variazioni anomale, come base decisionale sull'opportunità di definire possibili misure di controllo/mitigazione dell'esposizione,
- si rende disponibile a supportare i sistemi di gestione idro-potabili per un processo di valutazione di eventuali dati acquisiti nel corso di monitoraggi sul territorio nazionale, al fine di una possibile definizione di valori di riferimento utili ad evidenziare valori anomali su base territoriale. La stessa base dati potrebbe altresì essere condivisa a livello europeo per il medesimo obiettivo.

L'Istituto continua a mantenere elevata l'attenzione ad ogni eventuale aggiornamento delle conoscenze scientifiche e/o delle raccomandazioni emanate a livello internazionale che possa presiedere ad una ridefinizione delle misure di gestione del rischio in relazione alla potenziale presenza di amianto nelle acque destinate al consumo umano.

Si resta a disposizione per ogni altra eventuale richiesta in merito.

Il Direttore del Dipartimento di Ambiente e
Connessa Prevenzione Primaria

Loredana Musmeci

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

METODO DI ANALISI PER LA DETERMINAZIONE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DELLA CONCENTRAZIONE DI FIBRE DI AMIANTO IN ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO CON LA TECNICA DELLA MICROSCOPIA ELETTRONICA A SCANSIONE (SEM)

Sottocommissione del Comitato permanente di Studio sulle Acque del Ministero della Salute (ex art. 9 DM 26 marzo 1991)

Sottogruppo di lavoro "Amianto"
Coordinatore: Biagio Maria Bruni ISS (Roma)

Bacci T.	*ARPA Emilia Romagna*
Somigliana A.B.	*ARPA Lombardia*
Campopiano A.	*INAIL*
Prandi S.	*ARPA Liguria*
Crispino A.	*ARPA Basilicata*
Martinelli C.	*ARPA Veneto*
Cavariani F.	*ASL Viterbo CRA Lazio*
Carai A.	*ASL Viterbo CRA Lazio*
Trova C	*ARPA Piemonte*
Bologna L.	*ARPA Piemonte*
Scancarello G.	*USL 7 Siena*
Nasci D.	*Gruppo HERA*
Silvestri S.	*ISPO*
Fornaciai G.	*Esperto*
Bucci S.	*ARPA Toscana*

METODO DI ANALISI PER LA DETERMINAZIONE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DELLA CONCENTRAZIONE DI FIBRE DI AMIANTO IN ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO CON LA TECNICA DELLA MICROSCOPIA ELETTRONICA A SCANSIONE (SEM)
ISS.EAA.000

1. Obiettivo e principio del metodo.

Il presente metodo analitico ha come obiettivo principale quello di definire le modalità di esecuzione per la determinazione della concentrazione di fibre di amianto presenti nelle acque destinate al consumo umano.
Allo stato attuale non esiste in Italia un limite di legge su questo parametro.
Il presente metodo è dunque uno strumento per garantire un monitoraggio omogeneo a livello nazionale in grado di realizzare un controllo nel tempo dei livelli di concentrazione.
Questo metodo analitico è da applicare alle sole acque potabili e specifica le modalità di prelievo, di traporto, di conservazione, di preparativa, di analisi ed in ultimo di elaborazione del dato che ogni laboratorio di analisi dell'amianto deve essere in grado di fornire per quanto riguarda la concentrazione di fibre di amianto nelle acque potabili.
Il metodo si basa sull'individuazione, caratterizzazione e conteggio, tramite l'impiego della sola tecnica di Microscopia Elettronica a Scansione (SEM) integrata da microanalisi a raggi X a dispersione di energia (EDS).
Il documento potrà essere oggetto di revisione e di verifica di efficacia a seguito di aggiornamenti normativi, nuove evidenze scientifiche e della individuazione di modalità operative che perseguano i medesimi obiettivi di tutela della salute.

2. Metodo di campionamento e modalità di conservazione.

Per ogni punto di prelievo, è necessario campionare una quantità di liquido che permetta di massimizzare il volume da filtrare, avendo a disposizione una quantità residua dello stesso per l'eventuale ripetizione dell'analisi. Si consiglia il prelievo di 4 litri di acqua.
Il prelievo ed il trasporto del campione dovrà essere effettuato in idonei contenitori in plastica in modo da non alterare il dato finale dell'analisi.
Giunti in laboratorio, i contenitori vanno conservati in frigorifero ad una temperatura compresa tra +1 °C e +5 °C. Un'idonea conservazione del campione rallenta i cambiamenti fisici, chimici e biologici che iniziano dal momento del prelievo e che durano fino alla fase della filtrazione.
Per quanto attiene i tempi massimi intercorrenti tra il prelievo e l'analisi è raccomandabile eseguire sempre la filtrazione sui campioni, il più presto possibile dopo la raccolta.

3. Apparecchiature ed attrezzature.

3.1. Attrezzatura per il prelievo

3.1.1. contenitori da circa 5 litri in plastica, con chiusura ermetica.

3.2. Attrezzatura per la filtrazione

3.2.1. pompa da vuoto;
3.2.2. sistema di filtrazione per acque per filtri di diametro di 25 o 47 mm;
3.2.3. filtri in esteri misti di cellulosa con porosità elevata (5-8) da utilizzare, se necessario, come sottofiltro per garantire una superficie di filtrazione omogenea (diametro in funzione al sistema di filtrazione);
3.2.4. filtri in policarbonato con porosità da 0.8 μm (diametro in funzione al sistema di filtrazione).

3.3. Attrezzatura per la preparativa del campione

3.3.1. porta-campione (stub) in alluminio o grafite;
3.3.2. biadesivo idoneo;
3.3.3. contenitori per filtri (cassette).

3.4. Strumenti per analisi

3.4.1. Microscopio Elettronico a Scansione (SEM) – modalità alto vuoto;
3.4.2. spettrometro a raggi X a dispersione di energia;
3.4.3. metallizzatore e/o carbonatore.

4. Reagenti e prodotti per le prove.

4.1. Standard di amianto

4.2. Alcool etilico

5. Procedura.

5.1. Filtrazione del campione.

Sulla base delle caratteristiche dell'acqua e sul tipo di sistema di filtrazione che il laboratorio utilizza (ovvero sul diametro effettivo del filtro) si decide un adeguato volume di campione da filtrare tenendo ben presente che è raccomandabile filtrare circa 2 ml/mm^2 (quindi circa 0.5 L per sistemi di filtrazione da 25 mm, 2 L per sistemi da 47 mm di diametro). Il campione prima della filtrazione dovrà essere opportunamente agitato. Per favorire la filtrazione è possibile aggiungere all'acqua alcool etilico filtrato in concentrazione dell'ordine dell'1%.
Nel caso in cui durante questa fase non si riuscisse a filtrare tutto il volume voluto a causa di un intasamento del filtro o se il filtro, dopo la filtrazione, ad un semplice esame (visivo o mediante stereo microscopio) risultasse troppo carico si consiglia di filtrare un quantitativo inferiore di liquido.
Per assicurare un'uniformità di distribuzione del particolato sul filtro si sottolinea che la filtrazione deve avvenire in regime di flusso laminare.

5.2. Preparativa del filtro.

Come da DM 6/9/94 all. 2 B le fasi di preparazione del filtro sono:
5.2.1. asciugatura;
5.2.2. eventuale partizione del filtro;
5.2.3. montaggio del filtro sullo stub (portacampione per SEM);
5.2.4. metallizzazione/carbonatura del campione.
Tutti i dati relativi alla preparazione del campione devono essere annotati su apposito registro.
Tutte queste fasi dovranno essere effettuate entro 48 ore dal prelievo. I campioni, conservati parecchi giorni anche in frigorifero, potrebbero sviluppare una microflora che impedisce una successiva lettura chiara al SEM.

5.3. Parametri strumentali.

Per ottenere una buona analisi del filtro l'operatore dovrà impostare e regolare una serie di parametri che influenzano la visibilità e la microanalisi.
Generalmente questi parametri sono:

- voltaggio di accelerazione (VA), risulta soddisfacente un voltaggio compreso tra 15 e 30 kV;
- distanza di lavoro, legata ad un adeguato all'angolo di take-off del detector EDX;
- diametro del raggio elettronico.

Mentre altri parametri come:

- l'allineamento del raggio,
- l'astigmatismo,
- il contrasto e la luminosità dello schermo,

vengono di volta in volta impostate dall'operatore per permettere un'adeguata visibilità tale da consentire l'individuazione di fibre aventi almeno diametro 0.2 μm.

5.4. Metodo di conteggio delle fibre.

L'analisi è condotta in conformità a quanto riportato sul DM 6/9/94 allegato 2B con le seguenti modifiche:

- l'analisi deve essere condotta ad un ingrandimento non inferiore a 4000X;
- sono contate tutte le fibre di amianto con lunghezza > 5 μm e con aspect-ratio > 3;
- sono contate anche le fibre con diametro superiore a 3 μm;
- vanno contate tutte le fibre in contatto con particelle di qualsiasi dimensione;
- devono essere annotate la lunghezza e il diametro di tutte le fibre di amianto trovate, insieme alle caratteristiche morfologiche (fascio, fibra, aggregato, altro).

Anche per il conteggio delle fibre si adottano le indicazioni riportate sul DM 6/9/94 allegato 2 B con le seguenti eccezioni:

- gli aggregati (o raggruppamenti) fibrosi in cui le fibre sono orientate casualmente devono essere comunque sempre segnalati, inoltre:
  - se le fibre all'interno dell'aggregato risultano essere sufficientemente distinguibili, vengono contate e misurate come fibre singole.
  - se nell'aggregato non è possibile distinguere le singole fibre, la struttura viene segnalata e contata come tale nel foglio di lavoro.
- Se più del 25% dell'area del campo risulta occupato da grovigli di fibre o particelle il campo viene respinto e segnalato;
- Se più del 10% dell'area del filtro risulta illeggibile il filtro andrà scartato e preparato nuovamente filtrando un minor volume di acqua.

L'analisi si conclude quando si contano 30 fibre.

Se durante il procedimento analitico si operano delle modifiche rispetto a quanto indicato nel presente protocollo, queste devono essere opportunamente annotate sul modulo di registrazione dell'analisi e riportate in nota nel rapporto di prova.

5.5. Determinazione del bianco.

Il laboratorio deve esser in grado di escludere la possibilità di una contaminazione ambientale del laboratorio, degli accessori, dei reagenti e dei filtri utilizzati per l'analisi attivando un opportuno e specifico programma interno di controlli di qualità e di analisi dei bianchi.

6. Espressione dei risultati.

La concentrazione delle fibre di amianto in acqua potabile deve essere espressa in fibre per litro (f/L).
Viene calcolata mediante la seguente formula:

$$C(f/L) = N_f \times \frac{1}{a \times Nc} \times A \times \frac{1}{V}$$

Dove:
N_f = numero di fibre di amianto trovate durante l'analisi,
a = area del singolo campo di lettura (mm^2),

Nc = numero totale di campi letti,
A = area effettiva campionata del filtro (mm^2),
V = volume di liquido campionato (L).

7. Prestazioni del metodo

7.1. Limite di rilevabilità.

Il limite di rilevabilità o detection limit (DL) è dato dalla formula:

$$DL(\text{f/L}) = \text{LFS}(0) \times \frac{1}{a \times Nc} \times \frac{A}{V}$$

Dove LFS(0) è il limite superiore dell'intervallo di confidenza della distribuzione di Poisson per n = 0, quindi nel nostro caso $N_f = 0$.
Ponendo LFS(0) = 2.99 l'assenza di fibre sul filtro è data con un livello di confidenza pari al 95 %.

Il limite di rilevabilità deve dunque essere determinato per ogni singola analisi ed è fondamentale, perché, nel caso in cui non vengano trovate fibre durante il procedimento analitico, il risultato dell'analisi sarà dato da:

$$C(\text{f/L}) < \text{LFS}(0) \times \frac{1}{a \times Nc} \times \frac{A}{V}$$

Per questo tipo di analisi, per campioni che non presentano particolari criticità, il laboratorio può facilmente garantire un limite di rilevabilità di 3000 f/L che corrisponde all'analisi di 1 litro di acqua filtrato su una membrana con area effettiva di filtrazione di circa 1000 mm^2 e leggendo una superficie pari a 1 mm^2 di filtro.

7.2. Incertezza.

È importante che nel rapporto di prova, oltre alla concentrazione di fibre d'amianto idrodisperse, sia riportata anche l'incertezza della misura che deve essere espressa sotto forma di estremi dell'intervallo di confidenza ossia attraverso i limiti fiduciari inferiore e superiore.
La distribuzione di Poisson definisce la variazione nel conteggio delle fibre che risulta dall'osservazione di campi di analisi scelti casualmente sul filtro. Questa è la minima incertezza insita nel metodo del filtro a membrana, e caratterizza tutti i metodi basati sul conteggio ottico di particelle su filtro.
In letteratura, per ogni valore di N_f (numero di fibre contate durante l'analisi) si trovano tabulati gli estremi dell'intervallo di confidenza della distribuzione di Poisson.
I limiti fiduciari inferiore e superiore per la concentrazione C(f/L) di fibre d'amianto idrodisperse si ottengono allora dalla formula riportata nel paragrafo precedente ponendo in essa N_f pari ai valori degli estremi rispettivamente inferiore e superiore dell'intervallo di confidenza tabulati per quel determinato N_f.
L'incertezza così calcolata non tiene conto delle altre componenti che possono influire sul risultato:

- incertezza sul volume di campionamento,
- incertezza sulla misura del diametro effettivo del filtro,
- incertezza sul numero di campi di analisi contati,
- incertezza sull'ingrandimento effettivo di analisi,
- incertezza sulla variabilità inter-operatore e inter-laboratorio che tiene conto sia della acutezza visiva che delle modalità di interpretazione/conteggio individuali.

Queste componenti risultano in prima approssimazione trascurabili rispetto all'incertezza intrinseca statistica di Poisson, per conteggi inferiori a 30 fibre.

Nei laboratori dove vengono seguiti regolari programmi di controlli di qualità interni ed esterni, queste componenti tendono a ridursi significativamente.

7.3. Limite di Quantificazione.

Il limite di quantificazione o sensibilità analitica (in inglese limit of quantification LOQ) è definito da:

$$LOQ(\text{f/L}) = \frac{1}{a \times Nc} \times \frac{A}{V}$$

7.4. Linearità e campo di applicabilità.

Gli estremi del campo di applicabilità dipendono dal volume di acqua campionato, dal numero di campi letti e dall'area effettiva del filtro.
Il limite inferiore del campo di applicabilità coincide con il LOQ mentre il limite superiore viene determinato ipotizzando di trovare mediamente 10 fibre per campo.
Poiché il campo di applicabilità è inversamente proporzionale al volume di acqua filtrata, nel caso in cui un filtro risulti troppo carico di fibre è opportuno preparare un filtro con una quantità di acqua inferiore.
Poiché la misura (il conteggio delle fibre) è manuale, il concetto di linearità non è applicabile al di fuori del campo di applicabilità.

7.5. Accuratezza

Non valutabile poiché non esistono standard certificati.

7.6. Robustezza

Non applicabile poiché si tratta di un'analisi manuale in cui l'incertezza intrinseca del metodo di conteggio è molto elevata.

8. Avvertenze, precauzioni e condizioni ambientali

Il seguente metodo richiede l'impiego di sostanze pericolose e/o cancerogene pertanto si devono adottare le precauzioni previste dalle schede di sicurezza secondo DM 81/2008.
Nella manipolazione degli standard di amianto operare in momenti separati dalla preparazione e lettura delle membrane.
Durante la preparativa post filtrazione evitare capovolgimenti e/o movimenti bruschi del filtro in modo da non modificare la deposizione del materiale sullo stesso.
Non sono richieste specifiche condizioni ambientali per questo tipo di prova.
È essenziale che tutte le fasi di preparazione dei campioni siano eseguite in un ambiente in cui è minimizzata la possibilità di contaminazione del campione. Al fine di valutare eventuali contaminazioni ambientali che possano influire sul risultato analitico, si verifica la presenza di fibre di amianto aero disperse nei locali del laboratorio dedicati a tale prova applicando il D.M. 06/09/1994 All.2 punto B.

9. Rapporto di prova.

Il rapporto di prova deve riportare i seguenti risultati:
- concentrazione totale di fibre di amianto trovate e rispettiva incertezza di misura;
- concentrazione di fibre di amianto superiori a 5 μm, con la rispettiva incertezza di misura;
- limite di rilevabilità dell'analisi.

In nota, oltre al tipo di fibre di amianto trovate, devono essere riportate tutte le informazioni che si considerano utili con particolare riferimento ad aggregati o particolari strutture di amianto osservate durante l'analisi.

In nota devono essere indicate anche tutte le eventuali variazioni che sono state apportate nell'esecuzione dell'analisi rispetto al presente metodo.

10. Resoconto della prova.

Durante l'analisi dovrà essere compilato un resoconto di prova strutturato in due parti.
Nella prima l'operatore inserirà i dati relativi alla preparazione del campione.
Nella seconda campo e numero di fibre individuate. Le informazioni da inserire sono:

- il protocollo di laboratorio del filtro analizzato;
- il numero di campi necessari per ottenere il limite di rilevabilità stabilito;
- il volume di liquido campionato (in litri L);
- il diametro del filtro utilizzato (in mm);
- il diametro effettivo del filtro (in mm);
- l'area effettiva del filtro (in mm2);
- l'area del singolo campo di lettura ad un ingrandimento non inferiore a 4000X (in mm2);
- la data di esecuzione analisi;
- i parametri strumentali di analisi;
- la presenza di fibre ed altro nell'apposita griglia.

Per ogni campo, l'operatore dovrà segnalare la presenza o meno di fibre e/o strutture individuate.
Nel caso in cui si individui un groviglio di fibre, l'operatore dovrà sia acquisire l'immagine sia segnalarlo sul rapporto indicandolo con un codice uguale all'acquisizione (sia nel caso di grovigli in cui le singole fibre risultano individuabili sia in quelli in cui non è possibile la conta).
Nel caso il campo non sia leggibile va segnalato e mai saltato.
Per ogni fibra o terminazione individuata, l'operatore dovrà riportare lunghezza e diametro della fibra e l'identificazione chimica (serpentino o anfibolo e se anfibolo che tipo).
Per ogni analisi viene acquisita ed inserita una immagine a basso ingrandimento che serve a documentare la buona omogeneità del filtro preparato. Sull'immagine viene registrata la data di effettuazione dell'analisi e il protocollo di laboratorio del filtro. L'immagine deve essere conservata per tutto il tempo di conservazione della documentazione relativa all'analisi.
Il resoconto di prova viene verificato dal Responsabile o suo delegato al fine di valutare la correttezza del procedimento analitico e la verosimiglianza del risultato ottenuto. Se vengono rilevate delle non conformità il responsabile o suo delegato provvede a valutare circa la risoluzione. I provvedimenti adottati sono la ripetizione parziale o integrale del procedimento analitico cui può far seguito una richiesta di ulteriore campionamento con ripetizione dell'intero procedimento analitico. Il resoconto di prova unitamente al verbale di prelievo sono usati per l'emissione del rapporto di prova.

11. Laboratorio e personale.

Il laboratorio che esegue le analisi, deve essere qualificato ai sensi del DM 14/5/96 nella esecuzione delle analisi della fibre di amianto aerodisperse con SEM EDS.
Il personale addetto alle prove deve possedere comprovata esperienza sia per la fase di preparazione del campione sia dell'utilizzo del microscopio elettronico a scansione sia della lettura del filtro.