

SITEB

L'ESPOSIZIONE AL BITUME E AI SUOI FUMI: EFFETTI SULLA SALUTE

SINTESI DELLE PRINCIPALI EVIDENZE E CONCLUSIONI IN MERITO.

PRESENTAZIONE

Il bitume viene impiegato da tempo immemorabile come materiale legante e impermeabilizzante, dimostrando nei secoli di essere un prodotto che di per sé non ha proprietà dannose per la salute umana. Tuttavia, dubbi sono sorti in varie occasioni per quanto riguarda la possibile nocività dei fumi emessi quando il bitume viene riscaldato ad alte temperature.

Il SITEB si è proposto di informare e aggiornare gli Associati circa i più recenti sviluppi scientifici e le evidenze sperimentali relative alla ipotizzata tossicità dei fumi di bitume; ha quindi predisposto questo documento tecnico, frutto di un lavoro mirato di ricerca e documentazione.

Il documento, unico nel suo genere, prende in considerazione sia la composizione e classificazione del bitume e dei suoi fumi, sia gli effetti sulla salute umana, nonché i risultati dei più recenti studi epidemiologici.

Si basa sulla ricca e aggiornata documentazione europea e americana, cui il SITEB ha accesso grazie alle sue interazioni, dirette o indirette, con EAPA, Eurobitume, CONCAWE, IARC (in Europa) e con NAPA, FHWA, NIOSH (negli USA).

Questo documento ha un valore soprattutto tecnico-scientifico ed è rivolto, oltre che agli Associati SITEB, agli addetti ai lavori; in altre parole a tutti coloro che sono quotidianamente in contatto con il bitume e con i materiali che lo contengono.

Va ricordato che una speciale commissione dell'ISPESL sta predisponendo, in collaborazione con il SITEB, delle apposite linee guida per l'industria dell'asfalto.

Tali linee guida avranno, quando pronte, scopi e contenuti più mirati e integreranno, nella loro qualità di documento ufficiale, le informazioni tecniche contenute nel presente documento.

Roma, Novembre 2003

Il Presidente del SITEB
Carlo Giavarini

Il presente documento è stato redatto dal gruppo di lavoro HSE del SITEB, costituito da:

Luciano Bocchi
Carlo Giavarini
Fiorella Iobbi
Marco Pinzuti Ansolini

PREMESSA

Questo documento vuole rappresentare un breve e coinciso, anche se necessariamente parziale, stato dell'arte sulla conoscenze relative alla composizione dei bitumi e dei fumi generati per riscaldamento; esso prende inoltre in considerazione gli effetti per la salute dei lavoratori derivanti dal contatto e/o dall'esposizione ai fumi del bitume. Un capitolo specifico viene dedicato alla classificazione del bitume secondo la legislazione italiana ed europea.

Salvo richiamo specifico non vengono presi in considerazione i derivati del bitume tipo bitumi liquidi, flussati, emulsioni, pitture ecc., a causa della specificità di tali prodotti.

L'argomento è sicuramente vasto e complesso, e questo documento non ha la pretesa di esaurirlo, ma, più semplicemente, di fornire un'informazione di massima che possa anche risultare una guida per eventuali approfondimenti degli argomenti trattati, per i quali si rimanda alle fonti citate nella bibliografia.

INDICE DEGLI ARGOMENTI

Capitolo I : Proprietà e composizione dei bitumi e dei fumi di bitume

1.1	Definizioni	pag.	6
1.2	Catalogazione		8
1.3	Composizione dei bitumi e dei fumi		9
1.3.1	Composti policiclici aromatici		12
1.4	Gli idrocarburi polinucleari aromatici (IPA) nei fumi del bitume		13

Capitolo II : Esposizione professionale ai fumi del bitume

2.1	Produzione ed esposizione ai fumi di bitume	pag.	17
2.2	Esposizione professionale ai fumi per inalazione		18
2.2.1	Particolato totale e particolato solubile in benzene		18
2.2.2	Idrocarburi polinucleari aromatici		19
2.2.3	Limiti di esposizione professionale		19
2.2.4	Campionamento e metodologia analitica		20
2.2.5	Risultati sperimentali		22
2.3	Esposizione professionale cutanea		25
2.3.1	Risultati sperimentali		25
2.4	Traccianti biologici (biomarkers)		26
2.5	Uno studio italiano: indagine igienistico tossicologica		30

Capitolo III: Effetti sulla salute dell'uomo

3.1	Studi "in vivo" e "in vitro"	pag.	37
3.1.1	Effetti di tossicità acuta e sub cronica		37
3.1.2	Effetti di tossicità cronica (cancerogenicità e tossicità)		38
3.2	Studi degli effetti sulla salute dell'uomo		40
3.2.1	Studi sugli effetti di tipo acuto		40
3.2.2	Studi sugli effetti di tipo cronico		42
3.3	Lo studio IARC sui lavoratori dell'industria del bitume		48

Capitolo IV: Classificazione del bitume sulla base della legislazione europea ed italiana

4.1	Identificazione delle proprietà pericolose del prodotto – Criteri di classificazione	Pag. 55
4.1.1	La classificazione di sostanze e preparati	55
4.1.2	La legislazione europea	56
4.1.2	Metodi di prova e criteri guida generali per la classificazione delle sostanze e dei preparati	57
4.2	Classificazione sulla base delle caratteristiche del prodotto	58
4.2.1	Classificazione sulla base delle proprietà chimico-fisiche	58
4.2.2	Classificazione sulla base delle proprietà tossicologiche	59
4.2.2.1	Tossicità	60
4.2.2.2	Effetti corrosivi ed irritanti	62
4.2.2.3	Effetti di sensibilizzazione	63
4.2.3	Effetti specifici sulla salute dell'uomo	63
4.2.3.1	Cancerogenicità	64
4.2.3.2	Mutagenicità	65
4.2.3.3	Tossicità per la riproduzione	66
4.2.4	Effetti sull'ambiente	67
4.3	Segnalazione dei rischi: etichettatura e schede di sicurezza	67
4.3.1	Etichettatura	67
4.3.2	Scheda di sicurezza prodotto	67

APPENDICE I – Catalogazione EINECS – CAS e relativa descrizione per le sostanze di tipo bituminoso di origine petrolifera [gruppo 13 - Regolamento 793/93/CEE]

APPENDICE II – Scheda di sicurezza del bitume

APPENDICE III – Linea guida per la compilazione della scheda di sicurezza per conglomerati bituminosi

CAPITOLO I

Proprietà e composizione dei bitumi e dei fumi di bitume

Nella prima parte del capitolo, a carattere introduttivo, vengono riportate le definizioni relative al bitume ed ai suoi derivati, insieme alla catalogazione e alla composizione del bitume

Nella seconda parte vengono presi in esame i composti policiclici aromatici presenti nel bitume e, soprattutto, nei fumi generati da riscaldamento, per i quali saranno riportate le principali evidenze emerse dai diversi studi effettuati su campioni prelevati presso i siti lavorativi o prodotti in laboratorio.

1.1 DEFINIZIONI

Prima di affrontare i temi relativi agli aspetti connessi alla sicurezza e agli effetti sulla salute nell'impiego del bitume, può essere opportuno riprendere alcune definizioni e descrizioni relative al bitume e ad altri prodotti derivati o erroneamente ad esso assimilabili, quali asfalto e catrame [1, 2].

□ *Bitume*

Sostanza derivata dal petrolio di colore nero o bruno scuro, solida o semi solida con caratteristiche termoplastiche. Si trovano in letteratura diverse definizioni o descrizioni dei bitumi: tra esse citiamo quelle riportate dall'EINECS (European Inventory of Existing Commercial Substances), che sono utilizzate per la catalogazione ufficiale in Europa:

- *Bitume* : “combinazione molto complessa di composti organici ad alto peso molecolare, contenente una quantità relativamente elevata di idrocarburi con numero di atomi di carbonio prevalentemente superiori a C₂₅, ed alti rapporti carbonio-idrogeno. Contiene piccole quantità di vari metalli, quali nickel, ferro o vanadio. Si ottiene come residuo non volatile della distillazione del petrolio grezzo, o mediante separazione in forma di raffinato da olio residuo, in un processo di deasfaltazione”.
- *Bitume ossidato* : “sostanza solida nera complessa ottenuta insufflando aria attraverso un residuo riscaldato o attraverso un raffinato proveniente da un processo di deasfaltazione, con e senza catalizzatore. Il processo si basa principalmente su di una condensazione ossidativa che provoca l'aumento del peso molecolare”.

□ *Derivati del bitume*

Si riporta di seguito una sintesi delle descrizioni presenti nel dossier “**Bitumens and Bitumen Derivatives**” elaborato dal CONCAWE [3] (Associazione Scientifica delle Società Petrolifere operanti in Europa indirizzata allo studio dei problemi della salute umana e dell’ambiente connessi all’uso dei prodotti petroliferi) per i principali derivati del bitume:

- *Bitumi liquidi* sono miscele di bitumi con diluenti petroliferi volatili quali acqua ragia o cherosene, per renderli più fluidi e facilitarne il maneggio e l’applicazione. In funzione della quantità e della volatilità del diluente usato, le proprietà originali del bitume possono essere parzialmente o completamente recuperate con l’evaporazione del diluente dopo l’applicazione del bitume liquido.
- *Bitumi flussati*: sono miscele di bitumi con flussanti (prodotti petroliferi ad elevato punto di ebollizione quali gli oli da processo industriale o distillati pesanti con punti iniziali di ebollizione maggiori di 350 °C). Dopo l’applicazione si ha solo una limitata evaporazione del solvente.
- *Emulsioni bituminose*: sono costituite da fini dispersioni di bitumi in acqua ove il bitume è la fase dispersa e l’acqua è la fase continua. Si producono normalmente impiegando un bitume di tipo stradale e utilizzando un mulino colloidale idoneo. Il contenuto di bitume in una emulsione varia da 40 ad 80 % peso, e la temperatura di applicazione da quella ambiente a 90 °C. Si distinguono in anioniche o cationiche a seconda del tipo di carica impartita dagli agenti stabilizzanti.
- *Bitumi modificati*: sono bitumi nei quali le proprietà reologiche sono state sostanzialmente modificate con l’aggiunta di un agente chimico o fisico. Normalmente si tratta di un polimero elastomerico o plastomerico; sono utilizzati sia in campo stradale che in edilizia.

□ *Asfalto*

Questo termine si riferisce ad una miscela di bitume con sabbia fine e/o filler. Quando gli aggregati presentano anche dimensioni più consistenti la miscela prende il nome di conglomerato bituminoso (hot asphalt mix per la terminologia americana). Ricordiamo che nell’uso americano, il termine “asphalt” corrisponde al nostro termine bitume.

□ *Catrame (pece di catrame)*

Sostanza di colore nero o scuro che si ottiene dalla distillazione distruttiva del carbon fossile o dei materiali carboniosi.

1.2 CATALOGAZIONE

Nel 1981 la Commissione Europea ha preso l'iniziativa di catalogare le sostanze chimiche commercializzate in Europa in una lista di riferimento, denominata EINECS (European Inventory of Existing Chemical Substances), che è stata pubblicata nel 1990. [4]

Si tratta di una lista "chiusa" nel senso che le sostanze non incluse sono considerate come "nuove", indipendentemente dal fatto che lo siano o meno dal punto di vista tecnico. Questo vale per le sostanze prodotte o importate nell'Unione Europea. E' quindi possibile che una sostanza chimica sia conosciuta ed utilizzata correntemente nel resto del mondo ma che non sia registrata dall'Unione Europea.

La lista EINECS è il riferimento alla base di tutte le attività normative dell'Unione Europea in questo campo. Dal 1981 le sostanze "nuove" devono essere registrate ufficialmente ("notificate") prima di essere immesse sul mercato, in modo da poter essere catalogate nella lista ELINCS (European List of Notified Chemical Substances), dove sono indicate con la denominazione chimica ufficiale o commerciale. Questa lista è continuamente aggiornata presso la commissione, anche se i tempi di messa a disposizione del pubblico sono più lenti.

Può essere utile ricordare a tale proposito una importante distinzione ufficiale della Unione Europea, vale a dire quella fra sostanze e preparati.

Per **sostanze** si definiscono: "gli elementi chimici e i loro composti allo stato naturale o ottenuti mediante qualunque processo di produzione, compresi gli additivi necessari per preservare la stabilità del prodotto e le impurità del procedimento impiegato, ed escluso i solventi che possono essere separati senza incidere sulla stabilità della sostanze e modificare la sua composizione".

Tra le "sostanze" sono anche comprese le miscele ottenute direttamente da un processo chimico senza un intervento di correzione o aggiustamento della composizione. In particolare la normativa considera come sostanze i prodotti (o gli intermedi) dei processi di lavorazione del petrolio o del carbone, come pure i prodotti di origine naturale provenienti da piante o animali.

Per **preparati** si definiscono invece "le miscele o soluzioni composte da due o più sostanze". In questa categoria ricade la grande maggioranza dei prodotti in commercio.

La fondamentale differenza tra bitume e catrame oltre che, come abbiamo già visto dalla loro origine e come vedremo in seguito dalla loro composizione, viene evidenziata dalla catalogazione nelle liste EINECS e CAS (Chemical Abstract Service).

Si riporta di seguito (Tabella 1) la catalogazione rappresentativa del bitume e del catrame e in Appendice I una identificazione più dettagliata delle sostanze appartenenti a questa classe (gruppo 13) secondo il regolamento 793/93/CEE.

TABELLA 1 - Catalogazione dei bitumi e del catrame

	Numero EINECS	Numero CAS
Bitume	232-490-9	8052-42-4
Bitume ossidato	265-196-4	64742-93-4
Catrame	266-028-2	65996-93-2

È importante sottolineare che, per quanto attiene alla catalogazione dei bitumi e del catrame, essi vengono considerati come sostanze e non preparati (intesi come miscele intenzionali di composti chimici), e che il catrame, a differenza del bitume, viene classificato dall'Unione Europea come sostanza pericolosa.

Questo fatto ha dei riflessi significativi a livello legislativo (classificazione della pericolosità, ecc.), e di conseguenza nel comportamento richiesto da parte dei produttori e degli utilizzatori.

1.3 COMPOSIZIONE DEI BITUMI E DEI RELATIVI FUMI

Le caratteristiche dei bitumi provenienti dalla raffinazione del petrolio dipendono sia dal tipo di grezzo di partenza che dal processo di produzione utilizzato, e se i tipi di processo di produzione risultano assimilabili (pur con le differenze insite nei diversi impianti di produzione), la composizione dei grezzi risulta variabile, non solo tra le diverse zone di produzione, ma perfino nell'ambito della stessa zona.

Poiché il bitume viene commercializzato con valori di specifica che sono essenzialmente di tipo fisico e non chimico, la produzione viene indirizzata al raggiungimento di tali valori. Ne deriva pertanto che non ci saranno due bitumi aventi la stessa composizione chimica.

Si deve inoltre ricordare che, sebbene le tecniche per lo studio della composizione chimica abbiano registrato notevoli progressi negli ultimi anni, i dati disponibili per il bitume sono ancora caratterizzati da una certa genericità [1, 2, 5, 6].

L'analisi chimica elementare evidenzia che il bitume risulta costituito essenzialmente da carbonio ed idrogeno, con piccole quantità di zolfo, ossigeno, azoto, e tracce di metalli quali vanadio, nickel ecc.. Le concentrazioni dei singoli componenti variano, come detto, a seconda del grezzo di provenienza e/o del processo di produzione.

Si riportano di seguito (Tabella 2) i valori e gli intervalli di concentrazione degli elementi più comuni costituenti i bitumi, con l'avvertenza che si tratta di dati medi ed unicamente indicativi.

TABELLA 2 – Analisi chimica elementare del bitume (% peso)

	Valori tipici	Intervallo
Carbonio	83	81 – 88
Idrogeno	10	8 – 10
Zolfo	7 (Totale)	1 - 6
Ossigeno		0 – 3
Azoto		0 – 1

La separazione del bitume mediante le diverse tecniche analitiche permette di suddividere i suoi componenti in frazioni più omogenee, meno complesse, ma non nelle singole specie chimiche costituenti; a tale proposito si ricorda la classica procedura analitica di frazionamento del bitume che utilizza un solvente selettivo quale il n-eptano. Trattando il bitume con n-eptano si ottiene un precipitato insolubile (asfalteni) ed una frazione oleosa (malteni); con successivo assorbimento cromatografico la parte maltenica può essere suddivisa in tre ulteriori frazioni (resine, oli aromatici e oli saturi). Il frazionamento del bitume è di uso generale e resta tra le tecniche più utilizzate in tutti gli studi di correlazione delle proprietà fisiche con la composizione chimica del bitume.

In generale questi gruppi di composti o famiglie sono costituiti da idrocarburi aventi elevati pesi molecolari e strutture molto complesse che si possono descrivere come di seguito riportato:

- **asfalteni:** composti tipici del bitume, insolubili in n-pentano e n-eptano, con struttura macromolecolare piuttosto complessa, costituita da molti composti aromatici condensati, in cui si riscontra anche la presenza di ossigeno, azoto, zolfo e metalli (V, Ni ecc.). I pesi molecolari risultano in genere molto superiori a 2000 (fino a valori dell'ordine delle centinaia di migliaia). Sono solidi a temperatura ambiente con aspetto granulare e color bruno-nero;
- **resine:** frazione molto viscosa a temperatura ambiente, di colore bruno scuro e notevoli proprietà adesive; le resine svolgono funzione di disperdenti delle strutture macromolecolari asfalteniche e il loro peso molecolare è intermedio fra quello degli asfalteni e quello degli oli aromatici;
- **oli aromatici:** frazione liquida viscosa di colore bruno, contenente numerosi composti con anelli naftenici e aromatici; il loro peso molecolare è compreso tra 500 e 1000;
- **oli saturi:** frazione liquida viscosa di colore bianco-giallastro, costituita essenzialmente da idrocarburi saturi a lunga catena (alcuni dei quali con ramificazioni), e da cicloparaffine (nafteni), con peso molecolare compreso tra 500 e 1000.

Le suddette frazioni sono indicativamente contenute nei bitumi nelle percentuali seguenti, variabili a seconda dell'origine del grezzo e del tipo di lavorazione.

Asfalteni	%p	8 – 20
Resine	%p	10 – 25
Oli Aromatici	%p	40 – 70
Oli Saturi	%p	5 – 20

Sebbene il contributo in peso degli eteroatomi (atomi di elementi diversi da carbonio e idrogeno) rappresenti solo una piccola parte sul totale dei componenti elementari del bitume, la loro presenza è significativa in quanto sembra influenzare profondamente le differenti proprietà fisiche dei bitumi. Gli eteroatomi possono costituire gruppi funzionali o eterocomposti che si distribuiscono soprattutto nella frazione asfaltenica.

I bitumi ossidati, un tempo impiegati in edilizia (impermeabilizzazione dei tetti) ed ora in genere sostituiti dalle membrane, hanno una composizione molto simile ai bitumi stradali, e si ottengono a partire dai bitumi normali, per mezzo di un processo industriale che prevede la "soffiatura" di aria ad una temperatura compresa tra 200-250 °C, con o senza l'impiego di un catalizzatore.

Il processo è di tipo esotermico con reazioni chimiche di ossidazione, deidrogenazione, condensazione ecc.; queste reazioni portano ad una variazione delle proprietà fisiche (aumento della consistenza del bitume), ad un incremento del contenuto di asfalteni, ad una diminuzione di composti aromatici e ad una sostanziale invarianza nel contenuto di composti saturi e resine.

Negli USA i bitumi impiegati in edilizia per l'impermeabilizzazione dei tetti (roofing asphalt) sono normalmente di tipo ossidato; essi sono classificati in quattro tipi sulla base della diversa consistenza, che implica diverse temperature d'applicazione.

Si ritiene opportuno rammentare che l'impiego di bitume ossidato o in ogni caso di consistenza elevata (roofing asphalt) per l'impermeabilizzazione dei tetti, mentre è ancora in uso in alcuni paesi (ad es. USA), non viene come già detto quasi più utilizzato in Italia, ove vengono generalmente impiegate a tale scopo le membrane bituminose.

1.3.1 COMPOSTI POLICICLICI AROMATICI

Nell'ambito della composizione chimica del bitume e, soprattutto, della pece di catrame rivestono particolare importanza i composti policiclici aromatici [6].

I composti policiclici aromatici (PAC) sono composti costituiti da anelli aromatici condensati che possono contenere anche eteroatomi (zolfo soprattutto, ma anche azoto e ossigeno); quando sono presenti solo idrogeno e carbonio sono chiamati idrocarburi polinucleari aromatici (IPA). La grande attenzione che si è focalizzata sugli IPA (senza escludere tuttavia i PAC) deriva dal fatto che per alcuni di loro è stata dimostrata la probabile o possibile cancerogenicità.

Gli IPA sono contenuti nel petrolio grezzo, in quantità molto superiore rispetto al bitume. Ciò perché nei processi di raffinazione per l'ottenimento del bitume è presente una colonna di distillazione sotto vuoto alla temperatura di circa 400 °C, che elimina dal residuo le sostanze a basso e medio peso molecolare. La maggior parte degli IPA aventi da tre a sette anelli condensati è compresa tra le sostanze che distillano e che quindi vengono eliminate dal residuo, dal quale si ottiene poi il bitume. [7].

Normalmente le determinazioni analitiche permettono di quantificare, oltre al valore totale di IPA, anche le quantità di un certo numero di singoli IPA. Si ricorda anche che gli studi sulla composizione dei bitumi e dei relativi fumi hanno evidenziato la presenza oltre che dei policiclici con eteroatomi, anche di alchilderivati sia degli IPA sia dei PAC [2].

Riportiamo nella tabella 3 l'elenco, ricavato dalla Direttiva 2001/59/CE (28° ATP della direttiva 67/548/CE) ¹, degli IPA attualmente classificati dall'Unione Europea come cancerogeni di categoria 2 con la frase di rischio R 45 ("Può provocare il cancro"). Ovviamente altre Organizzazioni o Enti possono considerare come possibili cancerogeni altri composti di questo tipo, sulla base delle evidenze disponibili.

Tabella 3 – Elenco degli IPA classificati dall'Unione Europea come Cancerogeni Cat. 2

NOME SOSTANZA	EINECS	CAS
Benzo [a] pirene	200-028-5	50-32-8
Benzo [a] antracene	200-280-6	56-55-3
Benzo [e] acefenantrilene	205-911-9	205-99-2
Benzo [j] fluorantene	205-910-3	205-82-3
Benzo [k] fluorantene	205-916-6	207-08-9
Dibenzo [a,h] antracene	200-181-8	53-70 3
Crisene	205-923-4	218-01-9
Benzo [e] pirene	205-892-7	192-97-2

¹ Recepito in Italia con il decreto Min. della Salute 14 giugno 2002 (Supplemento Ordinario alla G.U. n. 244 del 17 Ottobre 2002)

1.4 GLI IDROCARBURI POLINUCLEARI AROMATICI (IPA) NEI FUMI DEL BITUME

Normalmente il bitume è utilizzato a caldo, e le temperature di riscaldamento, in genere abbastanza alte, variano secondo il tipo di applicazione. Il riscaldamento, specie se non adeguatamente controllato, può dare origine a processi di cracking con la possibile formazione di quantità maggiori di IPA o di altre sostanze normalmente non presenti nel bitume. La composizione chimica dei fumi dei bitumi è pertanto variabile, e dipende dal grezzo di partenza, dal processo di produzione e dal tipo di applicazione (in conseguenza dalla temperatura di utilizzo) [7].

Quando si riscalda un bitume o un materiale bituminoso, come detto, si determina la produzione di fumi, costituiti in parte da vapori e in parte da particolato aeriforme. Per procedere alla determinazione analitica della composizione dei fumi il particolato aeriforme viene raccolto tramite attrezzature chiamate "campionatori" su un filtro (o meglio su un sistema di filtri), mentre i vapori sono catturati con un tubo assorbente posto in serie al campionatore; il sistema e le attrezzature di campionamento dei fumi saranno trattati in dettaglio nel capitolo seguente.

La determinazione analitica dei singoli IPA non è un'operazione particolarmente facile; tra le tecniche analitiche impiegate si possono ricordare quella basata su cromatografia liquida (LC), o cromatografia liquida ad alta risoluzione (HPLC) abbinata a fluorescenza ultravioletta (UV). Su questo punto occorre segnalare che il NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health del governo USA) considera queste tecniche analitiche come attendibili quando i fumi presentano contenuti molto bassi di derivati alchilati degli IPA o dei PAC rispetto ai non alchilati, contrariamente a quanto ritengono Enti e Associazioni europee del settore.

Sempre il NIOSH ritiene più efficace la determinazione analitica basata sulla gascromatografia abbinata alla spettrografia di massa.

Quando si affronta in questi casi il problema della determinazione qualitativa e quantitativa degli IPA, va anche ricordato che è possibile che i fumi di bitume generati in laboratorio possano differire per composizione da quelli prelevati sul campo, come evidenziato da varie ricerche [7]. Risulta pertanto assai importante operare, sia in laboratorio che sul campo, utilizzando tecniche di campionamento e di trattamento del campione che assicurano una buona corrispondenza tra i campioni generati in laboratorio e quelli prelevati in opera.

A titolo puramente indicativo si riporta la tabella del dossier CONCAWE [3] che fornisce gli intervalli di concentrazione determinati nei bitumi, nella pece di catrame e nei condensati dei fumi prodotti a diverse temperature (tabella 4).

In merito ai contenuti di IPA, il CONCAWE [3] evidenzia i sotto riportati aspetti principali, in parte ricavati dai dati della Tabella 4.

- I bitumi, sia stradali che ossidati, mostrano basse concentrazioni di IPA, che confrontate con quelle della pece di catrame risultano da 1000 a 10'000 volte inferiori; le quantità di IPA nei fumi sono generalmente superiori a quelle riscontrate alla temperatura ambiente nelle sostanze da cui provengono ;

- I fumi da pece di catrame, riscaldata alla stessa temperatura di applicazione dei bitumi stradali, evidenziano un contenuto di IPA sempre superiore di circa 1000 volte rispetto a quello dei fumi di un bitume stradale nelle stesse condizioni
- La temperatura di riscaldamento influenza sia la quantità dei singoli IPA che la quantità dei fumi generati. Confrontando i condensati ottenuti dai fumi generati alle temperature di 160 e 250 °C, si può notare che i fumi ottenuti a temperatura più bassa contengono quantitativi maggiori di IPA a 3–4 anelli, mentre i fumi ottenuti a temperatura più elevata hanno un contenuto leggermente superiore di IPA a 5 o più anelli. Ad alta temperatura (316 °C) non è possibile arrivare ad una chiara conclusione, forse per l'interferenza di sostanze di tipo diverso dai polinucleari aromatici.

Il dossier CONCAWE segnala in ogni modo che, a prescindere dal poter pervenire ad una conclusione certa sulle concentrazioni relative dei singoli IPA alle diverse temperature, sono le quantità dei fumi prodotte alle diverse temperature che risultano essere l'elemento critico per l'esposizione dell'uomo, dato che a 250 °C la quantità di fumi emessa è circa otto volte superiore rispetto a quella che si produce a 160 °C.

Nel dossier NIOSH [8] si trovano, tra quelli riportati sull'argomento, i risultati di alcuni interessanti studi relativi all'identificazione e determinazione degli IPA nei fumi generati nei luoghi di lavoro degli USA:

- In un confronto tra i fumi di bitume stradale raccolti da un serbatoio di stoccaggio di un impianto di produzione di conglomerati (temperatura 149 °C), e i fumi generati in laboratorio a 149 °C e 316 °C, è stata rilevata la presenza di crisene nei fumi generati in laboratorio ma non in quelli prelevati dal serbatoio; nei fumi da serbatoio sono stati inoltre trovati IPA a 2-3 anelli ma non IPA a 4 anelli. [8-1]
- I fumi provenienti dal riscaldamento di bitume di tipo stradale e per tetti, raccolti in diversi siti lavorativi, sono stati analizzati con metodologia analitica GC/MS (gascromatografia con spettrografia di massa). I risultati dell'analisi hanno evidenziato che gli IPA a 2-3 anelli rappresentavano il 99% dell'esposizione misurata agli IPA per i due gruppi di lavoratori addetti alla stesa di strade, e rispettivamente l'84 o 94% per i due gruppi di lavoratori addetti all'impermeabilizzazione dei tetti, mentre per i due tipi di bitume, il naftalene rappresentava tipicamente dall'80 al 90% dell'esposizione totale agli IPA, tranne che per un gruppo di lavoratori (60 %). Il benzo(a)pirene è stato rilevato in meno del 6% dei campioni personali relativi ai lavoratori addetti alla stesa stradale e ai lavoratori manuali che non avevano nessuna esposizione di tipo professionale agli IPA, mentre era presente nel 28-25% dei campioni per due gruppi di lavoratori impiegati nell'impermeabilizzazione dei tetti [8-2] [8-3].

Mentre i dati relativi alla presenza di IPA cancerogeni nei fumi campionati nei siti lavorativi in USA sono limitati, con occasionale individuazione di benzo(a)pirene [8-2] [8-3], la più frequente rilevazione di benzo(a)pirene ed altri IPA cancerogeni nei fumi generati in laboratorio indica che, in certe condizioni, è possibile che nei fumi siano presenti sostanze cancerogene [8-1] [8-4] [8-5]. Inoltre i fumi prodotti a temperatura più elevate possono generare più facilmente IPA cancerogeni rispetto a quelli generati a temperature più basse, e pertanto risultano essere più pericolosi [8].

Tabella 4: Intervalli di concentrazione di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nei bitumi e nei loro fumi, confrontati con quelli delle peci di catrame

BITUMI								PECE DI CATRAME	
Riferimenti	BITUMI STRADALI			BITUMI OSSIDATI				Brandt et al	
	Walcave (*) et al	Brandt et al		Brandt et al		NIOSH (Bitumi per edilizia)			
Bitume o Fumi condensati (Temperatura °C)	Bitume	Bitume	Fumi Condensati (160)	Bitume	Fumi Condensati (250)	Fumi Condensati (232)	Fumi Condensati (316)	Pece	Fumi (160)
Numero di campioni	4	4	3	4	2	2	2	2	
IPA (mg/kg)						(#)	(#)	tutti i valori x 10 ³	tutti i valori x 10 ³
Fenantrene	0.4-3.5	1.7-7.3	329-842	0.3-2.4	107-382	180-300	53-69	19.8-25.7	210-240
Antracene	ND	<0.1-0.3	3.6-21	<0.1	4.5-22		4.60-7.31	64-76	
Fluorantene	ND-2.0	0.4-0.7	14-32	0.2-0.5	13-24	86-97	7.3-10	29-36	76
Pirene	0.3-8.3	0.3-1.5	26-134	0.2-0.3	15-85	63-70	7.7-9.0	21.3-27.2	44-49
Crisene	<0.1-8.9	0.5-3.9	91-157	0.8-1.0	33-74	13-25	14-19	11.2-22.7	5.6-11
Benzo(a)antracene	ND-2.1	0.1-1.1	23-40	0.2-0.3	12-36	7.6-11	5.7-10	20.4-24.5	5.9-12
Perilene	ND-39	<0.1-3.3	1.7-8.1	<0.1-0.2	1.7-15	NR	NR	2.77-3.50	0.12-0.15
Benzofluoranteni (+)	NR	ND-0.2	ND-1.6	<0.1-0.1	<0.1-2.6	1.8-5.2	ND-4.0	5.25-60.01	0.38-0.44
Benzo(e)pirene	<0.1-13	NR	NR	NR	NR	3.6-5.5	1.4-8.2	NR	NR
Benzo(a)pirene	ND-2.5	0.2-1.8	3.4-6.6	0.4-0.5	5.0-8.5	2.2-2.9	ND-1.9	11.4-15.2	0.55-0.67
Dibenzoantraceni	NR	NR	NR	NR	NR	1.6-1.8	ND	NR	NR
Indino(1,2,3-cd)pirene	ND-<0.1	NR	NR	NR	NR	2.2-2.7	ND-3.1	NR	NR
Benzo(ghi)perilene	<0.1-4.6	1.7-4.2	6.0-12.0	1.2-2.0	7.0-15	0.8	ND-1.5	3.43-3.53	0.03-0.05
Antantrene	ND-<0.1	<0.1-0.1	ND	ND	ND	NR	NR	1.23-1.73	0.01-0.02
Dibenzo(al)pirene	NR	ND	ND	ND	ND	<0.5	<0.5	ND	ND
Dibenzo(ai)pirene	NR	ND-0.6	ND	ND-0.3	ND		0.13-0.16	0.13-0.16	ND <0.01
Coronene	ND-1.9	ND-0.4	3.0-11	ND	ND-11	<0.5	<0.5	ND-0.12	ND

NR Non riportato

ND Non rilevabile

(*) Con esclusione di un campione contenente una concentrazione di IPA di circa un ordine di grandezza più grande degli altri campioni

(+) Nella relazione di Brandt et al, è stato misurato solamente il Benzo(k)fluorantene

(#) Le quantità sono quelle rilevate in vernici contenenti circa il 50 % di bitume. Per un confronto con gli altri gruppi, i valori dovrebbero essere moltiplicati per 2

BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI

- [1] D. Whiteoak. "Shell Bitumen Handbook" Shell Bitumen UK [1990]
- [2] C. Giavarini, M. Scarsella. "Struttura e composizione del bitume". Chimica e Industria. 75, 754 [1993]
- [3] CONCAWE: "Bitumens and bitumen derivatives". Dossier n. 92/104 [1992]
- [4] M. Pinzuti Anolini, ENI S.p.A - Div. Refining & Marketing. "L'etichettatura e la scheda di sicurezza – La classificazione dei prodotti pericolosi nelle normative nazionali ed internazionali". Convegno "Le nuove trasmissioni di potenza: sicurezza ed affidabilità a basso impatto ambientale". CERMET, Bologna [2002] e successivi aggiornamenti.
- [5] M. Zavatti in A. Girelli "Petrolio grezzo, raffinazione, prodotti", Ed. Tamburini, Milano 1969.
- [6] C. Giavarini, M. Scarsella. "Caratteristiche del bitume in rapporto a salute e sicurezza". Rassegna del Bitume 25/95 [1995]
- [7] H.C.A. Brandt, P.C. DeGroot – Shell Plc. "Un sistema di laboratorio per lo studio degli aspetti igienico sanitari legati all'esposizione dei fumi di bitume". Rassegna del Bitume 23/94, pag. 9 [1994]
- [8] NIOSH: "Health Effects of Occupational Exposure to Asphalt" . Pubbl. N. 2001-110

Fonti citate dalla pubblicazione NIOSH n. 2001-110:

- [8-1] Reinke G, Swanson M. "Investigation of the chemical and mutagenic properties of an asphalt fume condensate generated under laboratory and field conditions". Unpublished paper presented at Peer Review Meeting on Asphalt, December. Unpublished [1993].
- [8-2] Hatjian BA, Edwards JW, Williams FM, Harrison J, Blain PG. "Risk assessment of occupational exposure to bitumen fumes in the road paving and roofing industries". Paper presented at the 1995 Pacific Rim Conference on Occupational and Environmental Health, Syd; Sydney, Australia, October 4-6 [1995a].
- [8-3] Hatjian BA, Edwards JW, Williams FM,, Harrison J, Blain PG. "Risk assessment of occupational exposure to bitumen films in the road paving and roofing industries". J Occup Health Safety-Aust NZ 13(1):65-78 [1997].
- [8-4] Niemeier RW, Thayer PS, Menzies KT, Von Thuna P, Moss CE, Burg J. "A comparison of the skin carcinogenicity of condensed roofing asphalt and coal tar pitch fumes". In: Cooke M, Dennis AJ, eds. Polynuclear aromatic hydrocarbons: a decade of progress. Tenth International Symposium on Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. Columbus, OH: Battelle Press, pp. 609-647 [1988].
- [8-5] Lunsford RA, Cooper CV. "Characterization of petroleum asphalt fume fractions by gas chromatography/mass spectrometry". Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health. Unpublished [1989].

CAPITOLO II

Esposizione professionale ai fumi di bitume

Nella prima parte di questo capitolo sono presi in esame i parametri utilizzati per valutare l'esposizione professionale ai fumi di bitume, inclusa, ove possibile, una sintesi dei principali risultati ottenuti. Nella seconda parte sono riportate le evidenze e le conclusioni a cui si è pervenuti utilizzando i marker biologici come indicatori dell'esposizione ai fumi.

Un paragrafo a parte viene riservato ad uno studio approfondito effettuato in Italia su questo argomento.

2.1 PRODUZIONE ED ESPOSIZIONE AI FUMI DI BITUME

Quando si riscalda un bitume o un materiale bituminoso, si determina la produzione di fumi, a cui possono essere esposti gli operatori addetti alle lavorazioni di produzione o al caricamento del bitume (raffinerie), dei conglomerati bituminosi (impianti di produzione a caldo) e di applicazioni del prodotto o dei suoi derivati nei diversi campi delle costruzioni o delle manutenzioni (stradali, aeroportuali, idrauliche, edili e industriali).

L'esposizione ai fumi di bitumi sui luoghi di lavoro può avvenire sia per inalazione che per assorbimento attraverso la pelle; l'intensità dell'esposizione dipenderà dalle caratteristiche del luogo di lavoro, dal tipo di applicazione e dalle misure di prevenzione e protezione adottate.

Diversi sono i fattori che possono influenzare la potenziale esposizione ai fumi. Alcuni di essi sono insiti nell'attività lavorativa e altri casuali; tra i tanti si possono ricordare:

- la temperatura dei materiali
- il tipo di applicazione
- il tipo di bitume impiegato
- le condizioni meteorologiche
- il tipo di lavoro (mansione) e la sua durata

Tra i fattori indicati, quello che riveste certamente maggior importanza per la potenziale esposizione dei lavoratori è la temperatura di riscaldamento del bitume o dei materiali bituminosi.

2.2 ESPOSIZIONE PROFESSIONALE AI FUMI PER INALAZIONE

2.2.1 PARTICOLATO TOTALE E PARTICOLATO SOLUBILE IN BENZENE

I fumi raccolti nelle operazioni di campionamento sono costituiti dal particolato aeriforme e da vapore, e sono costituiti in parte da particelle di natura inorganica (polveri di diversa provenienza o altri inquinanti inorganici), e in parte da sostanze organiche. Queste ultime provengono prevalentemente dal materiale bituminoso, ma anche da sostanze organiche di altra fonte che sono presenti nell'aria nella zona in cui si effettua il campionamento (ad esempio nei pressi di una stesa di conglomerato bituminoso sono tipicamente presenti particelle di particolato dei fumi di gasolio, ecc.).

Il termine "particolato totale" (TPM - Total Particulate Matter) corrisponde all'insieme di *tutte* le particelle trasportate dall'aria che possono essere raccolte su un apposito filtro tarato.

Il TPM comprende naturalmente particelle di dimensioni anche molto diverse. Ricordiamo a questo proposito, che nel campo dell'igiene industriale si fa una distinzione precisa fra particolato inalabile e respirabile, sulla base della distribuzione delle dimensioni delle particelle che lo compongono. Tale distinzione si basa sul principio che per un materiale disperso nell'aria come particolato, le particelle che lo costituiscono sono in grado di raggiungere le varie parti dell'apparato respiratorio in proporzioni diverse in funzione delle loro dimensioni.

La parte organica del TPM è solubile generalmente in solventi organici, ad esempio in benzene, e in tal caso prende il nome di BSM (Benzene Solubile Matter - sostanza solubile in benzene). La solubilizzazione permette di differenziare la parte organica del particolato, corrispondente ai fumi di bitume, da quella inorganica (polveri). E' ovvio che nel nostro caso tale schematizzazione risulta tanto più valida quanto più i fumi di bitume contribuiscono in maniera predominante (o meglio unica) alla contaminazione dell'aria dovuta agli inquinanti organici.

Dato che il benzene è un prodotto cancerogeno, in vari casi sono stati impiegati come solventi per la parte organica del particolato anche altre sostanze, quali cicloesano, cloruro di metilene ecc. Resta in ogni caso difficile effettuare dei confronti tra i risultati ottenuti nei vari casi, a causa della diversa capacità estrattiva dei solventi, per cui in definitiva a tutt'oggi si ritiene (NIOSH) che il benzene fornisca la migliore prestazione di solubilità tra tutti i solventi.

La quantità di BSM può raggiungere anche valori del 90% del TPM raccolto.

La parte di materiale presente nei fumi di bitume non costituito dal particolato aeriforme è formata da vapori organici; questi materiali chiamati SV (sostanze volatili) non sono trattenuti sul filtro, ma possono essere intrappolati da un tubo assorbente messo in serie dopo il filtro.

2.2.2 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

In pratica, tuttavia, il valore del particolato totale o della parte solubile in benzene non determina propriamente una esposizione a composti chimici o classi di composti specifici, e quindi è necessario individuare delle metodologie analitiche adeguate per la quantificazione degli IPA e/o dei PAC presenti nei bitumi.

Come già detto nel Capitolo I, il NIOSH ritiene non attendibile le determinazioni effettuate con la metodologia analitica basata sulla cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC) abbinata a fluorescenza UV, quando nei fumi sono presenti quantità significative di IPA e PAC alchilati, anche se tali metodologie sono state e sono tuttora impiegate da molti ricercatori ed Enti ed Associazioni Europee. Il NIOSH ha comunque sviluppato un metodo analitico (NIOSH 5800) applicabile anche in presenza di alchilderivati degli IPA e PAC.

Per quanto riguarda i singoli IPA, l'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), a tutt'oggi non indica dei veri e propri limiti d'esposizione professionale, ma dà un'indicazione generale, come per altre sostanze, sull'opportunità di mantenere l'esposizione ai valori più bassi possibili.

2.2.3 LIMITI DI ESPOSIZIONE PROFESSIONALE

Per valutare se l'esposizione ad una sostanza, come nella fattispecie i fumi di bitume, può avere influenza sulla salute dei lavoratori, è necessario confrontare le concentrazioni rilevate nei campioni raccolti nell'ambiente di lavoro con un valore limite, che è di solito riferito ad una media ponderata sulle 8 ore lavorative prese come base. Tale valore limite è spesso indicato genericamente come TLV-TWA (Threshold Limit Value – Time Weighted Average), anche se, in realtà, tale termine (che è un marchio registrato) deve essere riservato alle indicazioni riportate dall'ACGIH nei suoi documenti.

Il valore TLV-TWA[®] è definito dall'ACGIH come la concentrazione media, pesata nel tempo, su un comune giorno lavorativo di 8 ore per una settimana lavorativa di 40 ore, alla quale si suppone che pressoché tutti i lavoratori possano essere ripetutamente esposti, giorno dopo giorno, senza effetti nocivi [1].

Le esposizioni nel corso di un turno di lavoro sono normalmente trattate (CEN EN 689) come equivalenti ad una esposizione uniforme su un periodo di 8 ore.

Per quanto riguarda l'esposizione a breve termine, in assenza di un'indicazione precisa, un limite di riferimento può essere desunto dal valore relativo all'intero turno; la ACGIH raccomanda che la durata di picco di esposizione, fino a un livello pari a tre volte il valore numerico del limite su 8 ore, non deve eccedere i trenta minuti al giorno, mentre un livello di cinque volte il valore numerico del limite sulle 8 ore non dovrebbe mai essere superato nemmeno per periodi molto brevi [1].

Nel corso degli anni alcuni paesi hanno specificato dei limiti per l'esposizione ai fumi di bitume, altri hanno specificato dei limiti per il benzo(a)pirene o per l'insieme dei composti policiclici aromatici (PAC) presenti nei fumi. In altri casi non sono stati fissati dei limiti specifici, ma si fa riferimento a limiti generici per le polveri.

□ Esempi dei valori limiti applicati in questo momento sono i seguenti [1]:

- Regno Unito : 5 mg/m³ per il TPM
 - Olanda : nessun limite (sebbene sia consigliato un valore di 5 mg/m³ per il TPM)
 - Germania : 10 mg/m³ come valore di idrocarburi totali
 - Francia : nessuno (c'è un limite di 5 mg/m³ per le "polveri", ed uno di 10 mg/m³ per il TPM)
- USA : nessun limite definito per legge (la OSHA ha proposto un limite di 5 mg/m³)

Il riferimento più autorevole a livello internazionale per quanto riguarda i limiti d'esposizione professionale, è in ogni caso rappresentato dalle raccomandazioni dell'ACGIH. Si ricorda che l'ACGIH è un'associazione professionale, e quindi le sue indicazioni non hanno in sé valore legale: tuttavia in molti casi i valori indicati vengono recepiti dalle leggi, o, come in Italia, vengono inseriti all'interno di contratti collettivi di lavoro, assumendo perciò un effettivo valore legale.

All'origine, l'ACGIH consigliava un valore di 5 mg/m³ come limite per i fumi di bitume, mentre ora il limite indicato per i fumi di bitume è pari a 0.5 mg/m³, calcolato come parte solubile in benzene della frazione inalabile del particolato nell'aria (BS-IP).

Gli effetti presi in esame dall'ACGIH per la raccomandazione di tale valore sono l'irritazione oculare e delle altre mucose da parte del materiale solido. Il Comitato TLV dell'ACGIH, nella sua documentazione di supporto, non ha ancora considerato il possibile contributo dei vapori all'irritazione.

2.2.4 CAMPIONAMENTO E METODOLOGIA ANALITICA

◆ IL CAMPIONATORE (FILTRI E POMPA)

In uno studio effettuato presso un impianto di produzione di conglomerato negli USA si è visto che il 95-98 % del particolato era costituito da particelle aventi diametro compreso tra 1 e 5 μm, mentre le particelle relative al particolato raccolto in un sito di stesa, al di sopra della finitrice, risultano avere dimensioni comprese in tale intervallo in ragione di circa il 76%.

Questi dati indicano che i fumi di bitume sono costituiti da particelle di particolato aventi dimensioni relativamente piccole, campionabili sia con i più tradizionali sistemi (filtri a 37 mm di diametro) che con quelli per il particolato inalabile [2-1].

Vengono riportati di seguito alcuni esempi di filtri impiegati per i diversi tipi di materiali campionabili: [2]

TPM	Filtro tarato in PVC (37 mm di diametro, 0.8 µm di dimensione dei pori)
BSM	Filtro tarato in PTFE (3 mm di diametro, 1 µm di diametro dei pori)
PAC	Filtro in PTFE (37 mm di diametro, 2 µm di dimensioni dei pori seguito da un tubo assorbente (ORBO 42)

Il metodo NIOSH 5042 per la determinazione del particolato totale e della frazione solubile in benzene, prescrive un porta filtri da 37 mm con filtri in PTFE; questo tipo di campionatore è frequentemente definito campionatore di "aerosol totale".

Un altro importante tipo di campionatore, con specifiche attitudini per il BSM-IP è il campionatore IOM (Institute of Occupational Medicine). Il corpo principale è fatto di plastica conduttrice che disperde le cariche elettriche prevenendo pertanto la formazione di elettricità statica, il portafiltri può essere in alluminio o acciaio, i filtri sono in fibra di vetro. Sia il campionatore da 37 mm che il campionatore IOM si possono usare in combinazione con tubi assorbenti (es. tipo XAD-2), in modo da catturare anche la parte volatile dei fumi.

Requisiti e metodi di prova per le pompe di campionamento sono state inseriti in una norma CEN (EN 1232); questa norma europea è applicabile alle pompe per il campionamento dei fumi di bitume, il cui flusso volumetrico nominale è compreso tra 1 l/min. e 5 l/min.

Normalmente si impiega un flusso di 2 l/min. di aria. Il metodo tedesco BIA stabilisce un flusso di 3.5 l/min.; il NIOSH 5042 un flusso tra 1 e 4 l/min. per una combinazione di filtro e tubo assorbente. Un flusso superiore a 2 l/min. può portare a problemi di pressione, mentre con tale flusso la pompa può operare con o senza abbinamento al tubo assorbente per 8 ore, cioè coprire interamente un turno lavorativo.

◆ CAMPIONAMENTO

Dato che l'obiettivo di ogni monitoraggio è quello di ottenere la migliore stima dell'esposizione del lavoratore; l'approccio preferito implica la distribuzione dei lavoratori in gruppi con funzioni identiche o molto simili.

Una valutazione dell'influenza dei vari fattori riferiti al luogo di lavoro può essere già disponibile in letteratura, o, in caso contrario, andrebbe effettuata per ogni gruppo di soggetti, in modo da permettere di focalizzare il campionamento sui casi più rilevanti: ad esempio, quando si valuta la conformità al limite di esposizione nel caso di operazioni di pavimentazioni stradali, è opportuno che siano scelti per il monitoraggio chi guida la pavimentatrice e il tecnico addetto alla stesa.

Per la definizione del numero delle campionature in funzione del tempo di esposizione, si può fare riferimento alla linea guida CEN EN 689 e alla sua appendice A.

◆ PROCEDURA OPERATIVA

Pur con le differenze che si riscontrano a seconda del tipo di campionatore usato, e del parametro che si vuole determinare (per i quali si rimanda ai singoli e specifici metodi), la metodologia analitica può ricondursi schematicamente a quanto segue.

Il campionatore personale viene posto il più vicino possibile alla zona di respirazione del lavoratore da monitorare, e l'aria viene quindi pompata attraverso il filtro con portata costante per un periodo determinato.

Filtro e porta filtro vengono pesati prima e dopo l'esposizione per determinare gravimetricamente il particolato totale (TPM). Dopo la pesata il filtro e il porta filtro sono lavati con benzene (usando ad esempio un bagno di agitazione ad ultrasuoni) e, dopo evaporazione, pesati per determinare per differenza la parte di particolato solubile in benzene.

2.2.5 RISULTATI SPERIMENTALI

Il confronto fra i dati sperimentali, riscontrati negli diversi studi sull'esposizione inalatoria ai fumi di bitume, risulta complicata da molti fattori, come ad esempio la differenza tra gli stessi bitumi e l'impiego di diverse metodologie di campionamento e di analisi.

Risulta quindi evidente la difficoltà di raggruppare le diverse esperienze in tabelle riassuntive, che per questo assumono inevitabilmente un carattere parziale ed indicativo.

La maggior parte degli studi sperimentali sono stati condotti negli USA, e nel rapporto NIOSH [2] vengono riportati i seguenti dati riassuntivi (Tabella 5), concernenti gli studi effettuati sull'esposizione ai fumi per i lavoratori impiegati in diversi campi di applicazione e di produzione del bitume.

TABELLA 5 – Intervalli di concentrazione di TPM e BSM

	TPM (mg/m ³)	BSM (mg/m ³)
Pavimenti in bitume ed impermeabilizzazioni	1.1 – 42.0	0.8 – 14.0
Produzione di bitume (raffinerie)	0.3 – 14.0	0.03 – 13.0
Prodotti bituminosi per tetti (produzione)	0.07 – 15.0	0.01 – 3.7
Applicazioni in edilizia (tetti)	0.04 – 13.0	0.04 – 6.9
Impianti di produzione conglomerati	0.1 – 7.2	-
Pavimentazioni stradali	0.1 – 5.6	0.03 – 4.4

E' significativa l'ampiezza dell'intervallo relativo alle concentrazioni rilevate per i diversi campi di impiego e di produzione, a conferma dell'influenza dei diversi fattori di disturbo sulle determinazioni.

Si riportano anche i dati (tabella 6) del rapporto NIOSH [da 2-1 a 2-4], relativo a studi effettuati in epoca recente (1991/98). La tabella riassume i valori di TPM e BSM rilevati su campionatori personali posti nella zona di respirazione, durante un turno completo di lavoro, per lavoratori di diversi settori industriali che sono collegati alla produzione o impiego di bitume (raffinerie, costruzioni stradali, edilizia etc.).

Dall'esame dei dati (Tabella 6), si evidenzia che la media geometrica dei valori riscontrati è risultata in genere inferiore a 1 mg/m^3 per il TPM e a 0.3 mg/m^3 per il BSM, calcolato come valore pesato nell'arco di un turno completo. Valori medi più elevati di TPM (rispettivamente di 1.4 e 1.6 mg/m^3) si riscontrano per gli addetti alla produzione e all'applicazione di bitume per tetti, e per i lavoratori addetti alla pavimentazione stradale in galleria: per questi ultimi sono stati rilevati dei valori medi pesati di BSM fino a 0.76 mg/m^3 .

In Italia un'indagine condotta nel 1996 dalla ASL di Reggio Emilia ha preso in esame nove campionamenti personali dell'intero turno lavorativo, effettuati in tre diverse riprese, in tre differenti cantieri stradali, che operavano con condizioni di esercizio simili. I risultati hanno evidenziato dei valori di esposizione ai fumi inferiori al valore di 5 mg/m^3 per il TPM (corrispondente al limite TLV-TWA[®] indicato al tempo dall'ACGIH) per gli operatori che effettuano le operazioni di stesa. Per quanto riguarda la presenza di IPA, è stata riscontrata la presenza di benzo(a)pirene e benzo(a)antracene nei campioni di bitume utilizzato, ma non nei fumi, ove si è riscontrato solo in un campione la presenza di benzo(a)antracene. La concentrazione degli IPA nei fumi è stata ritenuta sufficientemente bassa pur non essendoci limiti di riferimento.

Tabella 6 Riassunto dei campionamenti nella zona di respirazione personale, su turno completo. Particolato totale e particolato solubile in benzene, mg/m³

Studio	N. di campioni	N. di siti campionati	Particolato totale		Particolato solubile in benzene	
			Media geometrica	Massimo	Media geometrica	Massimo
Stesa bitume aria aperta:						
Exxon [1997]	80	4	0.33	1.7	0.09	0.65
Norseth et al. [1991]	51	10	NR		0.28*	0.88
Hicks [1995]	37	6	0.37	0.85	0.24	4.4
NIOSH/FHWA - MI	22	1	0.16	1.2	NR	
NIOSH/FHWA - CA1	15	2	0.3	1.3	NR	
NIOSH/FHWA - FL	18	1	0.075	0.17	NR	
NIOSH/FHWA - IN	14	1	0.041	0.1	NR	
NIOSH/FHWA - AZ	14	1	0.2	1.0	0.11	0.82
NIOSH/FHWA - CA2	16	2	0.48	1.0	0.12	0.46
NIOSH/FHWA - MA	14	2	0.15	0.52	0.073	0.4
Stesa bitume in galleria:						
Norseth et al. [1991]	20	4	NR		0.56*	1.3
Sylvain e Miller [1996]	9	1	1.6	2.2	0.76	1.2
Impermeabilizzazione tetti:						
Hicks [1995]	38	6	1.4	2.5	0.25	2.4
Exxon [1997]	60	4	0.34	2.7	0.12	1.2
Produzione di materiale per impermeabilizzazione tetti:						
Hicks [1995]	34	6	1.4	13	0.27	3.7
Exxon [1997]	77	3	0.6	6.2	0.08	1.3
Raffinerie/impianti distribuzione bitume:						
Hicks [1995]	44	7	0.18	14	0.16	13
Exxon [1997]	47	3	0.19	2.5	0.05	1.3
Impianti produzione asfalto:						
Hicks [1995]	33	6	0.78	15	0.15	1.7
Exxon [1997]	20	2	0.45	1.3	0.06	0.14

NR=non raccolto.

*I risultati del campionamento sono riportati come "fumi di bitume", e sono la frazione del particolato totale estraibile con solfuro di carbonio

NOTA: Massimo=valore massimo della concentrazione nel gruppo di campioni.

2.3 ESPOSIZIONE PROFESSIONALE PER VIA CUTANEA

La metodologia di indagine consiste nel determinare gli IPA trattenuti sulle zone del corpo umano esposte ai fumi di bitume. I campioni si ottengono tramite lavaggio della pelle (p.e. del dorso o del palmo della mano) con un solvente adatto (p.e. etanolo), e/o misurando gli IPA raccolti da "cerotti" di dimensioni definite, che vengono applicati sulla pelle in diverse zone del corpo, in modo tale da dare una valutazione significativa del contributo all'esposizione cutanea totale del soggetto.

2.3.1 RISULTATI SPERIMENTALI

Non sono stati effettuati molti studi in questo campo. Tra quelli riportati nel dossier NIOSH si può ricordare la sperimentazione effettuata su 131 campioni ottenuti dalla fronte o dal dorso delle mani di vari gruppi di lavoratori [2-1]; i risultati ottenuti (NIOSH) [2] sono riportati nella Tabella 7:

TABELLA 7 – Concentrazione di IPA sulla pelle per tipologie diverse di lavoratori (ng/cm²)

Tipo industria	n° camp.	CRI	DBA	FLU	NAF	IDP	FEN
Raffinerie/Terminali	26	ND(<3.3)	ND(<0.35)	ND(<3.3)	5.5 -290	ND(<4.5)	ND(<2.2)
Prod.ne conglomerati (servizi)	25	ND(<3.3)	ND(<0.35)	ND(<3.3)	390*	19*	3.2*
Operazioni di stesa	30	6.2*	<350	4.7*	430*	320*	<2.2-13
Produzione bitume per edilizia	29	ND(<3.3)	ND(<3.3)	ND(<3.3)	<5.5-160	<4.5-25	2.4*
Addetti attività per tetti	21	ND(<3.3)	ND(<3.3)	ND(<3.3)	510-520	ND(<4.5)	ND(<2.2)

CRI= Crisene; DBA=Dibenzo(a,h)antracene; FLU=Fluorantene; NAF=Naftaline; IDP=Indol(1,2,3-cd)pirene; FEN=fenantrene.

ND = non determinato

* Un solo campione ha rivelato risultati analiticamente determinabili

Nota: i numeri in parentesi indicano la concentrazione minima determinabile analiticamente

Nota: poiché in questo caso gli IPA sono stati determinati utilizzando la metodologia HPLC+fluorescenza, il NIOSH considera dubbia l'attendibilità dei dati.

I dati riportati si riferiscono ai sei IPA che erano presenti in quantità superiore al limite di determinabilità analitica; le concentrazioni di IPA determinate su questi campioni di fine turno lavorativo variano da 2.2 a 520 ng/cm².

In un altro studio [2-5] effettuato su un gruppo di 17 persone esposte ai fumi di bitume è stato riportato che gli IPA totali e cancerogeni e la concentrazione di pirene risultano maggiori confrontando campioni di lavaggio delle mani prima e dopo il turno di lavoro [2].

In Italia uno studio in merito a questo tipo all'assorbimento cutaneo è inserito in una indagine più ampia che verrà riportata in seguito [4].

2.4 TRACCIANTI BIOLOGICI (BIOMARKERS)

In aggiunta alle determinazioni dell'esposizione ambientale, molti studi hanno utilizzato fluidi organici o funzioni fisiologiche come biomarkers dell'esposizione ai fumi di bitume. Nel seguito verrà fatto un breve cenno ai traccianti biologici escreti nelle urine, considerati come possibili indicatori dell'esposizione ai fumi di bitume, considerando in particolare l'1-idrossipirene per il quale sono stati effettuati numerosi studi ed un'indagine anche in Italia.

⇒ **1-idrossipirene urinario**

L'1-idrossipirene viene spesso utilizzato come tracciante biologico dell'esposizione al pirene e, poiché il pirene è spesso presente anche in quantità significative rispetto al contenuto di IPA totali, secondo alcuni ricercatori la sua concentrazione potrebbe rappresentare per estrapolazione una misura della concentrazione totale di IPA.

Schematicamente, nel processo biologico su cui si basa l'impiego di questo tracciante, il pirene viene metabolizzato nell'organismo a 1-idrossipirene, ed escreto nelle urine principalmente come glucuronide ed altri coniugati, da cui viene separato per idrolisi; successivamente si procede alla determinazione dell'1-idrossipirene, ad esempio tramite cromatografia liquida ad alta pressione. La concentrazione di 1-idrossipirene viene spesso normalizzata con riferimento alla concentrazione di creatinina.

A livello indicativo si riporta la tabella NIOSH [2] (Tabella 8) che riassume gli studi effettuati con questo marcatore biologico. Dai dati riportati in tabella si può notare come gli intervalli di concentrazione trovati per la popolazione esposta professionalmente e quella di riferimento (non esposta) si sovrappongono, e come in molti casi le differenze tra le concentrazioni medie fra le due popolazioni non sono statisticamente significative.

Questi risultati sono probabilmente dovuti al contributo in termini di IPA dell'esposizione di tipo non professionale (inquinamento atmosferico, fumo da tabacco, cibi fritti e alla brace ecc.). Prendendo ad esempio in considerazione la concentrazione media di 1-idrossipirene per vari gruppi di addetti alla pavimentazione stradale, essa presenta un intervallo di valori minimi e massimi che differiscono per più di 60 volte, e che si sovrappone significativamente all'intervallo di concentrazione della popolazione non esposta (per la quale la differenza fra valori minimi e massimi è di 50 volte).

In Italia è stata condotta un'ampia indagine volta a valutare l'influenza delle abitudini di vita (fumo da sigarette) e dell'alimentazione (consumi di alimenti affumicati) sulla escrezione urinaria di 1-idrossipirene in soggetti esposti all'inquinamento urbano, e a valutare l'esposizione a IPA di un gruppo di lavoratori nell'ambito di una azienda di produzione e di stesa dei conglomerati bituminosi, sempre attraverso la determinazione dell'escrezione urinaria di 1-idrossipirene [3].

Con riferimento a quest'ultima parte dell'indagine, lo studio è stato condotto su 16 lavoratori (7 non fumatori e 9 fumatori), che sono stati divisi in tre gruppi in base alla tipologia del lavoro svolto: produzione dei conglomerati (5 addetti di cui 2 fumatori) lavoratori addetti alla stesa del conglomerato (6 addetti di cui 4 fumatori) ed altre attività (5 addetti di cui 3 fumatori). I campioni estemporanei di urina sono stati raccolti al mattino prima dell'inizio del turno di lavoro.

Tabella 8 1-idrossipirene nelle urine di lavoratori esposti a bitume o fumi di bitume, e nella popolazione di riferimento

Popolaz. esposta professionalmente	1-idrossipirene nelle urine ($\mu\text{mol/mol}$ creatinina)		Riferimento popolazione non esposta	Rapporto fra popolazione esposta e non esposta [†] Riferimento	
	Esposti professionalmente	Esposti non professionalmente			
Addetti paviment. strade:					
P ₁ , 0.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ IPA [‡]	4.2 (?? - 14) [§]	0.9 (?? - 3.2) [§]	Impiegati di ufficio < 0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ IPH [‡]	3.7	Hatjian et al. 1995a,b, 1997
P ₂ , 0.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ IPA	2.6 (?? - 6.9)	1.4 (?? - 4.9)	Lavoratori manuali, 0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ IPA	2.7	
Addetti paviment. strade	0.61 (0.16 - 1.8) ^{**}	0.28 (?? - 1.4) [§]	Impiegati università e studenti	2.2	Burgaz et al. 1992
Addetti paviment. strade (gruppo solo bitume)	0.6	0.26 (0.02 - 0.66) ^{††} 0.28 (0.09 - 1.31)	Non fumatori Fumatori	2.2	Jongeneelen et al. 1988
Addetti paviment. strade	0.19 ^{††} (<0.12 - 1.4)	<0.08 ^{††} (<0.08 - 1.4)	Addetti preparaz. sito stesa	3.3	Zhou 1997
Addetti paviment. strade, tutti non-fumatori, < 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ IPA ^{§§}	0.07 ^{***}	0.04 ^{***} 0.02	Lavoratori edili, non-fumatori Impiegati di ufficio, non-fumatori	2.3	Levin et al. 1995
Addetti impermeab. tetti					
R ₂ , 0.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ IPA [‡]	2.4 (?? - 6.9) [§]	0.9 (?? - 3.2) [§]	Impiegati di ufficio, < 0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ IPA [‡]	2.7	Hatjian et al. 1995a,b, 1997
R ₁ , 0.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ IPA	1.5 (?? - 4.4)	1.4 (?? - 4.9)	Lavoratori manuali, 0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ IPA	1.3	
Addetti al carico delle autobotti di bitume	0.22 (0.05 - 0.41)	0.12 (0.10 - 0.21) ^{†††}	Addetti al carico, non esposti per 2-3 gg	1.8	Boogaard e van Sittert 1994, 1995
Produzione bitume	0.17 (< 0.05 - 0.72)	0.12 (<0.05 - 0.67) ^{†††}	Lavoratori non esposti da almeno 1 settimana	1.4	Boogaard e van Sittert 1995

*I dati sono riportati come media (intervallo), se non altrimenti indicato, e sono riferiti alla somma di 1-idrossipirene libero + coniugato nei campioni

[†]Nel caso di due popolazioni di riferimento, il confronto è tra la popolazione esposta e il valore medio delle due di riferimento

[‡]Concentrazione totale media di otto IPA a 3-5 anelli nei campioni personali

[§]Limite superiore dell'intervallo calcolato come: valore medio + 2 volte la deviazione standard

^{**}Intervallo ricavato dalla Tabella 4 da Boogaard and van Sittert [1994].

^{††}Mediana e intervallo di confidenza al 90%.

^{†††}Mediana. "<" Dati riferiti al valore più basso riportato per il gruppo.

^{§§} Valore medio della concentrazione totale di sette IPA a 3-5 anelli nei campioni personali, determinati con un metodo basato su HPLC e fluorescenza [Andersson et al. 1983].

^{***}Il valore della mediana per questi dati è stato ottenuto a partire da nanogrammi / ml usando un rapporto di conversione suggerito dagli autori (1 $\mu\text{mol/mol}$ creatinine = 3 ng/mL).

^{†††} Dati convertiti a partire da microgrammi per grammo di creatinina

La tabella 9 riporta i risultati raggruppati in base all'attività lavorativa

TABELLA 9 – Concentrazione urinaria di 1-idrossipirene (ng/l) secondo l'attività lavorativa

	Produzione conglomerato	Stesa	Altro
Media	162	227	332
DS	132	244	341
Mediana	126	197	271
Min	< 50 (**)	< 50 (**)	< 50 (**)
Max	332	689	891
N° soggetti	5	6	5
N° fumatori	2/5	4/6	3/5

(**) Valori al di sotto del limite di rilevabilità

Concentrazioni rilevabili di 1-idrossipirene sono state osservate nel 75% dei campioni (12 soggetti su 16) con frequenza di valori superiori al limite di rilevazione (50 ng/l) paragonabile a quella osservata nei soggetti non esposti professionalmente; il confronto fra i valori mediani di 1-idrossipirene dei tre sottogruppi non ha mostrato differenze significative.

Lo studio conclude infine che “[...] dalla valutazione di gruppi di risultati si può constatare che l'esposizione al pirene – e necessariamente all'intera famiglia degli IPA – nella situazione lavorativa considerata è molto limitata, quasi inesistente. La variabilità dei valori osservati nei diversi soggetti non è ascrivibile all'attività lavorativa svolta ma è imputabile ai diversi stili di vita, di alimentazione, abitudine a fumo e presumibilmente alle caratteristiche fisiologiche e genetiche dei soggetti [...]” ed ancora: “[...]i lavoratori sono da considerare, per l'attività lavorativa che svolgono, non esposti all'IPA in maniera significativa o analiticamente apprezzabile con gli attuali metodi di indagine disponibile “.

⇒ Altri marker biologici

- Tioeteri

Numerosi ricercatori hanno provato a correlare l'esposizione al bitume sia per operazioni di pavimentazione stradale che di applicazioni edili (impermeabilizzazione tetti) ad un incremento dell'escrezione di tioeteri nell'urina. Questa strada è risultata non percorribile, dato che anche quando, in casi limitati, una potenziale correlazione appariva possibile, i valori risultavano entro i normali intervalli per l'organismo umano [2].

- Acido glucarico

L'escrezione di acido glucarico nelle urine è stato considerato come un possibile biomarker dell'esposizione ai fumi di bitume. Gli studi condotti tuttavia non hanno riscontrato differenze nella concentrazione di D-acido glucarico nelle urine dei lavoratori esposti e non esposti ai fumi di bitume [2].

- Attività mutagenica

I mutageni escreti nelle urine possono essere indicativi dell'esposizione agli agenti mutageni. In uno studio su un gruppo di lavoratori esposti al bitume [2-6], effettuato utilizzando il test di mutagenicità di Ames su Salmonella, per i lavoratori non fumatori è stato osservato un incremento dell'attività mutagenica nelle urine dei soggetti esposti rispetto a quelli non esposti, mentre per i fumatori tale differenza non assume carattere significativo. Pertanto secondo gli autori non è possibile attribuire con certezza questa attività mutagenica all'esposizione ai fumi di bitume [2].

Un altro studio su lavoratori esposti e non esposti [2.7] ha individuato un aumento della frequenza dello scambio di cromatidi fratelli, che è considerato un indice (non specifico) di esposizione a sostanze mutagene. Anche in questo caso, tuttavia, i risultati non sono univoci, e sono influenzati da fattori ambientali e comportamentali.

CONCLUSIONI

Si riportano di seguito le principali conclusioni derivate dal dossier NIOSH [2];

Si può affermare, che finché non verrà identificato un componente specifico dei fumi del bitume, non si potrà avere un biomarker specifico ed unico; tra gli escreti delle urine l'1-idrossipirene viene ritenuto da molti come specifico dell'esposizione agli IPA, mentre gli altri biomarker sopra menzionati, non sono ritenuti specifici dell'esposizione agli IPA.

Anche se sono state riscontrate alcune evidenze nell'impiego dei biomarker (concentrazioni di mutageni nelle urine dei lavoratori non fumatori esposti ai fumi di bitume impiegati nella pavimentazione stradale, esposizione agli IPA rilevata con l'1-idrossipirene), in linea di massima l'influenza dei fattori ambientali e delle abitudini di vita è tale da rendere difficile o impossibile una interpretazione corretta dei risultati. Rimane pertanto difficile definire gli effetti dovuti alla sola esposizione professionale. Spesso non risulta sufficientemente chiara la significatività delle differenze relativamente piccole riscontrate nella concentrazione dei biomarker tra i lavoratori esposti e la popolazione di riferimento.

2.5 UNO STUDIO ITALIANO: INDAGINE IGIENISTICO TOSSICOLOGICA PER LA VALUTAZIONE ALL'ESPOSIZIONE PROFESSIONALE AI FUMI DI BITUME [4].

Lo studio, effettuato dai ricercatori dell'Unità Funzionale di Igiene e di Tossicologia della USL 7 di Siena e dell'Unità Operativa Prevenzione Igiene e Salute dei Luoghi di Lavoro della USL 9 di Grosseto, aveva lo scopo di valutare l'esposizione ad alcuni agenti cancerogeni (IPA e benzene) per gli addetti alla produzione di conglomerati bituminosi e gli addetti alla stesa della pavimentazione stradale.

Quale contributo alla valutazione dell'esposizione professionale ai fumi di bitume si riporta di seguito una sintesi della parte relativa all'esposizione agli IPA per quanto riguarda i soggetti monitorati, i tipi di esposizione, le metodologie analitiche adottate, le principali risultanze emerse, ed infine le conclusioni più significative espresse dagli autori. Per i dati relativi all'esposizione al benzene, si rimanda alla relazione stessa. Non va dimenticato comunque che in condizioni normali, per ragioni tecniche legate al processo di produzione, la presenza di questa sostanza nel bitume (e conseguentemente nei sui fumi), è praticamente da escludersi: la rilevazione della presenza di benzene nell'ambiente di lavoro esaminato potrebbe quindi essere dovuta a contaminazioni provenienti da altre fonti (p.e. fumi di scarico di motori).

Campione monitorato

L'indagine è stata condotta in vari periodi di più anni solari (1996-2000) ed ha riguardato sette aziende produttrici di conglomerato con 18 campionamenti personali e dieci imprese di pavimentazione stradale con 113 campionamenti personali.

Esposizione inalatoria

Tutti i soggetti partecipanti all'indagine sono stati muniti di una pompa personale in grado di aspirare aria con una velocità d'ingresso di 1.25 m/s; il dispositivo di captazione degli IPA consentiva di campionare sia gli IPA sotto forma solida sia quelli in forma vapore. Per il calcolo delle dosi inalatorie è stata utilizzata una ventilazione polmonare di 15 o 20 lt/min. a seconda che il profilo di attività prevedesse una minore o maggiore fatica fisica.

L'analisi per la determinazione degli IPA è stata condotta tramite cromatografia liquida con rilevazione spettrofluorimetrica, dopo estrazione dai supporti di captazione con una miscela acetonitrile/diclorometano.

Sono stati determinati 19 IPA e tra questi 10 considerati cancerogeni: benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(a)pirene, dibenzo(a,l)pirene, dibenzo(a,e)pirene, dibenzo(a,h)antracene, indeno(1,2,3-cd)pirene, 5-metilcrisene e 9 non cancerogeni: acenaftene, antracene, crisene, debenzo(a,h)antracene, fenantrene, fluorantene, fluorene, naftalene e pirene.

Esposizione cutanea

La valutazione dell'esposizione cutanea è stata effettuata collocando 9 cerotti di polipropilene di forma rotonda a superficie nota (Pad) sulle diverse regioni del corpo; la superficie della cute degli addetti sottoposti a monitoraggio è stata valutata tramite una specifica formula, mentre per le mani sono stati effettuati lavaggi a fine turno lavorativo

con 200 ml di etanolo. Per la ricerca degli IPA nei Pad e nei liquidi di lavaggio delle mani è stata usata la stessa metodologia analitica impiegata per la valutazione dell'esposizione inalatoria.

Monitoraggio biologico

Questo tipo di monitoraggio è stato effettuato sui campioni di urine prelevati alla fine del turno lavorativo.

Sui campioni di urina è stato determinato il contenuto di 1-idrossipirene (metabolita del pirene considerato un ottimo indicatore di esposizione agli IPA) tramite gascromatografia liquida con rilevazione spettrofluorimetrica.

ANALISI DEI RISULTATI

- Addetti alla produzione dei conglomerati

Si riportano in una tabella riassuntiva (Tabella 10) alcuni dei dati contenuti nella relazione per quanto riguarda l'esposizione agli IPA degli addetti alla produzione di conglomerati; I dati relativi all'esposizione inalatoria e cutanea possono essere influenzati da diverse variabili indipendenti quali la mansione e la stagione; analizzando i risultati tramite il test Anova (analisi della varianza) con $\alpha = 0.05$, né la mansione né la stagione sono risultate variabili statisticamente significative, da cui ne consegue che né l'una né l'altra influenzano l'esposizione agli IPA.

TABELLA 10

ADDETTI ALLA PRODUZIONE DI CONGLOMERATO BITUMINOSO

	Concentrazione di IPA aerodispersi riscontrate nei campionamenti personali (ng/m ³)		Dosi di IPA inalati (ig)		Dosi cutanee di IPA (ig)		Concentrazione di 1-idrossipirene urinario a fine turno (µg/g creatinina)				
	IPA totali	IPA cancerogeni	IPA totali	IPA cancerogeni	IPA totali	IPA cancerogeni	Non fumatori + fumatori	Non fumatori (Prim / Est)	Non fumatori (Aut / Inv)	Fumatori (Prim / Est)	Fumatori (Aut / Inv)
Media	1455.847	5.048	6.979	0.029	71.675	2.027	0.293	0.277	0.149	1.130	0.175
Deviazione standard	1419.959	5.683	6.394	0.038	91.466	2.310	0.323	0.065	0.057	0.014	0.070
N.	18	14	18	14	18	18	17	3	8	2	4
Minimo	274.595	0.524	1.009	0.002	14.687	0.092	0.080	0.210	0.080	1.120	0.100
Massimo	4732.600	15.889	21.345	0.124	366.009	7.505	1.140	0.340	0.260	1.140	0.270
Valori inferiori al limite di rilevabilità	0	4	0	4	0	0	1	0	0	0	1
Media Geometrica	952.503	2.744	4.528	0.013	43.397	0.971	0.209	0.271	0.140	1.130	0.165
Mediana	794.252	2.314	4.997	0.015	38.539	1.113	0.170	0.280	0.135	1.130	0.165

Sottoponendo allo stesso test i dati relativi all'1-idrossipirene, e considerata come ulteriore variabile il fumo da tabacco, il risultato ottenuto mostra che la stagione è una variabile statisticamente significativa mentre il fumo è ai limiti di significatività. Questa conclusione discordante rispetto alla precedente è quasi sicuramente ascrivibile a fattori che esulano l'esposizione professionale, quali ad esempio le differenze stagionali nel contenuto di IPA nella dieta.

Per valutare se le dosi inalatorie e cutanee di IPA totali e cancerogeni, del pirene e l'abitudine al fumo siano variabili indipendenti che influenzano l'escrezione di 1-idrossipirene (variabile dipendente) è stato utilizzato il test della regressione multipla che ha evidenziato la non significatività delle variabili considerate. In particolare, la non significatività delle dosi cutanee e inalatorie degli IPA rispetto all'escrezione dell'1-idrossipirene indica che l'esposizione lavorativa è decisamente trascurabile rispetto all'esposizione dovuta alle normali abitudini di vita.

Inoltre, un confronto con un gruppo di soggetti non esposti ha evidenziato che non esiste una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi per quanto riguarda l'escrezione di 1-idrossipirene.

In definitiva, per questa tipologia di lavoratori gli autori concludono che, nelle condizioni di lavoro prese in esame nello studio non è dimostrabile una esposizione professionale agli IPA che evidenzia differenze statisticamente significative rispetto alla popolazione non esposta

◆ Addetti alla stesa del conglomerato

Riportiamo in una tabella riassuntiva (Tabella 11) alcuni dei dati riportati nella relazione per quanto riguarda l'esposizione degli addetti alla stesa. Sia per gli IPA totali che quelli cancerogeni aerodispersi l'analisi della varianza (test Anova con $\alpha = 0.05$) ha evidenziato che né la stagione né la mansione risultano variabili statisticamente significative, mentre la mansione lo è risultata per gli IPA di tipo cancerogeno.

Secondo gli autori, questa differenza potrebbe essere spiegata dal diverso peso molecolare degli IPA cancerogeni (più elevato rispetto alla maggioranza di quelli compresi nel gruppo negli IPA totali) con conseguente diversità della tensione di vapore: in definitiva, gli IPA leggeri tenderebbero a rimanere nello stato vapore a differenza di quelli più pesanti.

Per l'esposizione cutanea, il valore degli IPA totali è risultato statisticamente correlato sia con la mansione che con la stagione, mentre per il valore degli IPA cancerogeni la correlazione riguarda la sola mansione; in particolare, tra le diverse mansioni, quella del "conducente di macchina finitrice" è risultata quella con maggiore esposizione cutanea.

I dati relativi all'escrezione di 1-idrossipirene sono stati sottoposti al test Anova utilizzando le stesse variabili impiegate nel caso degli addetti alla produzione dei conglomerati. In questo caso i risultati evidenziano che l'abitudine al fumo risulta una variabile statisticamente significativa.

TABELLA 11 ADDETTI ALLA STESA DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

	Concentrazione di IPA aerodispersi (ng/m ³)		Dosi di IPA inalati (ig)		Dosi cutanee di IPA (ig)		Concentrazione di 1-idrossipirene urinario a fine turno (ig/g creatinina)		
	IPA totali	IPA cancer.	IPA totali	IPA cancer.	IPA totali	IPA cancer.	Non fumatori e fumatori	Non fumatori	Fumatori
Media	2120.717	10.594	15.499	0.068	132.833	5.451	0.365	0.232	0.514
Deviaz. standard	1636.101	11.974	12.300	0.074	135.669	12.421	0.380	0.253	0.441
N.	113	109	113	109	113	113	110	58	52
Minimo	327.500	0.289	1.957	0.002	7.372	0.215	0.050	0.050	0.130
Massimo	10251.838	55.541	66.893	0.402	975.767	116.457	2.770	1.650	2.770
Valori inferiori al limite di rilevabilità	0	4	0	4	0	0	3	1	2
Media Geometrica	1665.982	5.765	11.679	0.040	92.506	2.521	0.266	0.177	0.417
Mediana	1571.346	6.000	11.471	0.047	97.265	2.310	0.250	0.170	0.425

La regressione multipla è stata effettuata considerando come variabile dipendente la concentrazione di 1-idrossipirene in soggetti non fumatori e come variabili indipendenti le dosi, sia cutanee che inalate, di pirene degli IPA totali e degli IPA cancerogeni. I risultati indicano che le dosi cutanee influenzano significativamente l'escrezione di 1-idrossipirene, e che tale metabolita del pirene è un buon indicatore anche dell'esposizione agli IPA totali e cancerogeni.

Per verificare se l'esposizione, se pur lieve, (bassa percentuale di varianza delle variabili indipendenti), sia significativa, è stato effettuato un test di confronto sul campione di persone non professionalmente esposte utilizzate in precedenza.

I risultati ottenuti mostrano che i lavoratori hanno escrezione di metabolita significativamente maggiore dei soggetti non esposti, sia nel caso di fumatori sia in quello di non fumatori.

Secondo gli autori, in definitiva, in questo caso i risultati indicano che nelle condizioni di lavoro considerate, esiste la possibilità di una seppur leggera esposizione agli IPA totali e in particolare a quelli cancerogeni, che interessa soprattutto la cute. Tra le parti del corpo, quella maggiormente soggetta ad assorbimento cutaneo è risultata, come era anche

logico aspettarsi, quella costituita dalle mani; ma è sorprendente notare che al secondo posto si piazza la pelle della coscia destra, in quanto, sempre secondo gli autori, è più esposta al contatto delle mani non lavate durante l'espletamento di una normale funzione fisiologica.

Questa conclusione mette ancora una volta in evidenza la necessità di adottare e mantenere delle corrette abitudini igieniche anche sul posto di lavoro.

BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI:

[1] C. Bowen, Shell Global Solutions – J. Urbanus, CONCAWE: “Assessment of personal inhalation exposure to bitumen fume guidance for monitoring benzene-soluble inhalable particulate matter” - CONCAWE report n. 7/02 [2002]

[2] NIOSH: “Health Effects of Occupational Exposure to Asphalt” . Pubbl. N. 2001-110

Fonti citate dalla pubblicazione NIOSH n. 2001-110

[2-1] Hicks JB. Asphalt industry cross-sectional exposure assessment study. *Applied Occup Environ Hyg* 10(10):840-848 [1995]

[2-2] Exxon. “Shift study of pulmonary function and symptoms in workers exposed to asphalt fumes”. Final report submitted to Asphalt Industry Oversight Committee. East ~ Millstone, NJ: Exxon Biomedical Sciences, Inc., Report No. 97TP31 [1997].

[2-3] Norseth T, Waage J, Dale I. “Acute effects and exposure to organic compounds in road maintenance workers exposed to asphalt”. *Am J Ind Med* 20:737-744 [1991].

[2-4] Sylvain DC, Miller AK. “Health hazard evaluation report”: Walsh Construction Company, Boston, Massachusetts. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Report No. HET A 94-0219-2620 [1996].

[2-5] Zhou Q. “Biomonitoring workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons in asphalt during road paving”. Cincinnati, OH: University of Cincinnati, Department of Environmental Health of the College of Medicine [Dissertation] [1997].

[2-6] Pasquini R, Monarca S, Sforzolini GS, Savino A, Bauleo FA, Angeli G. “Urinary excretion of mutagens, thioethers and D-glucaric acid in workers exposed to bitumen fumes”. *Intl Arch Occup Envir* 61(5):335-340 [1989].

[2-7] Hatjian BA, Edwards JW, Williarns FM, Harrison J, Blain PG. “Risk assessment of occupational exposure to bitumen fumes in the road paving and roofing industries”. Paper presented at the 1995 Pacific Rim Conference on Occupational and Environmental Health, Syd; Sydney, Australia, October 4-6 [1995a].

[3] M. Buratti – Azienda Ospedaliera Istituti Clinici di Perfezionamento, Laboratorio di Tossicologia Professionale – Milano; G. Brambilla, L. Bianchi, F. Fabris, A. Colombi -

Università degli Studi di Milano – Dipartimento di Medicina del Lavoro - Polo Didattico Ospedale S. Paolo – Milano; Federico M. Rubino – Università degli Studi di Milano – Dipartimento di Medicina, Chirurgia e Odontoiatria, Polo Didattico Ospedale S. Paolo. “La misura dell’1-idrossipirene nella valutazione dell’esposizione a idrocarburi aromatici policiclici”. Memoria presentata al convegno SITEB “Igiene e ambiente nell’uso ei prodotti bituminosi” – Verona 1995.

[4] G. Sciarra, C. Aprea, A. Cenni - Unità funzionale di Igiene e Tossicologia – ASL/7 – Siena; Dott.ri: R. Amati, M. Fantacci – OPV: Nannetti, F. Donnini – T.L: E. Mariannelli - Unità Operativa Prevenzione Igiene e Salute nei luoghi di lavoro – ASL n. 9 – Grosseto. “Relazione dell’indagine igienistico-tossicologica per la valutazione dell’esposizione a cancerogeni (idrocarburi policiclici aromatici e benzene) per gli addetti alla produzione di asfalti di bitume e per gli addetti alla pavimentazione stradale con asfalti di bitume” [in corso di pubblicazione]. Memoria presentata al convegno “I cancerogeni: la definizione dell’esposizione in ambiente di vita e lavoro”. Siena, 24-26 settembre 2003

CAPITOLO III

Effetti sulla salute dell'uomo

Molti studi e ricerche sono stati effettuati per valutare i possibili effetti sulla salute dei lavoratori che, nelle diverse tipologie e condizioni di lavoro e per brevi o lunghi periodi di vita, sono stati impiegati in attività che implicavano un contatto con bitume o con i suoi materiali derivati e/o esposizione ai fumi prodotti dal riscaldamento degli stessi.

Sostanzialmente gli studi e le ricerche effettuate si possono distinguere in due grosse tipologie:

- a) Studi sperimentali “in vivo” (su animali) ed “in vitro”, volti a valutare possibili effetti di tipo acuto, sub cronico e cronico (tossicità e cancerogenicità) correlabili o meno a possibili effetti sulla salute dell'uomo;
- b) Studi epidemiologici sugli effetti per la salute umana, volti a valutare sia possibili effetti di tipo acuto sia, soprattutto, la possibilità di un incremento del rischio cancerogeno. Tali studi hanno tipicamente preso in esame la storia sanitaria dei lavoratori del settore.

In questo capitolo, per ovvi motivi, saranno trattati in modo più esteso gli studi che riguardano gli effetti sulla salute umana, sia quelli inerenti alla tossicità di tipo acuto e sub cronico che quelli di tipo epidemiologico, ed in minor misura quelli effettuati *in vitro* o sugli animali. Per entrambi i tipi di studi vengono riportate le principali conclusioni a cui si è pervenuti. Un paragrafo a sè stante è stato riservato allo studio epidemiologico effettuato dallo IARC, i cui risultati sono stati pubblicati di recente.

3.1 STUDI IN VIVO (sugli animali) ED IN VITRO

3.1.1 EFFETTI DI TOSSICITA' ACUTA E SUBCRONICA

Si riassumono di seguito le principali evidenze riportate nel dossier CONCAWE [1] sull'argomento.

□ Irritazione della pelle e degli occhi

In una relazione pubblicata nel 1913; viene descritto uno studio in cui i fumi di bitume (a concentrazione non nota) sono stati diretti negli occhi dei conigli: dopo una singola esposizione sono state notate forme transitorie di congiuntivite, mentre in alcuni casi le esposizioni multiple hanno prodotto una leggera infiltrazione della cornea che si è risolta in tempi successivi. Altri studi descritti nella relazione riguardano gli effetti della polvere di bitume su cani e conigli, nei quali è stata riscontrata un'inflammazione agli occhi [1-9].

Non è certa l'origine del materiale impiegato negli studi ma, vista la data di pubblicazione, è probabile che si tratti di bitume naturale, piuttosto che di bitume derivante dalla raffinazione del petrolio. Tali materiali non sono comparabili.

Altri risultati riguardanti gli effetti di irritazione della pelle e degli occhi si possono trovare negli studi effettuati per valutare la possibile cancerogenicità dei bitumi.

□ Tossicità sub cronica

A parte uno studio ove non si è riscontrato alcun effetto della somministrazione orale di 250 mg/kg di due tipi di bitumi a quattro maiali per 71 giorni [1-12], non risultano essere stati effettuati altri studi di questo tipo secondo i protocolli attuali (90 giorni), sul bitume o fumi di bitume. Tuttavia è possibile ricavare informazioni di questo tipo dalle ricerche effettuate su materiali derivati.

In questi studi non sono stati riportati effetti sistemici e gli unici effetti osservati sono quelli di una irritazione della pelle e di irritazione polmonare in studi di tipo inalatorio.

3.1.2 EFFETTI DI TOSSICITA' CRONICA (CANCEROGENICITA' e GENOTOSSICITA')

Come era prevedibile, larga parte degli studi effettuati sugli animali sono stati rivolti a valutare la possibilità che il bitume o i prodotti da esso derivati potessero essere la causa dell'insorgere del cancro o di alterazioni genetiche, al fine di poter ottenere informazioni da poter correlare ad eventuali rischi per la salute dell'uomo.

□ Cancerogenicità

Sono stati condotti molti studi su animali in merito alla valutazione della possibile cancerogenicità, sottoponendo i soggetti in diverse maniere all'esposizione ai fumi e al contatto con il bitume; gli studi sono stati effettuati impiegando bitume di tipo stradale, vernici a base bituminosa, bitumi ossidati e bitumi ottenuti da cracking termico.

Si riportano di seguito le conclusioni presenti nel dossier CONCAWE sull'argomento [1] ricavate dalle pubblicazioni [1-2] [1-4] e da [1-13] a [1-24].

- Non c'è evidenza che i bitumi tal quali risultino cancerogeni. I pochi studi effettuati sono inattendibili principalmente per l'elevata temperatura che è stata impiegata per rendere i bitumi sufficientemente fluidi per l'applicazione.
- Risulta che alcuni bitumi diluiti con solventi (ad es. benzene) sono cancerogeni, sebbene molti lo siano solo debolmente. I dati sui bitumi diluiti con solventi possono comunque essere considerati rilevanti per l'esposizione umana solo in situazioni dove i bitumi liquidi sono usati a temperatura ambiente. Occorre inoltre valutare l'effetto del solvente, di per sé cancerogeno.

- I fumi condensati ottenuti da bitumi per impermeabilizzazioni, riscaldati a 232 o 316 °C, applicati come soluzione in solventi organici hanno causato cancro alla pelle nei topi; una serie di fattori in questi studi indicano però che il grado di esposizione degli animali alle sostanze cancerogene presenti in questi fumi condensati era molto superiore rispetto a quello che normalmente avviene per l'esposizione umana; inoltre non va sottovalutato l'effetto dei solventi e il fatto di aver prodotto i fumi a temperature eccessivamente elevate, con possibilità di fenomeni di cracking. Questi studi pertanto non sono validi per fornire un'indicazione realistica del rischio di cancerogenesi per l'uomo dovuta al bitume o ai suoi fumi.
- Nonostante le insufficienze riscontrabili negli studi sull'inalazione degli animali condotti con fumi ottenuti da riscaldamento di bitumi ossidati, o miscele di bitumi stradali e ossidati, risulta essere improbabile che l'inalazione di tale fumi possa avere come conseguenza l'insorgere di cancro nel sistema respiratorio.

□ Genotossicità

Prima di trattare le principali evidenze di questo argomento si segnala che in merito ai risultati di possibili attività biologiche dei bitumi il NIOSH [2] evidenzia come si siano riscontrati comportamenti diversi tra fumi generati in laboratorio e fumi raccolti sul campo. Ad esempio un confronto tra l'attività biologica di fumi di bitume raccolti in un serbatoio di stoccaggio e fumi di bitume prodotti in laboratorio, alle tipiche temperature di lavorazione, indica che solo questi ultimi risultano mutagenici [2-1]; altri studi hanno confermato la mutagenicità dei fumi prodotti in laboratorio.

Inoltre fumi di bitume stradali generati in laboratorio a 160 °C e 200 °C hanno provocato la formazione in vitro e in vivo di alterazioni di DNA [2-2] [2-3].

Si riportano di seguito le principali conclusioni riportate dal dossier CONCAWE [1] ricavati dagli studi riportati in bibliografia [1-16] e da [1-25] a [1-34].

- In molti test di mutagenicità effettuati il bitume ha fornito risultati negativi o marginalmente positivi. Sebbene ci siano alcune evidenze che ad alta temperatura i fumi di bitumi presentino una moderata attività mutagenica (Ames test modificato), rimangono comunque dei dubbi se i fumi generati durante la normale applicazione lavorativa abbiano un'attività che sia più che debole. Occorre prestare molta attenzione nell'effettuare parallelismi tra la mutagenicità riscontrata per mezzo del test di Ames e le proprietà cancerogene delle miscele complesse di idrocarburi come i bitumi, nei quali sono presenti molti IPA non cancerogeni che danno risultati positivi con questo saggio.
- In alcuni studi condotti con la tecnica del "postlabelling" sono stati rilevati, per alcuni bitumi, deboli effetti sul DNA, ma non è sicuro se le circostanze in cui questi fenomeni si producono siano rilevanti per l'esposizione dell'uomo. Questi studi utilizzavano bitume veicolato in un solvente, e pertanto sono soggetti alle stesse critiche relative agli studi sulla cancerogenicità degli animali, condotti impiegando bitumi liquidi.
- Gli studi con "postlabelling" mostrano che i bitumi esaminati contengono dei componenti genotossici. Nel caso dei bitumi puri, le proprietà fisiche del bitume possono inibire in modo significativo la biodisponibilità di eventuali componenti potenzialmente genotossici. Non sono stati effettuati studi di questo tipo sui fumi di bitume e pertanto la capacità di questo materiale per quanto riguarda gli effetti sul DNA (formazione di addotti) non è conosciuta.

3 2 STUDI DEGLI EFFETTI SULLA SALUTE DELL'UOMO

3.2.1 STUDI SUGLI EFFETTI DI TIPO ACUTO

Gli effetti acuti sulla salute umana, che riguardano sostanzialmente l'irritazione degli occhi e della pelle, l'irritazione della mucosa nasale e della gola, l'influenza sulle capacità respiratorie, l'insorgere di bronchiti ecc., sono stati esaminati in un numero relativamente limitato di studi sull'argomento.

Si riportano di seguito le principali conclusioni ricavate dal dossier NIOSH [2]

□ Irritazioni di occhi, naso e gola

Studi su lavoratori esposti a fumi di bitume hanno evidenziato irritazione della congiuntiva (irritazione degli occhi) e delle vie respiratorie superiori (naso e gola). Nel caso degli addetti alla stesa di pavimentazioni bituminose stradali, questi effetti appaiono essere tipicamente a carattere leggero e transitorio. In altri studi relativi alle stese stradali all'aria aperta, dei sintomi di irritazione si sono manifestati nei lavoratori esposti a fumi con concentrazioni medie (media geometrica) anche basse, generalmente al di sotto di 1 mg/m³ di particolato totale e di 0.3 mg/m³ di particolato solubile in benzene o di solfuro di carbonio (come media pesata nel tempo su un turno di lavoro completo). Da [2-4] a [2-10].

Sintomi simili sono stati rilevati in lavoratori addetti alla produzione di tegole impregnate di bitumi per tetti [2-11], luci fluorescenti [2-12] e all'attività di isolamento di cavi elettrici [2-13]. Alcuni studi specifici sono stati effettuati sugli addetti all'edilizia (impermeabilizzazione tetti), ma questi ultimi studi risultano poco significativi, a causa del numero limitato di soggetti nel campione esaminato, della mancanza di un gruppo di confronto (non esposto) e della presenza di possibili fattori di confusione, quali l'esposizione al catrame e fibre di vetro.

Dei sintomi deboli e transitori di irritazione al naso e alla gola, oltre a mal di testa e tosse, sono stati segnalati in uno studio recente nel caso di lavoratori impiegati in cinque segmenti dell'industria del bitume (produzione di conglomerati, terminal di carico, produzione di prodotti bituminosi per tetti, applicazione di bitume per tetti e stesa di pavimentazioni), anche se non sono state trovate correlazioni significative tra le esposizioni registrate e i sintomi [2-10].

In generale si può dire che, anche se questi tipi di effetti acuti sono stati registrati più volte, rimane difficile stabilire un'associazione specifica, se esiste, tra i sintomi registrati e l'esposizione.

□ Irritazione della pelle

Oltre ai tipi di irritazione sopra descritti, sono stati evidenziati dei casi di irritazioni, pruriti della pelle e sfoghi occasionali per lavoratori esposti ai fumi di bitume. In un'indagine su 50 lavoratori addetti all'impermeabilizzazione dei tetti e 101 addetti alla stesa di

pavimentazioni stradali, l'irritazione alla pelle è stata segnalata nei 44% degli addetti ai tetti e nel 31% in quelli addetti alla stesa. Dermatiti specialmente al viso, mani e braccia sono stati riscontrati più spesso tra gli addetti alla stesa (22%) che tra gli addetti ai tetti (15%) [2-14].

A causa della presenza di sostanze che possano creare interferenza nella valutazione dell'esposizione (ad es. gasolio, catrame, fibre di vetro) e dell'influenza delle condizioni ambientali (vento, caldo ed umidità, radiazioni UV), l'associazione di questi problemi della pelle con l'esposizione ai fumi di bitume non è chiara e dovrebbe essere ulteriormente studiata.

□ Sintomi non specifici

Tra i lavoratori esposti al bitume sono stati spesso riportati sintomi di nausea, dolori allo stomaco, diminuzioni di appetito, mal di testa e affaticamento [2-4] [2-10] [2-12], sebbene non sia stata trovata un'associazione significativa tra l'esposizione misurata e la manifestazione dei sintomi. Anche questi sintomi non specifici richiedono pertanto indagini per chiarire e stabilire la natura di un nesso di tipo causale con l'esposizione ai fumi di bitume.

□ Sintomi relativi alle vie respiratorie inferiori

Alcuni studi di particolare interesse segnalano sintomi acuti che coinvolgono la parte inferiore dell'apparato respiratorio (tosse, affanno e respiro corto) [da 2-5 a 2-9] [2-13] e variazioni delle funzioni polmonari [2-9]. Secondo i risultati di studi recenti, alcuni lavoratori hanno evidenziato sintomi alle vie respiratorie inferiori (e in un caso alterazioni significative nella funzione polmonare) a seguito dell'esposizioni ai fumi di bitume in concentrazioni basse, quali quelle rilevabili nelle operazioni di stesa stradale all'aria aperta (intervalli medi di 0.075 - 0.48 mg/m³ di particolato totale e 0.07 - 0.24 mg/m³ di particolato solubile in benzene) [da 2-5 a 2-8] [2-10].

I dati attuali non sono sufficienti per determinare una relazione causale tra l'esposizione ai fumi di bitume e sintomi che interessano alle vie respiratorie inferiori, o alterazioni della funzione polmonare. Comunque problemi personali di salute (un'asma preesistente) o esposizioni maggiori ai fumi, quali quelle riscontrate durante le stese in galleria, potrebbero aumentare i rischi per i lavoratori [2-4] [2-9].

I dati attualmente disponibili sugli effetti cronici ai polmoni e ai bronchi sono insufficienti per supportare una correlazione con l'esposizione ai fumi di bitume.

Sullo stesso argomento il dossier CONCAWE [1] riporta le seguenti conclusioni principali:

- L'inalazione dei fumi di bitume può causare irritazione delle vie respiratorie; dopo un lungo tempo di esposizione a concentrazioni elevate di fumi si possono manifestare bronchiti croniche ed anche altri disturbi respiratori, mentre non è certo se l'inalazione di fumi possa interessare anche l'apparato gastrointestinale.
- L'esposizione ai fumi di bitume (specie se concentrati) può causare irritazione della pelle e degli occhi. Danni seri agli occhi si manifestano raramente, ma questo inconveniente può essere talvolta un problema reale per i lavoratori del settore.

3.2.2 STUDI SUGLI EFFETTI DI TIPO CRONICO

Sono stati pubblicati molti studi di tipo epidemiologico effettuati con lo scopo di verificare la possibilità di effetti cancerogeni (specie sul polmone) associati all'esposizione ai fumi di bitume. Diversi fattori tuttavia possono generare confusione sui risultati ottenuti da questi studi. La contemporanea o precedente esposizione dei soggetti al catrame (specie alla pece di catrame) rappresenta un primo fattore di possibile confusione in questi studi, dato che la pece di catrame, come si è detto, contiene livelli di IPA molto più elevati del bitume e pertanto può portare ad una sovrastima degli effetti attribuibili. Il catrame è stato usato a lungo fino a tempi recenti in vari paesi Europei (soprattutto Germania e Gran Bretagna), mescolato insieme al bitume per asfaltare le strade.

Il fumo da tabacco è un altro fattore che influenza la possibile insorgenza di cancro al polmone, mentre l'abitudine all'alcool può risultare rilevante nei tumori dell'apparato gastrointestinale e del fegato. Inoltre, nei lavoratori addetti all'impermeabilizzazione dei tetti e dell'edilizia in generale, l'esposizione all'amianto può essere un altro fattore di confusione per tutto ciò che riguarda l'insorgere del cancro polmonare.

Con lo scopo di offrire un quadro il più possibile significativo degli studi effettuati viene riportata la tabella 12, tratta dal dossier CONCAWE [1] che, pur non essendo esaustiva di tutti gli studi epidemiologici effettuati, riassume un importante numero di questi studi effettuati in tempi diversi e su diverse tipologie di lavoratori operanti nel campo del bitume [da 1-35 a 1-49].

Nella tabella vengono riportati schematicamente i seguenti riferimenti:

- tipo di popolazione monitorata
- incidenza nel gruppo di esposti, SMR (tasso standardizzato di mortalità) e incidenza del gruppo di controllo (se adeguata)
- conclusioni sintetiche dello studio

In qualche caso per gli studi riassunti in tabella vengono riportate delle informazioni relative all'esposizione a pece di catrame, mentre di solito non sono state rilevate le abitudini al fumo e all'alcool.

Tabella 12: Studi epidemiologici sul bitume

Popolazione esaminata	Incidenza nel gruppo esposto al bitume, SMR e incidenza nel controllo, ove appropriato	Esposizione a catrame di carbone	Fumatori/non fumat.	Conclusioni Indicate	Riferimento
Lavoratori dell'industria costruzioni (case study)	2 casi di tumore dello scroto dopo 13 o 20 anni di esposizione	Un caso sicuro Uno sospetto	Non rilevante	L'autore non indica effetti collegabili all'esposizione al bitume	Oliver 1908 ¹⁻³⁷
3,753 casi di tumore della pelle (case study)	1 caso esposto a <u>bitume naturale</u>	Nessuna esposiz.	Non rilevante	Non rilevante	Henry 1947 ¹⁻³⁸
	2 casi esposti a vernici a base bituminosa	Esposiz. riportata in entrambi i casi	Non rilevante	L'autore non indica effetti collegabili all'esposizione al bitume	
96 lavoratori in un impianto bitume (fino a 40 anni (case report))	1 caso di tumore bronchiale	Probab. nessuna	Sconosciuto	L'autore non indica effetti collegabili all'esposizione al bitume	Hoogendam 1962 ¹⁻⁴¹
462 addetti produzione di bitume da 25 raffin. (esposizione minima 5 anni, media 15 anni) (Indagine generale sulle condizioni di salute)	2 casi di tumore della pelle (epitelioma cellule basali) (4 casi nel gruppo di controllo) Non è stata riportata differenza rispetto ai 379 addetti nel gruppo di controllo	Probab. nessuna	Ness. dato	Gli autori concludono che il bitume non offre pericoli significativi per la salute	Baylor e Weaver 1968 ¹⁻³⁵
31 compagnie nei settori delle costr. stradali impermeabilizzazioni e trasporti, più denunce assicurazioni (report condiz. salute)	Nessun effetto sulla salute attribuibile al bitume	Nessun dato	Ness. dato	Gli autori concludono che il bitume non offre pericoli significativi per la salute	Baylor e Weaver 1968 ¹⁻³⁵
5939 americani, membri di org. sindacali, che hanno usato catrame di carbone e bitume per lavori di isolamento di tetti e fondamenta (9 anni di appartenenza minima all'organiz.) (studio della mortalità nella coorte)	Mortalità per tumore (Comparazione con il controllo) 9-19 anni di appartenenza: 86 morti (controllo 80) SMR 107 20+ anni di appartenenza: 315 morti (control 217) SMR 145 Incidenza del tumore al polmone 9-19 anni SMR 92 20-29 anni SMR 152 30-39 anni SMR 150 40+ anni SMR 247	Esposizione al catrame di carbone prevalente nei primi anni, mentre l'esposizione al bitume è stata prevalente negli anni successivi	Ness. dato	Gli addetti all'impermeabil. tetti (esposti a catrame e bitume) avevano una mortalità elevata per tumori ai polmoni (e altri tipi). Secondo gli autori questo è legato all'esposizione al benzo(a)pirene	Hammond et al 1976 ¹⁻⁴³
2000 maschi bianchi, addetti all'imperm. tetti (stima campione 1 su 50) (età 20-64)	6 morti per tumore del polmone e 5 casi di incidenza SMR 496	Ness. dato	Ness. dato	Aumento di incidenza attribuito all'esposizione agli IPA	Menck e Henderson 1976 ¹⁻⁴⁴
Addetti all'impermeab. tetti e posa tegole	Aumento non significativo dei tumori del cavo orale	Ness. dato	Ness. dato		Decoufle et al 1977 ¹⁻⁴⁶
Addetti isolamento edifici	Valore alto di mortalità per cancro della laringe - SMR 270 Tumori dei bronchi e polmone SMR161	Ness. dato	Ness. dato		Milham 1982 ¹⁻⁴⁵ (Continua ...)

1570 casi di morte nel California Department of Transportation (327 addetti alla manutenzione stradale) Studio di Proportional Mortality Ratio	Non sono riportati valori significativi di PMR per i vari tipi di tumore (PMR = 98 per i tumori polmonari)	No data	No data		Maislish et al 1988 ¹⁻⁴⁷
4849 maschi, addetti alla manutenzione stradale (almeno 1 anno di lavoro) (cohort mortality study)	Globalmente, non ci sono aumenti dei valori di SMR per i vari tipi di tumore Tutti i tumori: SMR 83 App. respiratorio: SMR 69 Gastro-intestinale: SMR 82 App. urinario: SMR 92 (Aumento delle leucemie nei soggetti con 30-90 anni di lavoro SMR 425, e dei tumori dell'app. urinario in quelli con latenza di 40-49 anni).	Secondo lo studio, non più utilizzato da più di 50 anni	No data	Il cluster per la leucemia può non essere rappresentativo dell'esposizione professionale, e l'aumento dell'incidenza dei tumori dell'app. urinario è di eziologia incerta Gli autori non indicano effetti collegabili all'esposizione al bitume	Bender et al 1989 ¹⁻⁴⁸
479 addetti all'uso di mastice bituminoso (3 sub-coorti): I 194 addetti nati prima del 1919 (40-89 anni) II 129 addetti nati 1920-1929 (15-64 anni) III 356 addetti nati dopo il 1930 (età 16-54 anni) 1/3 lavoro pavimenti 2/3 lavoro stradale (Cohort Mortality Study) Dati del periodo 1959-1984	L'autore indica che l'incidenza dei tumori polmonari è significativamente più elevata I 18 casi - SMR 302 II 6 casi - SMR 392* III 3 casi - SMR 857* * Calcolato solo sulla frazione di coorte con età maggiore di 40 anni L'autore riporta anche un aumento significativo dei tumori della bocca, esofago e retto (solo in I)	Sub-coorti: I "Probabile esposizione a catrame" II "Possibile esposizione a catrame" III "Nessuna esposizione a catrame"	Dai dati risulta che i soggetti fumavano più della popolazione normale	L'autore conclude che l'inhalazione di fumi ha contribuito allo sviluppo dei tumori osservati	Hansen 1989 ¹⁻³⁹
1320 addetti nell'industria dell'asfalto, comparati per cause di mortalità con 43,024 lavoratori non specializzati. Fonte dati da censimento e Registro delle Cause di Morte. (Historical Cohort Study)	Aumento significativo dell'incidenza totale dei tumori nei lavoratori di +45 anni, con 5 anni di latenza. SMR 159 Nessun aumento significativo dei tumori dell'apparato respiratorio, vescica, e apparato digestivo. Aumento significativo per i tumori al cervello - SMR 500 (3 casi)	Ness. dato	Ness. dato	L'autore ipotizza degli effetti del bitume, anche se l'aumento dell'incidenza dei tumori respiratori, della vescica e dell'apparato digestivo non è significativo	Hansen 1989 ¹⁻⁴⁰ (Continua...)

679 addetti all'uso di mastice bituminoso, 3 sub coorti:	Incidenza dei tumori	Sub-Coorti:	Dai dati risulta che i soggetti fumavano più della popolazione normale	L'inalazione di fumi di bitume può aver contribuito all'incidenza di tumori e malattie respiratoria	Hansen 1991 ¹⁻⁴⁹
I 194 operai - età 40-89	15-40 anni SMR 0 40-64 anni SMR 304 65-89 anni SMR 178	I "Probabile esposizione a catrame"			
II 129 operai - età 15-74	Tumore del polmone 40-89 anni	II "Possibile esposizione a catrame"			
III 356 operai - età 15-64 (raggruppati per data di nascita) (Cohort Mortality Study)	25 casi SMR 229 Tumore del polmone 40-89 anni 37 casi SMR 200	III "Nessuna esposizione a catrame"			

Oltre agli studi riportati nella tabella CONCAWE, nel dossier NIOSH [2] sono stati evidenziati i risultati di molti altri studi effettuati e le principali considerazioni che ne derivano e tra essi la meta-analisi di Partanen e Boffetta [2-15] che nel 1994 hanno condotto una revisione esauriente ed una analisi mirata di 20 studi epidemiologici concernenti i lavoratori nell'industria stradale ed edile, esaminando e valutando per ogni studio la bontà dei parametri calcolati (OR, SMR, SIR²) usati per la stima del rischio relativo (RR).

Gli autori hanno rilevato come più valide quelle stime che:

- a) approssimavano più validamente l'esposizione al bitume
- b) tenevano conto delle presenza di fattori di confusione, e tentavano di eliminarne l'influenza
- c) hanno considerato un corretto periodo di tempo tra induzione e latenza

Attraverso i dati dei singoli studi sono stati individuati dei valori per le seguenti tipologie di lavoratori: 1) tutti lavoratori nel campo del bitume e addetti alle impermeabilizzazioni dei tetti; 2) lavoratori addetti alla stesa stradale e alla manutenzione autostradale; 3) addetti alle impermeabilizzazioni dei tetti; 4) lavoratori non specificati nel settore dei bitumi e dei conglomerati.

L'analisi effettuata ha condotto ai seguenti risultati: il valore complessivo di RR per il cancro al polmone è risultato in eccesso per i lavoratori addetti alla impermeabilizzazione dei tetti (RR = 1.78 - intervallo di confidenza 95%: 1.50-2.10) e tra i lavoratori misti (RR = 1.48 - intervallo di confidenza 95%: 1.22 - 1.80) ma non tra gli addetti alla stesa e alla manutenzione autostradale (RR = 0.9 - intervallo di confidenza 95%: 0.8 - 1.0)

Sono stati rilevati valori significativi di RR per il cancro allo stomaco per gli addetti alle impermeabilizzazione dei tetti (RR = 1.7 - intervallo di confidenza 95%: 1.1 - 1.5) e per il

² OR: Odds Ratio (tasso di probabilità); SMR: Standardized Mortality Ratio (tasso di mortalità standardizzato); SIR: Standardized Incidence Ratio (tasso di incidenza standardizzato).

cancro della pelle di tipo non melanoma tra gli addetti alla stesa e alla manutenzione stradale (RR = 2.2 – intervallo di confidenza 95%: 1.2 – 3.7)

Gli stessi autori suggeriscono comunque che gli studi disponibili su cui hanno effettuato l'analisi non permettono di fornire una risposta alla domanda se l'esposizione ai fumi di bitume possa essere considerata come causa di cancro, a causa delle limitazioni del progetto di questi studi.

CONCLUSIONI

Si riportano di seguito le principali conclusioni ricavate dai dossier CONCAWE [1] e NIOSH [2]

Cancro al polmone

□ *Lavoratori addetti alla impermeabilizzazione dei tetti (roofers)*

I risultati degli studi riportati in tabella e quelli riscontrabili negli studi citati nel rapporto NIOSH, pur con le limitazioni insite nei singoli studi, unitamente alle evidenze della meta analisi di Partanen e Boffetta sembrerebbero, in generale, evidenziare un incremento di rischio di cancro al polmone per i lavoratori di questo settore.

Bisogna comunque tenere presente che in passato in questo settore applicativo veniva fatto ampio uso di pece di catrame e amianto, noti potenziali cancerogeni, che potrebbero essere i maggiori responsabili dell'incremento dell'incidenza tumorale specialmente la pece di catrame.

Quanto sopra sembrerebbe confermato nello studio di Hammond (1976) – vedi tabella 13 - dall'assenza di un incremento di incidenza nella coorte con 9/19 anni di attività lavorativa (più recente), quando probabilmente era predominante l'esposizione ai fumi di solo bitume.

In definitiva “[...]sebbene esista una forte evidenza epidemiologica dell'associazione tra cancro al polmone e un tipo di lavoro quale l'impermeabilizzazione dei tetti, è incerto che tale associazione sia collegabile all'esposizione al bitume [2].”

□ *Lavoratori addetti alla pavimentazione stradale*

Gli studi epidemiologici hanno fornito risultati contraddittori. Studi condotti in Danimarca [1-39] [1-49] su lavoratori esposti ai mastici di asfalto impiegati sia per pavimenti industriali sia per pavimentazioni stradali, hanno evidenziato un incremento del rischio di cancro al polmone (vedi tabella 13); tuttavia sono state mosse diverse osservazioni in merito all'impostazione di questi studi e all'influenza che l'esposizione a fumi di pece di catrame può aver determinato sui risultati ottenuti.

Anche altri studi riportano un incremento del rischio, ma allo stesso tempo altri studi ugualmente significativi non lo rilevano.

Nel più vasto campo di manutenzione autostradale non sono stati evidenziati rischi di incremento di ogni tipo di cancro, in particolare al polmone, che possono essere messi in relazione all'esposizione a fumi di bitume [1-47] [1-48].

La meta analisi effettuata da Partanen e Boffetta non ha evidenziato nel complesso una possibile associazione tra il rischio al cancro al polmone e l'esposizione ai fumi per i lavoratori addetti alle pavimentazioni stradali.

Per cui in definitiva “[...] *l'evidenza epidemiologica per un'associazione tra il cancro al polmone e l'esposizione al bitume nelle operazioni di pavimentazione stradale è, a tutt'oggi, non significativa [2].*”

Tumori di tipo non respiratorio

Altri studi hanno riportato una possibile associazione tra tipi di cancro diversi da quello polmonare (del sangue, del rene, del cervello e del fegato) per lavoratori che presentavano una potenziale esposizione ai fumi di bitume. Tuttavia per una serie di cause, quali ad esempio i fattori che generano confusione nell'interpretazione dei dati e la possibilità di errori nella definizione dell'esposizione, *“l'evidenza per un'associazione tra esposizione al bitume e tumori di tipo non respiratorio risulta debole, e necessita di ulteriori conferme tramite studi con un miglior controllo delle variabili che possono generare confusione, e una migliore identificazione dell'esposizione al bitume” [2].*

3.3 LO STUDIO IARC SUI LAVORATORI DELL'INDUSTRIA DEL BITUME

Lo studio ha rilevato le cause di decesso di oltre 80'000 lavoratori, impiegati tra il 1913 e il 1999 in imprese addette alla preparazione e alla stesa del conglomerato bituminoso. Sono stati interessati sette paesi europei (Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Olanda, Norvegia e Svezia) più Israele; l'Italia non era compresa.

In dettaglio, 29'820 lavoratori svolgevano mansioni che comportavano l'esposizione al bitume o fumi, come preparazione e stesa del conglomerato, oppure rivestimenti e impermeabilizzazioni con materiali bituminosi.

Altri 32'245 soggetti lavoravano nelle stesse imprese di costruzioni, ma con attività che non li esponevano direttamente al bitume o ai fumi.

Per altri 17'757 lavoratori inclusi nella ricerca invece tale distinzione non è nettamente possibile.

I soggetti sono stati scelti fra quelli per cui era disponibile una storia medica adeguata, in genere associata ad un impiego sufficientemente lungo presso la stessa ditta.

Oltre alle cause di morte, lo studio ha anche valutato l'esposizione dei lavoratori ai fumi di bitume e ad altre sostanze, sulla base della attività svolte. Tale valutazione, di tipo semi-quantitativo, è fondata su una serie di valori rilevati sperimentalmente e messi in relazione alle varie possibili situazioni, in modo da ricavare degli indici di valutazione.

I dati generali hanno comunque permesso di verificare come nel corso degli anni ci sia stata una graduale e sensibile riduzione dell'esposizione dei lavoratori, essenzialmente dovuta all'attenzione verso migliori condizioni di lavoro.

L'analisi ha poi valutato l'influenza dell'esposizione nei vari aspetti (valori medi, valori cumulativi, distribuzione negli anni), mettendola in relazione anche alla durata dei turni di lavoro.

La conclusione principale è che, in generale, i lavoratori dell'industria dell'asfalto godono di buona salute, con una mortalità minore della media.

In alcuni paesi l'incidenza del tumore ai polmoni appare leggermente superiore rispetto a quella della popolazione di confronto, e questo influenza sensibilmente i valori complessivi. Tale differenza, però, non è tanto netta da permettere di stabilire un nesso tra l'esposizione ai fumi di bitume e un aumento del rischio. Questo anche perché lo studio non ha potuto prendere in considerazione gli effetti di altri fattori, quali l'abitudine al fumo di tabacco (per esempio, è stato rilevato dal SITEB che in Italia i lavoratori dell'industria dell'asfalto fumano mediamente di più, rispetto alla media della popolazione), e l'esposizione ad altri potenziali cancerogeni non rilevati sul posto di lavoro.

Altri tipi di tumore invece non mostrano correlazione; in altri casi la correlazione appare con le malattie dell'apparato respiratorio.

Lo studio della correlazione dei dati di base con quelli dei valori relativi alle esposizioni dei soggetti (valori medi, valori cumulativi, distribuzione negli anni) riduce sensibilmente il

peso delle conclusioni iniziali, anche se non la elimina completamente. In alcuni casi specifici, la correlazione assume valori contraddittori.

In proporzione, è risultata più significativa la correlazione fra tutte le cause di mortalità (valori generali), e l'esposizione al catrame di carbone. Tuttavia va considerato che i valori di esposizione reale a tale sostanza sono insufficienti, e la conclusione è basata solo sui dati stimati.

Come considerazione finale, per i lavoratori che hanno iniziato il lavoro nel settore dopo il 1965, non ci sono evidenze di aumento di mortalità, o correlazioni statistiche.

In definitiva, la IARC sintetizza i risultati come segue: i dati suggeriscono una correlazione fra la mortalità per tumore al polmone e gli indici di esposizione media ai fumi di bitume, mentre tale correlazione non appare se si considerano la durata dell'esposizione e l'esposizione cumulativa.

Le possibili spiegazioni per tale risultato sono:

- l'esposizione ai fumi di bitume effettivamente può avere effetti cancerogeni
- I risultati sono dovuti ad altri agenti cancerogeni a cui i lavoratori sono esposti sul luogo di lavoro
- I risultati sono dovuti ad altri agenti cancerogeni a cui i lavoratori sono esposti in altre circostanze, indipendentemente dal luogo di lavoro

La prima ipotesi è sostenuta da alcune delle correlazioni e indici statistici, che mostrano come detto alcune anomalie che rimangono dopo le varie correzioni possibili.

La seconda ipotesi è invece sostenuta dalle valutazioni dell'effetto dell'esposizione al catrame di carbone, sensibilmente presente in alcuni paesi e periodi storici nei materiali bituminosi usati nell'industria.

Per la terza ipotesi infine, va considerato l'effetto di fattori come il fumo di tabacco, non valutati nel corso dello studio

Come regola, la IARC esprime un giudizio con grande prudenza, basato solo su dati indiscutibili, per assegnare le sostanze alle categorie più aderenti alle varie situazioni.

In questo caso i dati rilevati e la loro analisi non permettono di accettare o respingere (in termini statisticamente validi) le ipotesi suddette, e quindi di poter esprimere un giudizio conclusivo.

La IARC ha quindi previsto un approfondimento dello studio, realizzato per mezzo dell'analisi in modo inverso di un gruppo di soggetti, scelti fra quelli che sono deceduti per tumore, verificando dettagliatamente le loro condizioni di lavoro, abitudini personali e storia medica. Tale studio è comunque in fase di impostazione.

BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI

[1] CONCAWE: "Bitumens and bitumen derivatives". Dossier n. 92/104 – [1992]

Fonti citate dal dossier CONCAWE n. 92/104

[1.2] Wallcave, L. et al "Skin tumorigenesis in mice by petroleum asphalts and coal-tar pitches of known polynuclear aromatic hydrocarbon content" *Toxicol Appl Pharmacol* 1.8.,41-52 [1971]

[1-4] NIOSH "Roofing asphalts, pitch and UVL carcinogenesis". Prepared by Arthur . D. Utile. NIOSH Publication No. 00122945. Cincinnati OH: National Institute for Occupational Safety and Health [1981]

[1-9] Truc, H. and Fleig, C. "Ocular lesions produced by the dust and vapour of asphalt". (in French). *Arch. Ophthalmol.*, m, 593-606 [1913]

[1-12] Koves, J. and Zakar, P. "Über die Unschädlichkeit des Asphalts als Bodenbelag in Ställen". *Bitumen, Teere, Asphalt*, 1Q. 393-395 [1959]

[1-13] Simmers, M. „Cancers from air-refined and steam-refined asphalt“. *Ind. Med. and Surg.* 255-261 [1965]

[1-14] Hueper, W.C. and Payne, W.W." Carcinogenic studies on petroleum asphalt, cooling oil and coal tar" [1960]

[1-15] Kireeva, I.S. "Carcinogenic properties of coal-tar pitch and petroleum asphalts used as binders for coal briquettes". *Hyg. Sanit..J..J.*, 35-40 [1968]

[1-16] McGowan, C. et al "Lack of carcinogenic and mutagenic activity with asphalt products". Abstract 1485. *The Toxicologist*12, 1,379 [1992]

[1-17] Robinson, M. et al "Comparative carcinogenic and mutagenic activity of coal tar and petroleum asphalt paints used in potable water supply systems". *J. Appl. Toxicol.*4, 1, 49-56 [1984]

[1-18] McKee, R.H. "Asphalt paint carcinogenesis". In: Letters to the Editor. *J. Appl. Toxicol.* 2, 6, 422-424 [1985]

[1-19] Emmett, E.A. et al "A carcinogenic bioassay of certain roofing materials". *Am. J. Ind. Med.* 2., 59-64 [1981]

[1-20] Sivak, A. et al. "Assessment of the co-carcinogenic/promoting activity of asphalt fumes". Study conducted by Arthur D. Utile (Contract 200-83-2612). Cincinnati OH: National Institute for Occupational Safety and Health [1989]

[1-21] Simmers, M.H. et al "Carcinogenic effects of petroleum asphalt". *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 101, 266-268 [1959]

[1-22] Grasso, P. and Goldberg, L. "Subcutaneous sarcoma as an index of carcinogenic potency". *Fd. Cosmet. Toxicol.* 4, 297-320 [1966]

- [1-23] Simmers, M.H. "Petroleum asphalt inhalation by mice". *Arch Environ Health*, 727-734 [1964]
- [1-24] Rowlatt, C. et al "Lifespan, age changes and tumour incidence in an ageing C57BL mouse colony". – *Lab. Animals, IQ*, 419-442 [1976]
- [1-25] Penalva, J.M. et al "Determining the mutagenic activity of a tar, its vapors and aerosols". *Mutat. Res.* 11Z, 93-104 [1983]
- [1-26] Monarca, S. et al "Environmental monitoring of mutagenic/carcinogenic hazards during road paving operations with bitumens". *Int. Arch. Occup. Health*, ~, 393-402 [1987]
- [1-27] Tamakawa, K. et al "Mutagenicity of road-coating material". *Sendai-shi Eisei Shikenshoho* 13, 246-257 [1983]
- [1-28] Pasquini, R. et al. "Chemical composition and genotoxic activity of petroleum derivatives collected in two working environments". *J. Toxicol. Environ Health*, 2.1., 225-238 [1989]
- [1-29] Blackburn, G.R. and Kriech, A.J. "Status report on industry-sponsored toxicology and chemical testing of asphalts and asphalt fume condensates". Indianapolis IA: Heritage Research Group [1990]
- [1-30] Blackburn, G.R. et al "Predicting carcinogenicity of petroleum distillation fraction using a modified Salmonella mutagenicity assay". *Cell Biol Toxicol* 2., 63-84 [1986]
- [1-31] Schoket, B. et al. "Covalent binding of components of coal tar, creosote and bitumen to DNA of the skin and lungs of mice following topical application". *Carcinogenesis* 9, 1253-1258 [1988]
- [1-32] Phillips, D.H. et al. "DNA adduct formation in human and mouse skin by mixtures of polycyclic hydrocarbons. In: Complex mixtures and cancer risk". Ed. Vanio, H. and McMichael, A.J. Lyon: International Agency for Research on Cancer [1990]
- [1-33] Andrews, A. W. et al. "The relationship between carcinogenicity and mutagenicity of some polynuclear hydrocarbons". *Mutat. Res.* 51, 311-318 [1978]
- [1-34] Levoie, E.J. et al. "Studies on the mutagenicity and tumour-initiating activity of methylated fluorines". *Chem. Biol. Interactions* 52, 301-309 [1985]
- [1-35] Baylor, C.H. and Weaver, N.K. "A health survey of petroleum asphalt workers". *Arch Environ. Health.* 17, 210-214 [1968]
- [1-36] Norseth, T. et al. "Asphalt workers - acute health effects.": Oslo State Institute of Working Environment [1990]
- [1-37] Oliver, T. "Tar and asphalt workers epithelioma and chimney sweepers' cancer". *Br Med J*, 22.08.1908, 493-494 [1908]
- [1-38] Henry, S.A. "Occupational cutaneous cancer attributable to certain chemicals in industry". *Br. Med. Bulletin.*: 4, 389-401 [1947]

- [1-39] Hansen, E.S. "Cancer incidence in an occupational cohort exposed to bitumen fumes". *Scand. J. Work. Environ. Health* 15, 101-105 [1989]
- [1-40] Hansen, E.S. "Cancer mortality in the asphalt industry: a ten year follow up of an occupational cohort". *Br. J. Ind. Med.*:46., 582-585 [1989]
- [1-41] Hoogendam, I. "Health checks on asphalt workers". Proc Shell Ind Doctors Meeting, 22-25 May. The Hague: Medical Division Shell [1962]
- [1-42] Wong, O. and Raabe, G.K. "A critical review of cancer epidemiology in petroleum industry employees with a quantitative meta-analysis by cancer site". *Am. J. Ind. Med.* 15, 283-310 [1989]
- [1-43] Hammond, E.C. et al "Inhalation of benzopyrene and cancer in man" *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 271, 116-124 [1976]
- [1-44] Menck, H.R. and Henderson, B.E. "Occupational differences in rates of lung cancer". *J. Occup. Med.* 18, 12, 797-801 [1976]
- [1-45] Milham Jr, S "Occupational mortality in Washington State 1950-1979". Contract No. 210-80-0088 NIOSH [1982]
- [1-46] Decouflé, P et al "A retrospective survey of cancer in relation to occupation". Prepared under contract No. HSM 99-73-5 for NIOSH. Cincinnati OH: National Institute for Occupational Safety and Health [1977]
- [1-47] Maislish, N. et al. "Mortality among California highway workers". *Am. J. Ind. Med.* 13, 363-379 [1988]
- [1-48] Bender, A.P. et al. "Minnesota highway maintenance worker study: cancer mortality". *Am. J. Ind. Med.* 15, 545-556 [1989]
- [1-49] Hansen, E.S. "Mortality of mastic asphalt workers". *Scand. J. Work. Environ. Health* 17, 20-24 [1991]

[2] NIOSH: Health Effects of Occupational Exposure to Asphalt – December 2000

Fonti citate nella pubblicazione NIOSH n. 2001-110

- [2-1] Reinke G, Swanson M. "Investigation of the chemical and mutagenic properties of an asphalt fume condensate generated under laboratory and field conditions". Unpublished paper presented at Peer Review Meeting on Asphalt, December. Unpublished [1993].
- [2-2] De Méo M, Genevois C, Brandt H, Laget M, Bartsch H, Castegnaro M. "In vitro studies of the genotoxic effects of bitumen and coal-tar fume condensates: comparison of data obtained by mutagenicity testing and DNA adduct analysis by ³²P-postlabeling". *Chemico-Biological Interactions* 101:73-88. [1996a]
- [2-3] Genevois C, Brandt HCA, Bartsch H, Obrecht- Pflumio S, Wild CP, Castegnaro M [1996]. "Formation of DNA adducts in skin, lung, and lymphocytes after skin painting of

rats with undiluted bitumen or coal-tar fume condensates". *Polycyclic Aromatic Compounds* 8:75-92.

[2-4] Norseth T, Waage J, Dale I "Acute effects and exposure to organic compounds in road maintenance workers exposed to asphalt". *Am. J. Ind. Med.* 20:737-74. [1991].

[2-5] Hanley KW, Miller AK "Health hazard evaluation" report: Spartan Paving Company, Lansing, Michigan. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service, Center for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH HETA No. 94-0365-2563 [1996a].

[2-6] Almaguer D, Miller AK, Hanley KW "Health hazard evaluation" report: Martin Paving Company, Yeehaw Junction, Florida. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Center for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH HETA No. 95-0118-2565 [1996].

[2-7] Miller AK, Burr GA. "Health hazard evaluation" report: Staker Construction Company, Casa Grande, Arizona. Cincinnati OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Center for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH HETA No. 96-0072-2603 [1996b].

[2-7a] Miller AK, Burr GA "Health hazard evaluation" report: Bardon-Trimount, Stoughton, Massachusetts. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Center for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH HETA No. 97-0232-2674 [1998].

[2-8] Kinnes GM, Miller AK, Burr GA. "Health hazard evaluation" report: The Sim J. Harris Company, San Diego, California. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Center for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH HETA No. 96-0130-2619 [1996].

[2-9] Sylvain DC, Miller AK "Health hazard evaluation" report: Walsh Construction Company, Boston, Massachusetts. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Report No. HETA 94-0219-2620 [1996].

[2-10] Exxon. "Shift study of pulmonary function and symptoms in workers exposed to asphalt fumes". Final report submitted to Asphalt Industry Oversight Committee. East ~ Millstone, NJ: Exxon Biomedical Sciences, ~ Inc., Report No. 97TP31 [1997].

[2-11] Apol AG, Okawa MT. „Health hazard evaluation" report: Certain-Teed Products, Inc., Tacoma, Washington. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH HHE No. 76-55-443, NTIS No. PB-81-143-984/A02. [1977]

[2-12] Chase RM, Liss GM, Cole DC, Heath B "Toxic health effects including reversible macrothrombocytosis in workers exposed to asphalt fumes". *Am. J Ind. Med* 25:279-289 [1994].

[2-13] Zeglio P. "Changes in the respiratory tract from bitumen vapours". *Rass. di Med. Ind.* 19:268-273. [1950]

[2-14] Riala R, Heikkila P, Kanerva L. "A questionnaire study of road pavers' and roofers' work-related skin symptoms and bitumen exposure". *Int. J. Derma.* 37:27-30 [1998].

[2-15] Partanen T, Boffetta P "Cancer risk in asphalt workers and roofers": Review and meta-analysis of epidemiologic studies. *Am. J. Ind. Med.* 26:721-740 [1994].

CAPITOLO IV

La classificazione del bitume sulla base della legislazione europea ed italiana

Abbiamo già visto nel Capitolo I la distinzione tra sostanze e preparati. Nel contesto di questo capitolo vengono riportati i criteri generali di classificazione dei prodotti (sostanze e preparati) cioè l'individuazione, secondo delle regole determinate, delle loro caratteristiche di pericolosità con i riferimenti legislativi europei ed italiani, e nello specifico la classificazione, secondo le regole stesse, del bitume

4.1 IDENTIFICAZIONE DELLE PROPRIETA' PERICOLOSE DEL PRODOTTO – CRITERI DI CLASSIFICAZIONE

4.1.1 LA CLASSIFICAZIONE DI SOSTANZE E PREPARATI

Come è intuitivo, la classificazione di sostanze e preparati segue delle linee comuni, e come principio generale, fa riferimento alle proprietà chimico-fisiche, alle proprietà tossicologiche, agli effetti specifici sulla salute umana e agli effetti sull'ambiente.

Nell'Unione Europea la classificazione delle sostanze è in ogni caso un obbligo e una responsabilità che ricade sul produttore. Come base, le classificazioni delle sostanze chimiche pericolose sono elencate nell'Allegato I della direttiva 67/548/CE, e periodicamente, sulla base delle nuove conoscenze tecniche via via disponibili, vengono aggiornate e riviste dell'Unione Europea. Le classificazioni aggiornate sono a questo punto pubblicate in una nuova direttiva (denominata Adeguamento al Progresso Tecnico), che gli Stati membri ratificano poi a livello nazionale. Va ricordato però che la classificazione ufficiale dell'Unione Europea è solo una base, e deve essere integrata, se necessario, dalle conoscenze dei produttori, che possono anche utilizzare, a loro giudizio, una classificazione più severa. Questa in realtà non è solo una “possibilità”, ma un “obbligo” del produttore.

Dopo aver individuato la pericolosità del prodotto, emerge come necessità complementare quella di comunicare in modo conciso e comprensibile tali caratteristiche. La classificazione dovrà quindi potersi tradurre in un'indicazione sintetica, codificata, delle caratteristiche di pericolo.

La prima parte di tale indicazione è riferita alla categoria di pericolo associabile al prodotto, ed è poi completata da una o più frasi di rischio R. Si tratta di una serie di espressioni codificate, destinate a specificare in modo più dettagliato la natura del pericolo, indicando ad esempio la via di accesso nell'organismo per un prodotto tossico, o un comportamento in situazioni particolari che pone un rischio specifico.

4.1.2 LA LEGISLAZIONE EUROPEA

□ Sostanze

La Direttiva generale che tratta questo argomento è la 67/548/CEE (“Direttiva del Consiglio 27/6/67 concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose”). Tale Direttiva originale è stata a suo tempo recepita in Italia con la legge 29/5/74, n. 256.

Questa Direttiva ha subito nel tempo una serie di **modifiche**, l'ultima delle quali con la Direttiva 92/32 (quest'ultima è stata a suo tempo recepita in Italia con il DLgs 3 Febbraio 1997, n. 52).

Parallelamente, come detto, sono stati emessi una serie di **Adeguamenti al progresso tecnico** (ATP), che tengono conto degli studi e delle evidenze sperimentali via via disponibili ed esaminati dalla Commissione. Questi documenti stabiliscono o aggiornano, secondo i casi, la classificazione ufficiale delle sostanze, oppure i metodi di analisi utilizzati per la classificazione stessa, con i relativi criteri per l'interpretazione dei risultati. Gli adeguamenti al progresso tecnico sono giunti alla edizione n° 28 (Dir. 2001/59/CE), che è stata recepita in Italia con il Decreto del Ministero della Salute 14/06/2002 (pubblicato sul Supplemento G.U. n° 197 del 17/10/2002). A livello europeo è in preparazione il 29° ATP, di cui però non è prevista al momento una data attendibile di pubblicazione.

□ Preparati

In una prima fase l'Unione Europea ha provveduto al riordinamento delle disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di preparati appartenenti a categorie specifiche. Ad esempio con la Direttiva 73/173/CEE si disciplinava il campo dei solventi, con la 77/728/CEE il settore delle pitture, vernici, inchiostri e adesivi, con la 78/631/CEE i preparati antiparassitari. Il problema generale è stato definito con la Direttiva 88/379/CE, recepita in Italia con il DLgs n. 285, del 16/07/1998.

Successivamente l'Unione Europea ha emesso la direttiva 1999/45/CE, che ha sostituito la 88/379/CE, aggiornandola in modo sostanziale in alcune parti, ad esempio specificando i criteri per la classificazione dei preparati per il pericolo ambientale. Questa direttiva, insieme con la 2001/60/CE che contiene alcune modifiche di dettaglio, è stata recepita in Italia con il D. Lgs n° 65 del 14/03/03. La pubblicazione del decreto e la sua entrata in vigore hanno anche portato all'abrogazione formale del DLgs n° 285 già citato.

Nella pratica, molte aziende tenevano già conto in precedenza delle disposizioni della Direttiva 1999/45/CE per la classificazione dei loro prodotti. Si tratta ancora una volta dell'applicazione del principio generale in base al quale chi immette un prodotto in

commercio deve fornire all'utilizzatore le migliori informazioni in suo possesso sulle sue caratteristiche, in modo da garantire la sicurezza delle persone e dell'ambiente.

4.1.3 METODI DI PROVA E CRITERI GUIDA GENERALI PER LA CLASSIFICAZIONE DELLE SOSTANZE E DEI PREPARATI

Generalità sui metodi di prova

Per la classificazione dei prodotti, come detto, si fa riferimento a dei metodi di prova standardizzati, elencati e descritti nell'Annex V della direttiva 67/548/CE, e nelle relative modifiche e adeguamenti al progresso tecnico. Tali metodi sono definiti dall'Unione Europea in coordinazione con altri organismi internazionali come l'OECD (Organizzazione per lo sviluppo e la cooperazione economica) ed altri.

Questi metodi hanno nell'ordinamento europeo un valore che va oltre lo specifico campo d'applicazione, poiché ad essi si fa riferimento per la classificazione di altre categorie di prodotti, come i preparati (come diremo più oltre), i pesticidi, i prodotti cosmetici e i biocidi.

Attualmente l'Annex V della direttiva comprende circa 85 metodi diversi, suddivisi in tre gruppi:

- a) Metodi per la determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche.
- b) Metodi per la determinazione degli effetti sulla salute umana.
- c) Metodi per la determinazione degli effetti sull'ambiente.

I metodi sono stati via via pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, e un elenco completo è riportato sempre nel sito dell'European Chemical Bureau (organo tecnico delle Commissioni): <http://ecb.jrc.it/testing-methods/>, insieme con il testo (in inglese) dei metodi stessi.

Oltre alla revisione continua dei metodi di prova per tener conto delle nuove conoscenze scientifiche, una delle tendenze attuali è quella di ridurre al massimo l'uso di animali vertebrati a sangue caldo, e in generale di evitare inutili sofferenze agli animali utilizzati nei test. Per questa ragione si cerca di favorire i metodi *in vitro* rispetto alle prove sull'animale: dove questo non è ancora possibile, alcune procedure sono state modificate in modo da poter ottenere gli stessi risultati con l'impiego di un minor numero di animali, ad esempio determinando con saggi preliminari la dose più critica rispetto all'effetto da studiare.

I metodi di prova previsti dall'Unione Europea naturalmente descrivono in modo dettagliato la procedura sperimentale che deve essere seguita, e il modo di riportare o interpretare i risultati della prova. Non affrontano il punto successivo, ossia i criteri in base ai quali il risultato del test determina la classificazione del prodotto: questi criteri sono a loro volta contenuti in un'altra sezione (Annex VI) della 67/548/EEC. L'ultimo aggiornamento dell'Annex VI è in particolare riportato nella Direttiva 2001/59/CE, recepita come già detto con il Decreto del Min. Salute 14/06/2002. C'è in ogni modo da osservare che il recepimento nazionale spesso non è essenziale, perché le società produttrici utilizzano correntemente le indicazioni più aggiornate, per uniformare la classificazione e l'etichettatura in tutti i paesi dell'Unione, ma anche per avere una posizione più sicura per quanto riguarda la cosiddetta "responsabilità da prodotto". In generale, infatti, le aziende devono

tenere conto di tutte le informazioni disponibili per individuare e segnalare le caratteristiche pericolose dei loro prodotti, e una direttiva europea, anche se non recepita nel singolo paese, è sicuramente una “informazione disponibile”.

La classificazione è stabilita sulla base delle caratteristiche del prodotto (sostanza o preparato), distinguendo quattro aspetti principali:

- Proprietà chimico-fisiche (esplosività, proprietà ossidanti, infiammabilità).
- Proprietà tossicologiche generali (tossicità, corrosività, effetti irritanti e sensibilizzanti).
- Effetti specifici sulla salute umana (cancerogenicità, mutagenicità, effetti sulla fertilità).
- Effetti sull'ambiente (tossicità per gli esseri viventi, persistenza ecc.).

In generale è necessario tenere conto principalmente dei test condotti seguendo i metodi indicati dalla Direttiva. E' naturalmente possibile utilizzare i risultati ottenuti con altri metodi, dopo aver determinato però dei criteri di correlazione validi.

4.2 CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DELLE CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO.

Si illustrano ora brevemente i criteri di classificazione e il risultato della loro applicazione al caso del bitume. Nello specifico, i dati citati sono tratti dallo “IUCLID Data Set”, cioè il documento che raggruppa i dati relativi alla proprietà fisico-chimiche, tossicologiche ed ecotossicologiche per la sostanza “bitume”, raccolti dal CONCAWE per conto di tutte le società petrolifere operanti in Europa, e trasmesso alla Commissione Europea nel quadro del regolamento 793/93/CEE.

4.2.1 CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DELLE PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

- Criteri generali di classificazione

In questo caso la classificazione, per i vari aspetti, è attribuita sulla base dei risultati di test sperimentali.

Proprietà esplosive: la classificazione come “esplosivo” è attribuita in funzione di un test sperimentale. Il pericolo più o meno alto che la sostanza/preparato, sotto l'azione del riscaldamento, urto o sfregamento dia una reazione di tipo esplosivo, viene caratterizzato attraverso le frasi R opportune.

Proprietà ossidanti: anche per queste proprietà viene utilizzato un test sperimentale per l'attribuzione della classificazione. In questo caso il pericolo è rappresentato dalla possibilità che la sostanza/preparato dia una reazione di tipo esotermico entrando in contatto con altre sostanze, o per reazione interna.

Le caratteristiche specifiche della struttura chimica, o del tipo di reazione che può svilupparsi, sono poi gli elementi che decidono la scelta della frase R più adatta.

Infiammabilità: nella pratica la classificazione è in funzione del risultato dei test comunemente utilizzati nei laboratori per la determinazione del punto di infiammabilità. Per i liquidi, ad esempio, si determina la temperatura alla quale il prodotto genera una quantità di vapori tale da infiammarsi a contatto con una fonte di accensione. Si tiene conto

normalmente dei test eseguiti nelle condizioni più severe (a vaso chiuso), con procedure o apparecchiature diverse in funzione delle caratteristiche specifiche dei prodotti in esame: ad esempio, per tener conto della viscosità del prodotto, oppure della tendenza a formare un film sul pelo libero.

In funzione dei risultati dei test le sostanze o i preparati possono essere classificati come segue:

- *Estremamente Infiammabile*: quanto il punto di infiammabilità è < 0 °C e il punto di ebollizione è < 35 °C, per i prodotti liquidi, oppure la sostanza/preparato è gassosa e s'incendia a contatto con aria a pressione e temperatura ambiente.
- *Facilmente infiammabile*: quando il punto di infiammabilità è < 21 °C, ma non sono soddisfatte le condizioni per la classificazione come "Estremamente infiammabile" (per i prodotti liquidi). Altri casi che rientrano in questa classificazione sono le sostanze o i preparati solidi che prendono fuoco a contatto con una fonte d'ignizione, come pure quelli suscettibili di incendiarsi spontaneamente in aria a temperatura ambiente.
- *Infiammabile*: in generale quando il punto di infiammabilità è compreso fra 21 °C e 55 °C, tranne i casi in cui le caratteristiche del prodotto siano tali da non permettergli di sostenere la combustione in sé.

Classificazione del bitume

□ *Esplosività*:

Criterio: valutazione del risultato di test sperimentali

Classificazione: Non classificato, sulla base dell'esperienza pratica e della composizione chimica.

□ *Proprietà ossidanti (Comburenti)*:

Criterio: valutazione del risultato di test sperimentali, oppure sulla base della struttura chimica.

Classificazione: Non classificato, sulla base dell'esperienza pratica e della composizione chimica.

□ *Infiammabilità*

Criterio: valore del punto di infiammabilità (valore limite di classificazione 55 °C).

Classificazione: Non classificato – i prodotti in commercio hanno valori > 200 °C.

4.2.2 CLASSIFICAZIONE SULLA BASE PROPRIETÀ TOSSICOLOGICHE

La classificazione sulla base delle proprietà tossicologiche riguarda gli effetti dell'esposizione degli esseri viventi alla sostanza o al preparato. Tale esposizione può naturalmente essere unica oppure ripetuta nel tempo, mentre gli effetti possono essere immediati (acuti) oppure a lungo termine.

Gli effetti considerati sono in particolare:

- Tossicità acuta
- Tossicità subacuta, sub cronica o cronica
- Effetti corrosivi o irritanti
- Sensibilizzazione

In alcuni casi particolari, gli effetti di tossicità sull'organismo umano comprendere la possibilità di effetti di tipo cumulativo (accumulo negli organi o nei tessuti), oppure la possibilità del passaggio della sostanza o di suoi metaboliti nel latte materno.

Si ricorda che la Direttiva prevede espressamente che, se l'esperienza pratica indica un effetto tossico nell'uomo diverso da quello suggerito dai risultati sperimentali sugli animali, o, per i preparati, dall'applicazione del metodo convenzionale, tale indicazione pratica deve essere considerata prevalente. La Direttiva in ogni caso si preoccupa di scoraggiare esperimenti sull'uomo, in particolare quelli diretti a contraddire eventuali risultati positivi ottenuti su animali.

A questo proposito c'è da tenere presente che si cerca sempre di più di utilizzare metodi *in vitro*, piuttosto che esperimenti su animali, per evitare sofferenze inutili.

4.2.2.1 TOSSICITÀ

Criteria generali di classificazione

La classificazione sulla base della tossicità è attribuita in funzione della dose che provoca la morte del 50 % dei soggetti dell'esperimento (LD_{50} - Lethal Dose 50/ LC_{50} Lethal Concentration 50), oppure sulla valutazione e interpretazione degli effetti di una dose fissata a priori. Secondo le circostanze e delle caratteristiche della sostanza e del preparato, si prende in considerazione la somministrazione per via interna, per contatto pelle o per inalazione.

La classificazione risulta quindi dalle condizioni seguenti:

Molto tossico: *Tossicità orale:* $LD_{50} < 25$ mg/kg peso (oppure una sopravvivenza minore del 100% dei soggetti da esperimento alla dose di 5 mg/kg peso).

Tossicità per contatto pelle: $LD_{50} < 50$ mg/kg peso.

Tossicità per inalazione: $LC_{50} < 0.25$ mg/litro/4h (aerosol) oppure $LC_{50} < 0.5$ mg/litro/4h (gas e vapori).

Tossico: *Tossicità orale:* LD_{50} compresa fra 25 e 200 mg/kg peso (oppure una sopravvivenza del 100% dei soggetti da esperimento alla dose di 5 mg/kg peso, a fronte però di evidenti effetti tossici).

Tossicità per contatto pelle: LD_{50} compresa fra 50 e 400 mg/kg peso.

Tossicità per inalazione: LC_{50} compresa fra 0.25 e 1 mg/litro/4h (aerosol) oppure fra 0.5 e 2 mg/litro/4h (gas e vapori).

Nocivo: *Tossicità orale* LD₅₀ compresa fra 200 e 2000 mg/kg peso (oppure una sopravvivenza del 100% dei soggetti da esperimento alla dose di 50 mg/kg peso, a fronte però di evidenti effetti tossici; oppure ancora una sopravvivenza inferiore al 100 % alla dose di 500 mg/kg peso).

Tossicità per contatto pelle: LD₅₀ compresa fra 400 e 2000 mg/kg peso.

Tossicità per inalazione: LC₅₀ compresa fra 1 e 5 mg/litro/4h (aerosol) oppure fra 2 e 20 mg/litro/4h (gas e vapori).

In casi particolari possono essere presi in considerazione degli effetti specifici: ad esempio, il pericolo di aspirazione nei polmoni per alcune classi di prodotti (prodotti petroliferi leggeri)

La tossicità sub-acuta, sub-cronica o cronica è valutata con parametri dello stesso tipo in funzione degli effetti di una somministrazione prolungata nel tempo (sulla base rispettivamente di 28 giorni, 90 giorni o due anni di tempo).

Classificazione del bitume

❑ *Tossicità acuta per ingestione:*

Criterio: risultato test su animali (Lethal Dose 50).

Classificazione: non classificato - valori superiori al valore limite superiore di 2000 mg/kg peso corporeo (valore di prova effettivo > 5000 mg/kg - 2 riferimenti).

❑ *Tossicità acuta per contatto pelle:*

Criterio: risultato test su animali (Lethal Dose 50).

Classificazione: non classificato - valori superiori al limite superiore di 2000 mg/kg peso corporeo (1 riferimento).

❑ *Tossicità acuta per inalazione:*

Criterio: risultato del test su animali (Lethal Concentration 50).

Non applicabile alla sostanza in sé. Sulla valutazione dell'effetto dei fumi, al di là delle evidenze generiche sui soggetti esposti, non ci sono riferimenti specifici a test o rilevazioni.

❑ *Tossicità ripetuta per ingestione:*

Criterio: Valutazione degli effetti nel corso di test su animali (evidenza di effetti per dosi < 50 mg/kg peso corporeo, somministrate per periodi prolungati).

Classificazione. non classificato - valori superiori al valore di 250 mg/kg peso corporeo su 71 giorni (1 riferimento non dettagliato).

❑ *Tossicità ripetuta per: contatto pelle*

Criterio: Valutazione degli effetti nel corso di test su animali (evidenza di effetti per dosi < 100 mg/kg peso corporeo, somministrate per periodi prolungati).

Classificazione: non classificato - valori superiori al valore di 1000 mg/kg peso corporeo su 28 giorni (1 riferimento).

Per valori > 2000 mg/kg, evidenza di effetti nocivi, anche se non specifici.

□ *Tossicità ripetuta per inalazione:*

Criterio: Valutazione degli effetti nel corso di test su animali (evidenza di effetti per concentrazioni < 0.25 mg/litro, con esposizioni prolungate).

Classificazione: Non applicabile alla sostanza in sé / non classificato (valori non indicati direttamente).

Per quanto riguarda i fumi, le prove sono state eseguite sotto forma rispettivamente di fumi prodotti a temperatura 120-135 °C, a 250-275 °C, oppure come aerosol di una dispersione di bitume in acqua. (3 riferimenti) - Durate da 17 a 24 mesi.

4.2.2.2 EFFETTI CORROSIVI E IRRITANTI

Criteri generali di classificazione.

La classificazione come corrosivo prende in considerazione l'effetto della sostanza o del preparato sui tessuti della pelle degli animali, tenendo conto del grado di distruzione rilevato e del tempo d'azione. Senza ricorrere a prove sperimentali, l'effetto può essere previsto sulla base del pH (reazione fortemente acida o alcalina), tenendo conto anche della riserva acida o alcalina. Su quest'ultimo aspetto il 28° ATP della 67/48/CE (2001/59/CE) cita un criterio pratico³ che permette al produttore, nell'ambito delle sue responsabilità, di attribuire una classificazione attendibile al prodotto. Tale criterio deve essere comunque validato da un test in vitro.

Gli effetti di irritazione sono valutati sulla base dei risultati dell'applicazione della sostanza in esame, sulla pelle o sulle mucose oculari del coniglio: in funzione delle conseguenze dell'applicazione, viene assegnato, secondo una tabella convenzionale, un punteggio. Il valore finale del punteggio determina la classificazione, mentre la frase di rischio adatta viene scelta sulla base del tipo di effetto.

Solo gli effetti di irritazione sulle vie respiratorie sono normalmente valutati sulla base dell'esperienza pratica sugli esseri umani.

Classificazione del bitume

□ *Corrosività:*

Criterio: valutazione del risultato di test specifici, oppure valutazione delle caratteristiche chimico-fisiche (pH, riserva alcalina/acida)

Classificazione: Non classificato sulla base dell'esperienza pratica e della composizione chimica.

□ *Irritazione occhi:*

Criterio: valutazione del risultato dei test sperimentali (irritazione occhio coniglio)

Classificazione:

- *I test eseguiti con bitume* tal quale hanno dato come risultato una leggera irritazione, ben inferiore al limite di classificazione (2 riferimenti).
- *I test eseguiti con fumi di bitume* hanno dato come risultato una leggera irritazione, ben inferiore al limite di classificazione (2 riferimenti)

³ J.R. Young, M.J. How, A.P. Walker W.M.H. Worth (1988): 'Classification as corrosive or irritant to skin of preparations containing acidic or alkaline substances, without testing to animals', *Toxic. In Vitro* 2(1): pp 19-26

- *I test eseguiti con “polvere” di bitume (mescolata anche con inerti) hanno dato una decisa irritazione. Al di là dell’incertezza sulla composizione, il materiale di prova polverulento non rientra nelle procedure normali (2 riferimenti).*

□ *Irritazione pelle:*

Criterio: valutazione del risultato dei test sperimentali (irritazione pelle coniglio)

Classificazione: i test eseguiti con bitume tal quale hanno dato come risultato una leggera irritazione, inferiore al limite di classificazione (2 riferimenti)

□ *Irritazione delle vie respiratorie*

Criterio: osservazione pratica su uomo e animali.

Classificazione: non applicabile alla sostanza in sé. Sulla valutazione dei fumi, al di là delle considerazioni di tipo epidemiologico sui soggetti esposti, non ci sono riferimenti specifici a test o rilevazioni.

4.2.2.3 EFFETTI DI SENSIBILIZZAZIONE

Criteri generali di classificazione

Questo effetto riguarda l’insorgere di effetti di tipo allergico in seguito al contatto ripetuto con la sostanza in esame, anche a distanza di tempo. Il primo criterio considerato è quello dell’evidenza dell’effetto sugli esseri umani, ma naturalmente questo elemento di giudizio può essere sostenuto o sostituito dall’esperimento sugli animali. La classificazione come sensibilizzante può in certi casi essere attribuita direttamente sulla base della struttura chimica, come ad esempio avviene per gli isocianati.

Classificazione del bitume

□ *Sensibilizzazione (reazioni allergiche):*

Criterio: valutazione del risultato dei test su animali, oppure osservazione degli effetti sull’uomo.

Classificazione: *non sensibilizzante* nelle prove su animali (2 riferimenti). In un caso l’applicazione ha dato forte irritazione locale .

Non ci sono evidenze per l’uomo.

4.2.3 EFFETTI SPECIFICI SULLA SALUTE UMANA

Questa classificazione prende in esame tre aspetti principali:

- Cancerogenicità
- Mutagenicità
- Tossicità per la riproduzione (nei vari aspetti).

Questo tipo di effetti copre un campo molto vasto e articolato, e anche la classificazione corrispondente rispecchia questo fatto.

Per ordinare il quadro sono state definite diverse classi, a cui le varie sostanze sono assegnate sulla base dei risultati sperimentali.

4.2.3.1 CANCEROGENICITÀ'

Senza voler dare una definizione rigorosa del termine, si ricorda che le sostanze cancerogene hanno la capacità di indurre negli organismi viventi dei fenomeni di sviluppo cellulare incontrollato e anormale comunemente definiti come cancro, o comunque di aumentarne la frequenza statistica.

Nella classificazione dell'Unione Europea, si distinguono tre categorie di sostanze cancerogene.

Cancerogeno Cat. 1: sostanze riconosciute come sicure cancerogene nell'uomo. Esistono prove sufficienti di un nesso causale fra l'esposizione degli esseri umani alla sostanza e lo sviluppo del cancro.

Cancerogeno Cat. 2: Sostanze che devono essere considerate come possibili cancerogeni nell'uomo. Le prove esistenti fanno presumere che l'esposizione dell'uomo alla sostanza in esame può dar luogo allo sviluppo del cancro. La classificazione può tenere conto di opportuni esperimenti a lungo termine su animali, oppure altre informazioni.

Cancerogeno Cat. 3: Sostanze che si ipotizza possano avere effetti cancerogeni nell'uomo, ma per le quali non esistono prove sufficienti per esprimere un giudizio soddisfacente. Questa classificazione può essere di tipo definito (quando le prove sperimentali sono complete, ma i risultati sono contraddittori o incerti) oppure provvisoria (quando le prove sono ancora incomplete, ma i primi risultati indicano un possibile effetto).

La decisione di classificazione di una sostanza nella Cat. 2 piuttosto che nella Cat. 3 può essere a volte difficile, e la normativa aggiunge alle definizioni riportate una serie di altre indicazioni che chiariscono più dettagliatamente i vari casi possibili, compresi quelli nei quali un effetto cancerogeno riscontrato negli animali non implica necessariamente un equivalente effetto nell'uomo.

Classificazione del bitume

□ *Cancerogenicità:* (induzione diretta di tumori o aumento della loro frequenza statistica)
Criterio: dati disponibili sugli effetti nell'uomo, interpretazione di risultati sperimentali di test in vivo.

Risultati dei test (eseguiti con durate variabili da 54 a 104 settimane)

- Test NEGATIVI: test dermali su topo e coniglio, eseguiti con bitume tal quale, oppure sciolto in benzene, toluene o olio bianco (6 riferimenti). Non risultano test eseguiti su fumi condensati o simili
- Test che mostrano una DEBOLE attività (non è possibile trarre conclusioni): 1 test dermale eseguito con bitume caldo, 1 test dermale con bitume sciolto in cicloesano/acetone, 1 test sottocutaneo con bitume sciolto in olio d'oliva.
- Test POSITIVI: 3 test eseguiti con bitume sciolto in benzene o toluene (per quest'ultimo caso i risultati non sono affidabili).

1 test eseguito con materiale da fumi condensati, ottenuti ad alta temperatura (230-320 °C).

NOTA: Lo IARC classifica il bitume (steam and air-refined) nel gruppo 3 (agenti per i quali non è possibile esprimere un giudizio sugli effetti cancerogeni negli esseri umani). In genere, in questo gruppo sono inseriti gli agenti per i quali i dati disponibili negli esseri umani sono inadeguati per una valutazione, mentre quelli per gli animali sono inadeguati o solo limitatamente significativi per una valutazione di cancerogenicità.

4.2.3.2 MUTAGENICITÀ'

Le sostanze mutagene sono quelle capaci di indurre delle alterazioni permanenti del materiale genetico di un organismo vivente, e quindi aumentare la frequenza delle mutazioni rispetto ai valori normali. Tali alterazioni possono risultare trasmissibili ai discendenti dell'organismo stesso.

Mutageno Cat. 1: Sostanze riconosciute come agenti mutageni nell'uomo. Esistono prove sufficienti di un nesso causale fra l'esposizione degli esseri umani alla sostanza e lo sviluppo di danni genetici di tipo ereditario.

Mutageno Cat. 2: Sostanze che devono essere considerate come possibili agenti mutageni nell'uomo. Le prove esistenti fanno presumere che l'esposizione dell'uomo alla sostanza può dar luogo allo sviluppo di danni genetici di tipo ereditario. La classificazione può tenere conto di opportuni esperimenti a lungo termine su animali, oppure altre informazioni.

Mutageno Cat. 3 Sostanze che si ipotizza possano provocare danni genetici ereditari nell'uomo, ma per le quali i risultati sperimentali non sono sufficienti per collocare la sostanza in Cat. 2.

Anche in questo caso la normativa dà una serie di indicazioni supplementari relative ai test sperimentali da utilizzare e all'interpretazione dei relativi risultati, definendo i criteri per l'attribuzione della classificazione più adatta. Senza voler fare un'enumerazione completa, si ricordi ad esempio che per la classificazione in Cat. 1 sono richiesti dati di tipo epidemiologico relativi ad esseri umani (non sono stati ancora evidenziati casi di sostanze da classificare in questo modo, proprio a causa della difficoltà di individuare e analizzare dati di questo tipo).

Per quanto riguarda i test sperimentali, essi possono essere sia *in vitro* sia *in vivo*, e verificano l'effetto della sostanza sulla riproduzione di organismi semplici, oppure culture di cellule, evidenziando le mutazioni indotte dalla sostanza in esame.

Classificazione del bitume

□ *Mutagenicità* (induzione di alterazioni genetiche)

Criterio: dati disponibili sugli effetti nell'uomo; interpretazione di risultati sperimentali di test *in vitro* e *in vivo*.

Nota: l'eventuale attività mutagenica è considerata un elemento di supporto alla valutazione di cancerogenicità

Risultati test in vitro:

Ames test (mutazioni indotte nei microrganismi): negativo (4 riferimenti); ambiguo (4 riferimenti); positivo (1 riferimento).

Il materiale è bitume o fumi di bitume prelevati durante applicazioni in campo. Il materiale è solubilizzato con benzene e estratto con solventi polari (DMSO e altro).

Il materiale proveniente dai fumi (ottenuti a temperature piuttosto alte) dimostra maggiore attività (risultati leggermente positivi).

Nei casi di risultati ambigui, in almeno due casi può essere stato presente nel campione anche catrame di carbone

Saggio del linfoma nel topo: risultato ambiguo (positivo o negativo in funzione delle condizioni) (1 riferimento)

Test degli addotti del DNA (cultura di celle epiteliali): (1 riferimento): risultato senza interpretazione.

Risultati test in vivo:

Saggio citogenetico (ratto): negativo (1 riferimento). Materiale: bitume

Alterazioni del DNA (topo – ratto) negativo (2 riferimenti). Materiale: bitume (estratto con benzene)

Mutagenicità delle urine (ratto) negativo (1 riferimento). Materiale: bitume (estratto con benzene)

4.2.3.3 TOSSICITÀ PER LA RIPRODUZIONE

In questa categoria si riuniscono le sostanze che hanno in senso generale un effetto dannoso sulla fertilità degli esseri umani, oppure sullo sviluppo delle progenie.

Tossico per la riproduzione Cat. 1: per queste sostanze esiste la prova di un nesso causale fra l'esposizione dell'uomo e l'insorgere di danni alla fertilità umana, oppure danni allo sviluppo della progenie.

Tossico per la riproduzione Cat. 2: Sostanze che devono essere considerate come possibile causa di danni alla fertilità umana o allo sviluppo della progenie. Le prove esistenti fanno presumere che l'esposizione dell'uomo alla sostanza in esame può dar luogo a questi effetti.

La classificazione può tenere conto di opportuni esperimenti a lungo termine su animali, oppure altre informazioni.

Tossico per la riproduzione Cat. 3: Sostanze che si ipotizza possano provocare danni alla fertilità umana o allo sviluppo della progenie, ma per le quali i risultati sperimentali non sono sufficienti per collocare la sostanza in Cat. 2.

La normativa dà anche in questo caso una serie di indicazioni aggiuntive sui test sperimentali e la loro interpretazione. Come per le sostanze mutagene, la classificazione in Cat. 1 deve basarsi essenzialmente sull'analisi di dati di tipo epidemiologico, mentre per

la classificazione in Cat. 2 o 3 devono essere utilizzati a preferenza i dati relativi ad esperimenti su animali. In questo caso i risultati dei test *in vitro* devono essere usati, di regola, solo come dati di supporto.

Classificazione del bitume

Dati disponibili sugli effetti nell'uomo, interpretazioni di risultati sperimentali di test in vivo.
Classificazione: nessun dato da test europeo.

4.2.4 EFFETTI SULL'AMBIENTE

La classificazione generale per il pericolo ambientale è basata principalmente sulle caratteristiche di biodegradabilità e su quelle di tossicità per gli organismi acquatici. Gli altri criteri sono molto specifici e non applicabili nel caso specifico.

Non esistono dati pubblicati riferiti a test sul prodotto bitume. Tuttavia, date le caratteristiche del prodotto e l'esperienza applicativa, il bitume è considerato non biodegradabile, non soggetto a bioaccumulazione, e non tossico per gli organismi acquatici, perciò non è classificato come pericoloso per l'ambiente.

4.3 SEGNALAZIONE DEI RISCHI – ETICHETTATURA E SCHEDA DI SICUREZZA

4.3.1 ETICHETTATURA

Non essendo classificato come sostanza pericolosa per il bitume non è richiesta alcuna etichettatura ai sensi della normativa europea.

4.3.2 SCHEDE DI SICUREZZA PRODOTTO

Nel 1988, con la Direttiva 88/378/CE, l'Unione Europea determinava i criteri per la classificazione e l'etichettatura dei preparati pericolosi. Lo stesso documento anticipava un sistema di informazione sui rischi presentati dai prodotti, che doveva essere definito nel giro di tre anni.

Tre anni più tardi, la Direttiva 91/155/CE fissava il formato e il contenuto della scheda di sicurezza per i preparati pericolosi, includendo come allegato una "Guida alla compilazione delle schede di sicurezza". Mentre il campo di applicazione della direttiva era limitato ai preparati pericolosi, le stesse disposizioni furono formalmente estese alle sostanze pericolose con la Direttiva CE 93/112.

In base all'esperienza raccolta a livello europeo nel corso degli anni, è apparso opportuno un adeguamento delle disposizioni della direttiva, da una parte per tenere conto delle necessità di informazioni sempre più dettagliate sulle caratteristiche dei prodotti, richieste da altre leggi (smaltimento rifiuti, responsabilità da prodotto ecc.), ma anche perché una serie d'indagini svolte dalla Commissione ha dimostrato che spesso il contenuto delle

schede di sicurezza era insufficiente allo scopo, e non forniva agli utilizzatori informazioni sufficienti per garantire un uso sicuro dei prodotti in commercio. Inoltre l'introduzione dei criteri di classificazione dei preparati per quanto riguarda i pericoli per l'ambiente (Direttiva CE 1999/45) richiedeva un aggiornamento delle indicazioni per la compilazione

Nel 2001 è stata quindi emessa la direttiva 2001/58/CE, che non ha cambiato lo schema e il contenuto generale delle schede di sicurezza, ma specifica in modo più dettagliato il contenuto minimo necessario per le varie sezioni del documento. La direttiva è stata recepita in Italia con il Decreto del Ministero della Salute 7 Settembre 2002.

In generale si può prevedere che a regime l'applicazione della nuova Direttiva comporterà, in molti casi, una significativa revisione delle schede di sicurezza esistenti, soprattutto di quelle per i prodotti pericolosi. Le schede dei prodotti non classificati pericolosi necessiteranno probabilmente solo di piccoli aggiustamenti.

Come detto, nella direttiva 2001/59/CE sono contenute una serie di indicazioni dettagliate per la compilazione e la gestione della scheda. Al di là dell'elenco dei capitoli e delle informazioni da inserire, per le quali è più agevole riferirsi al testo originale della direttiva o del decreto, è utile richiamare alcuni punti generali e fare alcune considerazioni su di essi.

Il testo del decreto dice che la scheda dati di sicurezza è un documento "relativo ai preparati pericolosi, destinato principalmente agli utilizzatori professionali".

Aprendo una parentesi su questo punto specifico:

in generale, quando un prodotto è venduto sul mercato, c'è necessità di informazioni riguardanti le sue caratteristiche, le sue proprietà, e, se necessario, i pericoli che può presentare all'utilizzatore. Questa necessità vale per tutti i prodotti, e non solo per quelli classificati come "pericolosi" dalle leggi: ad esempio, un prodotto può non essere pericoloso in sé, ma le condizioni di applicazione possono creare dei RISCHI per l'utilizzatore (e di questo il bitume è un esempio)

Esiste quindi una necessità obbiettiva di trasferire informazioni fra il produttore e l'utilizzatore. Sono molte le ragioni per cui questo trasferimento di informazioni è importante, ma le più rilevanti sono sicuramente informare il compratore nel quadro delle norme sulla responsabilità da prodotto; e informare i lavoratori; in modo da assicurare valide condizioni di salute e sicurezza sul luogo di lavoro.

La scheda di sicurezza è lo strumento primario e più importante per condividere e comunicare queste informazioni.

Informazione efficace vuol dire comunicazione, ma anche comprensione; da ciò scaturisce l'importanza di uno standard per organizzare i dati riguardanti la salute e la sicurezza, anche al di là degli stretti requisiti della legge.

Al momento il formato ufficiale per le schede di sicurezza è obbligatorio solo per le sostanze e i preparati **pericolosi**, mentre le informazioni rilevanti sulla composizione e le proprietà di un prodotto non pericoloso possono essere (e talvolta lo sono) trasmesse in un formato differente, senza necessariamente infrangere alcuna disposizione di legge. Tuttavia, anche se non si considerano eventuali sviluppi della legislazione, il formato a 16 punti è diventato uno standard *de facto* per tutti i tipi di prodotto, ed è ormai un potente

strumento per assicurare uno scambio di informazioni chiaro ed efficiente tra i fornitori e gli utilizzatori.

Come conseguenza della necessità di una sempre maggiore informazione da parte degli utilizzatori, e anche per rispondere alle prescrizioni di altre leggi parallele (per esempio, il D.Lgs. 626/94), è ormai diffusa la consuetudine di emettere e distribuire la scheda per tutti i prodotti di tipo industriale.

Schede di sicurezza del bitume e dei conglomerati.

Per la scheda di sicurezza del bitume viene riportata in appendice II la scheda di sicurezza dei bitumi concordata nell'ambito della Unione Petrolifera e in appendice III la linea guida per la composizione della scheda di sicurezza per i conglomerati bituminosi

BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI:

M. Pinzuti Ansolini, ENI S.p.A - Div. Refining & Marketing. "L'etichettatura e la scheda di sicurezza – La classificazione dei prodotti pericolosi nelle normative nazionali ed internazionali". Convegno "Le nuove trasmissioni di potenza: sicurezza ed affidabilità a basso impatto ambientale". CERMET, Bologna [2002] e successivi aggiornamenti.

IUCLID DATA SET: presentato da CONCAWE alla Commissione Europea per conto delle società associate nel quadro del regolamento 793/93/CEE

APPENDICE I

Catalogazione EINECS – CAS e relativa descrizione per le sostanze di tipo bituminoso di origine petrolifera [gruppo 13 - regolamento 793/93/CEE]

GRUPPO 13

EINECS 232-490-9	CAS 8052-42-4
ASFALTO ⁽¹⁾ Combinazione molto complessa di composti organici ad alto peso molecolare, contenente una quantità relativamente elevata di idrocarburi con numero di atomi di carbonio prevalentemente superiore a C ₂₅ , ed alti rapporti carbonio e idrogeno. Contiene anche piccole quantità di vari metalli, quali nickel, ferro o vanadio. Si ottiene come residuo non volatile nella distillazione del petrolio grezzo, o mediante separazione in forma di raffinato da un olio residuo, in un processo di deasfaltazione o decarbonizzazione	
EINECS 265-57-8	CAS 64741-56-6
RESIDUI (PETROLIO), SOTTO VUOTO Residuo complesso ottenuto dalla distillazione sotto vuoto del residuo della distillazione atmosferica del petrolio grezzo. E' costituito da idrocarburi con numero di atomi di carbonio prevalentemente maggiore di C ₃₄ , e punto di ebollizione superiore a circa 495°C.	
EINECS 265-188-0	CAS 64742-85-4
RESIDUI (PETROLIO), IDRODESOLFORATI SOTTO VUOTO Combinazione complessa di idrocarburi ottenuta trattando un residuo sotto vuoto con idrogeno in presenza di un catalizzatore in condizioni atte in primo luogo alla eliminazione dei composti organici solforati. E' costituita da idrocarburi con numero di atomi di carbonio prevalentemente superiore a C ₃₄ , e punto di ebollizione superiore a 495°C ca.	
EINECS 265-196-4	CAS 64742-93-4
ASFALTO, OSSIDATO ⁽¹⁾ Sostanza solida nera complessa ottenuta insufflando aria attraverso un residuo riscaldato o attraverso un raffinato proveniente da un processo di deasfaltazione, con e senza catalizzatore. Il processo si basa principalmente su di una condensazione ossidativa che provoca l'aumento del peso molecolare.	

⁽¹⁾ Poiché le definizioni originali sono di origine americana, in esse viene usato il termine "Asphalt" per indicare il "bitume" europeo. La stesura dell'inventario EINECS ha mantenuto questa ambiguità

EINECS 269-110-6	CAS 68187-58-6
PECE, PETROLIO, AROMATICA (2)	
Residuo della distillazione di un residuo da cracking termico o da cracking in vapore e/o un olio schiarito da cracking catalitico con punto di rammollimento nell'intervallo 40°C-180°C. Costituito principalmente da una combinazione complessa di idrocarburi aromatici a nuclei condensati di tre o più elementi	

EINECS 295-284-8	CAS 91995-23-2
ASFALTENI (PETROLIO)	
Combinazione complessa di idrocarburi ottenuta come un prodotto solido nero complesso mediante la separazione di residui di petrolio per mezzo di un trattamento speciale di un taglio di idrocarburi leggeri. Il rapporto carbonio/idrogeno è particolarmente elevato. Questo prodotto contiene una piccola quantità di vanadio e nickel.	

EINECS 295-518-9	CAS 92062-05-0
RESIDUI (PETROLIO), DA CRACKING TERMICO SOTTO VUOTO	
Combinazione complessa di idrocarburi ottenuta dalla distillazione dei prodotti di un processo di cracking termico. E' costituita prevalentemente da idrocarburi con un numero di atomi di carbonio prevalentemente maggiore di C ₃₄ ., e punto di ebollizione superiore a 495°C ca.	

EINECS 307-353-2	CAS 97593-48-1
PECE, PETROLIO, OSSIDATA (2)	
Prodotto ottenuto per ossidazione della pece di petrolio all'aria a temperature nell'intervallo 200°C – 300°C ca.	

EINECS 309-713-4	CAS 100684-40-0
RESIDUI (PETROLEUM), IDROGENAZIONE DI RESIDUO DELLA DISTILLAZIONE SOTTO VUOTO.	
Combinazione complessa di idrocarburi ottenuta come residuo della distillazione di petrolio grezzo sotto vuoto. E' costruita prevalentemente da idrocarburi con un numero di atomi di carbonio prevalentemente nell'intervallo superiore a C ₅₀ , e punto di ebollizione nell'intervallo superiore a 500 °C ca.	

(2) In questo caso nelle definizioni originali di origine americana viene usato il termine "Pitch", tradotto come "pece", riservato di regola ai prodotti provenienti dalla lavorazione del carbone. La stesura dell'inventario EINECS ha mantenuto questa ambiguità

APPENDICE II

SCHEDA DATI SICUREZZA E AMBIENTE

1. Identificazione del preparato e della società

Nome del prodotto **BITUME (Tutti i tipi)**

Impiego **Pavimentazione stradale, membrane, guaine, protettivi, impermeabilizzanti, sigillanti**
Combustibile.

Produttore **Ragione Sociale**
Indirizzo e N. Telefono

Numero telefonico di chiamata urgente:

N. Telefono

2. Composizione

Bitume di petrolio (**CAS 8052-42-4 / EINECS 232-490-9**): **100 % p**

Miscela di idrocarburi avente numero di atomi di carbonio superiore a C₂₅. Contiene altri costituenti organici (p.e. composti dello zolfo) ad elevato peso molecolare.

3. Identificazione dei pericoli

3.0 Generalita':

Il bitume non è classificato pericoloso secondo i criteri previsti dalla UE; a temperatura ambiente non presenta pericoli significativi per la salute umana.

Dato l'utilizzo a caldo del prodotto il pericolo maggiore per gli utilizzatori è la possibilità di ustioni per contatto con il prodotto fuso o i suoi fumi.

Il bitume riscaldato emette fumi. Anche se si presume che tali fumi non presentino pericoli significativi per la salute, la normale prudenza consiglia di limitare al massimo l'esposizione, utilizzando procedure di lavoro corrette e assicurando una buona ventilazione degli ambienti di lavoro.

L'inalazione prolungata dei fumi del prodotto caldo può causare irritazione delle vie respiratorie.

Nei fumi che potrebbe essere presente idrogeno solforato (gas tossico e infiammabile), che può accumularsi fino a raggiungere concentrazioni pericolose nei serbatoi di stoccaggio.

3.1 Pericoli chimico-fisici

Il bitume è normalmente stoccato e manipolato a temperature superiori a 100 °C, e il contatto con l'acqua provoca una violenta espansione con pericolo di schizzi e ribollimenti

Il bitume non è classificato infiammabile, ma è una sostanza combustibile, e può bruciare.

Il prodotto allo stato solido e a temperatura ambiente non presenta rischi particolari per gli utilizzatori. Un contatto prolungato e ripetuto, in assenza di adeguata igiene personale, può dare irritazione della pelle

4. Misure di primo soccorso

Prodotto liquido o comunque ad elevata temperatura:

CONTATTO PELLE : raffreddare la parte con acqua corrente fredda per almeno dieci minuti. Fare attenzione a non provocare uno stato di ipotermia generale

Dopo il raffreddamento, non tentare di togliere lo strato di bitume dalla pelle in quanto costituisce una protezione sterile della parte ustionata. Lo strato si toglie spontaneamente al momento della guarigione della pelle dopo qualche tempo. Se necessario, il bitume può essere ammorbidito e poi rimosso con tamponi imbevuti di olio vegetale od olio di vaselina.

In caso di ustioni, consultare immediatamente un medico o trasportare il soggetto in ospedale.

Il bitume raffreddando si contrae. Se un arto è circondato completamente da bitume raffreddato, la pressione può bloccare la circolazione del sangue (effetto laccio). In questo caso è necessario rammollire o incidere il bitume in modo da permettere la libera circolazione.

CONTATTO OCCHI: raffreddare la parte con abbondante acqua per almeno cinque minuti; non fare alcun tentativo per rimuovere il bitume. Trasportare urgentemente il colpito in ospedale.

INALAZIONE FUMI: in caso di irritazione per esposizione ad elevata concentrazione di fumi, trasportare il colpito in atmosfera non inquinata. Se necessario, richiedere assistenza medica o trasportare il soggetto in ospedale.

In caso di malessere per esposizione a idrogeno solforato, portare immediatamente all'aria aperta, usando le opportune misure di sicurezza per i soccorritori, e richiedere urgentemente assistenza medica. Se l'infortunato non è cosciente, tenere in posizione di sicurezza. Tenere sotto controllo polso e respirazione

In attesa del medico, se la respirazione è irregolare o si è fermata, praticare la respirazione artificiale, preferibilmente con il metodo bocca-bocca, e, in caso di arresto cardiaco, praticare il massaggio cardiaco.

Nel caso di contatto con prodotto solido a temperatura ambiente non sono necessarie misure particolari se non quelle di normale igiene. Nel caso di ingestione consultare un medico.

Contatto occhi: lavare gli occhi con abbondante acqua, tenendo le palpebre bene aperte. Consultare un medico in caso di irritazione persistente

5. Misure antincendio

- Mezzi di estinzione: polvere chimica, anidride carbonica, schiuma, acqua nebulizzata; evitare l'impiego di getti d'acqua (possono provocare il ribollimento del bitume fuso).
 - L'utilizzo di acqua a getto frazionato è riservata al personale appositamente addestrato.
 - Usare getti d'acqua solo per raffreddare le superfici esposte al fuoco, evitando che l'acqua vada all'interno dei serbatoi.
 - Equipaggiamento speciale per gli addetti antincendio: autorespiratori e mezzi di protezione personale (guanti, scarpe, occhiali)
 - Prodotti pericolosi della combustione: CO_x, HC, SO_x
-

6. Misure in caso di fuoriuscita accidentale

Bloccare lo spandimento all'origine evitando che il prodotto defluisca nelle fognature.

- Spandimenti sul suolo: contenere il prodotto fuoriuscito, e lasciare raffreddare. Raccogliere in contenitori adatti. Avviare a recupero o smaltimento secondo le disposizioni di legge.
- Spandimenti in acqua: asportare il prodotto versato con mezzi meccanici. Raccogliere in contenitori adatti. Informare le autorità competenti in accordo alla legislazione vigente. Non usare solventi o disperdenti

7. Manipolazione e stoccaggio

Generalità:

- Temperatura consigliata di stoccaggio, carico/scarico: 160° C circa.
- In ogni caso non superare i 200 ° C.
- Evitare di surriscaldare il prodotto per limitare la produzione di fumi.

Manipolazione

- Il bitume è stoccato e manipolato fuso ad alta temperatura
- Evitare il contatto con la pelle (pericolo di ustioni) e di respirare i vapori del prodotto (irritazione delle vie respiratorie)
- Usare tubazioni pulite, asciutte, di materiale resistente al calore, senza strozzature o pieghe.
- Non usare vapore per svuotare tubazioni o raccordi
- Non usare solventi per eliminare eventuali ostruzioni dei tubi. Usare solo il riscaldamento.
- Operare in luoghi ben ventilati.

Stoccaggio

- Evitare l'entrata di acqua nei serbatoi.
- In caso di stoccaggio prolungato, si possono formare dei depositi sulle pareti e sul cielo dei serbatoi. Tali depositi, composti di materiale carbonioso e solfuri di ferro, possono avere caratteristiche piroforiche e incendiarsi spontaneamente al contatto con l'aria (apertura del serbatoio).
- In caso di stoccaggio prolungato ad alta temperatura, nei serbatoi può accumularsi idrogeno solforato.
- I serbatoi devono essere dotati di ventilazione adeguata (i tubi non devono terminare in vicinanza di finestre o prese d'aria)

Precauzioni in fase di scarico del bitume dal serbatoio

- Durante lo svuotamento di un serbatoio di bitume, è necessario prendere le opportune precauzioni per evitare rischi di incendio o esplosione.
- I serbatoi di bitume possono essere riscaldati per mezzo di olio diatermico, vapore, elettricità o a riscaldamento diretto. Quando si svuota un serbatoio di bitume dotato di un riscaldatore a fascio tubiero, è necessario assicurarsi che il livello del bitume non scenda sotto a un livello pari ad almeno 150 mm al di sopra del fascio tubiero, a meno che il riscaldamento non venga spento in anticipo, in modo da permettere un raffreddamento adatto. La temperatura media del bitume dovrebbe essere tenuta più bassa possibile, compatibilmente con le esigenze di lavoro, e non deve mai superare la massima temperatura di manipolazione prevista
- Il serbatoio di arrivo deve avere sufficiente spazio libero per tener conto dell'espansione del carico.

8. Protezione personale e controllo dell'esposizione

8.0 Generalità

Il bitume ha una bassa volatilità, e in condizioni normali la produzione di fumi è limitata. Limitare comunque l'esposizione ai fumi. In caso di operazioni in ambienti confinati, assicurare una ventilazione sufficiente.

8.1 Valori limite per l'esposizione:

Limiti di esposizione più significativi

TLV - TWA (A.C.G.I.H. 2002): 0,5 mg/m³ (fumi di bitume, frazione solubile in benzene del particolato inalabile)

TLV - TWA (A.C.G.I.H. 2002): 10 ppm (idrogeno solforato)

TLV - STEL (A.C.G.I.H. 2002): 15 ppm (idrogeno solforato)

Procedure di monitoraggio: fare riferimento al Dlgs. 25/2002 e alle buone pratiche di igiene industriale

8.2 Controllo dell' Esposizione:

Qualora siano superati i limiti di esposizione, e se gli impianti, le modalità operative ed altri mezzi per ridurre l'esposizione dei lavoratori non risultassero adeguate allo scopo, è necessario adottare mezzi di protezione individuali.

- Protezione respiratoria

In ambienti ventilati o all'aperto: nessuna

In ambienti confinati non adeguatamente ventilati: apparecchi respiratori. Per le caratteristiche, fare riferimento al DM 2/5/2001

- Protezione mani/occhi/pelle:

In caso di manipolazione del prodotto con possibilità di contatto diretto, usare abiti resistenti al calore con maniche lunghe, elmetto con protezione della nuca, schermo facciale, guanti lunghi isolanti e scarpe antinfortunistiche. Nel caso, fare riferimento alle norme UNI EN 465-466-467 (indumenti), UNI EN 166 (mezzi di protezione occhi), o UNI EN 374 (guanti).

Sono comunque consigliabili aspiratori, in caso di formazione di fumi e schermi protettivi per le operazioni che provocano schizzi

8.3 Misure d'igiene:

- Non respirare nebbie o vapori. Evitare il contatto con la pelle e con gli occhi
- Non tenere stracci sporchi nelle tasche
- Non mangiare, bere o fumare con le mani sporche. Lavare le mani prima di andare in bagno
- Non pulire le mani con stracci sporchi o unti. Lavare le mani con acqua e sapone: non usare solventi o altre sostanze irritanti e sgrassanti
- Cambiare gli abiti se sono sporchi, e in ogni caso a fine turno di lavoro

9. Proprietà chimico-fisiche

Aspetto, colore

solido, marrone scuro o nero

odore

caratteristico

Densità (solido) 25°C, kg/m³

990 - 1100

Densità (liquido) 200°C, kg/m³

850 - 1000

Solubilità in acqua

non solubile

pH

non applicabile

Proprietà ossidanti

N. A.

Velocità di evaporazione

N. A.

Tensione di vapore	Trascurabile
Temperatura di fusione o cambio stato (°C)	35-55
Punto di ebollizione (°C)	> 250
Densità relativa vapori (aria=1)	> 1
Punto di infiammabilità (°C)	> 230
Temperatura di autoaccensione (°C)	> 300
Solubilità in solventi organici	Solubile o parz. solubile.
Log Po/w	> 6

10. Stabilità e reattività

Il prodotto è stabile nelle condizioni previste di impiego

Condizioni da evitare: Un riscaldamento eccessivo a temperatura al di sopra di quella consigliata provoca alterazioni del prodotto e lo sviluppo di fumi infiammabili

Materiali da evitare:

Evitare il contatto del prodotto fuso con acqua o altri liquidi.

Evitare il contatto con sostanze ossidanti.

Evitare la contaminazione degli isolanti termici con olio o bitume. Se necessario, sostituire l'isolante con un tipo non poroso. Un materiale fibroso o poroso impregnato di bitume o di fumi condensati, può andare incontro a fenomeni di autoriscaldamento e autoaccensione anche a temperature minori di 100 °C.

Prodotti pericolosi di decomposizione.

Negli spazi confinati può accumularsi idrogeno solforato (gas tossico)

11. Informazioni tossicologiche

Tossicità acuta

LD₅₀ orale : superiore a 5 g/kg (*)

LD₅₀ cutanea : superiore a 5 g/kg (*)

LC₅₀ inalatoria : non applicabile

(*) per estrapolazione dai dati relativi a prodotti petroliferi dello stesso tipo

Non irritante per la pelle né per gli occhi.

I fumi del prodotto riscaldato possono causare una leggera irritazione alle vie respiratorie e degli occhi.

Sensibilizzazione: Il bitume non è classificato come sensibilizzante.

Tossicità cronica

Le informazioni disponibili non indicano che l'esposizione al bitume tal quale o ai suoi fumi abbia effetti dannosi nel tempo. Si considera che il prodotto non presenta pericoli di tossicità cronica.

In ogni caso, nelle normali condizioni di applicazioni, è presumibile che il contatto diretto con il bitume sia estremamente limitato date le alte temperature di manipolazione. Le normali misure di sicurezza limitano quindi gli eventuali rischi cronici.

Il bitume non è classificato pericoloso secondo i criteri previsti dall'Unione Europea. Il bitume contiene quantità molto piccole di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) a 4-6 anelli condensati, dell'ordine di alcuni mg/kg per ciascuno degli individui chimici: tuttavia nel bitume tal quale, tali IPA non sono da considerare come biodisponibili. Ciò potrebbe non essere più vero nel caso in cui il bitume sia utilizzato in miscela con altre sostanze quali, ad esempio, solventi.

12. Informazioni ecologiche

Il prodotto non è solubile in acqua. Non viene attaccato apprezzabilmente dai microrganismi e non determina una considerevole domanda biologica di ossigeno

Il prodotto non ha effetti dannosi sull'ambiente acquatico e sulle piante. Ha una mobilità nel suolo estremamente bassa. Tipicamente affonda nel sedimento acquatico, anche se questo potrebbe non avvenire in alcune circostanze particolari.

Bioaccumulazione

Anche se i costituenti del bitume hanno valori di log Kow > 6, e quindi sono potenzialmente bioaccumulativi, essi hanno anche una solubilità estremamente bassa e un alto peso molecolare. Per questo non sono da considerare biodisponibili e hanno una possibilità di bioaccumulazione limitata

Utilizzare secondo buona pratica lavorativa evitando di disperdere il prodotto nell'ambiente.

13. Considerazioni sullo smaltimento

Prodotto:

Non scaricare sul terreno né in fognature, cunicoli o corsi d'acqua. Per lo smaltimento attenersi al D.Lgs n° 22 del 5/3/97 e normativa collegata.

Codice CER 05 01 17 (Direttiva 9 aprile 2002)

Nota: Questo codice è fornito a scopo orientativo, sulla base delle caratteristiche del prodotto e dell'uso previsto. La responsabilità dall'attribuzione del codice corretto è solo dell'utilizzatore finale, sulla base dell'uso effettivo del prodotto e di eventuali inquinamenti o alterazioni.

Contenitori: Consegnare a smaltitori autorizzati. Non forare, tagliare, smerigliare, saldare, brasare, bruciare o incenerire i contenitori o i fusti vuoti non bonificati.

14. Trasporto

Il prodotto è classificato solo se è trasportato fuso a temperatura > 100 °C (ma inferiore al suo flash point). In questo caso:

Denominazione ADR: "**LIQUIDO TRASPORTATO A CALDO, N.A.S. (BITUME FUSO)**"

Numero ONU : **3257**

R.I.D./A.D.R	classe 9	Num. KEMLER: 99	Packing group III
I.A.T.A.	TRASPORTO	VIETATO	
I.M.D.G.	classe 9	Packing group III	Amdt 30-00
	(Riferimenti: EmS 4.1-04, MFAG 8)		

Se la temperatura di trasporto è inferiore a 100°C (e al flash point), il prodotto non rientra in nessuna classe di pericolo ADR, IATA, IMDG.

15. Informazioni sulla regolamentazione

D. Min. Salute 14/06/2002 e D.Lgs 65/03 e normativa nazionale collegata, relativi alla classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze e preparati pericolosi (Direttive 1999/45/CE, 2001/59/CE, 2001/60/CE): NON APPLICABILE.

DPR 303/56	"Norme generali per l'igiene del lavoro"
DPR 547/55	"Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro"
DPR 336/94	"Tabella delle malattie professionali nell'industria"

DLgs 626/94, "Attuazione delle Direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 242/96 e 25/02 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro".

16. Altre informazioni

- 16.1 Non utilizzare il prodotto per scopi diversi da quelli indicati. In tale caso l'utilizzatore può essere esposto a pericoli non prevedibili.
- 16.2 Testo delle frasi di rischio citate nelle altre sezioni della scheda:
Nessuna
- 16.3 Scheda conforme alle disposizioni del Decreto del Ministero della Salute 7 Sett 2002 (direttiva 2001/58/CE)
-

Le informazioni qui contenute si riferiscono soltanto al prodotto indicato e possono non valere se il prodotto viene usato in combinazione con altri od in lavorazione. Tali informazioni sono al meglio di quanto in nostro possesso alla data **OTTOBRE 2003**

Linee guida per la compilazione della

Scheda dati sicurezza per conglomerati bituminosi

Premessa

Con l'immissione sul mercato di un qualsiasi prodotto, è opportuno fornire o rendere disponibile all'utilizzatore tutta una serie di informazioni riguardanti le sue proprietà, le sue caratteristiche e, se necessario, i potenziali rischi o pericoli connessi all'utilizzo stesso del prodotto. Ciò vale per tutti i prodotti e non solo per quelli classificati "pericolosi" dalle vigenti normative.

La scheda di sicurezza è lo strumento più indicato e più importante per comunicare tali informazioni. Informazione efficace vuol dire comunicazione tempestiva ma anche comprensione; da ciò scaturisce l'importanza di uno standard per organizzare i dati riguardanti la salute e la sicurezza, anche al di là degli stretti requisiti della legislazione.

Come noto, al momento esiste un *format* ufficiale per le schede di sicurezza, che però è obbligatorio solo per le sostanze o i preparati pericolosi. Le informazioni rilevanti sulla composizione e sulle proprietà di un prodotto non pericoloso possono essere fornite in un formato differente, senza infrangere alcuna disposizione normativa.

Tuttavia, seguendo quello che è diventato uno standard *de facto* per tutti i prodotti, anche per i prodotti non pericolosi vengono tipicamente fornite agli utilizzatori delle schede di sicurezza organizzate in 16 punti.

Le indicazioni che vengono di seguito fornite hanno carattere generale e mostrano come può essere compilata una scheda di sicurezza di questo tipo per i conglomerati bituminosi. I suggerimenti forniti devono essere comunque rielaborati caso per caso, tenendo conto della composizione e delle reali condizioni di impiego del prodotto.

Le note esplicative e i commenti sono evidenziati come riquadri

Gli esempi di informazioni aggiuntive sono evidenziati in rosso.

1. Identificazione del preparato e della società

1.1. Identificazione della sostanza o del preparato:

Prodotto: Conglomerato bituminoso.

Nomi commerciali/generici: asfalto, conglomerato, miscela bituminosa.

Uso: pavimentazioni stradali (strati di usura, di collegamento o strato di base), piste aeroportuali, parcheggi e altre superfici soggette al transito veicolare o pedonale.

1.2. Identificazione della società

Produttore:

*Inserire i dati della società produttrice (nome, indirizzo, telefono, fax).
Se esiste, inserire anche il numero di telefono interno per le emergenze. Eventualmente, fornire anche i riferimenti dell'organismo ufficiale di consultazione (centri medici ospedalieri).*

2. Composizione/informazione sugli ingredienti

Nota generale alla sezione: per i conglomerati bituminosi questa sezione ha un significato limitato, in quanto i pericoli sono principalmente connessi allo stato fisico del preparato (temperature di utilizzo del prodotto).

Inoltre, i normali "ingredienti" (aggregati e bitume) non sono classificati come pericolosi ai sensi delle disposizioni vigenti e quindi l'indicazione dettagliata delle caratteristiche delle sostanze componenti non è richiesta.

Tuttavia, si possono fornire delle informazioni di tipo generale.

Tipo di materiale: Conglomerato bituminoso

Componente	% peso (indicativa)
Aggregati	90
Filler	3-5
Bitume ¹	5-6
Additivi (eventuali)	1-2

¹ Per identificare il bitume da petrolio possono essere usati vari numeri CAS/EINECS. Il numero CAS più generalmente adottato è 8052-424, cui corrisponde il numero EINECS 232-490-9

Se sono presenti altri componenti con caratteristiche speciali, è necessario citarli. Altri tipi di prodotti (p.e. emulsioni) possono richiedere indicazioni di tipo diverso, ad esempio una lista completa dei componenti pericolosi con la loro classificazione individuale.

3. Identificazione dei pericoli

Generalità: il conglomerato bituminoso non è classificato pericoloso ai sensi della legislazione attuale dell'Unione Europea.

Il materiale è preparato, trasportato e applicato ad alta temperatura. In tale stato il rischio principale è connesso alla possibilità di ustioni in caso di contatto accidentale del prodotto caldo con la pelle o gli occhi, oppure per inalazione prolungata di fumi ad alta temperatura.

I fumi possono risultare irritanti per gli occhi e per le vie respiratorie soprattutto nel caso in cui sono preesistenti affezioni polmonari o altre affezioni delle vie respiratorie o quando le lavorazioni vengono effettuate all'interno di spazi confinati.

La presenza di idrogeno solforato (H_2S) nei fumi di bitume è un'evenienza possibile, anche se da verificare nel caso specifico. L'effettiva necessità di fornire informazioni su questo punto dipende principalmente dal tipo del bitume, e questo a sua volta dipende, caso per caso, dal tipo di greggio e dal tipo di lavorazione.

Esempio: Poiché la produzione e la manipolazione del prodotto avvengono a temperature elevate, un rischio potenziale è costituito dalla presenza di fumi caldi che possono presentare tracce di H_2S e di idrocarburi, dovuti al riscaldamento prolungato dei bitumi utilizzati.

Pericoli per l'ambiente: l'utilizzo del prodotto non genera nessuno specifico pericolo per l'ambiente. Vedere anche sez. 12.

4. Interventi di primo soccorso

Prodotto ad alta temperatura:

Contatto con la pelle e con gli occhi

Raffreddare la parte interessata con acqua corrente per almeno 10-15 minuti (fare attenzione a non provocare uno stato di ipotermia generale). Chiamare un dottore o trasportare l'infortunato in ospedale. Non tentare di rimuovere il prodotto solido eventualmente aderente alla pelle. Non applicare creme o pomate, se non dietro indicazione specifica del medico.

Inalazione di fumi

Portare l'infortunato all'aria aperta, tenere a riposo in ambiente riparato. Chiamare un dottore. Se necessario, portare in ospedale.

Nel caso in cui sia stata ritenuta non trascurabile la presenza nei fumi di tracce di H₂S (vedi punto 3), è opportuno dare le necessarie informazioni di pronto soccorso.

Esempio: se si sospetta l'inalazione di H₂S, portare l'infortunato in zona sicura, utilizzando un equipaggiamento adeguato e opportune procedure operative che assicurino condizioni di sicurezza per i soccorritori. Evitare in ogni caso l'inalazione dell'aria "contaminata".

Richiedere l'intervento immediato di un medico. Se non disponibile, trasportare l'infortunato in ospedale.

Se necessario praticare la respirazione artificiale e il massaggio cardiaco. Se disponibile, somministrare ossigeno a bassa pressione.

Prodotto a temperatura ambiente:

Il preparato è solido a temperatura ambiente.

Contatto con la pelle

Evitare il contatto con indumenti di lavoro "sporchi". Tracce di bitume dalla pelle possono essere rimosse con olio di vaselina tiepido, oppure con acqua e un detergente adatto. Non usare benzina, cherosene o altri solventi. Se necessario, dopo la pulizia applicare una crema protettiva.

Contatto con gli occhi: irrorare gli occhi con acqua abbondante, tenendo la palpebra ben staccata dal globo oculare. Se l'irritazione persiste, consultare un medico specialista.

5. Misure antincendio

Il prodotto non è infiammabile.

Se necessario, usare come mezzi di estinzione: schiuma, polvere chimica, CO₂ o acqua nebulizzata (nebbia). Evitare l'uso di getti d'acqua diretti se c'è la possibilità di provocare ribollimenti e schizzi.

Prodotti pericolosi della combustione: COx.

6. Misure in caso di dispersione accidentale

Note alla sezione: per il conglomerato bituminoso, questa sezione ha un significato molto limitato. Per completezza, è possibile fornire alcune indicazioni di carattere generale.

In caso di dispersione accidentale è necessario raccogliere il prodotto prima che questi solidifichi e riportarlo al luogo di produzione.

Se necessario, informare le autorità locali secondo le leggi vigenti.

7. Manipolazione e stoccaggio

Valori tipici per il carico e scarico del prodotto sono dell'ordine di 130-160 °C. Le temperature di stoccaggio sono dell'ordine dei 160-170 °C.

L'impiego a temperature più elevate aumenta i rischi relativi all'uso del prodotto.

Evitare di respirare i fumi sviluppati dal prodotto.

8. Protezione personale / Controllo dell'esposizione

Generalità: usare un equipaggiamento protettivo individuale adeguato, caso per caso, alle operazioni svolte. Non operare senza abiti da lavoro.

Limiti di esposizione:

TLV-TWA (Fumi di bitume): 0,5 mg/m³ (ACGIH 2001), misurato come parte solubile in benzene della frazione inalabile.

Nel caso in cui la presenza di H₂S sia un fattore rilevante, è necessario riportare i corrispondenti valori di limite di esposizione, p.e.:

TLV-TWA (H₂S idrogeno solforato): 10 ppm (ACGIH 2001)

TLV-STEL (H₂S idrogeno solforato): 15 ppm (ACGIH 2001)

Procedure di monitoraggio: fare riferimento al Dlgs 25/2002.

Se l'esposizione degli operatori supera i valori indicati, possono essere necessarie opportune misure tecniche, come per esempio una riduzione della temperatura del materiale, differenti procedure di lavoro, o una riduzione dei turni di lavoro.

Se l'applicazione avviene in un luogo chiuso (tunnel, pavimenti industriali ecc.), può essere necessario assicurare una ventilazione aggiuntiva supplementare.

Se non è possibile ridurre l'esposizione con queste misure, è necessario adottare mezzi di protezione individuali.

Protezione respiratoria:

In funzione delle condizioni specifiche (tipo di applicazione, luogo di lavoro ecc.) la protezione respiratoria può richiedere mezzi diversi (apparecchi filtranti o respiratori). Per le caratteristiche, fare riferimento al DM 2/5/2001.

Protezione mani/occhi/pelle:

Secondo la specifica attività, gli operatori possono avere diverse necessità di indumenti protettivi adatti (casco con protezione del collo, occhiali o visore, guanti atermici, scarpe antinfortunistiche, grembiule). Nel caso, per quanto applicabile, fare riferimento alle norme UNI EN 465-466-467 (abiti), UNI EN 166 (protezione degli occhi), UNI EN 374 (guanti).

Usare i mezzi di protezione nel rispetto delle condizioni e dei limiti fissati dal produttore.

Misure d'igiene:

Non respirare nebbie o vapori. Evitare il contatto con la pelle e con gli occhi.

Non tenere stracci sporchi nelle tasche.

Non mangiare, bere o fumare con le mani sporche. Lavare le mani prima di andare in bagno.

Non pulire le mani con stracci sporchi o unti. Lavare le mani con acqua e sapone, o un'adatta pasta detergente: non usare cherosene, solventi o altri prodotti con azione sgrassante sulla pelle.

9. Proprietà chimico-fisiche (valori tipici)

Fornire indicazioni per le proprietà caratteristiche più rilevanti, quali ad esempio:

Aspetto	Solido
Colore	Nero o bruno scuro
Odore	Caratteristico
Solubilità in acqua	Non solubile

Altre informazioni: il materiale non ha proprietà esplosive o ossidanti.

10. Stabilità e reattività

Anche in questo caso, questa sezione ha un significato limitato per il materiale "asfalto". In ogni caso è opportuno evidenziare le condizioni da evitare.

Stabilità:	Materiale stabile
Reattività:	Nessuna reazione pericolosa

Condizioni da evitare

Le temperature di stoccaggio raccomandate non devono essere superate in misura significativa, o per un tempo eccessivamente lungo. In tali condizioni si avrebbe una eccessiva produzione di fumi con effetto irritante.

Se l'H₂S è un problema significativo, può essere ancora evidenziato in questa sezione.

11. Informazioni tossicologiche

Inalazione: Se le temperature di stoccaggio o applicazione tipiche di utilizzo sono superate in modo significativo, si può avere emissione di fumi. In questo caso, se la ventilazione è insufficiente, si può avere irritazione delle vie respiratorie e dei polmoni. Una esposizione eccessiva e prolungata nel tempo ai fumi, senza l'uso di adatti dispositivi di protezione, può causare una irritazione cronica.

Contatto con la pelle: Non irritante per la pelle.

Contatto con gli occhi: Il prodotto solido a temperatura ambiente può causare una leggera irritazione per azione fisica. I fumi possono causare irritazione degli occhi.

Altre informazioni: il prodotto non contiene fra i suoi ingredienti sostanze classificate come cancerogene, mutagene o tossiche per la riproduzione.

Il bitume può contenere piccolissime quantità di idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Tuttavia, nelle condizioni normali d'uso tali sostanze non sono considerate come biodisponibili.

12. Informazioni ecologiche

Mobilità: questo prodotto non è solubile in acqua, e non va incontro a migrazione nell'ambiente.

Biodegradabilità: non biodegradabile. Questo prodotto ha un BOD estremamente basso.

Ecotossicità: sulla base delle caratteristiche dei componenti, questo prodotto ha una tossicità per gli organismi acquatici estremamente bassa e non è da considerare come pericoloso per l'ambiente.

13. Considerazioni sullo smaltimento

Il materiale non utilizzato deve essere riconsegnato al luogo di produzione, per essere riutilizzato. In ogni caso, tenere conto delle norme locali che governano il riciclaggio o lo smaltimento dei materiali industriali.

Codice CER (Catalogo Europeo dei Rifiuti), secondo la decisione 2001/118/CE: tipicamente 17 03 02 (Asfalto non contenente catrame) o 17 09 04 (rifiuti da costruzione e demolizione, non contenenti sostanze pericolose).

14. Trasporto

Questo prodotto alle temperature normali di stoccaggio/trasporto non è classificato come merce pericolosa per il trasporto terrestre secondo le norme ADR/RID.

Il trasporto via mare o acque interne, o aereo, non è normalmente effettuato. In casi di questo genere, consultare il produttore o il trasportatore.

15. Informazioni sulla regolamentazione

Classificazione / Etichettatura:

Secondo i criteri della legislazione attuale della UE, questo materiale non è classificato come pericoloso, e non richiede etichettatura.

Leggi di riferimento [Italia]:

DLgs 16 Luglio 1998 n° 285: ("Attuazione di direttive comunitarie in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura dei preparati pericolosi.")

DPR 303/56 ("Norme generali per l'igiene del lavoro")

DPR 547/55 ("Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro")

DPR 336/94 ("Tabella delle malattie professionali nell'industria")

DLgs 626/94, 242/96 e 25/02: (Attuazione delle Direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE,

90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro).

Restrizioni all'uso: nessuna

16. Altre informazioni

Addestramento operatori:

Le operazioni di stesa e manipolazione del conglomerato bituminoso devono essere effettuate da personale addestrato specificatamente, o sotto il controllo e la guida di supervisor addestrati.

Gli operatori dovrebbero essere informati sulle proprietà specifiche del materiale e sulle necessarie misure di sicurezza da seguire.

E' consigliabile che una scheda di sicurezza sia disponibile sul luogo dove avviene l'applicazione.

Altro: Il taglio a freddo dei conglomerati può generare polvere respirabile che può contenere silice cristallina. In questo caso può essere necessario adottare misure opportune di protezione per controllare e limitare l'esposizione degli operatori.

In quei casi dove sia necessario fornire dati aggiuntivi sulla presenza di tracce di H₂S, è possibile dettagliare ulteriormente i termini della situazione.

Esempio: questo tipo di prodotti può contenere quantità molto piccole di H₂S tal quale come gas. Specificatamente, il bitume da visbreaking contiene in proporzione una maggiore quantità di H₂S, mentre il bitume da straight-run, usato più comunemente, ha un contenuto più basso e il bitume ottenuto da processi di deasfaltazione è praticamente privo di H₂S.

Tuttavia, il bitume per applicazioni stradali può contenere piccole quantità di zolfo (normalmente fino al 2-3 %, per la maggior parte sotto forma di composti complessi dello zolfo) e la possibilità della formazione e accumulo di H₂S (principalmente all'interno delle cisterne di stoccaggio) in casi particolari, non può essere esclusa.

Queste informazioni si riferiscono solo al prodotto specifico, e possono non essere valide se tale materiale è usato in combinazione con altri materiali, o in altri processi.

Le informazioni sono al meglio delle nostre conoscenze alla data del GIUGNO 2002.
