



**Medicina  
Democratica**

MOVIMENTO DI LOTTA PER LA SALUTE

ASSOCIAZIONE ONLUS

Sede legale: via Dei Carracci 2 - 20149 Milano

Telefono: 024984678 - 024801680

C.F.: 97349700159

## ***Amianto fuori. Diritti degli esposti e bonifiche ambientali***

Taranto, 5 giugno 2010

### **Gestione dei rifiuti dopo la rimozione di manufatti contenenti amianto, esistono alternative affidabili alla messa in discarica ?**

di MARCO CALDIROLI

Nel presente scritto si vuole seguire l'amianto dal momento in cui, rimosso, diviene un rifiuto (pericoloso) e fornire delle conoscenze sulle tecniche di smaltimento nel tempo adottate (discarica) e quelle di trattamento (principalmente di tipo termico) che sono state e sono proposte quali alternative, proponendone una prima valutazione comparativa. Per questo motivo si danno qui per conosciute e acquisite le proprietà tossiche delle fibre di amianto, la necessità di procedere alla loro bonifica in tutto il territorio nazionale come la estrema cautela che deve essere posta in ogni fase degli interventi, dalla rimozione dei materiali allo smaltimento/trattamento finale dei rifiuti contenenti amianto. Non si mette in discussione, in altri termini, la necessità e l'urgenza della rimozione dei manufatti contenenti amianto, quanto proporre delle considerazioni ed evidenziare aspetti a cui prestare attenzione anche nei confronti di tecniche emergenti che promettono la soluzione del problema con bassi impatti ambientali.

### **RIFIUTI D'AMIANTO, L'INIZIALE STRADA *OBBLIGATA* DELLA DISCARICA**

Con la Legge 257 del 1992<sup>1</sup> l'Italia ha definito un percorso di "*uscita*" dall'impiego dell'amianto in tutte le sue forme (v. inserto) la cui prima attuazione è stata (nel 1994) il divieto totale di produzione e immissione sul mercato di manufatti contenenti amianto. Si tratta di una conquista delle lotte dei lavoratori e delle popolazioni esposte e non di una elargizione dall'alto, infatti nell'intera Unione Europea questo divieto è divenuto operante solo dal 1.01.2005<sup>2</sup>.

Dalla piena entrata in vigore della norma la questione dei manufatti contenenti amianto si è spostata dalla produzione e utilizzo al destino finale di quelli in opera.

Le stime relative alla immissione sul mercato di amianto a livello mondiale indicano una produzione cumulata dal 1900 al 2000 pari a 174 milioni di tonnellate, all'anno 2000 vi era ancora una produzione annua di circa 2.000.000 t (Russia, Cina, Canada, Kazakistan, Brasile, Zimbabwe); ancora nel 2000 l'Europa assorbiva 30.277 tonnellate della sostanza in un anno<sup>3</sup>. Attualmente i maggiori consumi di amianto sono i paesi asiatici (in particolare Cina, India e Thailandia), il Brasile è il principale consumatore nel resto del mondo. In Italia il picco della produzione nazionale (circa 1.500 t/a) si è verificata negli anni '70, si stima (CNR 2002) la presenza di 32 milioni di tonnellate di amianto e prodotti che lo contengono (per l'80 % di crisotilo). Per quanto concerne i manufatti in cemento amianto la stima è di circa 1.000 kmq (1 miliardo di mq) di coperture ancora installate (tra

21 e 24 milioni di tonnellate immesse sul mercato), non va sottovalutata la quota di tubi in cemento-amianto (60.000 km ancora in opera – 5 milioni di tonnellate) e altre applicazioni simili (canne, serbatoi e tubi di piccole dimensioni) per 1,35 milioni di tonnellate.

I materiali friabili (pannelli, amianto spruzzato, intonaci, gessi, coibentazioni) sono stimati in 4,5 milioni di tonnellate, tra 0,5 e 1 milioni di tonnellate sono gli amianti vinilici (linoleum) mentre le massicciate ferroviarie e stradali contenenti sterili dalla estrazione di amianto, con tracce del minerale, sono stimate, sempre in Italia, in ben 20 milioni di tonnellate.

Nel caso della Regione Lombardia, un primo censimento parziale (estendendo al territorio regionale la situazione della città di Milano) ha portato a una stima della presenza di 22,6 kmq di coperture (800.000 mc di eternit), questa stima, con l'avanzare delle rilevazioni aerofotogrammetriche è stata corretta al rialzo nel 2009 : tra 81 e 85 kmq (2.700.000 / 2.800.000 mc) con un trend in incremento delle rimozioni (nel 2008 il dato è di 163.742 mc a fronte dei circa 40.000 t/a negli anni '90), spinte anche per l'obiettivo dichiarato della regione di eliminare tutte le coperture entro il 2016 (per l'Expo milanese).

Rispetto ai manufatti ancora in opera la norma italiana ha disposto che le singole regioni si dotassero di un apposito “*Piano Regionale Amianto*” (PRA)<sup>4</sup> nel quale definire le modalità per la rimozione e la bonifica dei materiali già immessi sul mercato, in tale ambito gli enti devono definire le politiche per la rimozione<sup>5</sup> come per lo smaltimento di questi materiali che divengono, al momento della rimozione, rifiuti.<sup>6</sup>

Inoltre, sul tema dei rifiuti e delle modalità tecniche di intervento, la legge ha istituito una “*Commissione per la valutazione dei problemi ambientali e i rischi sanitari connessi all'impiego dell'amianto*”, questa Commissione, nel tempo, ha elaborato diversi disciplinari tecnici che sono divenuti decreti ministeriali in attuazione della legge sulla cessazione dell'uso dell'amianto.

In termini di classificazione dei rifiuti di amianto la Legge 257/1992 disponeva che gli stessi fossero “*classificati tra i rifiuti speciali, tossici e nocivi ... in base alle caratteristiche fisiche che ne determinano la pericolosità, come la friabilità e la densità*”.<sup>7</sup>

Una norma applicativa del DPR 915/1982<sup>8</sup> ha ridefinito la suddetta classificazione limitando l'attribuzione di tossico-nocivi ai rifiuti di amianto che presentavano un contenuto di polveri e fibre libere superiore a 100 mg/kg. In sostanza, si suddividevano i rifiuti di amianto tra quelli contenuti in matrici compatte (come le lastre di eternit e altri prodotti in cemento-amianto, prodotti bituminosi, pavimenti vinilici ecc) e l'amianto in matrice friabile (isolanti di tubazioni e altro, tessili, guarnizioni, setti, ricoprenti a spruzzo, cartoni ecc) attribuendo solo a questi ultimi, ai fini dello smaltimento, la qualifica di maggiore pericolosità .

Un rifiuto d'amianto poteva essere classificato come speciale non tossico-nocivo o come speciale tossico-nocivo, in entrambi i casi, comunque, “*I rifiuti di amianto classificati sia speciali che tossici e nocivi, ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1982, n. 915 , devono essere destinati esclusivamente allo smaltimento mediante stoccaggio definitivo in discarica controllata*” (DPR 8.08.1994, questo passaggio è stato abrogato dal DLgs 22/1997, cosiddetto “*Decreto Ronchi*”). In effetti, assieme ad alcuni rifiuti ospedalieri, questo è uno dei rari casi in cui le normative hanno stabilito una destinazione univoca di un rifiuto.

La distinzione introdotta tra i diversi rifiuti di amianto determinò, secondo la precedente classificazione delle discariche, la seguente situazione :

- Rifiuti in matrice compatta (eternit), smaltibili in discariche di tipo 2A (per rifiuti inerti) con specifico settore dedicato;
- rifiuti con amianto fino a 10.000 mg/kg, smaltibili discariche di tipo 2B (per rifiuti speciali)

- rifiuti con amianto oltre a 10.000 mg/kg, smaltibili solo in discariche di tipo 3 (per rifiuti speciali tossico-nocivi – in Italia l'unica discarica di questo tipo, oggi chiusa, è stata quella di Barricalla – TO; attualmente tutti i rifiuti di amianto friabile emigrano in altri paesi europei ed extraeuropei).

I rifiuti in cemento-amianto, fino alla diversa classificazione della Unione Europea di cui si dirà più avanti, sono stati considerati, “*a prescindere dalla valutazione analitica per la determinazione delle fibre libere di amianto*” come smaltibili in discariche per rifiuti inerti seppure a determinate condizioni di carattere gestionale (in sostanza modalità di scarico per ridurre il rilascio di fibre durante la movimentazione e definizione di settori dedicati esclusivamente a questa tipologia di rifiuto)<sup>9</sup>. In altri termini non vi era corrispondenza tra classificazione del rifiuto (anche nel caso di rifiuto speciale non tossico-nocivo) e la discarica utilizzabile (così come nel caso di altri rifiuti speciali come, per esempio, molte scorie da attività metallurgiche).

Questa situazione ha iniziato a cambiare con il Dlgs 22/1997 che, recependo l'elenco europeo dei rifiuti (CER), ha introdotto la nuova classificazione dei rifiuti, distinguendoli in non pericolosi e pericolosi. La attribuzione di rifiuto pericoloso avviene in funzione della attività che li ha prodotti, la presenza (concentrazione) di sostanze pericolose e la definizione di caratteristiche di pericolosità di cui tenere conto per la classificazione stessa. Con tale impostazione, confermata dalle successive decisioni europee sugli elenchi dei rifiuti (in particolare la decisione della Commissione europea n. 573 del 23.07.2001), sia i materiali isolanti contenenti amianto che i “*materiali da costruzione contenenti amianto*” sono classificati come pericolosi senza distinzioni.

*Classificazione Europea dei Rifiuti (CER 2001 e seguenti) , individuazione dei codici corrispondenti a rifiuti pericolosi contenenti amianto*

- 06 07 01 \* rifiuti dei processi elettrolitici, contenenti amianto
- 06 13 04 \* rifiuti della lavorazione dell'amianto
- 10 13 09 \* rifiuti della fabbricazione di amianto cemento, contenenti amianto
- 15 01 11 \* imballaggi metallici contenenti matrici solide porose pericolose (ad esempio amianto), compresi i contenitori a pressione vuoti
- 16 01 11 \* pastiglie per freni, contenenti amianto
- 16 02 12 \* apparecchiature fuori uso, contenenti amianto in fibre libere
- 17 06 01 \* materiali isolanti contenenti amianto
- 17 06 05 \* materiali da costruzione contenenti amianto

*Altri codici di rifiuti che possono contenere amianto in relazione alle filiere produttive di provenienza*

- 17 01 06 \* miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, contenenti sostanze pericolose
- 17 06 03 \* altri materiali isolanti contenenti o costituiti da sostanze pericolose
- 17 09 03 \* altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione (compresi rifiuti misti) contenenti sostanze pericolose
- 19 03 06 \* rifiuti contrassegnati come pericolosi, solidificati

Nella norma vi era una iniziale “*clausola*”: “*per quanto riguarda il deposito dei rifiuti in discarica, la classificazione di tale rifiuto come pericoloso è posticipata fino all’adozione delle norme regolamentari di recepimento della direttiva 99/31/Ce sulle discariche, e comunque non oltre il 16.07.2002*”. Va precisato che tale rinvio era esplicitamente previsto come una facoltà per gli stati membri da una decisione della Commissione Europea (Decisione CEE/CEEA/CECA n° 33 del 19/12/2002).

La direttiva sulle discariche è stata recepita in Italia con il Dlgs 36/2003 che ha una norma tecnica di attuazione (sulla ammissibilità dei rifiuti nelle diverse tipologie di discariche ivi definite) nel DM 13.03.2003 poi sostituito dal DM 3.08.2005. Il decreto di recepimento, e gli atti successivi, hanno mantenuto il regime precedente (smaltimento in discariche per inerti) fino al 22.08.2005.<sup>10</sup>

Il DM 3.08.2005 prevede che in discarica per rifiuti non pericolosi possono essere smaltiti “*i materiali edili contenenti amianto legato in matrici cementizie o resinoidi ....*”<sup>11</sup> *Le discariche che ricevono tali materiali devono rispettare i requisiti indicati nell’allegato 2 del presente decreto. In questo caso le prescrizioni stabilite nell’allegato 1, punti 2.4.2. e 2.4. del decreto legislativo 13 gennaio 2003 n. 36, possono essere ridotte dall’autorità territorialmente competente*”.<sup>12</sup>

In pratica, dopo anni che i rifiuti in cemento-amianto sono finiti in discariche per inerti anche quando erano stati classificati, senza eccezioni, come pericolosi, oggi possono finire in discariche con le caratteristiche costruttive e gestionali dei rifiuti non pericolosi costituendo una nuova e diversa “*deroga*” al principio generale che ogni rifiuto può essere smaltito solo in una discarica corrispondente alla sua classificazione.

In concreto, i rifiuti contenenti amianto (qualunque genere sia il prodotto) sono classificati come pericolosi ma, per i rifiuti in matrice compatta (cemento-amianto, tra cui lastre in eternit) possono venir smaltiti in discariche non corrispondenti alla suddetta classificazione (pur con delle condizioni definite da norme nazionali e regionali). La differenza, rispetto al regime precedente, è stato il “*salto*” di un “*gradino*”, da discariche per inerti a discariche per rifiuti non pericolosi.

Da ciò consegue che la realizzazione di discariche per cemento-amianto possono essere realizzate con caratteristiche costruttive meno restrittive rispetto a quelle per le discariche di tipologia corrispondente alla classificazione (per rifiuti pericolosi). Nel caso della Regione Lombardia ciò comporta, ad esempio, che è possibile realizzare discariche a distanze dai centri abitati minori: 200 metri anziché 500 metri e ciò è stato dirimente per la localizzazione di almeno due impianti di discarica in Lombardia (a Brescia San Polino e a Cappella Cantone – CR)<sup>13</sup>

Un altro effetto di tale decisione è stato quello di rendere assai meno appetibili, o di qualche interesse solo per l’amianto friabile, quei trattamenti dell’amianto che non modificano la struttura della fibra ma stabilizzano la matrice, modalità che verrà descritta più avanti.

Va tenuto presente che gli attuali costi (per una discarica nella regione di rimozione) per lo smaltimento in discarica sono intorno ai 30 Euro/tonnellata.

Il progressivo esaurimento delle discariche esistenti per il cemento-amianto, a partire dal passaggio dalla precedente configurazione normativa (discariche per inerti) a quella attuale (discariche per rifiuti non pericolosi) ha causato una situazione di sempre più difficile gestione anche a fronte delle iniziative per incentivare e/o spingere alla rimozione dei manufatti.

Oltre all’esportazione dei rifiuti (in Germania e Austria in particolare) sempre meno utilizzabile, ciò ha causato l’incremento dei rifiuti in stoccaggio (deposito preliminare prima dello smaltimento/recupero) presso aziende<sup>14</sup>.

Le norme vigenti non entrano nel dettaglio sulle modalità di stoccaggio anche perché queste possono variare in modo importante in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti, in

linea generale il deposito deve rispettare le equivalenti modalità di protezione ambientale richieste per sostanze di classificazione equivalente a quelle dei rifiuti.

Anche le linee guida sul trattamento dei rifiuti<sup>15</sup> propongono dei criteri generali per lo stoccaggio dei rifiuti (tra i quali, differenziazione per categorie e caratteristiche chimico-fisiche, capacità adeguate delle strutture di stoccaggio, isolamento, protezione e drenaggio delle aree di deposito, minimizzazione delle emissioni di polveri ecc) che vanno però calibrate e definite nel dettaglio nella singola autorizzazione (alle tipologie e alle quantità autorizzate in stoccaggio e/o trattamento) con risultati anche significativamente differenti da una provincia o una regione e l'altra.

## **SMALTIMENTO IN DISCARICA O TRATTAMENTO E RECUPERO ?**

In Italia, anche in virtù dei contenuti della Legge 257/1992 e alla attività della “*Commissione per la valutazione dei problemi ambientali e i rischi sanitari connessi all’impiego dell’amianto*”,<sup>16</sup> nonché a diversi studi e sperimentazioni attuate in particolare dal Consiglio Nazionale delle Ricerche<sup>17</sup> sono state individuate diversi processi finalizzati a ridurre la pericolosità dell’amianto in fase di smaltimento come pure al riutilizzo di prodotti derivanti dal trattamento.

Le esperienze hanno prodotto un atto normativo, il DM 248 del 29.07.2004 “*Regolamento relativo alla determinazione e disciplina delle attività di recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto*”. Come vedremo i processi individuati possono essere suddivisi, in linea generale, tra quelli finalizzati ad una riduzione della pericolosità e quelli che hanno come obiettivo la produzione di materie prime seconde recuperabili in altri impieghi e/o processi produttivi.

### ***Trattamenti di stabilizzazione/solidificazione***

Questi trattamenti hanno l’obiettivo di inglobare le fibre di amianto in matrici in grado di non rilasciare fibre o di ridurre il rilascio al di sotto di una certa soglia; i trattamenti possono determinare una modifica parziale della struttura cristallo-chimica delle fibre. Le matrici utilizzate sono cemento e prodotti similari (silicati) e resine organiche. Le matrici cementizie sono utilizzate preferibilmente per il cemento-amianto anche perché, in pratica, riproducono la produzione di un materiale simile a quello di partenza. Quelle polimeriche (es. resine epossidiche) per l’amianto friabile. I trattamenti sono a freddo o a temperature relativamente basse.

Se dalla prova individuata nella norma, si ottiene un *indice di rilascio* di fibre di amianto inferiore a 0,6 il rifiuto trattato può essere avviato a discarica per rifiuti non pericolosi.<sup>18</sup> L’obiettivo di “*declassificare*” la discarica di smaltimento ha ridotto la valenza di tali trattamenti, per i manufatti in cemento-amianto, in quanto, come già detto, questi rifiuti possono già essere smaltiti tal quali in discariche di quel genere.

Nella tabella che segue si riportano i principali processi sperimentati e/o con impianti attivi di solidificazione/stabilizzazione.

*Principali tecnologie di trattamento per solidificazione/stabilizzazione proposte/realizzate*

<i>Denominazione processo/proponente</i>	<i>Nazione</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Livello di operatività</i>
ICAM	Italia	Cemento idraulico Previa triturazione e aggiunta di additivi	Pilota Mobile 1 mc/h
REMATT	Belgio	Cemento idraulico Previa triturazione	Operativo
PETRACEM	Italia	Legante idraulico previo trattamento con resine per bloccare le fibre	Pilota
DIWANA	Italia	Legante idraulico previo trattamento con resine per bloccare le fibre	Pilota
ATOXIM	Italia	Miscelazione con cemento idraulico	Pilota
DEPURACQUE – ENEA	Italia	Miscelazione con cemento idraulico con additivo di compattazione delle fibre	Pilota
NUCLECO	Italia	Triturazione, compattazione e miscelazione con leganti cementizi in fusti petroliferi	Pilota

***Trattamenti di modifica della struttura cristallo-chimica***

Tutti i trattamenti qualificati in questa parte del DM 248/2004 sono finalizzati a “*trasformare*” i minerali di amianto in altri minerali disaggregando e riaggregando la struttura cristallina così da ottenere minerali diversi da quelli di partenza con caratteristiche non fibrose o fibrose ma con dimensioni e forme diverse da quelle di partenza.<sup>19</sup>

I trattamenti individuati nella norma citata sono i seguenti

- Modificazione mecanochimica
- Litificazione
- Vetrificazione
- Vetroceraizzazione
- Litizzazione Pirolitica
- Produzione di clinker
- Ceramizzazione

Esaminiamoli con un maggiore dettaglio, tenendo conto che molti di questi processi sono nati inizialmente per il trattamento di altri rifiuti ad elevata tossicità come pure per attività di bonifica e messa in sicurezza di siti inquinati.

### **Trattamenti chimici e meccano-chimici**

I trattamenti chimici possono raggiungere obiettivi analoghi alla stabilizzazione, procedendo però con la dissoluzione delle fibre di amianto, ad opera di reagenti particolarmente reattivi e/o resi tali innalzando la temperatura (come soda caustica, acido fluoridrico, miscele di acido cromico e nitrico). Questi trattamenti possono essere utilizzati come una prima fase per un successivo trattamento di tipo termico per rendere il rifiuto trattato recuperabile (prodotti vetroceramici).

I trattamenti meccanici sono basati sulla applicazione di elevata energia (ultramacinazione) ai manufatti per demolire la struttura cristallina dell'amianto, il materiale trattato è simile al vetrificato.

Tra i procedimenti emergenti, che intendono superare le criticità connesse con l'utilizzo di sostanze chimiche ad elevata pericolosità, si segnala quello più recente, proposto dalla S-Sistemi, proposto e basato su un trattamento meccanico con un "reagente" chimico particolare, l'acqua supercritica<sup>20</sup>.

### *Principali tecnologie di trattamento per trattamento chimico o meccano-chimico proposte/realizzate*

<i>Azienda proponente</i>	<i>Nazione</i>	<i>Principio del processo</i>	<i>Stato operativo</i>	<i>Note</i>
TRESENERIE - WT B	Belgio	Dissoluzione delle fibre in soluzione di soda a 200 °C con produzione di silicati e idrossidi	Laboratorio	Friabile + compatto (con triturazione) Possibile successivo trattamento termico
SOLVAS	Germania	Dissoluzione delle fibre in acido fluoridrico, produzione di fluorosilicati	Pilota	Friabile + compatto (con triturazione) – versione italiana per il trattamento di carrozze ferroviarie
ASSING - ULTRAMAC	Italia	Trattamento meccanico ad umido	Pilota	Tutti i tipi di rifiuto
S SISTEMI	Italia	Trattamento idrotermico sotto pressione con acqua supercritica 600-650 °C per 3 ore	Laboratorio	Friabile e compatto (con ossidanti per amianti in matrice organica)

### **Trattamenti di vetrificazione**

In questo gruppo di trattamenti (vedi tabella), spicca quello Inertam/Europlasma (ora di proprietà di EDF), operativo a Morcenx dal 1997<sup>21</sup>. Questi trattamenti modificano il rifiuto di amianto mediante fusione ad alta temperatura (con sistemi diversi come torce al plasma, forni ad induzione ecc., comunque a temperature di fusione elevate, fino a 2.000°C)<sup>22</sup>. Il trattamento termico può venir coadiuvato o meno con l'aggiunta di additivi fondenti o che forniscono silice (compresi altri rifiuti)

in relazione alle caratteristiche del rifiuto di partenza (in particolare se proveniente da coibentazioni). In presenza di fondenti è possibile operare a temperature più basse (800-1.300 °C). Il prodotto finale è una scoria fusa o vetrificata costituita principalmente da ossido di silicio (silice) o di alluminio che, nel contempo, ha modificato la struttura chimico-cristallina dell'amianto inglobandolo in una matrice simile al vetro, all'ossidiana o al basalto (da 1 tonnellata di amianto si ottengono 850 kg di massa vetrosa e 10 kg di ceneri secondarie da smaltire). Il prodotto finale, inerte, può essere utilizzato quale additivo per la produzione di materiali vetroceramici, per la costruzione di strade o massicciate ferroviarie, in alcuni casi anche per la produzione di altre fibre minerali (lana di roccia). Nel caso dell'impianto francese Inertam, viene utilizzata una torcia al plasma ad arco trasferito, ha una capacità di 8.000 t/a. I rifiuti devono arrivare all'impianto in contenitori omologati (mini-bag, big-bag, fusti metallici) per il carico diretto, senza manipolazione; le singole cariche vengono definite classificando i rifiuti secondo due categorie in funzione del loro potere calorifico. La zona di fusione è costituita da un forno dove l'alta temperatura è assicurata da una torcia al plasma. La torcia è costituita da due elettrodi tubolari tra cui scocca un arco elettrico che riceve da un apposito sistema di alimentazione, il gas plasmogeno (aria, monossido di carbonio, idrogeno, elio, ossigeno, idrocarburi e miscele di gas). La temperatura ottenuta, nell'arco, è di 4000-6000 °C mentre la potenza della torcia è di 1,7 MW. L'alta temperatura determina la fusione dei materiali in virtù del trasferimento del calore prodotto dall'arco ai rifiuti immessi nella camera, fondendoli. Alla fine del ciclo di fusione si procede alla colatura in siviere all'aria o direttamente in acqua, oppure in sistemi di filatura e/o estrusione. La colatura in acqua trasforma il fuso in un materiale granulare mentre il raffreddamento in siviere determina un solidificato simile ad un mattone di vetro inerte. Con i sistemi di filatura o di estrusione si possono ottenere dei materiali fibrosi simili alla fibra di vetro;

L'impianto è dotato di un sistema di trattamento dei fumi costituito da un post-combustore ( a circa 1200 °C ) per completare la combustione dei gas contenuti nei fumi e/o prodotti di pirolisi. I fumi in uscita dalla post-combustione vengono raffreddati, fino al punto di rugiada (170 °C), per aggiunta di acqua vaporizzata e neutralizzati con soda in una apposita torre di neutralizzazione per evitare emissioni acide. Le polveri ed i metalli pesanti sono infine trattati da un sistema di elettrofiltri e di filtri ad alta efficienza; in pratica il sistema di abbattimento è analogo a quello di un impianto di incenerimento rifiuti. I costi elevati del trattamento (in particolare per la componente energetica)<sup>23</sup>, come nel caso dell'impianto Inertam, lo rendono applicabile all'amianto floccato (da rimozione di coibentazioni e altri applicazioni con elevata friabilità).

Una versione italiana di questa tecnologia è quella realizzata dalla società CSM con un impianto mobile da 1 MW.



*Principali tecnologie di trattamento per inertizzazione proposte/realizzate*

<i>Azienda proponente</i>	<i>Nazione</i>	<i>Basi processuali</i>	<i>Stato operativo</i>
INERTAM (EDF)	Francia	Fusione con torcia al plasma – 1.600 °C	Impianto operativo – Morcenx, da 8.000 t/a
TERCA (ENEL)	Italia	Torcia al plasma	Pilota
CSM – ENEA	Italia	Torcia al plasma	Pilota - mobile
VERULTIM	Francia	Statico a gas, previa granulazione – 800-900 °C	Studio di fattibilità
MVP – VERT	Gran Bretagna	Statico a gas + fondenti; è basato sulla tecnologia di produzione del vetro, vetrificazione a 1.550 °C	Pilota
VITRIFIX	Gran Bretagna	Forno elettrico + scarti di vetro e soda caustica a 1.380 °C	Pilota
CEA - ONETT	Francia	Fusione per induzione + borace	Laboratorio
DEFI SYSTEMES	Francia	Forno da alta frequenza	Pilota
INPG ENTERPRISE	Francia	Fusione per induzione magnetica	Pilota
ENEA	Italia	Forno con pregranulazione ed essiccazione + additivi (reflui metallurgici e polveri da abbattimento)	Laboratorio
ENEL	Italia	Forno elettrico rotante + fondenti (ceneri leggere carbone) a 1.250 °C	Testato su impianto industriale
CSM Produzione lana di roccia	Italia	Forno statico a 1.450 °C + aggiunte (refrattari di scarto e scorie da fonderia)	Pilota (con produzione di un materiale coibente)
GEO MELT	USA - Giappone	Forno Elettrico a 1.300-2.000 °C e additivi	Pilota
AMGLASS'96; CERAM '93		Previa granulazione e miscelazione ad umido con fanghi rossi (da zinco) e fusione a 1.400 °C	Laboratorio

### ***Trattamenti metallurgici***

I trattamenti metallurgici si basano sull'utilizzo di manufatti con amianto in sostituzione di materie prime nel processo di produzione di magnesio, l'amianto viene prima pretrattato termicamente e poi introdotto, assieme a dolomite e altri additivi, in forni con arco al plasma per la fusione e la produzione di vapori di magnesio che vengono poi condensati e recuperati.

#### *Principali tecnologie di trattamento di tipo metallurgici proposte/realizzate*

<i>Azienda proponente</i>	<i>Nazione</i>	<i>Principio del Processo</i>	<i>Stato operativo</i>	<i>Note</i>
MAGRAM	Gran Bretagna	Pirometallurgico con forno elettrico (arco al plasma) e aggiunta di dolomite e di altri additivi; i rifiuti di amianto subiscono un pretrattamento termico	Pilota	Il processo è simile a quello della produzione di magnesio con modifica dei materiali alimentati
MAGNOLA	Canada	Pirometallurgico, simile a Magram	Pilota	Nato per il trattamento dei residui dei trattamenti dei minerali di crisotilo presso le miniere
RECUPYL	Francia	Il processo è diviso in un trattamento pirometallurgico seguito da uno di vetrificazione	Pilota	Dal primo trattamento si ricavano metalli, dal secondo si ottiene un prodotto vetrificato simile a quello Inertam; questo trattamento viene applicato anche alle ceneri leggeri da incenerimento di rifiuti

### ***Trattamenti di conversione termica***

Sono quelli che stanno emergendo e per i quali sono in corso diverse procedure autorizzative in Italia. Il principio si basa sulla modifica chimico-cristallina delle fibre di amianto per effetto del calore a temperature inferiori a quelle di fusione (tra 650 e 1.200 °C). Gli amianti si trasformano, per effetto delle modifiche chimiche (deidrossilazione e successiva modifica strutturale), in specie mineralogiche diverse da quelle di partenza (forsterite, enstetite, cristobalite, periclasio ecc) e con incremento delle dimensioni delle fibre che li fa "uscire" dal range di rilevabilità previsto dalla norma.<sup>24</sup>

Le temperature in cui l'amianto viene modificato sono diversificate a seconda del tipo di amianto :, crisotilo 650 °C, amosite 790 °C, antofillite 850°C, crocidolite 925 °C, actinolite 960°C, tremolite 1.025 °C (i valori si riferiscono a fibre di amianto allo stato puro).

I prodotti finali possono avere impieghi diversificati, nell'industria delle costruzioni, dell'asfalto, della ceramica, in percentuali diversificate a seconda delle prestazioni finali richieste al prodotto.

La temperatura di processo appare l'elemento più critico sia sotto il profilo economico che di raggiungimento effettivo della completa trasformazione dell'amianto.

*Principali tecnologie di trattamento di modifica della struttura chimico-cristallina per via termica proposte/realizzate*

<i>Azienda proponente</i>	<i>Nazione</i>	<i>Principio del processo</i>	<i>Stato operativo</i>	<i>Note</i>
ASBEST – EX - KVT	Germania (Pilema – Italia)	Forno rotativo a 1.200 °C previa granulazione	Pilota (mobile)	
ARI & ACS REGENCY	USA + Gran Bretagna	Forno rotativo a 1.200 °C previa granulazione e reazione con soluzioni basiche	Operativo forno rotativo (stato di Washington e impianto mobile)	Utilizzato per amianto contaminato da PCB e per altri rifiuti chimici tossici e radioattivi – testato dall'US EPA e dal DOE (dipartimento dell'energia USA)
CORDIAM (CNR – ECOTEC)	Italia	Miscela con argilla caolinite (rapporto almeno 1:1) e cottura tra 600 e 1.100°C	Pilota	
ASPIRECO	Italia	Forno statico a 1.100 °C	Pilota/Operativo (Arborea – OR)	Progetto in autorizzazione (Montichiari BS)
NIAL NIZZOLI	Italia	Forno lineare a 1.150 °C	Laboratorio	Progetto in autorizzazione (Villa Santa Lucia - FR)
KRY-AS – ZETADI'	Italia	Forno lineare a 1.200 – 1.300 °C	Laboratorio	Proposta di impianto a Lonate Pozzolo (VA) allo stato sospesa
PROCESSO PRODUZIONE DI WOLLASTONITE	Italia	Miscelazione dell'amianto con residui calcici e silicati e riscaldamento tra 850 e 1.100 °C	Laboratorio	La wollastonite è un silicato già utilizzato come sostituto dell'amianto e ottenuto da minerali grezzi o processi di sintesi

PRODUZIONE DI CLINKER – ITALCEMENTI	Italia – Europa	In questo caso si intendono sfruttare direttamente le temperature di calcinazione nei forni per il cemento (1.100 – 1.400 °C) con o senza un pretrattamento termico dei soli manufatti con amianto a 800 °C	Laboratorio	
PRODUZIONE DI LATERIZIA	Italia	Miscelazione con argilla e successiva cottura a 1.000 °C	Laboratorio	
Litificazione (Centro Sperimentale Metallurgico – ex ILVA)	Italia	Forno statico con fusione a 1.450 °C e cristallizzazione per raffreddamento lento	Laboratorio	
Litificazione pirolitica con produzione di argilla espansa	Italia	Forno statico Miscela con argilla e olio combustibile con riscaldamento graduale fino a 1.400 °C	Laboratorio	
Vetroceramizzazione	Italia	Forno statico a 1.550 °C + additivi (scorie altoforno e fanghi industriali)	Laboratorio	

Si rammenta che il DM 248/2004, tra le condizioni per il riutilizzo del prodotto del trattamento, chiede che *devono essere esenti da amianto (ove per esenti si intende che il loro esame con tecniche di microscopia elettronica analitica non deve evidenziare presenza di fibre di amianto)*.

Nel caso del diretto utilizzo in cementifici del cemento-amianto, apparentemente più *“semplice”* (progetto Italcementi), si è visto che la presenza di cemento-amianto comporta modifiche nei processi che variano dalla necessità di integrare additivi (ossidi di calcio, fluoruro di calcio) alla realizzazione di impianti di granulazione delle materie prime per la produzione di farina cruda con elevati standard di protezione ambientale, inoltre è necessario un preliminare trattamento termico dei manufatti in amianto prima della immissione nel forno e presenta, comunque, limiti di impiego – per garantire il mantenimento delle caratteristiche finali del cemento – non superiori al 5 % in peso.

Tra i processi termici di maggiore interesse possiamo indicare il processo Cordiam, relativamente più *“anziano”* e i processi, simili tra loro, proposti dalle società Aspireco, Zetadi (Kry-As) e Nial Nizzoli fondati tutti su processi pirolitici (essiccazione ad alta temperatura).

Il processo di ceramizzazione definito Cordiam si proponeva di trattare una miscela di rifiuto contenente amianto con caolinite o caolinite-illite per ottenere, mediante trattamento termico. Consiste in una serie di trattamenti termici compresi tra 600 °C e 1.100 °C effettuati su miscele

differenziate di rifiuti con amianto ed argilla ricca in caolino. A seconda del tipo di materiale in ingresso al processo, tali miscele possono essere preparate ed utilizzate in rapporto 1:1 e 1:2 al fine di convertire i minerali di asbesto in materiali classificabili come ceramici. A seconda del tipo di amianto si determinano reazioni di cambiamento di struttura a una temperatura definita, che evolvono da reazioni di deidrossilazione a decomposizione e ricristallizzazione fino ad assestarsi con formazione di cordierite ed akermanite, un silicato di calcio e magnesio, o di sola cordierite. Tra i diversi prodotti ottenibili quelli considerati di maggiore interesse per successivi impieghi sono stati individuati :

- polveri ceramiche inerti contenenti olivina, enstatite, mullite (tra i 750 °C e 950 °C);
- sinterizzati leggeri ( $d=1,05 \text{ g/cm}^3$ ) contenenti enstatite, mullite, cordierite (tra 950 °C e 1100 °C);
- sinterizzati pesanti contenenti cordierite ed enstatite/mullite (tra 1100 °C e 1300 °C).

A seconda delle caratteristiche finali, gli impieghi possibili sono indicati per la realizzazione di materiali ceramici ad elevata refrattarietà, per fritte, per laterizi (da amianti floccati e fibrosi), per pannelli isolanti (questi ultimi da cemento-amianto).

Nel caso dei processi termici più recenti, con particolare riferimento ai rifiuti in cemento-amianto, il trattamento termico viene svolto direttamente mediante forni lineari a rulli (Zetadi e Nial Nizzoli) o statici (Aspireco).

I processi vengono presentati come in grado di trasformare i diversi amianti in altri silicati in funzione della temperatura di trattamento. Tutti i brevetti corrispondenti sono basati su studi svolti, con trattamenti pirolitici, a partire da fibre di amianto pure e di una singola tipologia, estendendo, nelle applicazioni tecnologiche proposte, i risultati a più tipologie di amianto e, in due casi, a tutte le forme in cui si presentano i rifiuti.

*Minerali silicei recuperabili derivanti da trattamenti termici pirolitici di rifiuti di amianto in relazione al tipo di amianto e alle temperature di trattamento*

<i>Tipo di amianto</i>	<i>Prodotti ottenuti a 1.100 °C</i>	<i>Prodotti ottenuti a 1.000 °C</i>	<i>Prodotti ottenuti a 800 °C</i>
<i>Tremolite</i>		Diopside, enstatite, cristobalite	
<i>Crisotilo</i>		Gehlenite, diopside, forsterite ferrifera	Forsterite, enstatite
<i>Crocidolite</i>	Pirosseno alcalino, enstatite, ematite, cristobalite		

Il tipo di prodotto ottenuto dal trattamento è importante per quanto riguarda il suo utilizzo in altri prodotti, non solo in termini di entità del recupero e filiere merceologiche di possibile e/o accertato impiego ma anche, in primis, in termini di qualificazione del prodotto quale materia prima seconda ovvero per passare, sotto il profilo tecnico-normativo, da rifiuto a non rifiuto.

Oltre alla prima condizione posta dal DM 248/2003 (assenza di fibre di amianto nel prodotto finale ovvero di fibre con il rapporto lunghezza/diametro ricordate in nota, rintracciabili con tecnica SEM) si rammenta che vi è una seconda condizione che permette di qualificare il prodotto del trattamento come non rifiuto, ed è quella della assenza di sostanze classificabili come cancerogene oltre lo 0,1 % in peso <sup>25</sup>. Come riportato nella tabella la possibile conversione dell'amianto (amosite, crocidolite e tremolite) anche in cristobalite è un evento da evitare o comunque da porre sotto controllo in quanto si tratta di sostanza sospetta cancerogena. La cristobalite è un ossido di Silicio e può presentarsi come silice cristallina e in granulometrie sufficientemente piccole da essere

respirabile. Il volume 68 (1997) delle monografie IARC dedicato alla silice, ad alcuni silicati, alle polveri di carbone e alle fibre aramidiche, comprende l' $\alpha$  e la  $\beta$  cristobalite tra le forme naturali della silice cristallina.

A conferma della questione si segnala che, nella illustrazione delle prove per il processo Zetadi-Kry-As, ci si premura di evidenziare che, con un trattamento a 1.200 °C di manufatti in cemento-amianto condotto come dalle condizioni progettuali previste, si otterrebbe un materiale esente da cristobalite ovvero con silicati in forme non classificate come possibili cancerogeni.<sup>26</sup>

Le principali caratteristiche dei processi qui ricordati (i tre progetti in fase di proposizione, confrontati anche con altri similari o comunque confrontabili) sono richiamate nella tabella che segue, confrontati anche con tecnologie analoghe già conosciute e rimaste a livello di laboratorio. Va detto che vi è qualche difficoltà ad indicare alcune caratteristiche (in particolari i tempi di trattamento) in quanto la documentazione progettuale è stata modificata/integrata nel tempo, inoltre vi sono delle presentazioni degli stessi con dati differenti rispetto a quelli ufficialmente depositati.

*Tecnologie di trattamento di modifica della struttura chimico-cristallina per via termica o meccanica di recente proposta*

<i>Azienda proponente</i>	<i>Tipo di manufatti</i>	<i>Forma di trattamento</i>	<i>Temperatura e durata di trattamento</i>	<i>Stato operativo</i>
ASPIRECO	Friabile e compatto	Previa granulazione	Forno rotante 1.000-1.100 °C per 3 ore + stabilizzazione a 950 °C	Impianto operativo per bonifica di discarica a Arborea (OR), Autorizzazione in corso a Montichiari (BS) 200.000 t/a
NIZZOLI	Compatto	Alimentazione singola lastra	Forno lineare 1.150 °C per 10 - 40 minuti	Prototipo industriale (sperimentazione di un mese nel 2007) Autorizzazione in corso a Villa Santa Lucia (FR) 60.000 t/a
KRY AS	Compatto	Alimentazione diretta delle lastre pallettizzate	Forno lineare 1.200-1.300 °C per 12-24 ore	Sperimentazioni a livello di laboratorio (ipotesi di impianto con taglia di 78.000 t/a)
ARI & ACS REGENCY	Friabile contaminato da PCB + compatto	Solo in big bag	Forno rotativo a 1.200 °C previa granulazione e reazione con soluzioni basiche	Test su impianto industriale nello stato di Washington nel 2002; progettato un impianto in Irlanda

CORDIAM	Compatto e friabile	Previa macinazione ad umido, miscelazione con argilla	Impastatrice con argilla e successiva cottura in forno dei mattoni ottenuti a 850 – 1.050 °C	Laboratorio
S-SISTEMI	Friabile e compatto (con aggiunta di ossidanti per amianti in matrice organica)	Previa macinazione grossolana ad umido; trattamento idrotermico sotto pressione con acqua supercritica	Reattore a 600-650 °C per 3 ore	Laboratorio

Le differenze tra i tre processi in fase di proposta (Aspireco, Nial Nizzoli, Zetadi-Kry-AS) consistono, principalmente,

- nella presenza di pretrattamenti (nel caso di Aspireco i rifiuti di cemento-amianto imballati su pallets vengono integralmente macinati e inviati ai forni direttamente, senza intervento umano; nel progetto Nial Nizzoli i pallets vengono aperti e solo le lastre, una per una, con intervento umano vengono alimentate al forno; nel progetto Zetadi l'intero pallets viene introdotto direttamente nel forno senza alcun pretrattamento);
- nel rapporto tra temperature di trattamento e tempi (maggiore nel caso del progetto Zetadi per la "impaccatura" della matrice alimentata, minore per Nial Nizzoli, intermedia per Aspireco);
- nei sistemi di trattamento dei fumi connessi con l'utilizzo di combustibili fossili (di norma metano) per l'essiccamento dei rifiuti (con sistemi di filtrazione a secco o combinati secco/umido nel caso Nial Nizzoli e Aspireco, con postcombustione nel caso Zetadi e dell'ARI-Regency);
- nel trattamento di tutti i tipi di amianto (Aspireco) o solo di cemento-amianto (Nial Nizzoli e Zetadi) o con estensione ad amianti in matrici particolari (organiche) e quindi di tipo friabile (ARI e S.Sistemi).

Gli impieghi, indicati dai proponente, per i prodotti ottenuti sono ampi:

- per Aspireco come materiale refrattario, quale carica per la preparazione di refrattari, come filler per il cemento (ritardante di presa); come materiale per fondi stradali; come materiale da riempimento.
- per Nial Nizzoli; può essere utilizzato per la realizzazione di sottofondi stradali, quale additivo/carica per materiali ceramici, refrattari, adesivi e sigillanti nel settore edile, materie plastiche;
- per Zetadi (Kry-As), può essere utilizzato quale additivo/carica in molte produzioni quali materie plastiche, vetro, fritte ceramiche (al 5-10 % in peso), cemento, pigmenti inorganici

Per quanto concerne i costi di trattamento la società Aspireco ha ipotizzato tra le 150 e 160 Euro/tonnellata di rifiuto trattato, questo valore può essere associato anche agli altri trattamenti termici, la società ARI propone un range ampio (in relazione al tipo di combustibile autorizzato) tra 70 e 150 Euro/tonn mentre la società S.Sistemi ipotizza un costo superiore, tra 400 e 500 Euro/tonn che lo rende più "adatto" al trattamento di amianto in matrice friabile rispetto al cemento-amianto.

L'impianto Aspireco è stato "testato" prima con un impianto mobile poi con un impianto pilota realizzato ad Arborea (OR) per il trattamento e la messa in sicurezza di rifiuti misti con amianto di

una discarica incontrollata. Impianto attualmente fermo per aver concluso una parte delle suddette attività.

E' in fase di valutazione di impatto ambientale un impianto in territorio di Montichiari (BS) che trova l'opposizione delle popolazioni e delle amministrazioni anche per la quasi contestuale approvazione di una discarica per cemento-amianto nel medesimo comune.

L'impianto Nial Nizzoli è stato testato per un mese con un forno nel sito di Prato di Correggio (RE) e un progetto è in fase di autorizzazione, dopo aver superato la VIA, a Villa Santa Lucia (GR).

Un importante fattore che potrà spingere per la realizzazione di tali impianti, fermo quanto si dirà in merito agli impatti ambientali e alle soluzioni tecnologiche e gestionali, è costituito dal costo del trattamento. Come detto il costo di smaltimento in discarica (manufatti in cemento-amianto) in Italia è intorno ai 30 Euro/tonn, costo che può incrementarsi di molto in relazione ai tempi e modi di deposito preliminare presso impianti in attesa di disponibilità di discariche, in Italia e in Europa, e che arriva a 140-150 Euro/tonn. Come detto i costi dei trattamenti termici sono nell'ordine di quest'ultima cifra.

Pertanto la fattibilità economica dei trattamenti termici sarà fortemente condizionata – almeno per l'eternit e rifiuti analoghi – dal contenuto dei Piani regionali e dalle autorizzazioni per nuove discariche, come pure nel mantenimento della possibilità di smaltimento di rifiuti pericolosi, come l'amianto, in discariche per rifiuti non pericolosi, come già detto.

Basti pensare che il Piano Regionale Amianto della Lombardia ha previsto l'eliminazione dell'amianto entro 10 anni (2016) garantendo la disponibilità di discariche per lo smaltimento e a valutare *“eventuali metodi alternativi, già sperimentati, di smaltimento dell'amianto”* senza però definire iniziative specifiche su questi ultimi ma, in compenso, emanare norme tecniche atte a *individuare percorsi autorizzativi privilegiati* per raggiungere l'autosufficienza regionale in termini di discariche. Infatti, tra discariche autorizzate e discariche in fase di procedura, in Lombardia si va costituendo un parco impiantistico con una capacità complessiva pari a oltre 2 milioni di metricubi (su una stima, solo per manufatti di cemento-amianto da rimuovere in regione pari a 2,8 milioni di metri cubi equivalenti a 1.120.000 tonnellate).

Va detto, a tale proposito, che anche la taglia di un impianto di trattamento termico non è indifferente, nel caso di Aspireco, per esempio, la proposta di un impianto con una capacità di 200.000 t/a (inizialmente il progetto prevedeva 240.000 t/a) significa, teoricamente, un impianto in grado di trattare tutto l'eternit regionale in 6 anni.

Va infatti ricordato che gli impianti di trattamento di rifiuti pericolosi, anche finalizzati al loro recupero, sono soggetti all'obbligo di preventiva valutazione di impatto ambientale, pertanto devono essere correttamente individuate le criticità ambientali dell'area individuata per la realizzazione dell'impianto come pure gli impatti connessi al funzionamento dell'impianto a partire da una dettagliata caratterizzazione della proposta progettuale.

L'autorizzazione rilasciata deve possedere la forma e i contenuti della autorizzazione integrata ambientale (DLgs 59/05), ciò determina la necessità di valutare nel dettaglio sia la proposta progettuale (e la rispondenza alle migliori tecnologie disponibili comprese quelle relative alla gestione dei rifiuti e degli impianti in tutte le condizioni operative possibili, incluse quelle *“anomale”* prevedibili, al monitoraggio, alla protezione dei lavoratori ecc) che il contesto ambientale, definendo, all'esito di tali procedure, le prestazioni ambientali necessarie per prevenire e ridurre l'inquinamento (possono essere individuate delle prestazioni/limiti maggiormente restrittivi rispetto ai limiti nazionali). Per quanto concerne la gestione dei rifiuti, successivamente al DM 248/2003, è stata revisionata la normativa sulle materie prime seconde (art. 181 bis DLgs 152/06) pertanto, in attesa delle nuove norme in proposito (che avrebbero già dovuto essere



emanate) che potrebbero ridefinire la materia nel caso specifico, vi è, allo stato, la mancata individuazione di tutte le condizioni previste per “saltare” da rifiuto a materia prima seconda.<sup>27</sup>

Va detto che, dai progetti e dagli studi di impatto ambientali che si è potuto esaminare (impianti Aspireco di Montichiari e Nial Nizzoli di Santa Lucia), sono emerse carenze, approssimazioni, contraddizioni, errori e livelli di approfondimento inadeguati che determinano la necessità di ulteriori approfondimenti sui progetti, sulle modalità gestionali previste, sui presidi e le prestazioni ambientali necessarie per contenere gli impatti.

E’ comunque possibile avere alcuni elementi di analisi e di confronto tra i progetti, relativamente alle emissioni e ai consumi energetici, come riportato nella tabella che segue.

*Raffronto nei fattori di emissione, di consumo di energia e concentrazioni all’emissione degli impianti di trattamento termico progettati e proposti in Italia*

<i>Parametro</i>	<i>Progetto Aspireco</i>	<i>Progetto Nial Nizzoli</i>	<i>Indicazioni Zetadì - Kry As</i>
Emissioni per tonn. Trattata	1.000 Nmc/t	2.700 Nmc/t	1.000 - 1.200 Nmc/t
Consumi energetici (solo metano)	365 Mcal/t di rifiut	450 Mcal/t di rifiuto	470 Mcal/t di rifiuto
Consumi energetici (metano ed energia elettrica)	507 Mcal/t di rifiuto	454 Mcal/t di rifiuto	570 Mcal/t di rifiuto
Polveri	10 mg/Nmc	10 mg/Nmc	10 mg/Nmc
Ossidi di zolfo	100 mg/Nmc	100 mg/Nmc	50 mg/Nmc
Acido cloridrico	10 mg/Nmc	n.r.	10 mg/Nmc
Acido fluoridrico	1 mg/Nmc	n.r.	1 mg/Nmc
Carbonio Organico Totale	10 mg/Nmc	n.r.	10 mg/Nmc
Monossido di carbonio	50 mg/Nmc	n.r.	100 mg/Nmc
Ossidi di azoto	200 mg/Nmc	500 mg/Nmc	200 mg/Nmc
Diossine (PCCD/F eq)	0,1 ng/Nmc	n.r.	0,1 ng/Nmc
Metalli pesanti	n.r.	n.r.	Assenti
Amianto	0,01 - 0,0003 mg/Nmc	0,01 - 0,001 mg/Nmc	Assente

n.r. : parametro non considerato nella documentazione esaminata.

Sul tema delle emissioni in atmosfera, sicuramente di maggiore interesse in termini di impatti locali, oltre alle diverse indicazioni relative alle fibre di amianto emesse (da un decimo a un centesimo rispetto al limite vigente di 0,1 mg/Nmc fino allo zero assoluto secondo Kry-As)<sup>28</sup> si segnalano le emissioni connesse all’uso di combustibili fossili (in particolare polveri, ossidi di azoto e ossidi di zolfo) come pure quelle connesse alla combustione/pirolisi di prodotti organici (in sostanza imballaggi) in relazione alla forma con cui vengono trattati i rifiuti (con o senza separazione dai loro imballaggi), quindi contaminanti quali cloro, composti organici volatili, diossine, metalli. Per quanto riguarda le polveri possono avere importanza la presenza nelle emissioni di silicati con caratteristiche chimiche identiche agli amianti con dimensioni (rapporto diametro/lunghezza) non qualificabili come fibre di amianto ma comunque di importanza sanitaria proprio in relazione alle

loro dimensioni. Si rammenta, ad esempio, che nella attuazione del PRA della Lombardia, tale tema è stato affrontato con la proposta sottostante : “L’analisi della concentrazione di fibre di amianto aerodisperse effettuate con la metodica di riferimento indicata sul DM 6/9/94 non consente di “vedere” e quindi contare e misurare, le fibre di amianto di dimensioni inferiori alle “normate”. Poiché è ancora allo studio e da chiarire il ruolo giocato dalle dimensioni delle fibre di amianto nel meccanismo di insorgenza della patologia tumorale associata, il PRAL ha previsto esplicitamente che una parte delle risorse venga impiegata per verificare la presenza o meno in aria ambiente di fibre di amianto di dimensioni inferiori alle fibre normate (fibre ultrafini). Questo è realizzato eseguendo l’analisi a 12.000 ingrandimenti invece che ai 2.000 previsti per l’analisi delle fibre normate.”<sup>2930</sup>

Per l’amianto si rammentano i sottostanti limiti/riferimenti normativi o emanati da enti sanitari (riferiti ad emissioni e/o a qualità dell’aria). La tabella, oltre a riportare il valore così come compare nei documenti considerati, li riporta, per comodità di confronto, in una unica misura, le fibre/litro (numero di fibre per decimetrocubo) ampiamente utilizzata.

*Valori limite e di riferimento delle concentrazioni in emissione e nell’aria di amianto*

<i>Ambito</i>	<i>Valore limite</i>	<i>Valori limite in f/litro</i>	<i>Metodo di analisi</i>	<i>Significato del limite</i>
Esposizione professionale Dlgs 81/2008	0,1 fibre/cm <sup>3</sup>	100 fibre/l	MOCF	Limite di esposizione professionale mediato su 8 ore
Interno edifici (DM 6.02.1994)	20 fibre/litro 2,0 fibre/litro	20 fibre/l 2,0 fibre/l	MOCF SEM	Limite per la restituibilità di ambienti successivamente alla effettuazione di operazioni di bonifica
Emissioni in atmosfera (Dlgs 114/1995 e Dlgs 152/06)	0,1 mg/m <sup>3</sup> 2,0 fibre/ml	2.000 fibre/l 2.000 fibre/l	Gravimetrico o MOCF	Emissioni al camino
Emissioni indicate per impianti proposti (Aspireco, Nial) (*)	0,001 – 0,01 mg/m <sup>3</sup> 0,0003 mg/m <sup>3</sup>	20 - 200 fibre/l 6 fibre/l	SEM (Nial) UNICHIM	Emissioni al camino
Concentrazione ambientale di riferimento (proposta) (**)	1 - 0,1 fibre/litro	1 – 0,1 fibre/l	SEM	Qualità dell’aria ambiente
OMS (rischio tumore al polmone 10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-5</sup> ) (***)	0,0005 fibre/ml	0,5 fibre/l	MOCF	Qualità dell’aria ambiente
OMS (rischio mesotelioma 10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-4</sup> ) (***)	100 fibre/mc	0,1 fibre/l	MOCF	Qualità dell’aria ambiente
OSHA rischio tumore al polmone 10 <sup>-6</sup> (****)	0,000004 f/mc <sup>3</sup>	4,0 fibre/l	MOCF	Qualità dell’aria ambiente

Fonti:

(\*) Studi di impatto ambientale/progetti dei proponenti

(\*\*) P.G. Piolatto, M.G. Putzu, G.C. Botta “*Fibre di amianto e Valori di Riferimento*”, Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia, n. 25, 2003, pp. 94-98

(\*\*\*) OMS WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000 Air Quality Guidelines - Second Edition, Chapter 6.2 Asbestos

(\*\*\*\*) Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Occupational Safety and Health Standards, Toxic and Hazardous Substances. *Code of Federal Regulations*. 29 CFR 1910.1001. 1998

Nota 1 : nei casi indicati di concentrazioni associate a rischi tumorali si tenga conto che l'EPA considera “*accettabile*” una fonte inquinante con un rischio pari a  $1 * 10^{-6}$  (un caso incrementale di tumore per milione di persone considerando una aspettativa di vita di 70 anni). Questo livello di rischio costituisce un riferimento per le valutazioni di rischio per gli interventi di bonifica ambientale (Allegato 1 alla parte quinta del Dlgs 152/06 come modificato dal Dlgs 4/2008).<sup>31</sup>

Nota 2 : MOCF (Microscopia Ottica a Contrasto di Fase) SEM (Microscopia Elettronica a Scansione), sono le due tecniche analitiche di maggiore utilizzo (ed esplicitamente indicate nelle norme); in sintesi la SEM garantisce una maggiore precisione nella individuazione e nel conteggio delle fibre, si considera un rapporto 10 : 1 tra MOCF e SEM (da un valore in MOCF pari a 10 f/l ci si aspetta un valore in SEM di 1 f/l e viceversa).

Per quanto concerne l'amianto “*normato*” (per rapporto lunghezza/diametro) va detto che le misurazioni in aria al perimetro di impianti di discarica hanno fornito valori intorno a 0,1 fibre/litro; studi di impatto ambientale di discariche hanno ipotizzato, in relazione alle condizioni meteo climatiche, e per singoli eventi di rilascio dovuti a rottura degli imballaggi dei rifiuti durante la movimentazione, livelli di emissione al di fuori del perimetro fino a 55 f/l, un livello significativo per esposizione professionale (equivalenti a esposizioni annue della popolazione residente intorno a un impianto tra 0,05 e 0,5 f/l ovvero, per la Lombardia, tali da raddoppiare ). I limiti alle emissioni previsti e stimati per impianti di trattamento termico, considerate le modalità di emissione e di ricaduta ipotizzabile nelle aree circostanti, sono tali da stimare ricadute sensibilmente inferiori rispetto alla discarica.

Da ultimo non va dimenticato che, nel confronto sui progetti in fase di autorizzazione (NIAL NIZZOLA e ASPIRECO) si riscontra una certa “*ritrosia*” (motivata con ragioni economiche) a prevedere sistemi e periodicità di monitoraggio ambientale corrispondenti alla limitata conoscenza delle prestazioni ambientali degli impianti stessi (ovviamente tale nota va riversata tal quale anche sulle discariche che – anche per quanto detto in merito alla classificazione dell'impianto per questi rifiuti – soffrono di prescrizioni autorizzative su tali aspetti che risultano del tutto inadeguate ai rischi ambientali e sanitari correlabili).

## **DISCARICA VS RECUPERO PREVIO TRATTAMENTO TERMICO, TUTTO CHIARO ?**

Per poter valutare, tra loro e rispetto allo smaltimento in discarica, i complessivi vantaggi/svantaggi ambientali di queste tre proposte, accomunate dall'utilizzo di processi pirolitici di trattamento termico e da un maggior sviluppo di dettaglio progettuale, sarebbe utile svolgere una “*valutazione del ciclo di vita*” (Life Cycle Assessment - LCA)<sup>32</sup>. Per far ciò occorre definire al meglio, in modo dettagliato e certo (analisi di inventario), tutti i fattori di pressione connessi con la realizzazione dei diversi impianti all'interno di un idoneo *confine* dei sistemi sottoposti ad esame.<sup>33</sup> In questo caso l'individuazione dei confini appare facilitata in quanto stiamo parlando di un rifiuto comunque prodotto, esistente (e, nonostante le quantità elevate, *a termine*) e non evitabile, come invece sono molti rifiuti urbani e industriali. Il confine dell'analisi corrisponde da un lato alla post-rimozione con rifiuto prodotto e imballato, percorre i consumi ed emissioni, di ogni genere, durante la costruzione e la vita di una discarica o di un impianto, fino a considerare gli impatti evitati connessi

con il recupero di materiali (in una discarica i rifiuti sono invece *irrecuperabili*). Pertanto i fattori decisivi nel confronto sono costituiti dalle emissioni (tossicità) per “*unità di prodotto*”, dai consumi energetici (sui quali è evidentemente “*favorita*” la discarica) e gli impatti evitati con il recupero dei prodotti ottenuti (aspetto su cui invece i trattamenti sono sicuramente in vantaggio rispetto alla messa in discarica).

Nel caso dei due progetti in iter autorizzativo (Aspireco di Montichiari e Nial Nizzoli di Santa Lucia) non è rintracciabile, negli studi di impatto ambientale o in altri documenti, idonee valutazioni od anche elementi completi su cui poter svolgere valutazioni in tal senso pertanto appare arduo poter costruire, dall'esterno, una LCA affidabile (pesano anche alcune limitazioni poste nei progetti in relazione alla secretazione del dettaglio di parti impiantistiche per motivi brevettuali).

Si segnala che sono stati presentati, pur sinteticamente, dei risultati di una LCA relativa al progetto Zetadi-Kry-As. Tali risultati (vedi slide sotto riportata prodotta dallo Studio Life Cycle Engineering) indicherebbero che :

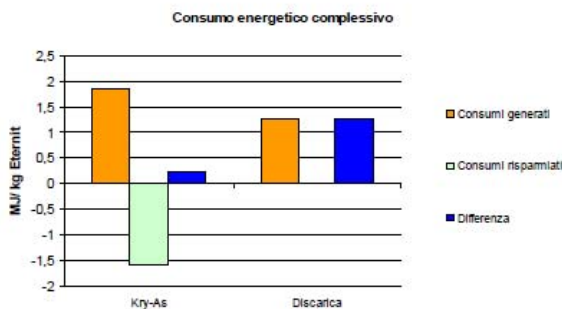
- per quanto concerne i consumi energetici (Energia Totale, Gross Energy Requirement - GER), il processo di trattamento dei rifiuti di amianto appare più efficiente (con minore impatto) di quattro volte rispetto della discarica in virtù dei consumi evitati per effetto del riutilizzo del prodotto del trattamento ovvero della sostituzione di prodotti equivalenti (feldspato in inerti);
- per quanto riguarda l'effetto serra potenziale (Global Warming Potential GWP100) il processo di trattamento determina un incremento (di due volte) delle emissioni rispetto alla discarica, pur considerando l'effetto del riutilizzo (infatti il proponente prefigura la possibilità di introdurre nel progetto sistemi per la “*cattura*” di anidride carbonica e la riduzione delle emissioni);
- non risultano (non sono stati presentati risultati) lo svolgimento di valutazioni relative agli aspetti di “*danno ambientale*” (per i quali, nell'ambito delle LCA, sono disponibili diverse metodologie utilizzabili, che considerano, comunque, oltre alle emissioni di gas ad effetto serra, anche la tossicità/danno per l'uomo, i fattori di acidificazione, eutrofizzazione, ossidazione fotochimica, agli ecosistemi).

Nel complesso, e allo stato delle conoscenze disponibili, si può concludere (provvisoriamente) che trattamenti alternativi dei manufatti in amianto, ed in particolare per via termica (pirolitica) e meccanica, finalizzati alla modifica chimico-strutturale dei minerali per la produzione di materiali impiegabili in altre filiere, è sicuramente di interesse e da sviluppare per affrontare adeguatamente l'ultimo passaggio della fuoriuscita dall'epoca dell'amianto, ovvero la gestione dei rifiuti da rimozioni/bonifiche senza dover adottare esclusivamente il sistema della discarica che ha evidenti e note controindicazioni.

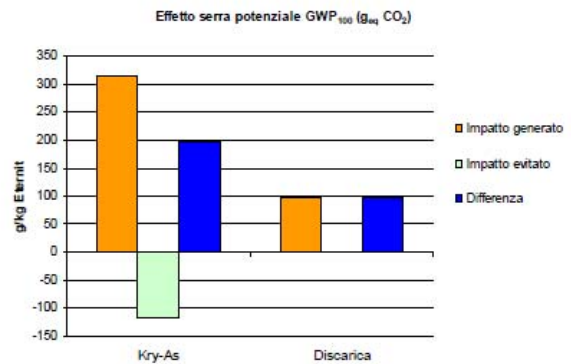
Va però detto che il livello progettuale finora espresso sul tema o è ancora limitato a quello di laboratorio oppure presenta criticità e nodi irrisolti da affrontare in modo trasparente (chi scrive ha avuto modo di evidenziare questi dubbi nell'ambito delle procedure in corso per gli impianti Aspireco e Nial Nizzoli ed attende risposte idonee). Anche nei casi in cui si dispone di campagne di attività su impianti a livello industriale, i dati disponibili o sono parziali (perché non tutta la documentazione è stata resa pubblica dai proponenti) oppure mostrano carenze relativamente alla completezza dei parametri ambientali considerati (ad esempio, spesso ci si concentra sulla presenza/assenza di fibre di amianto misurabili nei prodotti finali e/o nelle emissioni e non si considerano altri contaminanti, dovuti ai combustibili utilizzati e al controllo della combustione nonché, in via più generali, a tutte le condizioni anomale (malfunzionamenti) ipotizzabili nelle diverse fasi dei processi e nelle diverse sezioni impiantistiche.

Su questi aspetti non si può che chiedere che il confronto con le aziende e le istituzioni preposte sia allargato alle popolazioni interessate dalla localizzazione di questi impianti a partire dallo spazio che deve essere dedicato ai processi proposti nell'ambito dei piani regionali amianto.

**SCENARI DI GESTIONE DELL'ETERNIT**



Gli impatti evitati sono riferiti alla mancata produzione di inerti a seguito della conversione dell'eternit



<sup>1</sup> Legge 257 del 27.03.1992 “Norme relative alla cessazione dell’impiego dell’amianto”.

<sup>2</sup> Direttiva CEE/CEE/CE n° 77 del 26/07/1999.

<sup>3</sup> Cfr “L’amiant dans le monde”, Hesa Newsletter, giugno 2005 ETUI-REHS

<sup>4</sup> I contenuti dei piani regionali amianto sono stati precisati nel DPR 8.08.1994. In tale atto veniva specificato che *Le regioni e province autonome predispongono un piano di smaltimento dei rifiuti di amianto che individua la tipologia, il numero e la localizzazione degli impianti da utilizzare per lo smaltimento di tali rifiuti, basato sulla valutazione delle tipologie e dei relativi quantitativi di rifiuti di amianto presenti sul territorio, nonché su una appropriata analisi territoriale*

<sup>5</sup> Si rammenta che la norma non obbliga alla rimozione entro un termine dei manufatti esistenti, ma prescrive che i proprietari/utilizzatori debbano procedere alla caratterizzazione dello stato dei manufatti e programmare un intervento (dal controllo nel tempo, alla messa in sicurezza, alla rimozione) a seconda dello stato. Va considerato che, dato il tempo trascorso anche per i manufatti in cemento-amianto più “giovani”, ove esposti agli agenti meteorici, è difficile pensare a manufatti ancora integri e in condizioni ottimali. Si rammenta che il rischio ambientale dei manufatti in cemento-amianto è costituito dal degrado del legante cementizio che determina il progressivo rilascio delle fibre.

---

<sup>6</sup> Per l'esattezza la norma parla di "individuazione dei siti che devono essere utilizzati per l'attività di smaltimento dei rifiuti di amianto" nonché "il controllo delle attività di smaltimento e di bonifica relative all'amianto" in armonia "con i piani di organizzazione dei servizi di smaltimento dei rifiuti".

<sup>7</sup> La distinzione normativa è la seguente : *Friabili*: materiali che possono essere facilmente sbriciolati o ridotti in polvere con la semplice pressione manuale; *Compatti*: materiali duri che possono essere sbriciolati o ridotti in polvere solo con l'impiego di attrezzi meccanici (dischi abrasivi, frese, trapani, ecc.).

<sup>8</sup> Il Dpr 915 del 10.09.1982 era la norma vigente sulla gestione dei rifiuti (fino al 1997); la norma indicata è la Delibera del comitato interministeriale del 27.07.1984.

<sup>9</sup> Circolari 4 del 4.02.1993 e del 5.06.1995 della Regione Lombardia. Analoghi provvedimenti sono stati adottati da tutte le altre regioni nello stesso periodo.

<sup>10</sup> L'Italia è stata condannata (sentenza della Corte di Giustizia Europea C442/06 del 18.04.2008) per il ritardo sia nei tempi di recepimento della direttiva discariche nelle norme nazionali che negli eccessivi tempi di "transizione" nella applicazione della norma sulle discariche esistenti all'atto del recepimento.

<sup>11</sup> 1. *Nelle discariche per rifiuti non pericolosi e' consentito lo smaltimento, senza caratterizzazione analitica, dei seguenti rifiuti: (...c) i materiali edili contenenti amianto legato in matrici cementizie o resinoidi in conformita' con l'art. 7 comma 3, lettera c) del decreto legislativo 13 gennaio 2003, n. 36 senza essere sottoposti a prove.* (DM 5.08.2005).

<sup>12</sup> La regione Lombardia ha emanato una apposita circolare applicativa con DGR 30.11.2005 n. 1266 in cui vengono dettagliate le caratteristiche costruttive e gestionali delle discariche monorifiuto e/o delle celle dedicate per lo smaltimento di cemento-amianto..

<sup>13</sup> Da ultimo si veda, per la Lombardia, la DGR 21.10.2009 n. 10360. Norme regionali, ancora riferite al DPR 915/1982, prevedevano distanze anche più elevate, tra 500 metri e 2.000 metri anche per discariche considerate idonee per lo smaltimento del cemento-amianto (per le discariche di tipo 2A , per rifiuti inerti e cemento-amianto la distanza di 500 metri era prescrizione della maggior parte delle regioni all'epoca della approvazione del DLgs 22/1997.

<sup>14</sup> In molti casi non si può escludere che tali siti si siano trasformati in vere e proprie discariche, nel caso in cui lo stoccaggio in attesa di smaltimento superi un anno.

<sup>15</sup> In Italia, DM 29.01.2007, in parziale traduzione e recepimento delle linee guide della Commissione Europea : "Reference Document on Best Available Techniques of the Waste Treatment Industries", agosto 2006.

<sup>16</sup> Tra i compiti di questa Commissione vi sono quelli di definire i "disciplinari tecnici sulle modalità per il trasporto e il deposito dei rifiuti di amianto nonché sul trattamento, l'imbballaggio e la ricopertura dei rifiuti medesimi nelle discariche autorizzate"; ulteriore compito della suddetta Commissione è definire le caratteristiche dei materiali sostitutivi dell'amianto nonché le metodologie tecniche "per le attività di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto

<sup>17</sup> Si veda in particolare gli Atti del Convegno "L'industria e l'amianto. I nuovi materiali e le nuove tecnologie a dieci anni dalla Legge 257/1992" , Consiglio Nazionale delle Ricerche, 26-28.11.2002.

<sup>18</sup> Con un indice di rilascio di 0,1 si permette ancora l'estrazione di minerali contenenti amianto come le cosiddette "pietre verdi" utilizzate per scopi ornamentali e per massicciate ferroviarie.

<sup>19</sup> Si rammenta che, ai fini ambientali/analitici, gli amianti, oltre a corrispondere ai minerali silicatici già ricordati, devono anche avere le seguenti caratteristiche : *Fibra di amianto : particella allungata con un rapporto lunghezza/diametro  $\geq 3:1$ ; ai fini della misurazione della presenza di amianto nell'aria si prendono in considerazione le fibre con lunghezza superiore a 5 micron e diametro inferiore a 3 micron.*

<sup>20</sup> Ovvero con acqua ad elevata temperatura (450 °C) e pressione (> 22,1 MPa).

<sup>21</sup> In Francia esistono altri due impianti analoghi (Cenon , per rifiuti urbani; Saint Paul Les Durance, per rifiuti radioattivi) mentre il Giappone è il paese che conta il maggior numero di impianti di questo genere per diverse tipologie di rifiuti.

<sup>22</sup> La temperatura di fusione dell'amianto varia, a seconda del tipo di amianto, da 1.200°C a 1.500 °C.

<sup>23</sup> Soprattutto se trasferiti alla realtà italiana rispetto a quella francese (con disponibilità di energia elettrica a basso costo per la scelta nucleare). Per un processo analogo a quello Inertam (con temperature di esercizio paragonabili), il Geo Melt, viene indicato un fabbisogno energetico pari a Geomelt (vitrificazione) 1.970 Mcal/t, circa quattro volte i corrispondenti trattamenti termici proposti recentemente in Italia.

<sup>24</sup> Oltre alla appartenenza a una delle fibre asbestiformi, si considerano tali le particelle allungate con un rapporto lunghezza/diametro  $\geq 3:1$ ; ai fini della misurazione della presenza di amianto nell'aria si prendono in considerazione le fibre con lunghezza superiore a 5 micron e diametro inferiore a 3 micron.

<sup>25</sup> "non devono contenere in concentrazione totale > 0,1% sostanze (...) che siano classificate "cancerogene di categoria 1 o 2 e siano etichettate almeno come Tossica T" con la frase di rischio R45 "Puo' provocare il cancro" o con la frase di rischio R49 "Puo' provocare il cancro in seguito ad inalazione", ovvero classificate dalla Commissione

---

consultiva tossicologica nazionale (CCTN) nella categoria 1 o nella categoria 2, ovvero classificate dall'agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) nel gruppo 1 o nel gruppo 2a;”

<sup>26</sup> A.F. Gualtieri, C. Cavenati, I. Zanatto, M.Meloni, G.Elmi, M. Lassinatti Gualtieri “The transformation sequence of cement-asbestos slates up to 1.200 °C and safe re cycling of the reaction product in stoneware tile mixture”, Journal of Hazardous Materials, vol. 152, n. 2, aprile 2008 pp. 563-570.

<sup>27</sup> 1. Non rientrano nella definizione di cui all'articolo 183, comma 1, lettera a), le materie, le sostanze e i prodotti secondari definiti dal decreto ministeriale di cui al comma 2, nel rispetto dei seguenti criteri, requisiti e condizioni:

a) siano prodotti da un'operazione di riutilizzo, di riciclo o di recupero di rifiuti;

b) siano individuate la provenienza, la tipologia e le caratteristiche dei rifiuti dai quali si possono produrre;

c) siano individuate le operazioni di riutilizzo, di riciclo o di recupero che le producono, con particolare riferimento alle modalità ed alle condizioni di esercizio delle stesse;

d) siano precisati i criteri di qualità ambientale, i requisiti merceologici e le altre condizioni necessarie per l'immissione in commercio, quali norme e standard tecnici richiesti per l'utilizzo, tenendo conto del possibile rischio di danni all'ambiente e alla salute derivanti dall'utilizzo o dal trasporto del materiale, della sostanza o del prodotto secondario;

e) abbiano un effettivo valore economico di scambio sul mercato.

I metodi di recupero dei rifiuti utilizzati per ottenere materie, sostanze e prodotti secondari devono garantire l'ottenimento di materiali con caratteristiche fissate con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, ai sensi dell'articolo 17, comma 3, della legge 23 agosto 1988, n. 400, di concerto con il Ministro della salute e con il Ministro dello sviluppo economico, da emanarsi entro il 31 dicembre 2008.

3. Sino all'emanazione del decreto di cui al comma 2 continuano ad applicarsi le disposizioni di cui ai decreti ministeriali 5 febbraio 1998, 12 giugno 2002, n. 161, e 17 novembre 2005, n. 269. “

<sup>28</sup> Equivalenti a 2.000 fibre/litro, vedi il Dlgs 114 del 17.03.1995 e allegato I parte quinta del Dlgs 152 del 3 aprile 2006 e s.m.i..

<sup>29</sup> V. Regione Lombardia, D.G. Sanità, *Relazione Piano Regionale Amianto Lombardia (PRAL)*, anno 2008, p. 25.

<sup>30</sup> Così si esprimono le “Linee Guida per la gestione del rischio amianto” della Regione Lombardia – DGR 12.03.2008 n. 8/6777: *Mesotelioma: il problema delle fibre ultrafini*

Recentemente in ambito scientifico si è discusso in merito alla dimensione delle fibre di amianto nella genesi delle diverse patologie correlate a questo minerale ed in particolare sul ruolo eziopatogenetico delle fibre ultrafini nello sviluppo del mesotelioma. In particolare, secondo quanto descritto da alcuni autori, tra cui G. Chiappino in un recente articolo, l'amianto quando manipolato o sollecitato meccanicamente disperde nell'atmosfera una miscela di fibre, tra loro in proporzioni non costanti, suddivisibili schematicamente in grandi, medie e ultrafini (diametro molto inferiore a 1 µm e lunghezza inferiore a 5 µm). Quando le fibre medie e ultrafini inalate raggiungono gli alveoli polmonari provocano l'asbestosi ed il carcinoma polmonare, ma soltanto le ultrafini riescono anche a passare dal polmone alla pleura (superamento della barriera polmone pleura, passaggio con il flusso del liquido lubrificante la pleura verso gli stomi di riassorbimento del liquido, concentrazione nei pressi degli stomi, irritazione cronica, reazione sclerogena, risposta neoplastica) ove provocano manifestazioni benigne o, nei soggetti suscettibili, il mesotelioma maligno. Secondo Chiappino sembrerebbe, quindi, che il vero agente causale del mesotelioma sia la quota ultrafine delle fibre inalate, che si concentrerebbe negli stomi di riassorbimento linfatico a livello della pleura parietale.

Tali conclusioni, tuttavia, non sono state universalmente condivise nel mondo scientifico. In particolare, alcuni autori esprimono particolare cautela nell'escludere alcuni tipi di fibre inalate in base alla loro lunghezza per quanto riguarda il contributo al potenziale sviluppo di patologia amianto-correlata. Peraltro, anche Suzuki nelle sue recenti pubblicazioni sostiene un ruolo di “contributo” e non di esclusività delle fibre con lunghezza uguale o inferiore a 5 µm e di spessore uguale o inferiore a 0,25 µm nello sviluppo del mesotelioma.”

<sup>31</sup> Il testo vigente è il seguente: “Si propone  $1 \times 10^6$  come valore di rischio incrementale accettabile per la singola sostanza cancerogena e  $1 \times 10^5$  come valore di rischio incrementale accettabile cumulato per tutte le sostanze cancerogene, mentre per le sostanze non cancerogene si applica il criterio del non superamento della dose tollerabile o accettabile (ADI o TDI) definita per la sostanza (Hazard Index complessivo 1)”.

<sup>32</sup> La definizione corrente di LCA è la seguente “strumento oggettivo che consente di identificare, valutare e quantificare i carichi energetici ed ambientali associati ad un processo od un'attività durante tutte le fasi del suo ciclo di vita, dall'approvvigionamento, la lavorazione e la trasformazione delle materie prime, alla fabbricazione del prodotto, il trasporto, la sua distribuzione ed il suo utilizzo, incluso lo smaltimento finale”.

<sup>33</sup> La struttura moderna della LCA è regolamentata dalle norme ISO serie 14040 ed è sintetizzabile nei seguenti quattro momenti principali:

1. **Definizione degli scopi e degli obiettivi:** è la fase preliminare, in cui sono definite le finalità, il campo di applicazione e i confini dello studio LCA, nonché l'unità funzionale cui riferire i risultati. Descrive inoltre le categorie e la qualità dei dati da reperire, le assunzioni ed i limiti determinando quindi tutta l'impostazione di uno studio LCA.

- 
2. **Analisi d'inventario:** consiste nella compilazione dettagliata di un bilancio fisico degli input (materiali, energia, risorse naturali) e degli output (emissioni in aria, acqua, suolo, rifiuti prodotti) attraverso la realizzazione di un modello che esemplifichi il sistema oggetto dello studio.
  3. **Valutazione degli impatti:** consiste nell'elaborazione dei risultati dell'inventario, con lo scopo di valutare la portata dei potenziali impatti e quindi di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci di emissioni o reflui nell'ambiente e del consumo di risorse provocati dalla sequenza di attività incluse nel sistema.
  4. **Interpretazione dei risultati e miglioramento:** è la parte conclusiva della valutazione del ciclo di vita in cui si effettua l'interpretazione dei risultati delle due fasi precedenti e la definizione delle possibili linee di intervento, al fine di individuare i miglioramenti necessari per ridurre efficacemente gli impatti ambientali prodotti.