

INAIL

con la collaborazione di



Regione Lazio

Impianti di produzione dei conglomerati bituminosi valutazione e contenimento dei rischi lavorativi

Edizione 2009

Questa pubblicazione è stata realizzata dalla
Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (CONTARP) dell'INAIL
e con la collaborazione del
Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro (S.Pre.S.A.L.) dell'AUSL RM C

Autori:

Maria Ilaria Barra⁽¹⁾,
Fulvio D'Orsi⁽²⁾,
Daniele De Grandis⁽²⁾,
Emma Incocciati⁽¹⁾,
Eva Pietrantonio⁽²⁾,
Mauro Pignani⁽²⁾,
Paola Ricciardi⁽¹⁾,
Enzo Valenti⁽²⁾,
Pier Sergio Soldati⁽²⁾

(1) INAIL - Direzione Generale, Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione, Roma

(2) AUSL RM C - Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro

Supporto per la comunicazione:

Antonio Terracina

INAIL - Direzione Generale, Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione, Roma

PER INFORMAZIONI

INAIL - CONTARP

00143 Roma- Via R. Ferruzzi, 40

Tel 0654872349 - Fax 0654872365

e-mail: contarp@inail.it

ISBN 978-88-7484-147-9

Stampato dalla Tipolitografia INAIL - Milano - giugno 2009

Gli impianti di produzione dei conglomerati bituminosi presentano molteplici fattori di rischio, specifici per la salute e la sicurezza dei lavoratori, talvolta di difficile approccio per aziende di dimensioni medio-piccole e poco studiati a livello nazionale ed internazionale.

Questo lavoro, frutto di una sinergia tra AUSL RM C e INAIL, offre agli operatori del settore uno strumento utile alla identificazione ed alla valutazione dei diversi fattori di rischio presenti in azienda, suggerendo le possibili misure di prevenzione e protezione da adottare per garantire la tutela della salute dei lavoratori.

INDICE

Introduzione	pag. 7
Dati statistici sull'andamento degli infortuni e delle malattie professionali	9
Descrizione del ciclo produttivo e delle materie prime	12
Analisi dei rischi	19
Sopralluoghi ispettivi	22
Campagne di monitoraggio	24
Sorveglianza sanitaria	34
Interventi di bonifica	37
Conclusioni	41
Bibliografia	43

INTRODUZIONE

Questo lavoro nasce da una stretta sinergia tra Enti pubblici che operano nel campo della sicurezza e dell'igiene del lavoro: il Servizio Prevenzione e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro (S.Pre.S.A.L.) dell'Azienda USL C di Roma e la Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (CONTARP) dell'INAIL. Già dal 2001 è stata avviata una collaborazione per realizzare studi di comparto che hanno tenuto conto sia dell'attività di vigilanza sul territorio di competenza dello S.Pre.S.A.L. (Municipi VI, IX, XI, XII del Comune di Roma) che dell'attività, più specificamente tecnica, relativa all'analisi igienistico-ambientale delle condizioni di lavoro, svolta a livello nazionale dalla CONTARP. Le diverse professionalità che operano nei due Enti hanno reso più complete le indagini ambientali condotte in azienda, sia per l'aspetto normativo (da attuare o già attuato), che per l'aspetto tecnico-scientifico. La collaborazione intrapresa si è rivelata particolarmente fruttuosa per il risanamento delle unità produttive esaminate e per lo studio di comparti produttivi poco noti o che comunque necessitano di approfondimenti conoscitivi.

Tra i settori meritevoli di un'analisi peculiare è stato individuato il comparto di produzione dei conglomerati bituminosi. I motivi dell'interesse per tale comparto sono riconducibili principalmente ai seguenti fattori:

- l'assenza assoluta di interventi di controllo da parte della AUSL negli anni passati, se si escludono quelli effettuati, insieme al Servizio di Igiene e Sanità pubblica, per ottenere l'autorizzazione sanitaria prima dell'inizio delle attività;
- l'assenza, anche nella letteratura scientifica di settore a livello nazionale ed internazionale, di riferimenti esaustivi sul comparto;
- la presenza di una pluralità di fattori di rischio: esposizione ad agenti chimici pericolosi (polveri, vapori) o cancerogeni, a rumore, a vibrazioni; possibilità di infortuni di vario genere;
- l'entrata in vigore di nuove norme circa il rischio da agenti chimici pericolosi e cancerogeni, con la necessità, da parte delle aziende, di adeguarvisi tempestivamente e correttamente;
- l'importanza che il comparto assume nella particolare situazione industriale di Roma;
- l'elevato impatto ambientale che questo comparto ha sul territorio.

La scelta metodologica del progetto è stata operata in modo tale che l'azione istituzionale di controllo e vigilanza svolta dalle AUSL fosse affiancata, fin dall'inizio, da uno studio approfondito di tutte le tematiche igienistico-ambientali e di sicurezza specifiche del comparto, attraverso:

- l'effettuazione di indagini ambientali mirate alla determinazione dei fattori di rischio prevalenti mediante metodiche standardizzate (riferibili alle norme UNI EN o ad altre norme validate a livello internazionale);

- la verifica diretta delle misure di prevenzione e protezione adottate;
- l'elaborazione dei risultati finali delle indagini ambientali, da comunicare alle aziende interessate;
- il pieno coinvolgimento dei consulenti esterni delle aziende affinché potessero attivamente partecipare all'intervento e continuare a seguire efficacemente le aziende nel periodo successivo alla conclusione dello stesso;
- l'esame dettagliato dei protocolli di sorveglianza sanitaria adottati ed il coinvolgimento dei medici competenti con le stesse modalità dei consulenti esterni;
- iniziative di informazione e di assistenza nei confronti delle aziende.

Operativamente, a tre delle cinque aziende censite nel territorio della AUSL ROMA C, si è data comunicazione preventiva dell'intervento e delle sue motivazioni.

Per supportarle durante lo svolgimento del progetto ad adeguarsi alla nuova normativa, alle tre aziende è stata anche trasmessa una nota informativa sugli adempimenti relativi al titolo VII-bis D.Lgs. 626/94 "*Valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi*", corredata di testo completo della norma.

L'azione congiunta della AUSL, tramite il suo ruolo istituzionale di vigilanza, e della CONTARP, con quello di consulenza tecnica specifica, attraverso le diverse figure professionali (biologi, chimici, medici del lavoro, tecnici della prevenzione) che operano in entrambi gli Enti, ha permesso di conseguire risultati soddisfacenti in tutti i casi esaminati. La sinergia tra le due strutture ha prodotto interventi migliorativi delle condizioni di lavoro con conseguente maggior livello di consapevolezza dei rischi specifici delle attività esaminate da parte di tutte le figure preposte alla gestione della prevenzione: datori di lavoro, medici competenti, responsabili del servizio di prevenzione e protezione, consulenti esterni. Inoltre, lo studio dettagliato circa l'igiene e la sicurezza in aziende appartenenti ad uno stesso comparto, costituisce un concreto punto di riferimento per la riduzione dei rischi lavorativi in situazioni analoghe.

La prima edizione della presente pubblicazione è del 2004. I successivi aggiornamenti, confluiti nella presente edizione, riguardano essenzialmente:

- i dati statistici relativi agli andamenti infortunistico e tecnopatologico di comparto;
- i riferimenti normativi in tema di igiene e sicurezza sul lavoro;
- i valori limite di esposizione professionale per alcuni agenti di rischio misurati nelle campagne di monitoraggio ambientale effettuate.

Tuttavia, resta inteso che, per quanto riguarda la sezione relativa alle indagini igienistico-industriali, nessuna modifica è stata apportata nel merito di criteri, strategie e riferimenti normativi a suo tempo adottati. In tal caso sono stati, comunque, riportati eventuali aggiornamenti relativi a edizioni più recenti di norme tecniche e metodi d'analisi emessi dai competenti organismi nazionali e internazionali.

DATI STATISTICI SULL'ANDAMENTO DEGLI INFORTUNI E DELLE MALATTIE PROFESSIONALI

Al fine di avere un quadro completo ed aggiornato delle "dimensioni" del comparto *conglomerati bituminosi* e degli andamenti infortunistici e tecnopatici dello stesso è stata consultata la banca dati dell'INAIL.

La ricerca è stata condotta, limitatamente agli anni 2003-2007, prendendo a riferimento il Sottogruppo 7210 delle Tariffe dei Premi INAIL (D.M. 12/12/2000): "*lavorazione e trasformazione di rocce asfaltiche e/o bituminose; produzione di conglomerati bituminosi ordinari e rigenerati, emulsioni bituminose, cartonfeltri bituminosi, guaine impermeabili prefabbricate bituminose e simili*".

Bisogna si d'ora specificare che il comparto conglomerati bituminosi corrisponde solo in parte ai dati relativi al Sottogruppo 7210, in ogni caso tali dati e le elaborazioni statistiche effettuate possono essere ragionevolmente tenute in considerazione come riferimento ed indicazione.

Le figure 1 e 2 riportano l'andamento del numero di addetti e di aziende afferenti al Sottogruppo nel periodo indagato; la figura 3 mostra la distribuzione regionale del numero di aziende nel 2007.

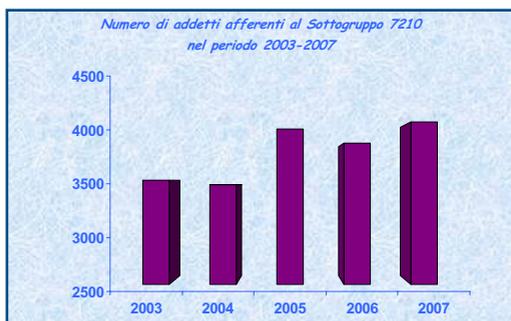


Fig. 1 Numero di addetti delle aziende classificate al Sottogruppo 7210 nel periodo 2003-2007

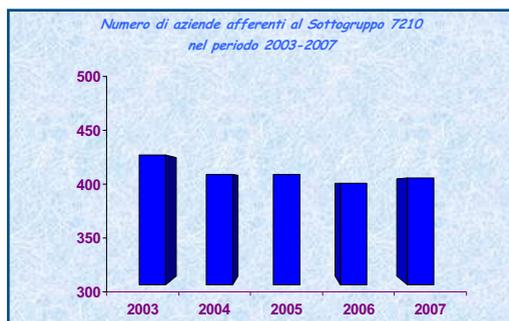


Fig. 2 Numero delle aziende classificate al Sottogruppo 7210 negli anni 2003-2007

Il comparto mostra un leggero incremento del numero di addetti negli ultimi tre anni, ma una sostanziale stabilità nel numero di aziende.

Dall'analisi dei grafici emerge una realtà produttiva complessivamente significativa a livello nazionale e rilevante in alcune regioni quali la Sicilia, e la Lombardia.



Fig. 3 Distribuzione percentuale a livello regionale delle aziende classificate al Sottogruppo 7210 nell'anno 2007

Vengono riportati inoltre i dati relativi ai casi di malattie professionali denunciate all'INAIL negli anni 2003-2007 (figure 4 e 5), classificati secondo la tabella delle malattie professionali (D.M. 9 aprile 2008) e vengono specificati i casi di malattie non comprese nella tabella delle malattie professionali (malattie non tabellate).

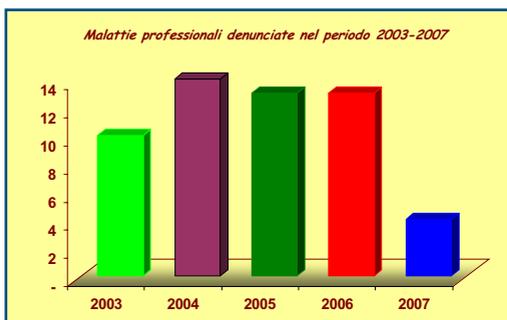


Fig. 4 Malattie professionali denunciate all'INAIL negli anni 2003-2007

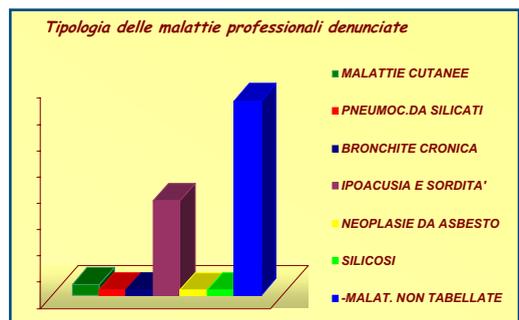


Fig. 5 Tipologia delle malattie professionali denunciate all'INAIL

Le malattie maggiormente denunciate nel comparto sono le ipoacusie, seguite dalle affezioni dei dischi intervertebrali, dalle bronchiti croniche e dalle malattie cutanee. Tali dati riflettono l'andamento generale delle malattie professionali denunciate nell'ultimo quinquennio nei settori industriale e terziario in cui si è registrata una flessione del numero di ipoacusie, che continuano pur sempre ad occupare i primi posti tra le malattie tabellate e non, ed un numero significativo di asbestosi, malattie cutanee e malattie osteoarticolari (INAIL, Rapporto Annuale 2007).

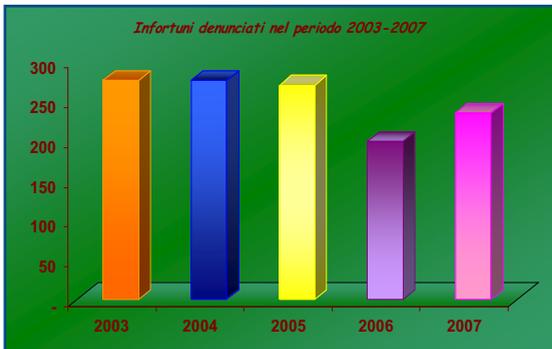


Fig. 6 Infortuni denunciati all'INAIL dalle aziende del Sottogruppo 7210 negli anni 2003-2007

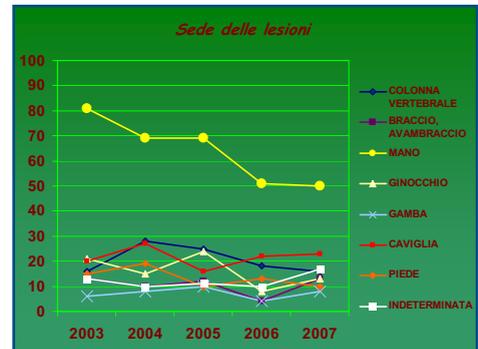


Fig. 7 Sede delle lesioni degli infortuni denunciati nel periodo 2003-2007

È stato inoltre investigato nel quinquennio 2003-2007 l'andamento dei casi di infortunio afferenti al Sottogruppo 7210 e la sede delle lesioni (figure 6 e 7).

Il numero degli infortuni registrati nel comparto negli ultimi anni risulta sostanzialmente costante.

Le lesioni più comuni sono le contusioni, le lussazioni e le ferite, mentre le sede più colpita è di gran lunga la mano, seguita dalla colonna vertebrale, la caviglia, il piede ed il cranio. Le sedi delle lesioni e la tipologia delle stesse fanno pensare ad un cattivo o ridotto uso dei più comuni dispositivi di protezione individuale (DPI) quali guanti, scarpe ed elmetto, così come constatato durante i sopralluoghi.

DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO E DELLE MATERIE PRIME

La classificazione degli impianti di produzione dei conglomerati bituminosi può essere operata in base ai seguenti fattori:

1. tipologia delle macchine utilizzate per il mescolamento a caldo del bitume con gli inerti: tali macchinari possono essere suddivisi in due grandi categorie a seconda che la produzione sia realizzata con mescolamento discontinuo oppure continuo. Nel primo caso gli inerti, dopo essere stati essiccati, vagliati e pesati, vengono mescolati tra loro e col bitume fino ad ottenere un impasto omogeneo; il conglomerato ottenuto viene poi scaricato dal mescolatore. Nel secondo caso gli aggregati, dopo i preliminari trattamenti, vengono prelevati direttamente dai silos mediante saracinesche e alimentatori a nastro ed immessi, insieme al bitume, in un mescolatore ad azione continua.
2. tipologia dell'impianto: l'impianto può essere fisso o mobile. Gli impianti di tipo mobile sono caratterizzati dal fatto di poter avere, a differenza di quelli di tipo fisso, le varie parti equipaggiate con ruote pneumatiche e freni che ne consentono il trasporto oppure essere dotati semplicemente di ruote metalliche idonee solo a piccoli spostamenti.
3. potenzialità produttiva dell'impianto: la potenzialità di produzione di un impianto può variare da poche tonnellate/ora ad oltre 200 tonnellate/ora.

Materie prime

Asfalti ed emulsioni bituminose si ottengono per mescolamento a caldo degli inerti con il bitume.

Gli inerti sono materiali lapidei ottenuti dalla frantumazione di rocce rispondenti a requisiti di idoneità che riguardano sia l'origine e la natura delle rocce di appartenenza che le caratteristiche fisico-meccaniche dei singoli costituenti. Per la produzione di conglomerati bituminosi, solitamente gli inerti sono costituiti da sabbia e ghiaia calcarea, da ghiaia basaltica e da sfesature (asfalto recuperato da lavori di demolizione stradale) caratterizzati da bassa granulometria. La produzione di inerti passa attraverso le fasi di abbattimento di un fronte di cava, frantumazione, vagliatura ed eventuale lavaggio.

Il bitume, generalmente ottenuto come residuo fisso della distillazione sottovuoto del petrolio, è costituito da una miscela complessa di idrocarburi ad elevato peso molecolare. I rapporti percentuali fra i componenti variano notevolmente a seconda del petrolio grezzo di provenienza e del metodo di distillazione e lavorazione dal quale viene ottenuto. Esiste anche un prodotto di origine naturale denominato bitume asfaltico nativo. Depositi di bitume nativo sono presenti in tutto il mondo, in zone con caratteristiche geologiche adeguate, nelle quali l'alta permeabilità delle formazioni

rocciose o il loro particolare stato di frantumazione tettonica hanno permesso un processo di frazionamento naturale e di migrazione del petrolio greggio. Il bitume naturale è un prodotto non più utilizzato nell'industria: i processi di raffinazione del petrolio producono attualmente bitumi di qualità soddisfacente per tutti gli usi ai quali è destinato, dall'impermeabilizzazione alla pavimentazione stradale.

Il prodotto ottenuto dalla distillazione può essere utilizzato tal quale oppure sottoposto a processi chimici e fisici che ne variano opportunamente la composizione, al fine di conferirgli determinate proprietà. Le operazioni più comuni sono l'estrazione con solvente, i processi di ossidazione e la miscelazione con bitumi di diversa composizione.

Qualitativamente il bitume è costituito dai seguenti gruppi o famiglie di composti:

- asfalteni: frazione solida a temperatura ambiente, insolubile in *n*-pentano e *n*-eptano con struttura molecolare piuttosto complessa, costituita da composti aromatici condensati, con pesi molecolari anche di molto superiori a 2000, in cui si riscontra la copresenza di ossigeno, azoto, zolfo e metalli (vanadio, nickel, ecc.); costituisce circa l'8-20% del bitume;
- resine: frazione molto viscosa a temperatura ambiente. Ha la funzione di disperdere le strutture macromolecolari asfalteniche, ed è caratterizzata da un peso molecolare intermedio tra gli asfalteni e gli oli aromatici. La percentuale di resine nel bitume varia tra 10-25%;
- olii aromatici: frazione liquida viscosa, contenente numerosi composti con anelli aromatici, con un peso molecolare compreso tra 500 e 1000. Sono i componenti principali del bitume costituendone il 40-70%;
- olii saturi: frazione liquida viscosa costituita essenzialmente da idrocarburi saturi a lunga catena e da cicloparaffine, con peso molecolare compreso tra 500 e 1000. Sono presenti generalmente in concentrazioni comprese tra il 5-20%.

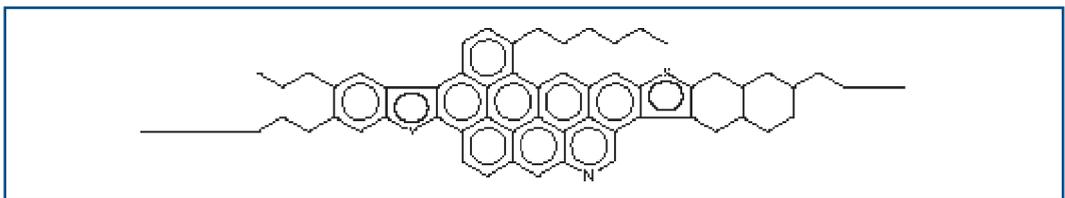


Fig. 8 Esempio di struttura di una molecola asfaltenica

Ciclo produttivo

La gran parte delle lavorazioni per la produzione dei conglomerati bituminosi viene effettuata per mezzo di un impianto a ciclo chiuso completamente automatizzato e governato da una centrale di comando posta ad immediato ridosso dell'impianto stesso. Quest'ultimo, generalmente di considerevoli dimensioni, si eleva per altezze non inferiori a 10 metri, ed è completamente circondato da passerelle e ripiani per consentire l'ispezione e la manutenzione delle singole parti che lo compongono. Le unità produttive solitamente occupano superfici molto ampie (diverse migliaia di metri quadrati) per le necessità di effettuare lo stoccaggio degli inerti e di disporre di estesi spazi interni per la movimentazione e il carico delle materie prime, per lo scarico dei prodotti finiti, nonché per l'allocazione degli impianti di produzione e dei silos di stoccaggio.

In aree apposite delle unità produttive si trovano solitamente piccole officine meccaniche dotate di attrezzature, utensili e gruppi di saldatura ossiacetilenica necessari per le operazioni di manutenzione ordinaria dell'impianto, effettuabile solo ad impianto fermo ed affidata, generalmente, a ditte esterne.

L'asfalto è prodotto sempre su richiesta, ma poiché l'impianto non può mai essere fermato (salvo rare eccezioni) a causa dei lunghi tempi necessari per il suo riavvio, in assenza di richieste è mantenuto sempre al minimo livello di funzionamento.

Il processo di produzione di asfalti ed emulsioni bituminose comprende diverse fasi di lavoro, di seguito riassunte e schematizzate:

A. Approvvigionamento e pretrattamento degli inerti

Negli impianti di produzione del conglomerato bituminoso, le materie prime del ciclo di produzione non sono prodotte in loco ma vengono generalmente comprate da ditte esterne e stoccate in apposite aree interne all'impianto stesso. Da qui vengono trasportate a mezzo di pale meccaniche e caricate in apposite tramogge, che alimentano, con nastri trasportatori, un essiccatore ovvero un forno a tamburo.

Tale forno è costituito da un cilindro d'acciaio rotante, dotato di palettatura interna, che solleva il materiale e lo riscalda fino ad eliminare l'acqua in eccesso.



Fig. 9 Area di stoccaggio inerti

Dopo il preliminare trattamento di riscaldamento ed essiccamento nel quale raggiungono temperature di 140-160°C, i materiali passano, mediante un elevatore a caldo, nella parte più alta della torre di mescolamento. Qui gli aggregati caldi sono sottoposti ad un ulteriore vaglio di controllo e separazione delle pezzature ottenute, nonostante abbiano già subito una iniziale vagliatura nel sito in cui vengono prodotti. Ciò si ottiene di norma attraverso l'impiego di macchine di diversa tipologia: vagli piani, costituiti da una o più lamiere forate e sovrapposte, collocate su un telaio e messe in vibrazione, oppure vagli rotativi in cui il materiale da trattare è attraversato da un cilindro cavo rotante con superficie in lamiera forata.

I materiali così ottenuti vengono poi stoccati in una serie di tramogge da cui, attraverso spillamenti successivi, vengono dosati i quantitativi per le singole pezzature di controllata granulometria, destinate alla miscelazione con il bitume.

Negli impianti a mescolamento discontinuo la dosatura degli inerti viene effettuata solitamente a peso: il dosatore è costituito da una tramoggia a bilico. In questi stessi impianti il conglomerato pronto viene scaricato sugli autocarri per il trasporto.

Viceversa gli impianti a mescolamento continuo, pur potendo consentire anche il dosaggio a peso, vengono generalmente utilizzati con dosaggio degli aggregati a volume: la dosatura avviene mediante nastri trasportatori che prelevano il materiale in quantità proporzionale all'apertura di apposite saracinesche.

Nei casi in cui si richiede un prodotto finale con un aspetto molto liscio possono essere aggiunti anche dei filler (inerti con una granulometria inferiore ai 0,0075 mm) di recupero o minerali. In alternativa all'uso del filler (che comporta l'aggiunta agli inerti di una maggiore quantità di bitume) nelle piccole aziende si preferisce variare semplicemente la granulometria degli aggregati. Solitamente questa fase del ciclo produttivo richiede la presenza di non più di una persona addetta alla movimentazione della pala meccanica. Tutte le altre operazioni condotte in tale fase vengono, infatti, eseguite in modo meccanizzato e controllato da una cabina centralizzata.

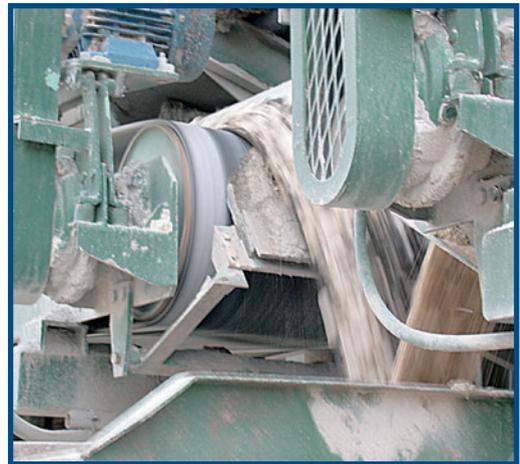


Fig. 10 Dosatura inerti

B. Stoccaggio del bitume

Il bitume, trasportato in stato semisolido da autocisterne, è stoccato in serbatoi metallici posti in aree ben delimitate. I serbatoi sono coibentati con lane di roccia ad alta densità e rivestite con un mantello di alluminio; inoltre sono predisposte con lo scarico di fondo per il collegamento in serie di più cisterne tra loro.



Fig. 11 Serbatoi stoccaggio bitume

Sono poi previste le prese per effettuare il carico, il prelievo e la circolazione per mezzo di una pompa ad ingranaggi riscaldata.

Il bitume viene riscaldato a 130-150°C dalla caldaia oleotermica alimentata con olio combustibile B.T.Z. (olio denso a basso contenuto di zolfo) e successivamente mantenuto a temperatura costante per omogeneizzarne la composizione. Tramite una pompa volumetrica viene poi inviato e dosato nel mescolatore. Tutto il ciclo dei bitumi è controllato dalla cabina centrale: una sola persona è di norma addetta al controllo dello scarico dell'autocisterna.



Fig. 12 Particolare dell'impianto di stoccaggio del bitume

C. Mescolamento degli inerti con il bitume

Il bitume e gli inerti pretrattati sono miscelati in appositi mescolatori costituiti gene-

ralmente da vasche con il fondo apribile per lo scarico del materiale impastato. La miscelazione si ottiene per l'azione di alberi paralleli rotanti (30-80 giri/min) muniti di palette o braccia. Le pareti interne del miscelatore, come pure i componenti rotanti, sono di acciaio al manganese dovendo resistere alla violenta azione dell'usura causata dal mescolamento. I miscelatori consentono di ottenere, quale prodotto finito, un impasto omogeneo: l'asfalto. Quest'ultimo fuoriesce dalla zona di mescolamento mediante un apposito convogliatore, può essere trasportato alle tramogge di carico e quindi direttamente agli automezzi, oppure inviato ad un silos per lo stoccaggio provvisorio. L'intero processo viene normalmente governato dalla centrale di comando completamente automatizzata: esso non richiede, pertanto, la presenza di altri operatori.



Fig. 13 Tramogge di carico del conglomerato

Il ciclo produttivo descritto è sinteticamente schematizzato nel diagramma di flusso di figura 14.

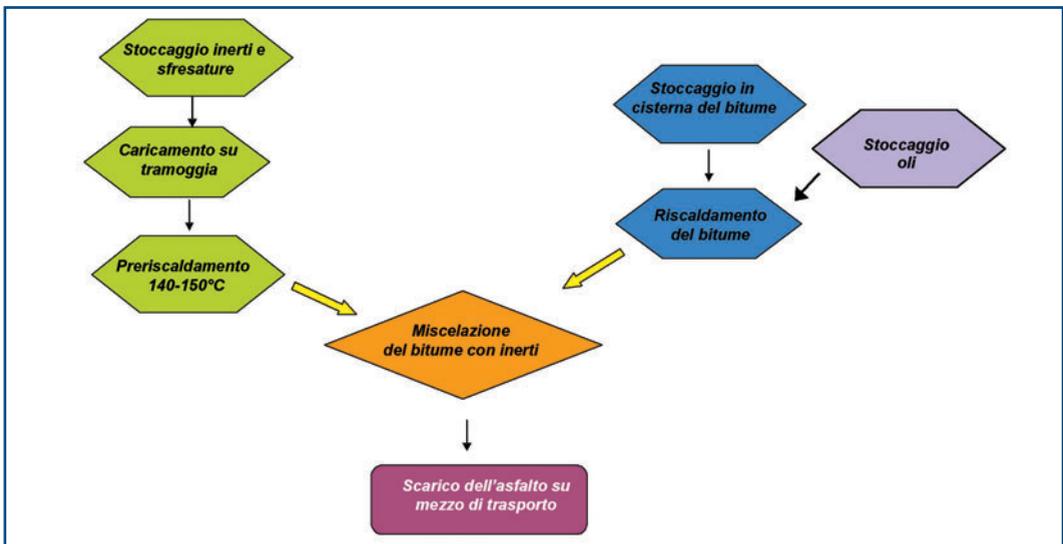


Fig. 14 Conglomerati bituminosi: diagramma di flusso del ciclo produttivo

Va detto, per completezza, che da alcuni anni sono in funzione nuove tipologie di impianto (del tipo Drum Mixer) a mescolamento continuo, in cui mescolatore ed essiccatore compongono un'unica unità operativa. La loro diffusione, direttamente nei cantieri stradali, trova motivazione nell'abbattimento dei costi per la maggiore semplicità dell'impianto e nella diminuzione della spesa energetica di esercizio. Di seguito si riportano alcune immagini raffiguranti parti di tipici impianti di produzione di conglomerati.

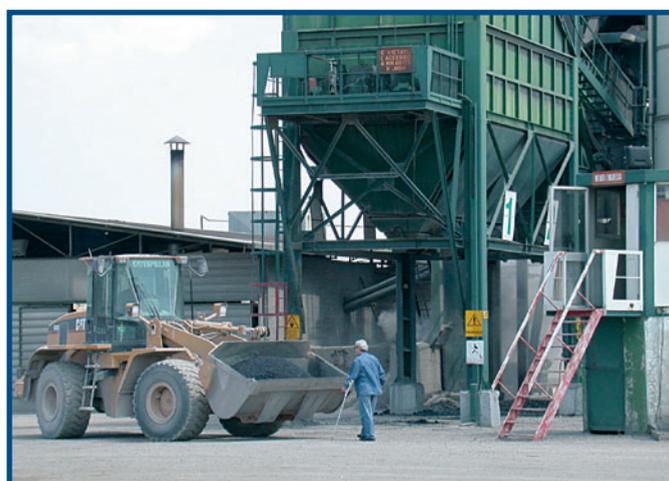


Fig. 15 Produzione di conglomerati bituminosi. In alto: tramoggia di carico del conglomerato con attigua cabina comandi; in basso: impianto di mescolamento del bitume con gli inerti.

ANALISI DEI RISCHI

A ciascuna delle fasi del ciclo produttivo descritto sono associate, in ragione delle attrezzature e delle macchine impiegate, come pure delle materie prime manipolate, alcune fonti di pericolo la cui conoscenza è prioritaria ed imprescindibile rispetto a qualsiasi considerazione sulla valutazione dei rischi per i lavoratori. Una considerazione, preliminare all'analisi puntuale delle fasi del ciclo produttivo, può essere fatta in merito all'organizzazione del lavoro: l'esiguo numero dei lavoratori che normalmente operano negli impianti, comporta una difficile separazione delle mansioni. Ciò, se da un lato garantisce un'alta flessibilità produttiva, dall'altro impedisce una specifica preparazione degli operatori e rende ciascuno di essi più vulnerabile alle fonti di pericolo esistenti. Di conseguenza si è costretti a considerare trasversali i pericoli che, con una diversa suddivisione delle mansioni, avrebbero potuto riguardare solo un ristretto numero di lavoratori.

Approvvigionamento e pretrattamento degli inerti

Sicurezza

Il rischio di infortuni è particolarmente rilevante nei piazzali di stoccaggio degli inerti, a causa dell'intenso traffico pesante. Considerevole è anche il rischio di cadute di oggetti e di materiali dall'alto, probabili soprattutto nella zona di caricamento dei silos e delle tramogge. Cadute, urti e scivolamenti sono infine possibili soprattutto nelle zone con presenza di polveri ed acqua a causa della formazione di uno strato di fango. Infine, poiché gli impianti, in alcune loro parti, possono svilupparsi per una altezza doppia rispetto alla larghezza, occorre prestare particolare attenzione agli ancoraggi delle macchine assicurandone in tal modo la stabilità.

Igiene

Il cilindro essiccatore è alimentato con una miscela di materiali ricchi di particelle fini. Durante l'essiccazione il flusso dei gas caldi di combustione cattura e trascina allo scarico parte di queste particelle e di quante si producono per ulteriore frantumazione degli inerti. Si hanno pertanto elevate emissioni di polveri in aria: per prevenirle, all'uscita del camino vengono collocati idonei sistemi di abbattimento, di norma costituiti da un depolveratore a secco e da un filtro ad umido. Nonostante tali sistemi consentano di abbattere, o comunque limitare al minimo, le emissioni inquinanti, la continua movimentazione di materiale a bassa granulometria attraverso l'uso di pale meccaniche, di nastri trasportatori, del vibrovaglio ecc., costituisce comunque un rischio di esposizione professionale a polveri. I gas di idrocarburi incombusti dell'essiccatore (soprattutto se non dotato di chiusura posteriore) costituiscono un fattore di

pericolo come pure le fonti di calore generate dal bruciatore dell'essiccatore e dall'elevatore a tazze, nonostante entrambi siano allocati in zone difficilmente accessibili agli operatori. Infine, è possibile l'esposizione a rumore generato soprattutto dalle operazioni di vaglio e selezione degli inerti dove si raggiungono $Leq(A)$ prossimi ai 90 dBA e a vibrazioni connesse all'uso delle pale meccaniche, specie se non dotate di cabine di guida.

Stoccaggio del bitume

Sicurezza

I pericoli maggiori connessi a questa fase del ciclo produttivo sono costituiti dalla presenza di veicoli in movimento in quanto la zona di stoccaggio del bitume è solitamente posta in un'area di transito pedonale. Guasti delle pompe oleodinamiche e delle condutture di olio diatermico possono causare espulsione di fluidi stoccati sotto pressione, mentre l'impiego del bitume impone tutte le attrezzature e le procedure necessarie alla manipolazione di sostanze infiammabili.

Igiene

I pericoli maggiori, associati a tutte le attività lavorative di cui si compone questa fase del ciclo di produzione, sono connessi all'esposizione a vapori generati dal bitume e dagli oli B.T.Z. e diatermici.

I bitumi sono classificabili dalla IARC (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 3, ossia *non cancerogeni per l'uomo*, in quanto vi è un'evidenza inadeguata di cancerogenicità negli studi epidemiologici sull'uomo; gli estratti di bitume che hanno subito un processo di stripping al vapore, i bitumi raffinati all'aria e le miscele dei due, sono invece classificati nel gruppo 2B, ossia *possibili cancerogeni per l'uomo*, in quanto vi è una maggiore evidenza di cancerogenicità solo negli studi sperimentali sugli animali.

Il NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) raccomanda, invece, di considerare i fumi di asfalto come potenziali cancerogeni occupazionali.

La cancerogenicità dei bitumi è legata alla presenza nei fumi di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), alcuni dei quali sono classificati dalla IARC come cancerogeni per l'uomo, gruppo 1 (benzo[a]pirene), 2A (dibenzo[a,h]antracene) o probabili cancerogeni, gruppo 2B (benzo[a]antracene, naftalene, indeno[1,2,3-cd]pirene, benzo[b]fluorantene, benzo[j]fluorantene, benzo[k]fluorantene).

Per definire in maniera più puntuale il problema, la IARC ha promosso uno studio epidemiologico internazionale in otto paesi. I risultati pubblicati nel 2001, sembrano

indicare un eccesso di tumori polmonari, che tuttavia non consente di escludere l'influenza di fattori di confondimento quali fumo di sigaretta, amianto, presenza di catrame nelle miscele di bitume, ecc. Successivamente sono stati apportati ulteriori approfondimenti allo scopo di valutare ed eventualmente escludere i suddetti fattori di confondimento.

Gli olii combustibili B.T.Z. e gli oli diatermici sono cancerogeni riconosciuti, contrassegnati dalla frase di rischio R 45 ("Può provocare il cancro"); particolare importanza assume l'olio diatermico utilizzato nello scambiatore di calore per mantenere a temperatura il bitume.

Gli stessi agenti cancerogeni sopramenzionati si sviluppano anche dai processi di combustione e pirolisi degli oli combustibili e diatermici. A questi si aggiunge l'idrogeno solforato (H_2S), irritante, non presente nelle materie prime tal quali, ma generato quale sottoprodotto, e la soda caustica (idrossido di sodio, NaOH), sostanza tossica utilizzata in quantità discrete.

Miscelamento degli inerti con il bitume

Sicurezza

I pericoli maggiori sono connessi alla possibilità di cadute ed espulsioni di solidi lungo la linea di trasporto degli inerti al miscelatore, alla presenza di infiammabili e di fluidi in pressione. Possibili anche le ustioni da calore, avvenendo tutto il processo di mescolamento ad elevate temperature.

Analogamente a quanto detto per la fase A (*Approvvigionamento e pretrattamento degli inerti*), è essenziale controllare la stabilità delle macchine negli impianti fissi, prestando particolare attenzione agli ancoraggi.

Igiene

Nella fase di immissione del filler e lungo la linea di trasporto del conglomerato al miscelatore si ha sviluppo di polveri, mentre il prodotto finito (il bitume) è responsabile della possibile esposizione a vapori contenenti agenti chimici pericolosi o cancerogeni (analogamente alla fase B: *Stoccaggio del bitume*).

Nelle officine in cui vengono effettuate le operazioni di manutenzione delle macchine e delle attrezzature dell'impianto è possibile che gli operatori siano sporadicamente esposti ai fumi delle saldature ossiacetileniche ed alle forti pressioni acustiche connesse all'utilizzo di particolari attrezzi.

SOPRALLUOGHI ISPETTIVI

Complessivamente sono state censite cinque unità produttive, classificate come piccole e medie imprese secondo il D.M. 18/09/1997, ma caratterizzate da considerevoli volumi di produzione, ad eccezione di una sola azienda che presenta un'attività assai ridotta e di un'altra che ha sospeso l'attività nel settembre 2002.

Tutte le aziende presentano un'analogia distribuzione dei locali e delle aree di lavoro ovvero:

- un'entrata in prossimità della quale sono posizionati gli uffici,
- una vasta area in cui vengono stoccati gli inerti (figura 9, cap. 3),
- un impianto di produzione conglomerati, provvisto di centrale di comando, per la miscelazione dei diversi inerti con la matrice bituminosa, da cui fuoriescono i materiali finiti che vengono caricati sugli automezzi di trasporto sotto forma di asfalto pronto per l'utilizzo (figura 16, cap. 3),
- una zona adibita allo stoccaggio dei bitumi (figura 11, cap. 3),
- un'officina in cui si effettuano piccole riparazioni con annessa autorimessa veicoli destinati alla movimentazione degli inerti.

Il numero degli addetti alle diverse lavorazioni varia tra i due e i sei lavoratori, compresi gli impiegati che si occupano della gestione amministrativa e contabile.

Le mansioni individuate sono:

- addetto alla centrale di comando,
- addetto alla pala meccanica,
- addetto alla manutenzione e alle piccole riparazioni.

L'attività di vigilanza si è realizzata attraverso più sopralluoghi in cui sono stati analizzati i cicli lavorativi, le mansioni e i relativi rischi. Sono state rese partecipi tutte le figure della prevenzione e in particolare il datore di lavoro, il medico competente, i rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza, il responsabile del servizio prevenzione e protezione, i consulenti esterni; con esse si è discusso il documento di valutazione dei rischi redatto ai sensi del D.Lgs. 626/94 e le misure preventive e protettive adottate dall'azienda. A seguito dell'attività ispettiva, si è proceduto a sanzionare le situazioni illecite emanando, in base al D.Lgs. 758/94, specifiche prescrizioni al fine di ripristinare adeguate condizioni di sicurezza e salute per i lavoratori. In alcune unità produttive sono state realizzate indagini ambientali che si sono concluse con la redazione di relazioni tecniche; i risultati delle indagini sono stati quindi messi a disposizione sia delle aziende che dei consulenti esterni. A seguito dell'intervento, tutte le aziende hanno provveduto a sanare le condizioni riconosciute critiche e hanno adempiuto a quanto prescritto dagli Organi di Vigilanza.

Le principali violazioni della legge rilevate negli ambienti di lavoro oggetto dei sopralluoghi ispettivi sono riconducibili a:

- omessa valutazione dei rischi o valutazione incompleta e frammentaria (n. 2 - art. 4, commi 2 e 11 D.Lgs. 626/94);
- omessa valutazione dell'esposizione a cancerogeni (n. 3 - art. 63 D.Lgs. 626/94);
- omessa valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi (n. 1 - art. 72-quater D.Lgs. 626/94);
- omessa attuazione di misure per il contenimento della diffusione delle polveri (n. 1 - art. 21 D.P.R. 303/56);
- omessa regolazione del traffico veicolare (n. 3 - art. 2 D.Lgs. 493/96);
- omessa manutenzione degli impianti (n. 3 - art. 32, comma 1, lettera b D.Lgs. 626/94);
- omessa pulizia regolare degli impianti (n. 2 - art. 32, comma 1, lettera c D.Lgs. 626/94);
- omessa protezione dal rischio di caduta dall'alto (n. 2 - artt. 16 e 27 D.P.R. 547/55);
- omessa attuazione delle misure per la gestione delle emergenze (n. 1 - art. 4, comma 5, lettera h. D.Lgs. 626/94).

Inoltre, un'azienda è risultata sprovvista di autorizzazione all'esercizio di industria insalubre, ed è stata sanzionata dal Servizio di Igiene e Sanità Pubblica dietro segnalazione del Servizio Pre.S.A.L.

Le due aziende in cui l'intervento è cominciato prima dell'entrata in vigore del Titolo VII-bis del D.Lgs. 626/94 hanno provveduto a valutare il rischio da agenti chimici pericolosi secondo le direttive, contestualmente a quello da agenti cancerogeni che non era stato valutato.

Nell'ambito della vigilanza sull'attività dei medici competenti sono state riscontrate violazioni relative all'art. 17 del D.Lgs. 626/94.

Dall'analisi delle violazioni riscontrate è emerso un quadro della situazione precedente i sopralluoghi ispettivi abbastanza preoccupante. In particolare, l'elemento più critico, ai fini del controllo dell'esposizione ad agenti cancerogeni, è risultato il cattivo stato di conservazione e di pulizia delle cisterne di deposito del bitume e degli oli. Non esistevano idonee procedure per le operazioni di scarico degli oli diatermici, affidate al buon senso dei lavoratori. I DPI loro forniti erano di dubbia efficacia e non erano sottoposti a regolare manutenzione. In tutte le aziende ispezionate, l'esposizione a cancerogeni non era stata valutata.

Con l'entrata in vigore del D.Lgs. 81/2008 ai fini della valutazione del rischio connesso alle sostanze pericolose, si fa riferimento al Titolo IX - capo I (Protezione da agenti chimici) e capo II (Protezione da agenti cancerogeni e mutageni).

CAMPAGNE DI MONITORAGGIO

Le indagini ambientali sono state condotte su tre delle cinque aziende (denominate nel seguito A, B, C) censite nel territorio laziale e sono state finalizzate alla determinazione della concentrazione di alcuni solventi organici volatili (SOV), di alcuni idrocarburi policiclici aromatici (IPA), della silice libera cristallina (SLC), delle nebbie d'olio e dei livelli di rumorosità. Alcune indagini sono state ripetute anche successivamente alla realizzazione degli interventi di bonifica prescritti dall'Organo di Vigilanza.

Materiali e Metodi

Idrocarburi Policiclici Aromatici

Il metodo utilizzato è applicabile alla determinazione quantitativa della miscela dei quindici IPA indicati dall'EPA (Environmental Protection Agency): naftalene (NA), acenaftilene (ACL), acenaftene (AC), fluorene (FL), fenantrene (PHE), antracene (AN), fluorantene (FA), pirene (PY), benzo[a]antracene (BaA), crisene (CHR), benzo[b]fluorantene (BbFA), benzo[a]pirene (BaP), dibenzo[a,h]antracene (DbahA), benzo[g,h,i]perilene (BghiP), indeno[1,2,3-cd]pirene (IP).

Gli IPA sono presenti in aria sotto forma di aerosol e di vapore, in funzione della tensione di vapore e delle temperature ambientali o di processo. La valutazione dell'esposizione inalatoria deve necessariamente tener conto degli idrocarburi aromatici presenti sia nel particolato che nei vapori aerodispersi, per questo motivo è stato utilizzato un sistema di campionamento a doppio corpo (membrana più fiala adsorbente).

Sono stati effettuati campionamenti attivi sia ambientali che personali. La tecnica analitica impiegata per la determinazione degli IPA è stata la cromatografia liquida a elevate prestazioni (HPLC) con rivelatori ultravioletto/visibile a serie di diodi (UV-DAD) e spettrofluorimetrico, in accordo con la metodica NIOSH 5506.

Per il campionamento è stato utilizzato un sistema captante comprendente un filtro in politetrafluoroetilene (PTFE, diametro 37 mm; porosità 2 µm), collegato ad una fiala di amberlite (XAD 2).

La durata del prelievo è stata di circa 4-5 ore, operando ad una portata di 2 L/min. L'analisi quantitativa dei singoli IPA è stata effettuata selezionando le lunghezze d'onda di eccitazione ed emissione caratteristiche delle singole sostanze (Tabella I). Il tracciato cromatografico "tipo" ottenuto nelle condizioni di analisi descritte è riportato in figura 17.

Tabella 1 Lunghezze d'onda di eccitazione e di emissione del rivelatore spettrofluorimetrico

min	λ_{ecc} (nm)	λ_{em} (nm)
0.0	220	340
8.5	260	324
11.0	250	380
13.8	230	420
18.0	270	388
21.0	252	398
26.1	290	420
29.5	300	482
33.0	300	482

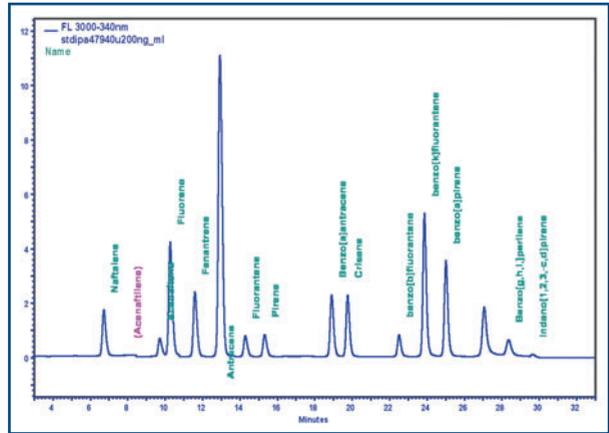


Fig. 17 Cromatogramma "tipo" degli IPA analizzati con rivelatore spettrofluorimetrico

Sostanze organiche volatili

Per il dosaggio dei SOV sono stati effettuati, successivamente alla bonifica, prelievi ambientali secondo la metodica UNI 1049396, utilizzando campionatori operanti alla portata di 0,2 L/min e fiale in carbone attivo. È stato effettuato uno screening preliminare mediante un'analisi gas cromatografia con spettrometro di massa.

Silice

Per il dosaggio della silice cristallina sono stati effettuati, in seguito alla bonifica, prelievi del particolato aerodisperso e prelievi personali della frazione respirabile come definita dalla norma EN 481 ("Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse").

Per la raccolta del particolato sono state impiegate membrane filtranti in polivinilcloruro (PVC, diametro 25 mm; porosità 0,8 μm). Per la raccolta della frazione respirabile si sono utilizzati campionatori personali operanti al flusso di 1,9 L/min con selettore Casella. Le analisi sono state effettuate direttamente su membrana filtrante in diffrattometria a raggi X (DRX).

Nebbie d'olio

Per il dosaggio sono stati effettuati prelievi ambientali secondo metodica NIOSH 5026/94, utilizzando pompe collegate ad un portafiltra metallico contenente una membrana in PVC ed operanti ad un flusso di 3 L/min. Le analisi sono state condotte mediante spettrometria infrarossa.

Rumore

Per l'effettuazione delle misure, fatto riferimento al dettato normativo del D.Lgs. 277/91. Si è impiegato un fonometro integratore, dotato di microfono tipo 4155, di gruppo 1 secondo le prescrizioni delle norme I.E.C. (International Electrotechnical Commission) n. 651 del 1979 e n. 804 del 1985 e munito di indicatore di sovraccarico e di cuffia antivento. La durata delle misurazioni non è mai stata inferiore ai 5 minuti.

In tutte le aziende i campioni di area ambiente sono stati prelevati nelle zone adiacenti la tramoggia di carico del conglomerato, in quelle adiacenti la cabina di controllo della tramoggia stessa e nelle aree di stoccaggio del bitume. I campionamenti personali, nelle aziende A e B, sono stati effettuati per le mansioni di palista (addetto al trasporto degli inerti) e di addetto alla cabina di controllo; nella sola azienda A è stata monitorata anche la mansione di manutentore. Nell'azienda C, di medie dimensioni, non è stato invece possibile effettuare campionamenti personali.

Attualmente per la relazione del rischio di esposizione professionale al rumore il riferimento normativo è il D.Lgs. 81/2008, Titolo VIII, capo II che ha recepito quanto già statuito dal D.Lgs. 195/2006. Quest'ultimo decreto aveva, di fatto sostituito, abrogandolo, il D.Lgs. 277/91 ed era stato recepito dal D.Lgs. 626/94. Dal punto di vista operativo le caratteristiche della strumentazione di misura impiegata ed i criteri da adottare nella valutazione del rischio sono invece contenuti nella norma UNI 9432/2008 ("Determinazione del livello di esposizione personale al rumore nell'ambiente di lavoro").

Risultati

Nelle tabelle II, III e IV sono riportate, per le tre aziende oggetto dello studio, i dati relativi agli IPA ottenuti dai rilievi ambientali e personali. I valori, espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dei singoli analiti e degli IPA totali, sono ottenuti sommando gli inquinanti presenti sul filtro ed in fiala e mediando i diversi valori ottenuti nei campionamenti effettuati nelle medesime aree e per le stesse mansioni. Il valore di concentrazione riportato è da intendersi riferito all'intero turno lavorativo di 8 ore.

Posizione / mansione indagata	<i>Naftalene</i>	<i>Acenafilene</i>	<i>Acenafene</i>	<i>Fluorene</i>	<i>Fenantrene</i>	<i>Antracene</i>	<i>Fluorantene</i>	<i>Pirene</i>	<i>Benzo(a)antracene</i>	<i>Crisene</i>	<i>Benzo(b)fluorante ne</i>	<i>Benzo(k)fluorante na</i>	<i>Benzo(a)irene</i>	<i>Benzo(g,h,i)perilen e</i>	<i>Indenol(1,2,3-c- d)pirene</i>	Totale IPA $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>CAMPIONAMENTO AMBIENTALE</i>																
Tramoggia carico conglomerato	1.70	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.70
Area stoccaggio bitume	1.43	n.d.	n.d.	2.10	0.67	0.61	0.66	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5.47
Esterno cabina comandi	1.08	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.08
<i>CAMPIONAMENTO PERSONALE</i>																
Palista	1.26	n.d.	1.88	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3.14
Addetto alla cabina	0.82	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.82
Manutentore	2.98	n.d.	0.26	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3.24

Tabella 2 Azienda A

Posizione / mansione indagata	<i>Naftalene</i>	<i>Acenafilene</i>	<i>Acenafene</i>	<i>Fluorene</i>	<i>Fenantrene</i>	<i>Antracene</i>	<i>Fluorantene</i>	<i>Pirene</i>	<i>Benzo(a)antracene</i>	<i>Crisene</i>	<i>Benzo(b)fluorantene</i>	<i>Benzo(k)fluorantene</i>	<i>Benzo(a)irene</i>	<i>Benzo(g,h,i)perilene</i>	<i>Indenol(1,2,3-c-d) pirene</i>	Totale IPA $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>CAMPIONAMENTO AMBIENTALE</i>																
Tramoggia carico	0.11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.11
Area stoccaggio bitume	0.16	n.d.	0.52	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.68
Esterno cabina comandi	0.20	n.d.	0.34	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.54
<i>CAMPIONAMENTO PERSONALE</i>																
Palista	1.53	0.47	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.00
Addetto cabina	1.11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.11

Tabella 3 Azienda B

Posizione / mansione indagata	<i>Naftalene</i>	<i>Acenafilene</i>	<i>Acenafene</i>	<i>Fluorene</i>	<i>Fenantrene</i>	<i>Antracene</i>	<i>Fluorantene</i>	<i>Pirene</i>	<i>Benzo(a)antracene</i>	<i>Crisene</i>	<i>Benzo(b)fluorantene</i>	<i>Benzo(k)fluorantene</i>	<i>Benzo(a)irene</i>	<i>Benzo(g,h,i)perilene</i>	<i>Indenol(1,2,3-c-d) pirene</i>	Totale IPA $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>CAMPIONAMENTO AMBIENTALE</i>																
Tramoggia di carico	5,10	n.d.	n.d.	0,10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5,20
Area stoccaggio bitume	10,2 5	1,70	0,10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	12,15
Esterno cabina comandi	7,90	0,30	0,10	0,10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	8,40

Tabella 4 Azienda C

Nei giorni di campionamento le tre aziende hanno avuto carichi di lavoro molto diversi, sensibilmente più bassi nell'azienda B che presenta infatti valori di concentrazione di IPA inferiori sia nei campionamenti ambientali che in quelli personali (figure 18 e 19). Tuttavia, nonostante i diversi livelli di concentrazione degli inquinanti, i valori di IPA più elevati sono stati riscontrati, in tutte e tre le aziende, nell'area di stoccaggio del bitume in quanto i serbatoi, le pompe e le tubazioni adibite al trasporto del bitume all'impianto di miscelazione presentavano un cattivo stato di manutenzione, con perdite di oli lungo più punti del circuito ed una intensa emissione di nebbie e vapori dalle bocchette d'ispezione.

I dati medi di esposizione ad IPA totali (somma dei 15 IPA investigati) per le diverse mansioni sono riportati schematicamente in grafico (figura 19). Da esso non si evince una notevole differenza di esposizione per le diverse mansioni, ad eccezione di quella di addetto alla cabina che risulta a minor rischio. Tale "omogeneità espositiva" è imputabile all'intercambiabilità dei ruoli dovuta all'esiguo numero di addetti. Coloro che operano nella cabina di comando, invece, svolgendo il proprio lavoro in un ambiente chiuso e pertanto maggiormente protetto, sono esposti a valori inferiori di IPA.

I livelli di concentrazione rilevati nei monitoraggi ambientali sono risultati più elevati rispetto a quelli personali. Questo è probabilmente imputabile al fatto che gli operai svolgono, solo per periodi di tempo limitati, le attività lavorative all'interno del capannone di stoccaggio del bitume, dove si registrano livelli di concentrazione di IPA superiori.

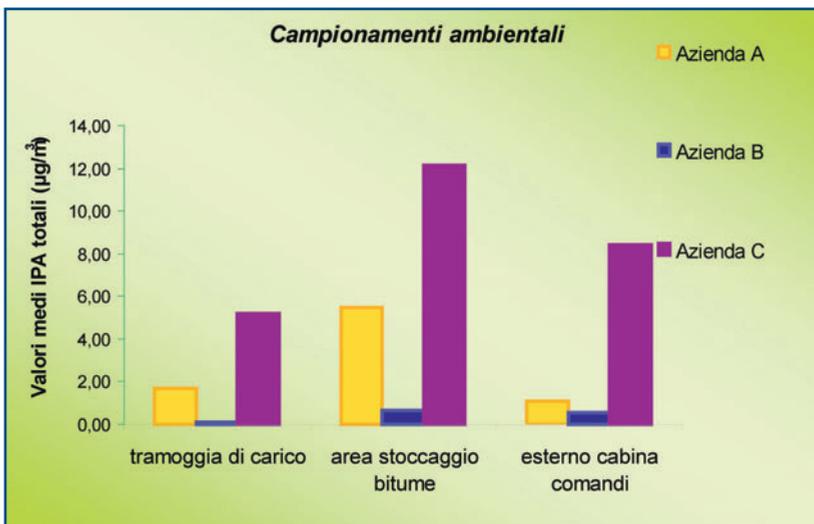


Fig. 18 Valori medi di esposizione ambientale ad IPA totali nelle 3 aziende

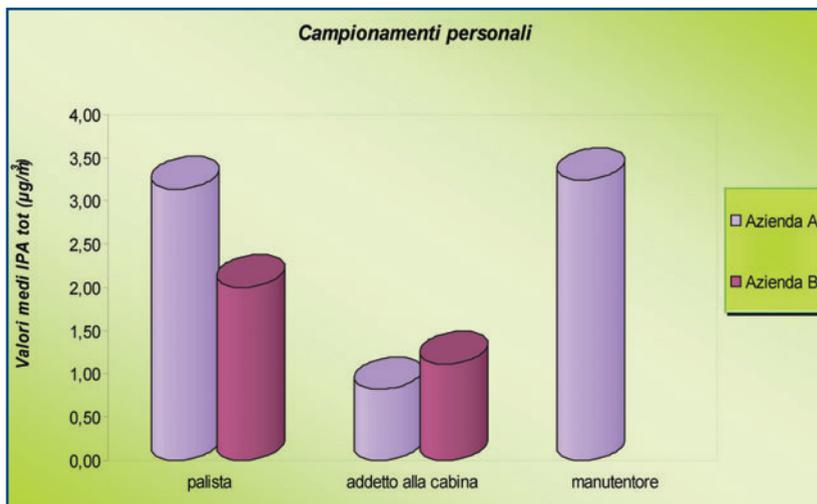


Fig. 19 Valori medi di esposizione personale ad IPA totali nelle 3 aziende

Al fine di avere un quadro espositivo più accurato sono riportati anche i profili medi dei 15 IPA indagati nelle diverse aree degli impianti (figure 20 e 21).

Dai grafici si evidenzia una preponderanza degli idrocarburi a basso peso molecolare (fino a 154), con una netta prevalenza del naftalene, mentre i rimanenti IPA sono presenti in concentrazioni inferiori. Solo nel capannone di stoccaggio del bitume dell'azienda A (figura 21) sono state riscontrate concentrazioni significative di IPA a pesi molecolari maggiori, la cui formazione è probabilmente legata a processi di ciclizzazione favoriti dalle alte temperature di stoccaggio.

Anche i dati di letteratura confermano una percentuale significativa di idrocarburi aromatici con anelli benzenici inferiori a tre, con una presenza preponderante di naftalene (80-90%) e la presenza del benzo[a]pirene limitata a casi sporadici. Le prove di laboratorio confermano inoltre l'influenza della temperatura sia sulla quantità dei fumi generati che sulla loro composizione, che si riflette in un aumento degli idrocarburi a cinque o più anelli benzenici.

Un confronto dei livelli di concentrazione rilevati nel presente lavoro con i dati di letteratura risulta difficile per i pochi studi effettuati a livello internazionale negli impianti di produzione. La maggior parte delle indagini sperimentali sono state condotte negli Stati Uniti ed in un rapporto del NIOSH (n. 2001-110) vengono riportati per gli impianti di produzione del bitumi valori compresi tra 0,03 e 13 mg/m³ per tutti gli IPA solubili in benzene. Tuttavia risulta difficile, a causa della diversità degli analiti indagati, un confronto tra i dati del presente lavoro, in cui sono stati analizzati i 15 IPA

proposti dall'EPA ed i dati riportati dal NIOSH, dove è stata misurata, invece, la somma di tutti gli IPA solubili in benzene. Possiamo comunque affermare che i valori di concentrazione di IPA misurati appaiono in generale notevolmente superiori a quelli di norma rilevati nell'ambiente di vita della popolazione (i valori riscontrati in alcune città italiane sono dell'ordine del ng/m^3).

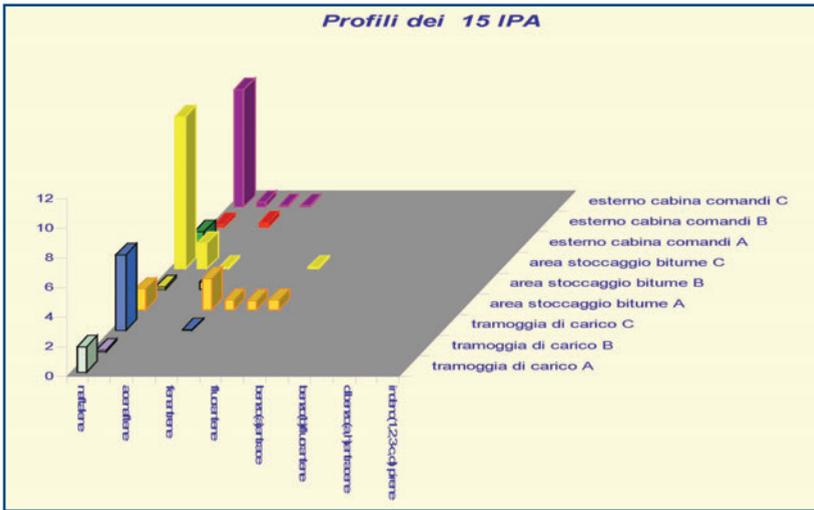


Fig. 20 Livelli medi dei singoli IPA indagati in diverse aree delle 3 aziende

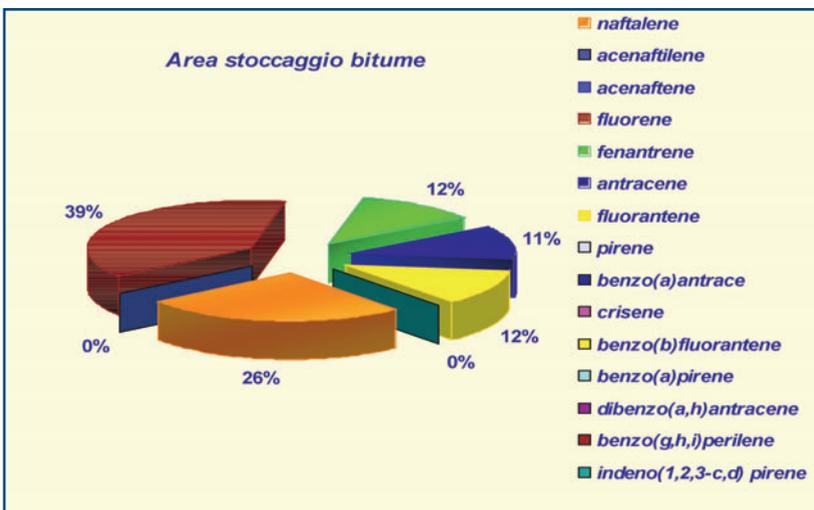


Fig. 21 Percentuali medie dei singoli congeneri nell'area stoccaggio bitume dell'azienda A

In seguito al sopralluogo dall'Organo di Vigilanza, l'azienda A ha provveduto ad effettuare le opere di bonifica prescritte ed a monitorarne l'efficacia attraverso l'esecuzione di indagini ambientali.

Tali indagini sono state effettuate mediante prelievi sia ambientali che personali replicati per tre giorni consecutivi, per l'intero turno lavorativo.

Sono stati monitorati gli IPA totali i cui valori medi sono risultati pari a $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'interno dell'area di stoccaggio del bitume, mostrando valori dimezzati rispetto ai livelli riscontrati prima delle opere di bonifica.

Sono stati inoltre monitorati, al fine di poter avere delle indicazioni generali sulla qualità dell'aria in tale ambiente, i solventi organici volatili maggiormente diffusi nelle lavorazioni che comportano l'utilizzo di gasolio o oli minerali, ovvero: acetone, alcol isobutilico, xileni, trimetilbenzeni, metilisobutilchetone, etilbenzene, tricloroetilene, cloruro di metilene, metilcellosolve ed etilcellosolve (figura 22). Anche i dati relativi ai SOV confermano la presenza di livelli maggiori di inquinanti all'interno dell'area di stoccaggio del bitume, come riscontrato per gli idrocarburi policiclici aromatici. I valori dei SOV aerodispersi sono risultati comunque notevolmente inferiori ai limiti di legge vigenti (DM 26/2/2004).

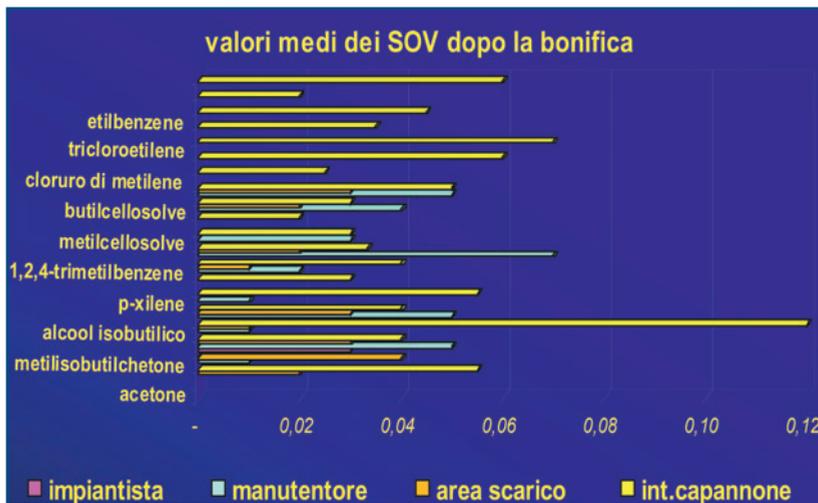


Fig. 22 Valori medi di esposizione a SOV dopo gli interventi di modifica, espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

I campionamenti di silice libera cristallina sono stati effettuati per la mansione di palista e nell'area di stoccaggio degli inerti. I valori medi dei rilievi ambientali e personali della SLC sono risultati pari rispettivamente a $0,007$ e $0,008 \text{ mg}/\text{m}^3$, mentre i dati relativi alla misura delle nebbie d'olio sono risultati compresi tra $0,04$ - $0,08 \text{ mg}/\text{m}^3$.

È da precisare che attualmente nessuna normativa nazionale prevede dei limiti di sicurezza per la silice libera cristallina; tra gli altri esistono, a livello internazionale, i valori limite di riferimento ACGIH, espressi come TLV-TWA (Threshold Limit Value - Time Weighted Average), fissati in $0,025 \text{ mg/m}^3$ (ACGIH 2008). I valori della concentrazione di silice libera cristallina respirabile ottenuti nel presente studio sono risultati di gran lunga inferiori a tale limite.

I bassi valori riscontrati nelle ditte indagate (come del resto, in linea generale, nell'intero comparto) sono spiegabili dalla natura calcarea degli inerti che, come tali, non contengono quarzo o ne contengono in concentrazione molto limitata (in media 0,2 %).

L'indagine fonometrica condotta presso l'azienda A ha evidenziato per la mansione di "addetto alla cabina di controllo", valori di Lepd (livello di esposizione quotidiana personale al rumore) " $<80 \text{ dBA}$ "; anche per la mansione di "manutentore", il Lepd è risultato " $<80 \text{ dBA}$ ", nonostante alcune operazioni afferenti a questa mansione esponcano il lavoratore a valori elevati di LeqA (livello equivalente) compresi tra $82,5$ e $90,5 \text{ dBA}$. I tempi dediti alle diverse operazioni, utilizzati per il calcolo dei valori di Lepd, sono stati desunti dalle interviste dei lavoratori.

Sulla base di quanto stabilito dal D.Lgs. 277/91, per attività che comportano un valore di Lepd compreso tra 80 dBA e 85 dBA , i lavoratori addetti devono ricevere un'adeguata informazione sui rischi da rumore e non sono previste ulteriori misure di tutela.

Attualmente, l'art. 189 del D.Lgs. 81/2008 fissa a 87 dB(A) il livello di esposizione giornaliero al rumore e a 85 e 80 dB(A) i valori, rispettivamente superiore e inferiore, del livello di azione.

Dall'analisi complessiva dei dati si ritiene che il rischio principale presente nelle aziende del comparto è legato alla possibile emissione di idrocarburi policiclici aromatici dalle bocchette di ispezione dell'impianto. Si è dell'avviso che le misure di bonifica adottate dalle aziende siano risultate efficaci in tale contesto lavorativo in cui l'impiego di un ciclo chiuso non è possibile per la necessità di ispezionare periodicamente le cisterne. Il generale miglioramento della qualità dell'aria dell'ambiente di lavoro, riscontrato in seguito alla bonifica, conferma la bontà delle azioni intraprese.

Tuttavia, permane il rischio legato alla presenza degli IPA nell'ambiente di lavoro anche dopo l'intervento di bonifica ed il problema della quantificazione del rischio di esposizione professionale a tali sostanze legato alla non unicità dei valori limite di esposizione. Esistono infatti a livello internazionale diversi limiti di esposizione professionale relativi sia a miscele di IPA che ai singoli idrocarburi aromatici (general-

mente il benzo[a]pirene). Inoltre alcuni Paesi non hanno un limite specifico ma adottano i limiti generici per le polveri.

A partire da 1 gennaio 2008, tra le sostanze chimiche oggetto di studio da parte del Comitato ACGIH per i TLV sono compresi gli IPA il benzo[a]antracene, il benzo[b]fluorantene e il benzo[a]pirene. Per gli aggiornamenti della lista di sostanze ed argomenti in caso di studio occorre far riferimento al sito dell'ACGIH (<http://www.acgih.org/TLV/Studies.htm>).

In ogni caso, un riferimento autorevole per quanto riguarda i limiti di esposizione professionale soprattutto in assenza (come nel caso dell'Italia) di limiti adottati a livello nazionale, è rappresentato dai valori aggiornati annualmente dall'ACGIH che raccomanda, per i fumi di bitume, un TLV-TWA di 0,5 mg/m³ (2007) calcolato come parte solubile in benzene della frazione inalabile del particolato aerodisperso.

È importante tenere presente che i risultati delle misurazioni degli IPA nei fumi di bitume sono strettamente condizionati dalla metodica di campionamento, di desorbimento e di analisi adottata e che non esiste attualmente un'unica metodica specifica, utilizzata a livello internazionale per tale analisi, né un metodo univoco di comparazione dei dati.

SORVEGLIANZA SANITARIA

Nell'ambito del progetto è stata valutata anche l'attività di sorveglianza sanitaria effettuata dai medici competenti nelle quattro ditte coinvolte.

Gli obiettivi di tale valutazione sono stati i seguenti:

- valutazione del protocollo sanitario stabilito dal medico competente, al fine di verificarne la congruità rispetto ai rischi presenti;
- esame delle cartelle sanitarie e di rischio;
- valutazione, tramite apposito questionario, del livello di conoscenza e coinvolgimento del medico competente rispetto al rischio da agenti chimici pericolosi.

Poiché la valutazione di cui al punto a) si riferiva a protocolli sanitari stabiliti prima della entrata in vigore del titolo VII-bis del D.Lgs. 626/94, ulteriore obiettivo è stato anche quello di confrontare il primo protocollo sanitario con quello eventualmente rielaborato dopo l'effettuazione della valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi.

Sia l'esame dei protocolli sanitari pre VII-bis che i risultati dei questionari hanno evidenziato notevoli punti critici di seguito riassunti.

Protocolli sanitari

L'*identificazione dei pericoli* lavorativi non era soddisfacente: talvolta alcuni rischi non erano valutati (rischio chimico), in altri casi la valutazione era incompleta e/o troppo generica (esposizione a polveri).

La *periodicità delle visite* risultava in due casi semestrale (come atteso in base alla voce 47 della tabella del DPR 303/56), in un caso trimestrale (anche se non motivando tale periodicità) ed era annuale nel caso in cui non era stato riconosciuto il rischio da agenti chimici pericolosi.

Gli *accertamenti periodici mirati* ai rischi, in tutti i casi prevedevano correttamente, quali accertamenti integrativi, spirometria, audiometria ed esami ematochimici. In alcuni casi erano previsti accertamenti non necessari: ECG annuale (non giustificato come esame periodico se non a periodicità molto dilazionata); RX torace biennale. Si è sempre riscontrata, invece, l'assenza di alcuni accertamenti che sarebbero stati utili: solo in un caso era correttamente previsto un controllo del rachide lombo sacrale (utile per il rischio da vibrazioni a tutto il corpo nella guida della motopala); solo in un caso si faceva riferimento ad un videat dermatologico (utile per l'esposizione cutanea a bitume ed oli), da attivare in caso di necessità; in nessun caso si prescriveva il monitoraggio biologico (per esposizione a IPA).

La *periodicità degli accertamenti mirati* è risultata eccessiva nei seguenti casi: spirometria sempre annuale e in un caso addirittura semestrale, nonostante un rischio moderato da agenti irritanti respiratori; audiometria annuale, nonostante un livello di esposizione a rumore "85 dBA; ECG annuale; ematochimici semestrali.

Questionario sul rischio chimico

È stato sottoposto ai medici chiedendo loro di indicare i pericoli dovuti alla presenza di agenti chimici presenti in azienda, le modalità di individuazione di tali rischi, l'entità dei rischi (moderati, non moderati...), unitamente alle motivazioni di tale stima, le indagini ambientali per la misura degli agenti chimici eventualmente effettuate e le figure coinvolte, l'attivazione del monitoraggio biologico e le metodologie dello stesso.

I dati sostanziali emersi sono stati i seguenti:

- *il rischio chimico è risultato scarsamente conosciuto* sia qualitativamente (indicazione del solo bitume o dei soli IPA; mancata indicazione degli oli combustibili o diatermici e delle polveri minerali) che quantitativamente; in un caso tale rischio era addirittura ignorato;
- *il medico competente non è stato mai veramente coinvolto* nel processo di valutazione dei rischi e nel confronto con gli altri soggetti della prevenzione (datore di lavoro, RSPP);
- *non sono mai stati condotti monitoraggi ambientali né biologici.*

L'esame delle cartelle sanitarie e di rischio ha mostrato carenze riguardanti l'impostazione stessa dei documenti incompleti e poveri di dati anamnestici e clinici (sia generali che sui rischi specifici).

Le criticità sopra indicate non sono peculiari del comparto di produzione conglomerati bituminosi, ma sono riscontrabili spesso anche in molti altri ambiti lavorativi, seppure in questo caso la realtà sia complicata da: esiguo numero di addetti, intercambiabilità delle mansioni, ritmi e compiti di lavoro molto discontinui, utilizzo di materie prime non ben caratterizzate, ambienti di lavoro molto ampi e dispersivi, per lo più all'aperto, con alcuni microambienti confinati (cabine di controllo, cabine di guida, deposito bitume e oli) e permanenza incostante o saltuaria dei lavoratori.

Come conseguenza di alcune delle carenze indicate si è provveduto a contestare le seguenti violazioni agli obblighi di legge e ad impartire le relative prescrizioni:

- mancanza di accertamenti mirati ad alcuni rischi (oli, vibrazioni al corpo intero) o mancato rispetto della periodicità degli accertamenti stabiliti (art 17, comma 1 lettera b, D.Lgs. 626/94);
- mancata indicazione dei rischi in cartella sanitaria e inadeguatezza della stessa (art. 17, comma 1 lettera d D.Lgs. 626/94).

In ottemperanza alle prescrizioni impartite sia ai datori di lavoro che ai medici competenti è stata ripetuta la valutazione del rischio migliorando l'identificazione e la differenziazione per le mansioni. Inoltre è stato stilato nuovamente il protocollo sani-

tario modificandolo opportunamente, come di seguito specificato:

- *periodicità delle visite*: semestrale in due aziende per gli esposti ad IPA (impiantista, addetto manutenzione) e annuale negli altri casi;
- *accertamenti periodici mirati*: spirometria, audiometria ed ematochimici, valutazione clinico funzionale del rachide per i palisti, esame mirato della cute o visita dermatologica per gli esposti a bitume/oli. In due casi è stato previsto anche l'esame oncocitologico delle urine; in un solo caso è stata prevista la determinazione dell'1-OHPirene urinario (esame certamente più utile per la valutazione del rischio cancerogeno, ma di non ampia diffusione presso i laboratori analitici);
- *periodicità degli accertamenti*: l'EKG è stato previsto in un caso in prima visita, nell'altro con periodicità triennale, l'audiometria è divenuta biennale in due casi e triennale in un caso; la spirometria è passata da annuale a biennale in due casi e triennale in un caso.

INTERVENTI DI BONIFICA

In conseguenza delle criticità riscontrate durante i sopralluoghi ispettivi si è ritenuto opportuno ricorrere alle soluzioni tecniche riportate di seguito.

Al fine di ridurre e mantenere l'esposizione agli IPA ai livelli più bassi possibili si è:

- prescritto di provvedere ad una manutenzione tecnica efficace degli impianti in ogni loro parte, con periodicità stabilite da apposite procedure aziendali, comprensive delle misure straordinarie specifiche da adottare, considerando che le attività di manutenzione possono comportare un notevole innalzamento dell'esposizione;
- prescritto di procedere a pulizie efficaci di ogni parte degli impianti, con particolare riferimento al capannone dove sono ubicate le cisterne di stoccaggio del bitume e/o degli oli combustibili e diatermici, e di tutte le attrezzature e dispositivi ad esse collegate; definizione di specifiche procedure aziendali per le pulizie da effettuare, determinandone la periodicità, sia ordinaria che straordinaria;

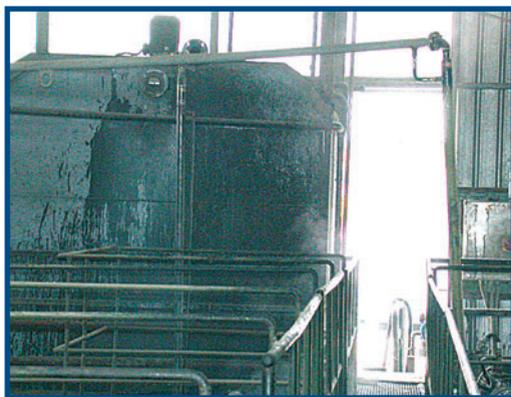


Fig. 23 Situazione dell'area stoccaggio bitume prima (a sinistra) e dopo (a destra) l'intervento di pulizia

- suggerito di provvedere all'installazione di un condotto per la raccolta dei vapori e dei fumi provenienti dalle bocchette di ispezione, collegato ad un serbatoio d'acqua dove i fumi vengono intrappolati;



Fig. 24 Situazione dell'area stoccaggio bitume prima (a sinistra) e dopo (a destra) la realizzazione del condotto di raccolta dei fumi

- prescritto di provvedere affinché la cabina della centrale di comando sia dotata di un impianto di aerazione/termoventilazione comprensivo di un sistema di filtrazione assoluta in entrata, al fine di impedire qualsiasi effetto di accumulo degli inquinanti all'interno della stessa, avendo cura inoltre che l'aria immessa provenga preferibilmente da zone non prossime alle sorgenti di emissione degli inquinanti stessi;
- prescritto di provvedere affinché l'impianto e il suo sistema filtrante vengano sottoposti a regolare manutenzione tecnica per garantirne la costante efficacia;
- prescritto di provvedere al corretto allontanamento ed immagazzinamento di materiali ed attrezzature, o di scarti e residui di lavorazioni derivanti dalle attività di manutenzione, sia ordinaria che straordinaria.

Per limitare e ridurre al minimo l'esposizione alle polveri si è prescritto di:

- modificare il sistema di trasporto degli inerti, procedendo alla copertura dei nastri trasportatori, alla chiusura delle tramogge di carico, allo scarico degli inerti in eccedenza in contenitori chiusi, all'irrorazione continua delle aree di stoccaggio e di lavorazione con getti d'acqua da idranti o da altre fonti opportunamente distribuite nei punti più critici.



Fig. 25 Zona trasporto inerti prima (a sinistra) e dopo (a destra) la realizzazione della copertura dei nastri trasportatori

Per regolare il traffico veicolare interno si è prescritto di:

- fare ricorso alla segnaletica stradale, sia orizzontale che verticale, avendo cura di evidenziare i percorsi in entrata e in uscita, le aree di stazionamento per le attese, le aree per le operazioni di pesatura, le aree riservate ai pedoni (lavoratori), integrando il tutto, dove necessario, con segnali di indicazione di destinazione.

In sede di verifica degli adempimenti alle prescrizioni impartite si è potuto accertare che la valutazione del rischio era stata modificata e che le misure adottate hanno consentito di raggiungere significativi miglioramenti dei livelli di esposizione.

Le situazioni più critiche (capannoni di deposito) sono state risolte efficacemente sia per ciò che riguarda le operazioni di riparazione e di manutenzione sia relativamente alla pulizia dell'impianto. Anche i problemi connessi all'intenso traffico veicolare sono stati affrontati adeguatamente, con soluzioni talvolta più avanzate rispetto a quelle prescritte (messa in opera di barriere tipo *New Jersey* per la delimitazione dei percorsi più frequentati).

CONCLUSIONI

Lo studio condotto nelle aziende dedite alla produzione dei conglomerati bituminosi ha permesso di fare maggiore chiarezza sulle problematiche di igiene e sicurezza presenti in un comparto generalmente di piccole dimensioni e con scarse conoscenze in merito. L'indagine ha permesso di identificare i diversi fattori di rischio connessi con tale attività, di individuare e valutare le misure di prevenzione e contenimento dei rischi adottabili, di sensibilizzare i medici competenti al fine di adeguare la sorveglianza sanitaria ai rischi specifici, di cooperare con le figure preposte alla prevenzione nel difficile processo di adeguamento aziendale. Infine, attraverso i sopralluoghi ispettivi condotti dall'Organo di Vigilanza, sono state censite in modo sistematico le più comuni violazioni di legge riscontrate in tale comparto produttivo.

Questo lavoro si propone come contributo utile a tutti i tecnici che operano nel comparto indagato e che sono chiamati ad affrontarne le problematiche di igiene e sicurezza sul lavoro.

Esso si inserisce nel quadro più ampio dell'impegno profuso dall'INAIL nella riduzione del fenomeno infortunistico e tecnopatico, attuato sia rafforzando il carattere preventivo del sistema della tariffa dei premi, sia aiutando le imprese all'effettiva osservanza della normativa di sicurezza con l'introduzione di un meccanismo più direttamente finalizzato a sostenerne i costi secondo le direttive del D.Lgs. n. 38/2000 Capo V, art.23 - *Interventi per il miglioramento delle misure di Prevenzione*.

Nell'anno 2003 sono stati ammessi al *finanziamento agevolato in conto interessi* circa 4600 programmi di adeguamento alla normativa in materia di igiene e sicurezza da parte delle PMI e delle ditte dei settori agricolo e artigianale. In particolare gli interventi hanno riguardato: la modernizzazione delle macchine e degli impianti, l'introduzione di nuove tecnologie finalizzate ad orientare i processi produttivi e la riprogettazione dell'organizzazione aziendale allo scopo di migliorare le condizioni di sicurezza dei luoghi di lavoro. Proprio in quest'ottica si inserisce la delibera del Consiglio di Indirizzo e Vigilanza (CIV) dell'Istituto n. 19 del 22 giugno 2004 in cui si richiede l'istituzionalizzazione degli interventi di sostegno economico previsti dall'art. 23 del 38/2000.

Si ritiene pertanto che, qualora la proposta del CIV venga accolta, gli interventi di bonifica degli impianti dei conglomerati bituminosi, volti al miglioramento delle condizioni di igiene e sicurezza dei lavoratori, possano rientrare tra quelli sovvenzionabili dall'Istituto nonché tra quelli in grado di incidere sull'oscillazione in riduzione del tasso del premio assicurativo (art. 24 DM 12/12/2000).

La politica della promozione, della cultura e delle azioni di prevenzione è stata sposata dal D.Lgs. 81/2008 che introduce all'art. 11 i finanziamenti di progetti di investimento in materia di salute e sicurezza sul lavoro, specialmente per le piccole, medie e micro imprese.

BIBLIOGRAFIA

Alessio L., Apostoli P. et al., Tossicologia e prevenzione dei rischi da esposizione professionale a idrocarburi policiclici aromatici. (I) Linee guida per la prevenzione dei rischi da esposizione professionale a idrocarburi policiclici aromatici. *G. Ital. Med. Lav. Erg.*, 1997,19, 4: 131-136.

Apostoli P., Cassano F. et al., Tossicologia e prevenzione dei rischi da esposizione professionale a idrocarburi policiclici aromatici. (II) Tossicologia. Valutazione dell'esposizione. Monitoraggio ambientale e biologico. *G. Ital. Med. Lav. Erg.*, 1997,19, 4: 137-151.

Apostoli P., Minoia C., Alessio L., *Atti Convegno Nazionale Idrocarburi policiclici aromatici negli ambienti di vita e di lavoro*, Gargnano, 27 marzo '96

Agency for Toxic Substances and Disease Registry ToxFAQs, Polycyclic aromatic hydrocarbons, 1996.

Bolk, Ir. H.J.N.A., van der Zwan, Ir. J.Th., Thermal conversion of tar-containing asphalt integrated into the asphalt production process in combination with energy recovery and re-use of minerals. *28Eurasphalt & Eurobitume Congress Barcellona 2002*.

Binet S., Pfohl-Lezkowicz A., Brandt H, Lafontaine M., Castegnaro M. Bitumen fumes:review of work on the potential risk to workers and the present knowledge on its origin. *Sci Total Environ.* 20002 Dec 2; 300(1-3):37-49.

Boffetta P., Burstyn I., Studies of carcinogenicity of bitumen fume in humans. *Am J Med.* 2003 Jan; 43 (1): 1-2.

Burstyn I., Kromhout H., Are the members of paving crew uniformly exposed to bitumen fume, organic vapor, and benzo(a)pyrene?, *Risk Anal* 2000 Oct, 20(5):653-63.

Burstyn I., et al. Estimating exposures in the asphalt industry for an international epidemiological cohort study of cancer risk. *Am J Ind Med.* 2003 Jan; 43(1):3-17.

Cavallo D. et al. Valutazione dell'esposizione a idrocarburi policiclici aromatici nella stesura di asfalto, *G Ital Med Lav Erg* 2003; 25:3, *Suppl.*

Colombini M.P., Fuoco R. et al., Determination of polyaromatic hydrocarbons in atmospheric particulate samples by HPLC with Fluorescence detection: A field application. *Microchemica Journal*, 1998, 59, 2: 228-238.

Environment Australia Technical Report No. 2 Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Australia, *October 1999*

European communities Ambient air pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH). Position Paper, 2001

Jarvholm B., Nordstrom G., Hogstedt B., Levin JO, Wahlstrom J, Ostman C., Bergendahl C., Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and genotoxic effects on nonsmoking Swedish road pavement workers, *Scand J Work Environ Health*, 1999 Apr, 25(2):131-6.

IARC Epidemiological study of cancer mortality among european asphalt workers. *IARC Internal Report N. 01/003*, October 2001.

IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Supplement 7, 1987: 133.

NIOSH, Health Effect of Occupational Exposure to Asphalt, *Hazard Review*, 2002.

Menechini E., Tancredi F., Osservazioni sul dosaggio di alcuni composti policiclici aromatici nell'applicazione delle "linee guida per le emissioni industriali" (DM 12/7/1990). *Inquinamento*, 1994, 6: 44-48.

Minoia C., Perbellini L., Monitoraggio ambientale e biologico dell'esposizione professionale a xenobiotici. *Ed. Morgan*, vol. 2, 2000.

National Pollutant Inventory, Emission Estimation Technique Manual for Hot Mix Asphalt Manufacturing *Ed. Morgan*, 1999.

Saarela Asko, Environmental and Occupational Health Risks of Recycled Materials in Asphalt Production, *Finnish Research Programme on Environmental Health*, Sitty, 1998.

Sciarra G. Valori di riferimento ambientali e biologici degli idrocarburi policiclici aromatici, *G Ital Med Lav Erg* 2003; 25:1,83-93

SITEB, L'esposizione al bitume e ai suoi fumi: effetti sulla salute, Novembre 2003.