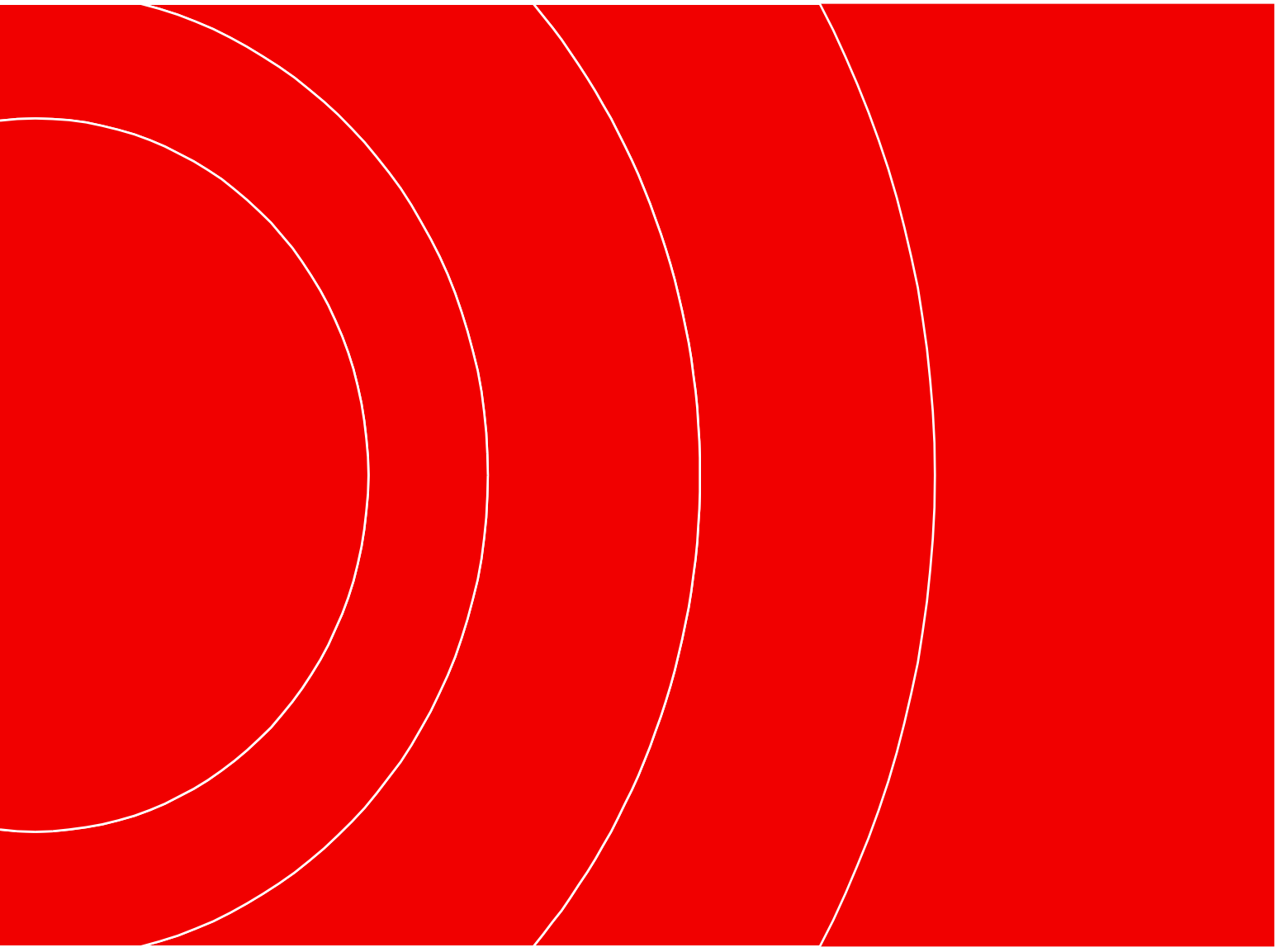
Previa



# Studi sulla salute sul lavoro nello studio pilota del 2006 e nel progetto 2007-2009 sull'asfalto gommato commissionato dalla Swedish Road Administration (Amministrazione per la viabilità svedese)

Indice Pagina


| | |
|---|---|
| Sintesi | 3 |
| Obiettivi | 5 |
| 2006 – Studio pilota | 6 |
| 2006 – Totali parziali – studio pilota | 8 |
| 2006 – Sintesi parziale – studio pilota | 10 |
| 2007 – Misura 1 | 11 |
| 2007 – Totali parziali – Misura 1 | 13 |
| 2007 – Sintesi parziale - Misura 1 | 14 |
| 2007 – Misura 2 | 15 |
| 2007 – Totali parziali – Misura 2 | 17 |
| 2007 – Sintesi parziale - Misura 2 | 19 |
| 2008 – Misura 1 – 6 | 20 |
| 2008 – Totali parziali – Misura 1-6 | 23 |
| 2008 – Sintesi parziale - Misura 1-6 | 27 |
| 2009 – Misura 1-5 e Valutazione/stima dell'odore e interviste | 28 |
| 2009 – Totali parziali – Misura 1-5 | 35 |
| 2009 – Totali parziali – Valutazione/stima dell'odore e disturbi | 41 |
| 2009 – Risposte alle interviste | 42 |
| 2009 – Commenti | 43 |
| 2009 – Sintesi parziale – Misura 1-5 e Valutazione/stima dell'odore e interviste | 46 |
| Discussione | 47 |
| Conclusioni e raccomandazioni | 48 |
| Bibliografia | 49 |
| **Allegati** | |
| Compilazione dei dati tossicologici e fisici degli IPA | 50 |
| Figure – Miscelatore del bitume utilizzato nello studio pilota e Misura 1 – 2007 | 51 |
| Figura – Remixer alla Misura 2 – 2008, Vetlanda | 52 |
| Modulo per la stima dell'odore/disturbi | 53 |

# Sintesi

La presente relazione, redatta su incarico della Swedish Road Administration (Amministrazione della viabilità svedese), verte sull'impatto sull'ambiente di lavoro presso l'impianto per la produzione di asfalto, all'atto della miscela di polverino di gomma da riciclo dei pneumatici con bitume, e presso il cantiere, all'atto della posa in opera della miscela di asfalto gommato. Lo studio, nella sua completezza, include uno studio pilota svolto nel 2006 e studi relativi alla produzione condotti nel periodo 2007-2009.

Le misure dei 16 IPA più comuni indicano che, nelle lavorazioni che prevedono asfalto gommato, l'esposizione del personale/operatore agli IPA è estremamente contenuta. Gli operatori che operano con l'impianto di produzione del bitume gommato, collegato all'impianto per la per la produzione di asfalto, hanno riportato un'esposizione minore rispetto agli operatori che operano presso o in prossimità di finitrici, dove la direzione del vento determina quale degli operatori sia il più esposto. L'esposizione del personale/operatore sia al benzo(a)pirene sia al naftalene è ben al di sotto dei valori limite e, nella maggior parte dei casi, nel caso del benzo(a)pirene l'esposizione risulta al di sotto del limite di rivelabilità.

L'esposizione massima al benzo(a)pirene misurata in questo progetto è pari a 0,03 µg/m$^3$, ovvero l'1,5% del valore limite. Per la pavimentazione del conglomerato bituminoso sono stati utilizzati una riscaldatrice e un remixer. I campioni di materiale attorno alle coclee della finitrice mostrano altresì che i contenuti più elevati di IPA vengono ottenuti durante la posa in opera con la riscaldatrice e il remixer. Per tutte le misure, l'esposizione al naftalene è risultata estremamente contenuta, con un valore massimo pari allo 0,012% del valore limite. Non è stata eseguita alcuna misura mobile dell'esposizione del contenuto di anilina, ma in corrispondenza della scala della finitrice e alla stessa altezza dell'aria inalata dagli asfaltatori, il contenuto di anilina era pari a 30 µg/m$^3$, ovvero meno dell'1% del valore limite.

Le misure mostrano che il benzotiazolo e l'anilina sono sprigionati dal polverino di gomma, dato che non è stato possibile rilevare tali sostanze nella posa in opera del conglomerato bituminoso senza gomma (ABS 11). Non è stato possibile misurare alcuna differenza di rilievo nell'evaporazione degli IPA da polverino di gomma provenienti da diversi fornitori.

Le irritazioni delle vie respiratorie e la nausea, riportate durante la posa in opera di asfalto gommato (6) in condizioni sfavorevoli quasi in assenza di vento e a temperature dell'aria molto elevate, sono difficilmente causate da aldeidi, bensì probabilmente dall'esposizione al benzotiazolo ed al suo sgradevole odore. Tale supposizione deve essere avvalorata da ulteriori misure.

L'aggiunta di un agente deodorante al bitume non ha ridotto, bensì incrementato il contenuto di benzotiazolo attorno alle coclee. Gli operatori della finitrice non hanno percepito alcuna differenza relativamente all'odore.

Studi di laboratorio mostrano che, quando il polverino di gomma è miscelato a temperature superiori all'intervallo tra 164 °C e circa 180 °C, l'emissione di IPA nell'aria all'interno del miscelatore del bitume aumenta notevolmente. Ciò è probabilmente dovuto all'aggiunta della gomma e all'elevata temperatura.

Il contenuto di IPA in corrispondenza delle coclee della finitrice aumenta leggermente durante la posa in opera della miscela di asfalto gommato GAP 11 ad una temperatura di 150-160 °C o 135-140 °C rispetto alla posa in opera di ABS 11 alla temperatura di 145-155 °C. La differenza in termini di contenuto di IPA relativamente al GAP 11 tra 150-160 °C e 135-140 °C era trascurabile. La posa in opera della miscela di asfalto gommato "open-graded" GAÖ 8/11 (145-150 °C) con una riscaldatrice incrementa leggermente il contenuto di IPA sulle coclee rispetto al GAP 11; tuttavia, nel caso del benzotiazolo, l'incremento è superiore. Tuttavia, avendo utilizzato una riscaldatrice per la posa in opera della miscela "open-graded", il risultato può essere influenzato anche dall'utilizzo di detta riscaldatrice.

I risultati ottenuti dalle misure in laboratorio e dalle misure di cui sopra indicano che quando il conglomerato bituminoso è riscaldato ad una temperatura superiore a circa 170 °C , l'emissione di IPA aumenta in quantità rilevante. Ulteriori misure dovrebbero essere eseguite in laboratorio in condizioni esterne controllate.

L'installazione di una ventola sulla finitrice riduce, in certa misura, l'esposizione agli IPA, ma gli operatori a bordo e in prossimità della finitrice hanno manifestato le proprie riserve circa la sua efficacia in quanto non percepivano alcuna differenza. Di nuovo, dovrebbero essere eseguite ulteriori misure e con minori variabili esterne.

In sintesi, è possibile concludere che l'ambiente di lavoro non peggiora in modo significativo a causa dell'aggiunta di gomma, purché la temperatura del conglomerato bituminoso non superi i 170 °C circa.

Jönköping 03-03-2010

Håkan Thorén
Ingegnere dell'ambiente di lavoro
AB Previa

# Introduzione

La presente relazione è una raccolta di studi, commissionata dalla Swedish Road Administration (Amministrazione per la viabilità svedese), volta a studiare l'influenza sulla salute sul lavoro, laddove si aggiunga polverino di gomma derivanti da pneumatici di auto alle miscele bituminose. Gli studi sono cominciati con uno studio pilota in scala di laboratorio nel 2006 e sono proseguiti con uno studio in scala di laboratorio dimezzata. Successivamente, gli studi sono stati svolti in produzione fino al mese di settembre 2009, concentrandosi sulle questioni in materia di salute sul lavoro legate alla produzione.

# Obiettivi

Gli studi in seno a questa relazione sono stati svolti per accrescere la conoscenza relativa alla salute sul lavoro per coloro che operano con asfalti gommati e al fine di stabilire se l'aggiunta di polverino di gomma comporta un ambiente lavorativo sostanzialmente più pericoloso rispetto a operazioni legate a conglomerati bituminosi che non prevedono l'aggiunta di gomma. Lo scopo degli studi consisteva nelle misure degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), giacché tali studi pilota, commissionati dalla SRA (1,2), hanno dimostrato l'emissione di IPA all'atto della gassificazione dell'asfalto gommato. Il benzotiazolo è una sostanza che dà origine al tipico odore di gomma e la presente relazione se ne è occupata in misura minore in quanto viene meno il valore limite di esposizione professionale per questa sostanza. Oltre al fatto che il benzotiazolo può causare allergia da contatto, gli unici sintomi possibili nell'inalarlo consistono in bruciore agli occhi, naso e gola e tosse. Non vi sono studi che provino che l'esposizione al benzotiazolo comporti gravi rischi per la salute, nonostante una lunga esposizione al benzotiazolo durante tutti gli anni di produzione di prodotti di gomma. È, viceversa, possibile che l'odore di benzotiazolo possa essere così sgradevole da provocare indisposizione.

# Asfalto gommato

In questo progetto, per "Asfalto gommato" si intende una miscela di conglomerato bituminoso, in cui la fase bituminosa è stata modificata da polverino di gomma, prodotto mediante frammentazione e setacciatura di pneumatici riciclati. Il bitume tradizionale e il polverino di gomma (0-1 mm) vengono miscelati con un contenuto di gomma nel legante dell'ordine del 17-20% in massa ad una temperatura pari a 165 -175°C. Agitando lentamente, la gomma e il bitume reagiranno per 45-60 minuti dando luogo ad un bitume modificato con la gomma che viene successivamente miscelato all'aggregato per ottenere una miscela bituminosa. Il contenuto di gomma della miscela/manto bituminoso finito è dell'ordine dell'1,5-2,0% in massa.

# 2006 – STUDIO PILOTA

# Misura degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) derivanti da bitume modificato con gomma

## CAMPO

Al fine di migliorare le proprietà tecniche dei manti stradali, in alcuni paesi si è iniziato a miscelare il polverino di gomma con il bitume presso l'impianto per la produzione dell'asfalto. Vi è il sospetto che questa aggiunta di gomma possa comportare un incremento dei rischi per la salute del personale esposto al fumo della miscela bitume-gomma. Pertanto, la Swedish Road Administration (SRA) (Amministrazione per la viabilità svedese) ha deciso di misurare in laboratorio la quantità di idrocarburi policiclici aromatici emessi dai leganti bituminosi con e senza l'aggiunta di polverino di gomma rispettivamente.
AB Previa ha ricevuto l'incarico di misurare in laboratorio gli idrocarburi policiclici aromatici emessi dalle miscele bitume-gomma e di svolgere misure comparative con e senza l'aggiunta di gomma rispettivamente.

## CAMPIONAMENTO E ANALISI

Il campionamento degli idrocarburi policiclici aromatici avviene aspirando l'aria e il fumo dalla parte superiore del miscelatore del bitume attraverso un tubo in ottone lungo circa 40 cm e successivamente attraverso un filtro in vetroresina in un tubo XAD, il quale funge da tubo di assorbimento in cui vengono catturati gli idrocarburi policiclici aromatici. (Si vedano le figure a pagina 44).

Il campionamento comincia quando la temperatura della miscela del legante raggiunge i 150 – 165°C e prosegue per 4 ore con un flusso d'aria attraverso il tubo di assorbimento di 0,2 l/min, fatta eccezione per gli esperimenti 2 e 3, dove il flusso d'aria è diminuito leggermente durante parte del tempo di campionamento. Tutti i campioni sono stati portati presso il laboratorio dedicato all'asfalto della SRA a Jönköping, dove le miscele bituminose vengono colate in un contenitore non corrosivo, dotato di agitatore e dispositivo di riscaldamento.

## ANALISI

Successivamente ad ogni miscelazione, il miscelatore viene pulito con bitume puro B 70/100. Il tubo di assorbimento di ciascun esperimento viene sigillato e inviato ad Analytica AB, Täby, per l'analisi degli IPA più comuni con sistema combinato di gascromatografia e spettrometria di massa (GC-MS). A sua volta, Analytica AB, ha affidato l'analisi a GBA, Flensburger Strasse 15, 254 21 PINNEBERG, Germania, un laboratorio accreditato dall'ente di certificazione tedesco DAR.

**DATI DI CAMPIONAMENTO**

| | |
|---|---|
| **ESPERIMENTO 0** | **10-11-2006** |
| **Tempo di campionamento** | 4 ore |
| **Volume di campionamento** | 48 litri |
| **Bitume** | Bitume premiscelato 70/100 proveniente da Norrköping e prodotto nel 2005 |

Il campionamento inizia a 150 °C. Dopo 15 minuti, la temperatura è pari a 160 °C. Successivamente, la temperatura durante il campionamento è pari a 158 – 164°C.

| | |
|---|---|
| **ESPERIMENTO 1** | **13-11-2006** |
| **Tempo di campionamento** | 4 ore |
| **Volume di campionamento** | 48 litri |
| **Bitume** | Nypol 50/100-75 proveniente da Nynäs |

Il campionamento inizia a 150 °C. Dopo 15 minuti, la temperatura è di 160 °C. Successivamente, la temperatura durante il campionamento è pari a 160 – 166°C. Un liquido viene condensato nel tubo di assorbimento.

| | |
|---|---|
| **ESPERIMENTO 00** | **15-11-2006** |
| **Tempo di campionamento** | 4 ore |
| **Volume di campionamento** | 48 litri |
| **Bitume** | Miscela di 65% di bitume 50/70 + 35% di bitume 160/220 dal deposito |

Il campionamento inizia a 150 °C. Dopo 15 minuti, la temperatura è pari a 160 °C. Successivamente, la temperatura durante il campionamento è pari a 158 – 164°C. Un liquido viene condensato nel tubo di assorbimento.

| | |
|---|---|
| **ESPERIMENTO 2** | **20-11-2006** |
| **Tempo di campionamento** | 4 ore |
| **Volume di campionamento** | 43,2 litri |
| **Bitume** | Miscela di 65% di bitume 50/70 + 35% di bitume 160/220 dal deposito + polverino di gomma da 0,08 mm. |

Il campionamento inizia a 165 °C, quando è stata aggiunta una parte dei polverino di gomma. Dopo 5 minuti, viene aggiunta la restante parte di polverino di gomma. Dopo 15 minuti, la temperatura è pari a 175 °C. Successivamente, la temperatura durante il campionamento è pari a 172 – 178 °C. Il flusso d'aria in corrispondenza del campionamento diminuisce a 0,15 l/min dopo circa 3 ore, ma viene nuovamente regolato al valore obiettivo di 0,2 l/min. Si condensa un liquido all'interno del tubo di assorbimento.

**ESPERIMENTO 3** **23-11-2006**

**Tempo di campionamento** 4 ore

**Volume di campionamento** 45,6 litri

**Bitume** Miscela di 65% di bitume 50/70 + 35% di bitume 160/220 dal deposito + polverino di gomma R+

Il campionamento inizia a 165 °C, quando è stata aggiunta una parte del polverino di gomma. Dopo 5 minuti, viene aggiunta la restante parte di polverino di gomma. Dopo 15 minuti, la temperatura è pari a 175 °C. Successivamente, la temperatura durante il campionamento è pari a 172 – 178 °C. L'agitazione nel contenitore di miscelazione viene arrestata dopo circa 120 minuti, una volta che la temperatura ha raggiunto 182 °C per 5 minuti, prima di riprendere l'agitazione. Il flusso d'aria in corrispondenza del campionamento diminuisce a 0,15 l/min dopo circa 2 ore, ma viene nuovamente regolato al valore obiettivo di 0,2 l/min. Si condensa un liquido all'interno del tubo di assorbimento.

## 2006 – TOTALI PARZIALI – Studio pilota

| **IPA** | | **Esperi-mento 0** ≤164°C | **Esperi-mento 1** ≤166°C | **Esperim ento 00** ≤164°C | **Esperim ento 2** ≤178°C | **Esperim ento 3** ≤182°C | **Valore limite di esposizione professionale** | **Osservazio ni** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Naftalene** | µg/m$^3$ | **190** | **1100** | **600** | **1100** | **1100** | LLV=50 000 STV=80 000 | |
| **Acenaftilene** | µg/m$^3$ | **1,6** | **5,8** | **7,9** | **67** | **81** | -- | |
| **Acenaftene** | µg/m$^3$ | **13** | **29** | **56** | **280** | **140** | -- | |
| **Fluorene** | µg/m$^3$ | **10** | **18** | **42** | **250** | **160** | -- | |
| **Fenantrene** | µg/m$^3$ | **9** | **19** | **58** | **760** | **390** | -- | |
| **Antracene** | µg/m$^3$ | **0,63** | **1,7** | **5,4** | **39** | **55** | -- | |
| **Fluorantene** | µg/m$^3$ | **1,4** | **1,3** | **3,1** | **58** | **48** | -- | |
| **Pirene** | µg/m$^3$ | **1,1** | **1,4** | **6,3** | **150** | **140** | -- | |
| **Benzo(a, h)antracene** | µg/m$^3$ | <0,4 | <0,4 | **0,73** | **5,3** | **4,8** | -- | C |
| **Crisene** | µg/m$^3$ | <0,4 | <0,4 | **1,8** | **11** | **9,4** | -- | C |
| **Benzo(b)fluorantene** | µg/m$^3$ | <0,4 | <0,4 | **0,77** | **3,5** | **3,1** | -- | C |
| **Benzo(k)fluorantene** | µg/m$^3$ | <0,4 | <0,4 | <0,4 | **0,53** | **0,64** | -- | C |
| **Benzo(a)pirene** | µg/m$^3$ | <0,4 | <0,4 | 0,48 | **2,5** | **2,1** | LLV=2 STV=20 | C, R, H |
| **Dibenzo(a, h)antracene** | µg/m$^3$ | <0,4 | <0,4 | <0,4 | <0,5 | <0,4 | -- | C |
| **Benzo(g, h, i)perilene** | µg/m$^3$ | <0,4 | <0,4 | <0,4 | **1,5** | **1,3** | -- | |
| **Indeno(123cd)pirene** | µg/m$^3$ | <0,4 | <0,4 | <0,4 | <0,5 | <0,4 | -- | C |

LLV = Valore limite
STV = Valore a breve termine
C = Cancerogeno
R = Tossico per la riproduzione
H = Facilmente assorbito dalla cute

Gli IPA di cui alla tabella che precede sono riportati in base al peso molecolare, dove il peso aumenta quanto più ci spostiamo verso la parte inferiore della tabella. I contenuti di IPA pari a < 0,4 μg/m$^3$ e <0,5 μg/m$^3$ rispettivamente nella tabella indicano che i valori misurati si collocano al di sotto del limite di rivelabilità. Al fine di ottenere valori più precisi, è necessario condurre nuovi esperimenti con tempi di campionamento più lunghi.

Dalla tabella che precede, si evince chiaramente che i bitumi derivanti da fonti diverse (esperimenti 0 e 00) hanno prodotto risultati diversi, dove il legante nell'esperimento 00, che consisteva in una miscela composta da 65 % di bitume 50/70 + 35 % di bitume 160/220 dal deposito, contiene più IPA rispetto al legante dell'esperimento 0, che consisteva in bitume 70/00 proveniente da Norrköping e prodotto nel 2005.

La miscela/legante bituminoso (PMB) dell'esperimento 1, che contiene polimeri, emette più naftalene rispetto al legante dell'esperimento 00, ma emette quantità inferiori di altri IPA rispetto al legante dell'esperimento 00.

Per quanto concerne agli esperimenti 2 e 3 con l'aggiunta di polverino di gomma e in presenza di una temperatura elevata, tutti i contenuti di IPA aumentano rispetto all'esperimento 00 (stesso bitume ma privo di polverino di gomma). Tuttavia, per quanto riguarda alcuni IPA, i valori in tutti e tre gli esperimenti si collocano al di sotto del limite di rivelabilità, e ciò significa che non è possibile registrare differenze.

I risultati della misura mostrano che con l'aggiunta di polverino di gomma nella miscela bituminosa e l'innalzamento della temperatura da 164 °C a 178-182 °C, aumenta il contenuto di benzo(a)pirene nell'aria sopra la miscela bituminosa superando 2 μg/m$^3$, ovvero è quintuplicata rispetto al contenuto a temperatura più bassa, quando la gomma non è stata ancora aggiunta. I risultati delle misure mostrano chiaramente altresì che (per i valori misurati sopra il limite di rivelabilità) anche i contenuti di altri IPA cancerogeni aumentano di circa 5 volte nel momento in cui viene innalzata la temperatura e viene aggiunto polverino di gomma alla miscela bituminosa.

La norma AFS 2005:17 prevede i valori limite dell'esposizione professionale per il benzo(a)pirene e il naftalene degli IPA misurati. Il valore limite, ossia il peggiore contenuto medio accettabile (media ponderata nel tempo) di benzo(a)pirene nell'aria respiratoria durante una giornata lavorativa è pari a 2 μg/m$^3$ e il valore a breve termine, che consiste nella media ponderata nel tempo di esposizione per 15 minuti, è pari a 20 μg/m$^3$. Per quanto riguarda il naftalene, il valore limite è pari a 50 000 μg/m$^3$ e il valore a breve termine a 80 000 μg/m$^3$.

Il confronto con i valori limite di esposizione deve essere eseguito con la massima cura, poiché i campioni sono stati prelevati nell'aria direttamente sopra la miscela bituminosa e non nell'aria respiratoria associata alla reale esposizione. In conclusione, laddove venga superato il valore limite di esposizione professionale per il benzo(a)pirene, è necessario prelevare dei campioni nell'aria respiratoria in normali condizioni lavorative. Oltre a quanto esposto, è necessario osservare i rischi per la salute causati ad altri IPA.

## 2006 – SINTESI PARZIALE – Studio pilota

AB Previa, su incarico della sede centrale della SRA, ha misurato il contenuto di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) emessi all'atto del riscaldamento di diverse miscele bituminose. A 178-182 °C con l'aggiunta di polverino di gomma, il contenuto di IPA cancerogeni misurati nell'aria direttamente sopra le miscele bituminose calde era 5 volte maggiore rispetto alla temperatura di 164 ºC del relativo bitume senza polverino di gomma. Con il polverino di gomma nella miscela bituminosa ed elevata temperatura, sopra la miscela è stata misurata una quantità pari a 2,1 – 2,5 μg/$m^3$ di benzo(a)pirene. Il valore limite di esposizione professionale per il benzo(a)pirene è attualmente pari a 2 μg/$m^3$. Rispetto al valore limite per il naftalene, i contenuti misurati sono molto bassi. Vengono meno altri valori limite di esposizione professionale di IPA. Al fine di rilevare se viene superato il valore limite di esposizione professionale per il benzo(a)pirene, è necessario eseguire ulteriori misure ma, in tal caso, in normali condizioni lavorative del bitume e con campionamento dell'aria respiratoria.

# 2007 –MISURA 1

# Esposizione agli IPA nella produzione di legante “Asphalt Rubber”- in scala di laboratorio dimezzata

## CAMPO

Nello studio pilota condotto nel mese di novembre 2006 presso il laboratorio dedicato all’asfalto della SRA a Jönköping, le misure di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) con l’aggiunta di polverino di gomma al bitume erano basate su campioni prelevati direttamente sopra la miscela bituminosa calda. Pertanto, non è possibile confrontare i risultati della misura per il benzo(a)pirene con il valore limite di esposizione professionale, poiché questo valore limite si basa sull’esposizione, ossia il contenuto di benzo(a)pirene nell’aria respiratoria. Pertanto, la Misura 1 è un ulteriore sviluppo della precedente, in quanto la misura del campionamento è relativa, in questo caso, all’aria respiratoria.

## CAMPIONAMENTO E ANALISI

I campioni di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) vengono prelevati catturando aria respiratoria e portandola, mediante un filtro in vetroresina, in tubo XAD, che consiste nel tubo di assorbimento degli IPA. Per precauzione, il campionamento è stato raddoppiato collegando due tubi di assorbimento all’area respiratoria. Inoltre, è stato deciso di prelevare un campione ad un punto di misura fisso pari a circa 1 m dal miscelatore del bitume.

Il bitume viene miscelato nel laboratorio dedicato all’asfalto della SRA a Jönköping, ma in un ambiente spazioso avente un soffitto molto alto (tipo un garage per camion) e in assenza di flusso d’aria/ventilazione d’aria meccanici in entrata e in uscita e in assenza di ventole di aspirazione. Il campionamento inizia quando il bitume 70/100 preriscaldato viene versato in un miscelatore e la temperatura viene portata a 175 ºC. Successivamente, viene aggiunto il polverino di gomma, dove le proporzioni di miscelazione sono dell’ordine di 83% di bitume e 17% di polverino di gomma in massa. Il direttore del laboratorio, Gustav Petersson, che è il soggetto maggiormente esposto al fumo, vanta attrezzature di misurazione dotate di due tubi di assorbimento nell’aria respiratoria.
Aggiunge il polverino di gomma e misura ripetutamente la temperatura all’atto delle misure della viscosità, eseguite fuori dal miscelatore del bitume. Una volta pronta la miscela, ne versa una parte in contenitori in latta e li sigilla con coperchi. La parte restante del legante viene miscelata con un aggregato formando una miscela bituminosa. I campioni da sottoporre alla prova Marshall vengono preparati per testare la tensione nel consueto laboratorio dedicato all’asfalto. Durante questa preparazione, la pompa dell’aria in corrispondenza del punto di misura fisso viene spenta.

Tutto il campionamento è stato interrotto durante la pausa pranzo e ripreso successivamente, quando viene prodotta una nuova miscela bituminosa con polverino di gomma. Anche in questo caso, vengono eseguire svariate misure della viscosità e la miscela preparata viene infine versata in alcuni contenitori in latta dotati di coperchi, mentre il campionamento prosegue.

**DATI DI CAMPIONAMENTO**

**24-04-2007 All'interno di un edificio e presso il laboratorio dedicato all'asfalto della SRA, Jönköping**

| **Punti di campionamento degli IPA** | **Tempo di campionamento (min)** | **Volume di campionamento (litri)** |
|---|---|---|
| Mobile 1 – aria respiratoria | 319 | 63,8 |
| Mobile 2 – aria respiratoria | 319 | 63,8 |
| Punto di misura fisso a circa 1 m dal miscelatore | 266 | 52,2 |

# ANALISI

Una volta concluso il campionamento, i tubi di assorbimento vengono sigillati e inviati ad Analytica AB, Täby, per l'analisi dei 16 IPA più comuni. A sua volta, Analytica AB, ha affidato l'analisi a GBA, Flensburger Strasse 15, 254 21 PINNEBERG, Germania, un laboratorio accreditato dall'ente di certificazione tedesco DAR. L'analisi viene eseguita mediante sistema combinato di gascromatografia e spettrometria di massa (GC-MS).

## 2007 – TOTALI PARZIALI – Misura 1

| IPA | | Mobile 1 | Mobile 2 | Punto di misura fisso | Valore limite di esposizione professionale | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Naftalene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | LLV=50 000<br>STV=80 000 | |
| **Acenaftilene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | |
| **Acenaftene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | |
| **Fluorene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | |
| **Fenantrene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | |
| **Antracene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | |
| **Fluorantene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | |
| **Pirene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | |
| **Benzo(a, h)antracene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | C |
| **Crisene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | C |
| **Benzo(b)fluorantene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | C |
| **Benzo(k)fluorantene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | C |
| **Benzo(a)pirene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | LLV=2<br>STV=20 | C, R, H |
| **Dibenzo(a, h)antracene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | C |
| **Benzo(g, h, i)perilene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | |
| **Indeno(123cd)pirene** | µg/m3 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -- | C |

LLV = Valore limite
STV = Valore a breve termine
C = Cancerogeno
R = Tossico per la riproduzione
H = Facilmente assorbito dalla cute

Gli IPA di cui alla tabella che precede sono riportati in base al peso molecolare, dove il peso aumenta quanto più ci spostiamo verso la parte inferiore della tabella. Tutti i contenuti di IPA pari a <0,4 µg/m$^3$ e <0,5 µg/m$^3$ nella tabella si collocano al di sotto del limite di rivelabilità. Al fine di ottenere valori più precisi, è necessario condurre nuovi esperimenti con tempi di campionamento persino più lunghi.

La norma AFS 2005:17 prevede valori limite dell'esposizione professionale unicamente per il benzo(a)pirene e il naftalene degli IPA misurati. Il valore limite, ossia il peggiore contenuto medio accettabile (media ponderata nel tempo) di benzo(a)pirene nell'aria respiratoria durante una giornata lavorativa è pari a 2 µg/m$^3$ e il valore a breve termine, che consiste nella media ponderata nel tempo di esposizione per 15 minuti, è pari a 20 µg/m$^3$.
I risultati della misura mostrano che l'esposizione a questa sostanza è inferiore al 20% del valore limite.

## 2007 – SINTESI PARZIALE - Misura 1

AB Previa, su incarico della SRA, ha misurato il contenuto di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) emessi durante l'aggiunta di polverino di gomma nel bitume. La misura è stata eseguita in parte nell'aria respiratoria durante le operazioni con la miscela bituminosa e in parte a circa 1 m dal miscelatore del bitume, all'interno di un ambiente spazioso, (tipo un garage per camion) in assenza di flusso d'aria/ventilazione d'aria meccanici in entrata e in uscita. I contenuti dei 16 IPA studiati erano al di sotto del limite di rivelabilità, ossia inferiori a 0,4 $\mu g/m^3$. I risultati della misura hanno altresì mostrato che l'esposizione al benzo(a)pirene era inferiore al 20% del valore limite. Per rilevare la reale esposizione, le misure devono essere eseguite per un periodo più lungo.

# 2007 – MISURA 2

# IPA nell'impastatrice dell'impianto di produzione dell'asfalto ed esposizione agli IPA e benzotiazolo all'atto dell'aggiunta di polverino di gomma e posa in opera dell'asfalto gommato

## CAMPO

Le misure di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) all'atto dell'aggiunta di polverino di gomma al bitume sono state eseguite in scala di laboratorio con campionamento nel miscelatore nel mese di novembre 2006. Le misure dell'esposizione agli IPA sono state altresì eseguite all'atto dell'aggiunta di gomma al bitume e all'atto della produzione di asfalto in scala dimezzata di laboratorio nel mese di aprile 2007. In questo studio, sono state eseguite le misure sia degli IPA sia del benzotiazolo all'atto dell'aggiunta di gomma presso l'impianto di produzione dell'asfalto e all'atto della posa in opera dell'asfalto gommato su scala reale.

## CAMPIONAMENTO E ANALISI

Il campionamento degli idrocarburi policiclici aromatici è avvenuto catturando l'aria. Mediante un filtro in vetroresina, l'aria è stata immessa in un tubo XAD del tipo OVS, che consisteva nel tubo di assorbimento degli IPA. Questi tubi di assorbimento hanno dimensioni maggiori rispetto a quelli utilizzati nelle precedenti misure in questo progetto. Il motivo consisteva nel fatto che solamente SP (Istituto tecnico di ricerca della Svezia) era in grado di svolgere le analisi sia degli IPA sia del benzotiazolo. Pertanto SP ha stabilito quale tipo di tubo di assorbimento doveva essere utilizzato. Il campionamento del benzotiazolo è stato eseguito con tubi Tenax e, durante la pavimentazione dell'asfalto, sono stati prelevati campioni doppi di benzotiazolo nell'aria respiratoria di due soggetti.

All'inizio del campionamento, i campioni di IPA venivano prelevati solo presso punti di campionamento fissi nell'impastatrice presso l'impianto per la produzione di asfalto a Forserum. Durante il campionamento, è stato prodotto un conglomerato bituminoso con aggiunta di gomma/asfalto gommato, ma anche asfalto privo di gomma nel corso delle misure.

Il campionamento successivo ha avuto luogo presso l'impianto per la produzione di asfalto a Dalby, dove sono stati misurati i contenuti degli IPA e di benzotiazolo nell'aria respiratoria dell'operatore preposto alla miscelazione del legante, il quale gestisce l'attrezzatura meccanica per l'aggiunta della gomma (nella relazione, definito dosatore) e che opera sopra il contenitore in cui la gomma veniva aggiunta alla miscela bituminosa.

Nell'arco della stessa giornata, durante l'esecuzione delle misure presso l'impianto per la produzione di asfalto a Dalby, sono state altresì eseguite misure durante la pavimentazione dell'asfalto a RingvägenMalmö. Campioni mobili sono stati prelevati nell'aria respiratoria dell'operatore preposto alla miscelazione del legante e due asfaltatori; inoltre, sono stati prelevati campioni statici sopra le coclee della finitrice appena a sinistra del pavimento grigliato della finitrice. Sono stati prelevati campioni sia di IPA sia di benzotiazolo.

Durante il campionamento sulla finitrice, soffiava un forte vento da nord e la finitrice è stata spostata verso ovest; ciò implica che i contaminanti derivanti dalla pavimentazione dell'asfalto venivano portati da destra a sinistra.

**DATI DI CAMPIONAMENTO**

**15-08-2007 Impianto per la produzione di asfalto a Forserum**

| Punto di campionamento degli IPA | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Punto di misura fisso nell'impastatrice | 236 | 236 |

**03-09-2007 Impianto per la produzione di asfalto a Dalby**

| Punto di campionamento degli IPA | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Polverino di gomma del dosatore (mobil | 392 | 400 |

| Punto di campionamento degli IPA | | |
|---|---|---|
| Polverino di gomma del dosatore (mobile) | 30 | 3,0 |

**03-09-2007 E6/E20/E22 Yttre Ringvägen Malmö. Finitrice spostata verso ovest**

**Osservazioni climatiche:** nuvoloso con schiarite. Vento a 2-7 m/s N. Temp. 15 – 20°C

| | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| **Punto di campionamento degli IPA** | | |
| Operatore della finitrice (mobile) | 343 | 360 |
| Asfaltatore a sinistra (mobile) | 365 | 365 |
| Sopra la coclea (punto di misura fisso) | 347 | 354 |
| Asfaltatore a destra (mobile) | 353 | 371 |
| **Punto di campionamento benzotiazolo** | | |
| Operatore della finitrice (mobile) | 20 | 2,0 |
| Operatore della finitrice (mobile) | 38 | 3,8 |
| Asfaltatore a sinistra (mobile) | 47 | 4,7 |
| Asfaltatore a sinistra (mobile) | 20 | 2,0 |
| Sopra la coclea (punto di misura fisso) | 20 | 2,1 |
| Asfaltatore a destra (mobile) | 61 | 6,1 |

# ANALISI

Tutti i campioni prelevati a Dalby e Malmö sono stati consegnati il giorno successivo a SP, l'Istituto tecnico di ricerca della Svezia di Borås per procedere con l'analisi.

## 2007 – SINTESI PARZIALE - Misura 2

| | | Forse-rum | Pavimentazione asfalto, Ringvägen, Malmö | | | | Dalby | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **IPA** | | **Impastatrice** | **Operatore della finitrice** | **Asfaltatore a sinistra** | **Sopra le coclee** | **Asfaltatore a destra** | **Dosatore** | **Valore limite di esposizione professionale** |
| **Naftalene** | µg/ | 1,8 | <0,1 | 1,1 | 0,2 | <0,1 | 0,1 | LLV=50000 STV=80000 |
| **Acenaftilene** | µg/ | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,5 | <0,1 | <0,1 | |
| **Acenaftene** | µg/ | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 2,7 | <0,1 | <0,1 | |
| **Fluorene** | µg/ | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | |
| **Fenantrene** | µg/ | 1,7 | 0,2 | 2,5 | 8,0 | 0,2 | <0,1 | |
| **Antracene** | µg/ | 0,2 | <0,1 | 0,3 | 1,0 | <0,1 | <0,1 | |
| **Fluorantene** | µg/ | 0,3 | <0,1 | 0,4 | 1,4 | <0,1 | <0,1 | |
| **Pirene** | µg/ | 0,5 | <0,1 | 0,8 | 2,5 | <0,1 | <0,1 | |
| **Crisene** | µg/ | 0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,2 | <0,1 | <0,1 | |
| **Benzo(a)antracene** | µg/ | 0,4 | <0,1 | 0,5 | 1,2 | <0,1 | <0,1 | |
| **Benzo(b)fluorantene** | µg/ | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | |
| **Benzo(k)fluorantene** | µg/ | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | |
| **Benzo(a)pirene** | µg/ | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | LLV=2 STV=20 |
| **Benzo(g, h, i)perilene** | µg/ | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | |
| **Dibenzo(a, h)antracene** | µg/ | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | |
| **Indeno(123cd)pirene** | µg/ | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | |
| **Totale IPA misurabili** | µg/ | **4,9** | **0,2** | **5,6** | **17,6** | **0,2** | **0,1** | |

LLV = Valore limite
STV = Valore a breve termine

La norma AFS 2005:17 prevede valori limite dell'esposizione professionale unicamente per il benzo(a)pirene e il naftalene degli IPA misurati. Il valore limite, ossia il peggiore contenuto medio accettabile (media ponderata nel tempo) di benzo(a)pirene nell'aria respiratoria durante una giornata lavorativa è pari a 0,002 mg/m$^3$ o 2 µg/m$^3$ e il valore a breve termine, che consiste nella media ponderata nel tempo di esposizione per 15 minuti, è pari a 20 µg/m$^3$. I risultati della misura mostrano che l'esposizione a questa sostanza è inferiore al 5% del valore limite e l'analisi di laboratorio non è stata in grado di rilevare tracce di benzo(a)pirene in nessun campione.

È evidente, dai risultati, che i contenuti più alti di IPA misurabili erano ovviamente misurati direttamente sopra le coclee della finitrice. L'asfaltatore a sinistra era il soggetto maggiormente esposto a causa della direzione del vento.

All'atto dell'ultima misura realizzata nel mese di aprile 2007, quando la gomma veniva aggiunta al bitume in scala di laboratorio ridotta, il limite di rivelabilità era pari a 0,4 µg/m$^3$ per gli IPA e in corrispondenza di tutti i punti di misura era inferiore a 0,4 µg/m$^3$. Dai risultati emerge che gli operatori che lavoravano in qualità di asfaltatore in direzione del vento dalle coclee della finitrice e dell'asfalto appena posato, sono esposti a contenuti più elevati di, ad esempio, naftalene, fenantrene, fluorantene, pirene e benzo(a)antracene. All'atto dell'aggiunta di polverino di gomma presso l'impianto per la produzione di asfalto, l'esposizione di queste sostanze sembra essere decisamente inferiore e ciò può essere associato alla direzione del vento. Poiché molti degli IPA rilevati sono cancerogeni o sospetti cancerogeni e molti di essi possono causare eczemi all'esposizione ai raggi UV, è necessario ridurre al minimo l'esposizione qualora l'aggiunta di polverino di gomma divenga abitudinaria?

| | | **Pavimentazione asfalto, Ringvägen, Malmö** | | | | **Dalby** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Benzotiazolo** | | **Operatore della finitrice** | **Asfaltatore a sinistra** | **Sopra la coclea** | **Asfaltatore a destra** | **Dosatore** |
| **Campionamento 1** | µg/m3 | 3,5 | 285 | 133 | 12 | 4,0 |
| **Campionamento 2** | µg/m$^3$ | 1,8 | 26 | | | |
| **Media** | µg/m$^3$ | 2,7 | **156** | | | |

Il campionamento di benzotiazolo è stato eseguito per 20-61 minuti e rappresenta perciò un campione estemporaneo dell'esposizione. All'atto dei due punti di misura, dove sono stati prelevati campioni doppi, l'esposizione varia in maniera significativa con il trascorrere del tempo. Per il benzotiazolo non vi sono valori limite ma si tratta di una sostanza che può causare allergia da contatto.

## 2007 – SINTESI PARZIALE - Misura 2

AB Previa, su incarico della sede centrale della SRA, ha misurato il contenuto di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) emessi dal bitume/asfalto con l'aggiunta di gomma. Le misure degli IPA sono state eseguite esclusivamente in corrispondenza di un punto di campionamento fisso nell'impastatrice presso l'impianto di produzione di asfalto a Forserum nel corso della produzione del cosiddetto "asfalto gommato". Inoltre, i contenuti degli IPA e di benzotiazolo sono stati misurati nell'aria respiratoria dell'operatore incaricato della miscelazione del legante per l'aggiunta di gomma presso l'impianto di produzione dell'asfalto di Dalby. I contenuti di IPA e benzotiazolo sono stati altresì misurati durante la posa in opera del cosiddetto "asfalto gommato" a Ringvägen, fuori Malmö. In questo caso, i campioni venivano prelevati dall'aria respiratoria dell'autista/operatore della finitrice e del personale addetto al massetto, nonché sopra le coclee della finitrice. I contenuti di IPA più elevati sono stati misurati sopra le coclee della finitrice e contenuti alquanto inferiori nell'aria respiratoria di detto asfaltatore, il quale si trovava spesso nella direzione del vento dalla finitrice. Anche nell'impastatrice dell'impianto per la produzione di asfalto a Forserum sono stati misurati contenuti di IPA elevati.

Per quanto concerne il benzotiazolo, non vi sono valori limite di esposizione professionale da confrontare con i valori misurati, ma i contenuti più elevati sono stati misurati sopra le coclee della finitrice e nell'aria respiratoria sopra gli asfaltatori, essendo la direzione del vento proveniente dalla finitrice. Nonostante l'assenza di valori limite di esposizione professionale per gli IPA misurati, a titolo precauzionale è consigliabile ridurre al minimo l'esposizione.

# 2008 - MISURA 1-6

# Gli IPA presso l'impianto per la produzione di asfalto e produzione agli IPA all'atto del dosaggio del polverino di gomma e posa in opera di asfalto gommato con gomma proveniente da diversi fornitori e posa in opera con remixer e riscaldatrice

## CAMPO

Sono state eseguite delle misure degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) all'atto dell'aggiunta di gomma in scala di laboratorio effettuando un campionamento nel miscelatore nel mese di novembre 2006. Le misure dell'esposizione degli IPA sono state altresì eseguite all'atto dell'aggiunta di gomma al bitume e produzione di asfalto gommato in scala di laboratorio dimezzata nel mese di aprile 2007. Nel mese di agosto 2007, sono stati misurati gli IPA all'atto della produzione di asfalto gommato nell'impastatrice degli impianti per la produzione di asfalto di Forserum e nel mese di settembre 2007 sono state effettuate misure degli IPA sul personale addetto alla pavimentazione, all'atto della posa in opera dell'asfalto gommato a Ringvägen, Malmö. Allo stesso tempo, sono state eseguite misure dell'esposizione su uno dei dipendenti che aggiungeva il polverino di gomma al bitume presso l'impianto per la produzione di asfalto a Dalby.

## CAMPIONAMENTO E ANALISI

Per accrescere le conoscenze dei fattori che incidono sull'esposizione agli IPA all'atto della posa in opera dall'asfalto gommato, le misure dell'esposizione sono state portate avanti nel 2008 e le misure sono state eseguite in sei diverse occasioni. Oltre alle misure dell'esposizione mobile sull'autista/operatore della finitrice e i due asfaltatori, sono state eseguite misure su uno degli operatori dell'impianto atti a dosare il polverino di gomma nel bitume. Inoltre, sono state eseguite delle misure direttamente sopra le coclee della finitrice. Presso l'impianto per la produzione di asfalto di NCC di Spillepengen, Malmö, sono stati altresì misurati gli IPA nel fumo proveniente dalla miscela bitume-gomma /"Asfalto-Gomma" (Misura 1).

Il campionamento degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) è stato eseguito catturando l'aria e portandola mediante un filtro in vetroresina in tubo XAD del tipo OVS, che rappresenta il tubo di assorbimento degli IPA. Il flusso d'aria attraverso il tubo di assorbimento era pari a circa 2,0-2,5 l/m.

# DATI DI CAMPIONAMENTO

## Misura 1. 11-06-2008

**E6/E22 Vellinge – Petersborg e impianto per la produzione di asfalto di Spillepengen, Malmö**
**Eximlink**

**Osservazioni climatiche:** acquazzoni a metà giornata – soleggiato di sera.
Vento a 2-11 m/s O – SO. Temp. 20 – 27°C

| | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| **Punto di campionamento degli IPA** | | |
| Impianto per la produzione di asfalto di Spillepengen (fast mätpunkt) | 403 | 814 |
| Operatore della finitrice (mobile) | 290 | 595 |
| Sopra la coclea (punto di misura fisso) | 295 | 596 |
| Asfaltatore a sinistra (mobile) | 253 | 506 |
| Asfaltatore a destra (mobile) | 296 | 607 |

## Misura 2. 06-08-2008

**Strada 31/127 Västerleden, Vetlanda**
**Genan, rimiscelazione, riscaldatrice**

**Osservazioni climatiche:** piogge di lieve intensità al mattino e soleggiato nel pomeriggio.
Vento a 0-4 m/s SO. Temp 14 – 23° C

| | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| **Punto di campionamento degli IPA** | | |
| Operatore della finitrice (mobile) | 324 | 729 |
| Sopra la coclea (punto di misura fisso) | 337 | 691 |
| Asfaltatore a sinistra (mobile) | 298 | 685 |
| Asfaltatore a destra (mobile) | 318 | 747 |

## Misura 3. 19/20-08-2008

**Strada 262 Edsberg – Danderyd**
**Genan, riscaldatrice**

**Osservazioni climatiche:** intervalli nuvolosi. Precipitazioni < 1 mm. Vento a 3 m/s SO – SO. Circa. 15° C

| | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| **Punto di campionamento degli IPA** | | |
| Dosatore polverino di gomma (mobile), | 571 | 1435 |
| Operatore della finitrice (mobile) | 392 | 1064 |
| Sopra la coclea (punto di misura fisso) | 391 | 968 |
| Asfaltatore a sinistra (mobile) | 387 | 964 |
| Asfaltatore a destra (mobile) | 388 | 976 |

## Misura 4. 20/21-08- 2008

**Strada 262 Edsberg – Danderyd**
**Eximlink, riscaldatrice**
**Osservazioni climatiche:** intervalli nuvolosi. Precipitazioni < 5 mm. Vento a 3 m/s S-SO. Circa 15° C

| | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| **Punto di campionamento degli IPA** | | |
| Dosatore polverino di gomma (mobile), Vällstaverk | 699 | 1789 |
| Operatore della finitrice (mobile) | 427 | 1076 |
| Sopra la coclea (punto di misura fisso) | 356 | 891 |
| Asfaltatore a sinistra (mobile) | 422 | 1074 |
| Asfaltatore a destra (mobile) | 420 | 1057 |

## Misura 5. 22-23/08/2008

**Strada 262 Edsberg – Danderyd**
**Genan (Road+), riscaldatrice**
**Osservazioni climatiche:** intervalli nuvolosi. Precipitazioni < 1 mm. Vento a 2 m/s NO. Circa 10° C

| | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| **Punto di campionamento degli IPA** | | |
| Dosatore polverino di gomma (mobile), | 761 | 1863 |
| Operatore della finitrice (mobile) | 428 | 1042 |
| Sopra la coclea (punto di misura fisso) | 427 | 1024 |
| Asfaltatore a sinistra (mobile) | 427 | 1056 |
| Asfaltatore a destra (mobile) | 427 | 1065 |

## Misura 6. 06-10-2008

**E22 Söderleden, Norrköping**
**RTW, riscaldatrice**
**Osservazioni climatiche:** nuvoloso con schiarite. Vento a 0-4 m/s O. Temp. 9 – 14 °C

| | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| **Punto di campionamento degli IPA** | | |
| Dosatore polverino di gomma (mobile), Luddenverk | 246 | 517 |
| Operatore della finitrice (mobile) | 324 | 680 |
| Sopra la coclea (punto di misura fisso) | 317 | 666 |
| Asfaltatore a sinistra (mobile) | 331 | 670 |
| Asfaltatore a destra (mobile) | 323 | 678 |

## ANALISI

Successivamente al campionamento, i tubi di assorbimento sono stati inviati nel più breve tempo possibile a SP, Istituto tecnico di ricerca della Svezia per l'analisi.

## 2008 – TOTALI PARZIALI – Misura 1-6

| Fornitore di gomma<br>Osservazioni | Misura 1 | | 11-06-2008 | | | Misura 2 | | 06-08-2008 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Eximlink | | | | | Genan | | | | |
| | | | | | | Riscaldatrice, remixer | | | | |
| | Spille-pengen | E6/E22 Petersborg - Vellinge | | | | Strada 31/127 Västerleden, Vetlanda | | | | |
| **IPA** | **Impianto prod. di asfalto NCC ($\mu g/m^3$)** | **Operatore della finitrice ($\mu g/m^3$)** | **Sopra la coclea ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a sinistra ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a destra ($\mu g/m^3$)** | **Operatore della finitrice ($\mu g/m^3$)** | **Sopra la coclea ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a sinistra ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a destra ($\mu g/m^3$)** | **Valore limite di esposizione professionale ($\mu g/m^3$)** |
| **Naftalene** | 0,42 | 0,46 | 4,10 | 0,62 | 2,15 | 2,4 | 2,5 | 1,4 | 0,91 | LLV=50000<br>STV=80000 |
| **Acenaftilene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,47 | **2,5** | 0,22 | 0,11 | |
| **Acenaftene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 2,6 | **11** | 1,9 | 0,98 | |
| **Fluorene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 1,6 | **11** | 1,1 | 0,6 | |
| **Fenantrene** | 0,08 | 0,120 | 2,4 | 0,185 | 0,79 | 3,6 | **35** | 2,5 | 1,4 | |
| **Antracene** | <0,008 | <0,008 | 0,39 | 0,02 | 0,13 | 0,34 | **3** | 0,22 | 0,12 | |
| **Fluorantene** | 0,02 | 0,03 | 0,89 | 0,05 | 0,3 | 0,85 | **8** | 0,53 | 0,29 | |
| **Pirene** | 0,07 | 0,07 | 2,44 | 0,13 | 0,74 | 0,87 | **10** | 0,57 | 0,3 | |
| **Benzo(a)antracene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,08 | **0,81** | 0,04 | 0,03 | |
| **Crisene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,25 | 0,69 | 0,07 | 0,04 | |
| **Benzo(b)fluorantene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,06 | **0,46** | 0,02 | 0,02 | |
| **Benzo(k)fluorantene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,01 | **0,44** | <0,008 | <0,008 | |
| **Benzo(a)pirene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,03 | **0,15** | 0,012 | <0,008 | LLV=2<br>STV=20 |
| **Dibenzo(a, h)antracene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,015 | **0,04** | <0,008 | <0,008 | |
| **Benzo(g,h,i)perilene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,03 | **0,16** | <0,008 | <0,008 | |
| **Indeno(123cd)pirene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,015 | **0,05** | <0,008 | <0,008 | |
| **Totale IPA misurabili** | **0,59** | **0,68** | **10,22** | **1,01** | **4,11** | **13,22** | **85,80** | **8,58** | **4,80** | |

| Fornitore di gomma<br>Osservazioni | Misura 3<br>Genan<br>Riscaldatrice | | | | | Misura 4<br>Eximlink<br>Riscaldatrice | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vällsta | Road 262 Edsberg - Danderyd | | | | Vällsta | Road 262 Edsberg – Danderyd | | | | |
| **IPA** | **Dosaggio presso impianto prod. di asfalto** | **Operatore della finitrice ($\mu g/m^3$)** | **Sopra la coclea ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a sinistra ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a destra ($\mu g/m^3$)** | **Dosaggio presso impianto prod. di asfalto** | **Operatore della finitrice ($\mu g/m^3$)** | **Sopra la coclea ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a sinistra ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a destra ($\mu g/m^3$)** | **Valore limite di esposizione professionale ($\mu g/m^3$)** |
| **Naftalene** | 0,41 | 1,6 | 2,3 | 1,1 | 1,3 | 0,42 | 2,4 | **4,5** | 1,8 | 2,3 | LLV=50000<br>STV=80000 |
| **Acenaftilene** | 0,015 | 0,13 | 2,199 | 0,1 | 0,11 | 0,02 | 0,19 | 2,3 | 0,16 | 0,2 | |
| **Acenaftene** | 0,07 | 0,54 | 7 | 0,52 | 0,52 | 0,02 | 0,2 | 1,7 | 0,17 | 0,19 | |
| **Fluorene** | 0,05 | 0,32 | 7 | 0,35 | 0,35 | 0,03 | 0,27 | 5,5 | 0,27 | 0,3 | |
| **Fenantrene** | 0,09 | 0,59 | 17 | 0,84 | 0,83 | 0,06 | 0,64 | 16 | 0,8 | 0,98 | |
| **Antracene** | 0,01 | 0,06 | 1,4 | 0,08 | 0,09 | 0,01 | 0,07 | 1,5 | 0,08 | 0,1 | |
| **Fluorantene** | 0,01 | 0,14 | 3,1 | 0,17 | 0,16 | 0,01 | 0,15 | 3 | <0,008 | 0,21 | |
| **Pirene** | 0,02 | 0,25 | 5,2 | 0,28 | 0,27 | 0,02 | 0,4 | 8,4 | 0,45 | 0,537 | |
| **Benzo(a, h)antracene** | <0,008 | 0,03 | 0,34 | 0,02 | 0,02 | <0,008 | 0,04 | 0,05 | <0,008 | 0,03 | |
| **Crisene** | <0,008 | 0,04 | **1,1** | 0,02 | 0,03 | <0,008 | 0,07 | 0,62 | 0,03 | 0,11 | |
| **Benzo(b)fluorantene** | <0,008 | 0,02 | 0,14 | 0,01 | 0,01 | <0,008 | 0,02 | 0,18 | <0,008 | 0,02 | |
| **Benzo(k)fluorantene** | <0,008 | <0,008 | 0,02 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,23 | <0,008 | <0,008 | |
| **Benzo(a)pirene** | <0,008 | <0,008 | 0,06 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,09 | <0,008 | 0,01 | LLV=2<br>STV=20 |
| **Dibenzo(a, h)antracene** | <0,008 | <0,008 | 0,01 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,015 | <0,008 | <0,008 | |
| **Benzo(g, h, i)perilene** | <0,008 | <0,008 | 0,03 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,05 | <0,008 | <0,008 | |
| **Indeno(123cd)pirene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,015 | <0,008 | <0,008 | |
| **Totale IPA misurabili** | **0,68** | **3,72** | **46,90** | **3,49** | **3,69** | **0,59** | **4,32** | **44,15** | **3,76** | **4,99** | |

| Fornitore di gomma | Misura 5 2008-08-22/23 | | | | | Misura 6 2008-10-06 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Genan (Road +) | | | | | RTW | | | | | |
| Osservazioni | Riscaldatrice | | | | | Riscaldatrice | | | | | |
| | Vällsta | Road 262 Edsberg - Danderyd | | | | Ludden | E22 Söderleden Norrköping | | | | |
| **IPA** | **Dosaggio presso impianto prod. di asfalto ($\mu g/m^3$)** | **Operatore della coclea ($\mu g/m^3$)** | **Sopra la coclea ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a sinistra ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a destra ($\mu g/m^3$)** | **Dosaggio presso impianto prod. di asfalto ($\mu g/m^3$)** | **Operatore della finitrice ($\mu g/m^3$)** | **Sopra la coclea ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a sinistra ($\mu g/m^3$)** | **Asfaltatore a destra ($\mu g/m^3$)** | **Valore limite di esposizione professionale ($\mu g/m^3$)** |
| **Naftalene** | 0,74 | 1,35 | **4,5** | 0,92 | 1,3 | 0,15 | 1,6 | **4,5** | 0,89 | 0,89 | LLV=50000 STV=80000 |
| **Acenaftilene** | 0,025 | 0,08 | 0,85 | 0,05 | 0,1 | 0,012 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | |
| **Acenaftene** | 0,11 | 0,32 | 7,13 | 0,31 | 0,85 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | |
| **Fluorene** | 0,08 | 0,2 | 5 | 0,18 | 0,52 | 0,02 | 0,13 | 0,97 | 0,17 | 0,14 | |
| **Fenantrene** | 0,16 | 0,51 | 11 | 0,42 | 1,3 | 0,07 | 0,25 | 3,1 | 0,59 | 0,48 | |
| **Antracene** | 0,02 | 0,05 | 0,96 | 0,05 | 0,12 | <0,008 | 0,025 | 0,27 | 0,06 | 0,04 | |
| **Fluorantene** | <0,008 | 0,09 | 1,9 | 0,07 | 0,25 | 0,01 | 0,07 | 0,71 | 0,16 | 0,12 | |
| **Pirene** | 0,04 | 0,15 | 3 | 0,12 | 0,38 | 0,03 | 0,25 | 1,9 | 0,42 | 0,34 | |
| **Benzo(a)antracene** | <0,008 | 0,01 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,02 | 0,08 | 0,015 | 0,01 | |
| **Crisene** | 0,01 | <0,008 | 0,46 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,18 | 0,57 | 0,08 | 0,07 | |
| **Benzo(b)fluorantene** | <0,008 | <0,008 | 0,07 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | <0,008 | |
| **Benzo(k)fluorantene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | |
| **Benzo(a)pirene** | <0,008 | <0,008 | 0,03 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | 0,02 | <0,008 | <0,008 | LLV=2 STV=20 |
| **Dibenzo(a, h)antracene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | |
| **Benzo(g, h, i)perilene** | <0,008 | <0,008 | 0,015 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | |
| **Indeno(123cd)pirene** | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | <0,008 | |
| **Totale IPA misurabili** | **1,19** | **2,76** | **34,92** | **2,12** | **4,82** | **0,29** | **2,55** | **12,17** | **2,40** | **2,09** | |

I risultati mostrano che per la maggior parte degli IPA, i contenuti medi più elevati sono stati ottenuti durante i lavori di pavimentazione a Vetlanda, quando venivano usati sia riscaldatrice sia remixer con vento debole. Il contenuto più elevato di benzo(a)pirene è stato misurato all'atto della misura sopra le coclee della finitrice, con un valore pari a 0,15 µg/m$^3$ di benzo(a)pirene mentre nell'aria respiratoria dell'operatore dell'impianto era pari a 0,03 µg/m$^3$. Rispetto al valore limite di esposizione professionale, dove il valore limite è pari a 2 µg/m$^3$, l'esposizione dell'operatore dell'impianto al benzo(a)pirene è, nonostante ciò, ad un livello basso, poiché l'esposizione al benzo(a)pirene era dell'ordine dell'1,5% del valore limite. In assenza di riscaldatrice o remixer, l'esposizione al benzo(a)pirene è rimasta al di sotto del limite di rivelabilità, ossia < 0,008 µg/m$^3$, ma questa osservazione si basa unicamente su una misura effettuata a Malmö e in condizioni di forte vento. Per quanto riguarda il naftalene, è stato misurato un valore massimo pari a 4,5 µg/m$^3$ sopra le coclee e a 2,4 µg/m$^3$ nell'aria respiratoria e ciò si traduce nello 0,005% del valore limite per il naftalene. L'attuale valore limite pere il naftalene è pari a 50 000 µg/m$^3$.

Come affermato in precedenza, i contenuti più elevati di IPA (sfondo grigio nella tabella dei dati) sono stati misurati all'atto dell'utilizzo di riscaldatrice e remixer. Due IPA, ovvero naftalene e crisene, hanno prodotto risultati fuorvianti, in quanto il contenuto più elevato di crisene è stato misurato sulle coclee della finitrice, durante il test della gomma "Genan" a Stoccolma, mentre il contenuto più alto di naftalene è stato ottenuto durante prove sia a Stoccolma sia a Norrköping, con l'utilizzo unicamente della riscaldatrice.

I risultati delle misure indicano un aumento di emissioni di IPA con l'innalzamento della temperatura della miscela bituminosa, ed è probabile che la temperatura dell'asfalto incida maggiormente sull'emissione di IPA di quanto non incidao il polverino di gomma. Al fine di corroborare tale supposizione, è necessario svolgere misure comparative in laboratorio con e senza polverino di gomma e con temperature dell'asfalto diverse rispettivamente.

La velocità del vento incide in maniera significativa sull'intensità di esposizione che ne risulta. A titolo esemplificativo, i contenuti più bassi sono stati riportati all'atto della misura a Malmö, quando la velocità del vento variava tra 2 e 11 m/s. La direzione del vento riveste altresì la massima importanza e ciò è stato chiaramente dimostrato dalle misure eseguite nel 2007. In via generale, i risultati delle misure suggeriscono che coloro che si occupano dell'aggiunta di gomma presso l'impianto per la produzione di asfalto sono esposti a minori contenuti di IPA rispetto all'operatore della finitrice e agli asfaltatori.

# 2008 – SINTESI PARZIALE - Misura 1-6

AB Previa, su incarico della SRA, ha misurato il contenuto di IPA emessi da bitume/asfalto con l'aggiunta di gomma in sei diversi giorni/notti nel 2008. Le misure sono state eseguite nell'aria respiratoria dell'operatore della finitrice e di due asfaltatori e sopra le coclee della finitrice. In quattro dei sei diversi giorni/notti, sono state eseguite misure nell'aria respiratoria di uno dei dipendenti che si occupavano dell'aggiunta di polverino di gomma al bitume presso l'impianto. I risultati delle misure mostrano che i contenuti più elevati di IPA sono ottenuti direttamente sopra le coclee della finitrice. Per quanto concerne l'esposizione al benzo(a)pirene, è stata misurata una concentrazione massima pari a 0,03 µg/m$^3$ nell'aria respiratoria, ossia l'1,5% del valore limite di 2 µg/m$^3$. Per quanto concerne il naftalene, è stata misurata una concentrazione massima pari a 2,4 µg/m$^3$, ossia lo 0,005% del valore limite.

In base ai risultati delle misure, è possibile concludere che l'emissione di IPA è maggiore laddove il conglomerato bituminoso viene riscaldato in maniera significativa mediante la riscaldatrice e, in particolar modo, all'atto della rimiscelazione. I risultati delle misure mostrano altresì una minore esposizione agli IPA per coloro che si occupano dell'aggiunta di polverino di gomma presso l'impianto rispetto a coloro che operano sulla finitrice. La direzione e la velocità del vento, assieme alla temperatura della miscela bituminosa, sembrano rappresentare i fattori che determinano, in larga misura, il livello di esposizione presso la finitrice.

# 2009 - MISURA 1-5

# Misura di IPA, benzotiazolo e anilina e valutazione dell'odore

## CAMPO

Le misure degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) all'atto dell'aggiunta di gomma sono state eseguite in scala di laboratorio effettuando un campionamento in un miscelatore di laboratorio nel mese di novembre 2006. Le misure dell'esposizione degli IPA sono state altresì eseguite all'atto dell'aggiunta di gomma al bitume e produzione di asfalto gommato in scala di laboratorio dimezzata nel mese di aprile 2007. Nel mese di agosto 2007, sono stati misurati gli IPA all'atto della produzione di asfalto gommato presso l'impianto per la produzione di asfalto di Forserum e nel mese di settembre 2007 sono state effettuate misure degli IPA sul personale addetto alla pavimentazione, all'atto della posa in opera dell'asfalto gommato a Yttre Ringvägen, Malmö. Allo stesso tempo, sono state eseguite misure dell'esposizione all'atto dell'aggiunta di polverino di gomma di presso l'impianto di produzione di asfalto a Dalby. Nel 2008 sono state eseguite misure di IPA su personale addetto alla pavimentazione, nonché le emissioni di IPA sopra le coclee della finitrice in sei diversi momenti (E6 Vellinge – Trelleborg, Strada 31 Vetlanda con riscaldatrice e remixer, Strada 262 Edsberg – Danderyd tre notti con riscaldatrice, E22 Norrköping con riscaldatrice e miscela "open-graded"). Inoltre, le misure dell'esposizione sono state eseguite in quattro momenti sul personale addetto all'aggiunta di polverino di gomma.

## CAMPIONAMENTO E ANALISI

Nel corso del 2009, il progetto asfalto gommato è andato avanti con le misure di IPA, benzotiazolo, anilina e aldeidi al fine di poter rispondere alle seguenti domande:

## Misura 1 – Domande:

Una ventola montata sulla finitrice è in grado di ridurre l'esposizione degli asfaltatori e degli operatori/autisti ai contaminati dell'aria quali IPA e aldeidi derivanti dal conglomerato bituminoso?

Sono state riferite irritazioni delle vie respiratorie e nausea durante la posa in opera dell'asfalto gommato (6). Sono causate dall'esposizione alle aldeidi?

**DATI DI CAMPIONAMENTO**

## Misura 1a

**GAP16 con Dynapac F161-8W dotata di una ventola montata in un secondo tempo**
**18-05-2009 alle 15 – 17 su E6/E22 a sud in direzione di Vellinge**

**Osservazioni climatiche:** sole e quasi sereno. Vento a 2-5 m/s S – OSO. Temp. 18,5 – 21,5°C

**e 01-07-2009 alle 8.20 – 12.30 su E6/E20/E22 Yttre Ringvägen Malmö, con finitrice su strada a nord oltre l'uscita in direzione di Sallerupsvägen**

**Osservazioni climatiche**: sole e completamente sereno – quasi completamente sereno. Vento a 0-2 m/s NO. Temp. 23 – 26°C

| **Posizione campionamento IPA** | **Tempo di campionamento (min)** | | | **Volume di campionamento (litri)** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 18 maggio | 1 luglio | Totale | 18 maggio | 1 luglio | Totale |
| Operatore della finitrice | 114 | 242 | 356 | 285 | 605 | 890 |
| Asfaltatore a destra | 112 | 232 | 344 | 281 | 582 | 863 |
| Asfaltatore a sinistra | - | 239 | 239 | - | 598 | 598 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 105 | 245 | 350 | 260 | 608 | 868 |

**01-07-2009 alle 8.00 - 11.20** campioni doppi sono stati prelevati per le **aldeidi** in conformità a quanto segue:

| **Posizione campionamento IPA** | **Tempo di campionamento (min)** | **Volume di campionamento (litri)** |
|---|---|---|
| Asfaltatore a sinistra | 60 | 63 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 63 | 66 |

## Misura 1b

**GAP16 con Dynapac F161-6W senza ventola**
**19-05-2009 alle 7.10 – 15.15 su E6/E22 a sud in direzione di Vellinge**

**Osservazioni climatiche**: Sole e completamente sereno – quasi completamente sereno. Vento a 0-5 m/s S. Temp 13 – 21°C

| **Posizione campionamento IPA** | **Tempo di campionamento (min)** | **Volume di campionamento (litri)** |
|---|---|---|
| Operatore della finitrice | 480 | 1176 |
| Asfaltatore a destra | 479 | 1150 |
| Asfaltatore a sinistra | 416 | 990 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 477 | 1145 |

**19-05-2009 alle 12.05 - 13.30** campioni doppi sono stati prelevati per le **aldeidi** in conformità a quanto segue

| **Posizione campionamento aldeidi** | **Tempo di campionamento (min)** | **Volume di campionamento (litri)** |
|---|---|---|
| Asfaltatore a sinistra | 85 | 85 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 84 | 84 |

## Misura 1c

**GAP16 con Dynapac F161-6W senza ventola**
**18-05-2009 alle 11.45 – 17.15 su E6/E22 a sud in direzione di Vellinge**

**Osservazioni climatiche**: Sole e quasi completamente sereno. Vento a 2-5 m/s O – OSO. Temp 18,5 – 21,5°C

| **Posizione campionamento IPA** | **Tempo di campionamento (min)** | **Volume di campionamento (litri)** |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice | 323 | 791 |

## Misura 2 – Domande:

Gli agenti deodoranti riducono il contenuto di benzotiazolo o viene camuffato l'odore?

Alla luce delle lamentele esposte dagli abitanti in prossimità dell'impianto per la produzione di asfalto, quale contenuto di benzotiazolo è stato misurato al confine del sito e con direzione del vento verso l'impianto per la produzione di asfalto?

Sono state eseguite misure del benzotiazolo durante la posa in opera dell'asfalto gommato, in parte senza l'aggiunta dell'agente deodorante in data 17 giugno 2009 e in parte con l'aggiunta dell'agente deodorante in data 23 giugno 2009. Per ridurre al minimo l'incidenza del vento, i campioni sono stati prelevati direttamente sopra le coclee della finitrice.

**DATI DI CAMPIONAMENTO**

## Misura 2a

**GAP16 senza agenti deodoranti**

**17-06-2009 alle 10.45 – 11.45 su E6/E20/E22 Yttre Ringvägen Malmö. La finitrice era in direzione ovest appena fuori dall'uscita per Lockarp**
**Finitrice:** Dynapac F161-6W

**Osservazioni climatiche**: sole e parzialmente nuvoloso – quasi completamente sereno. Vento a 0-4 m/s OSO. Temp. 17°C

| Posizione di campionamento | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice (campioni doppi) | 13,5 | 2,025 |
| Sopra la coclea sulla finitrice (campioni doppi) | 40,0 | 6,0 |

## Misura 2b

**GAP16 senza agenti deodoranti nei pressi dell'impianto per la produzione di asfalto**
**17-06-2009 alle 13.00 – 13.35 NCC Asfaltverk Spillepengen Malmö**

| Posizione di campionamento | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Confine impianto per la produzione di asfalto (campioni doppi) | 35 | 5,25 |

## Misura 2c

**GAP16 con agenti deodoranti**
**23-06-2009 alle 10.45 – 11.40 su E6/E20/E22 Yttre Ringvägen Malmö. Finitrice in direzione NO dopo l'uscita per la strada 101**
**Finitrice:** Dynapac F161-6W

**Osservazioni climatiche**: sole e completamente sereno – parzialmente nuvoloso. Vento a 0-7 m/s NO. Temp. 20,5°C

| Posizione di campionamento | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice (campioni doppi) | 13,5 | 2,025 |
| Sopra la coclea sulla finitrice (campioni doppi) | 40,0 | 6,0 |

## Misura 3 – Domande:

Come appare/si presenta l'emissione di IPA all'atto della posa in opera di GAP 11 con polverino di gomma proveniente da RagnSells?

Analizzando del benzotiazolo derivante dall'asfalto gommato di cui sopra, è stata rilevata anilina. Quanto erano elevati i contenuti emessi?

### DATI DI CAMPIONAMENTO
## Misura 3

**Notte tra il 19-08-2009 e il 20 alle 22.30– 04.30 sulla E6/E20 in direzione nord dopo Ullevimotet a Göteborg**

**Finitrice:** Wirtgen Vögele Super 1800-2

**Osservazioni climatiche**: Assenza di precipitazioni. Vento a 0-1 m/s S. Temp. 16 – 17,5 °C

| **Posizione campionamento IPA** | **Tempo di campionamento (min)** | **Volume di campionamento (litri)** |
|---|---|---|
| Operatore della finitrice | 362 | 909 |
| Asfaltatore a sinistra | 266 | 660 |
| Asfaltatore a destra | 280 | 725 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 287 | 729 |

| **Posizione di campionamento benzotiazolo e anilina** | **Tempo di campionamento (min)** | **Volume di campionamento (litri)** |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice | 30 | 4,5 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 30 | 4,5 |
| Vicino alla scala sulla finitrice | 50 | 10,0 |

## Misura 4 – Domande:

L'ABS 11 senza aggiunta di gomma emette quantità inferiori di IPA rispetto al GAP 11 con l'aggiunta di gomma?

Il benzotiazolo e l'anilina sono emessi dall'ABS 11 senza l'aggiunta di gomma?

Le miscele bituminose a bassa temperatura (140 ºC circa) e l'aggiunta di cera emettono quantità inferiori di benzotiazolo, anilina e IPA rispetto al GAP 11 con l'aggiunta di gomma?

### DATI DI CAMPIONAMENTO
## Misura 4

**La sera e la notte tra l'8 e il 9-09-2009 tra le 18.00 e le 04.15 sulla strada 180 Alingsås a nord-ovest in direzione del centro**

**Finitrice:** Wirtgen Vögele Super 1800-2

**Osservazioni climatiche:** assenza di precipitazioni. Vento a 4-6 m/s S. Temp. 15 – 20,5 °C

## Misura 4a

**ABS 11 senza l'aggiunta di gomma 18.00 – 21.30**
**Temperatura superficiale** direttamente dopo la finitrice 145 – 155 °C

| Posizione campionamento IPA | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice | 147 | 394 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 147 | 390 |

**Alle 18.05 -19.30 Temperatura 19 – 20,5°C**

| Posizione di campionamento benzotiazolo e anilina | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice | 30 | 6,00 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 51 | 8,93 |

## Misura 4b

**GAP 11 con l'aggiunta di gomma 23.45 - 02.55**
**Temperatura superficiale** direttamente dopo la finitrice 150 – 160 °C

| Posizione campionamento IPA | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice | 189 | 507 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 188 | 508 |

**Alle 23.50 -01.15 Temperatura 15 – 16°C**

| Posizione di campionamento benzotiazolo e anilina | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice | 30 | 6,00 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 50 | 8,75 |

## Misura 4c

**GAP11 con l'aggiunta di gomma e cera Sasobit 21.30-22.50 e 03.00-04.15**
Temperatura superficiale direttamente dopo la finitrice 135 – 140 °C

| Posizione campionamento IPA | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice | 153 | 409 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 153 | 416 |

**Alle 21.30 -22.50 Temperatura 15 °C**

| Posizione di campionamento benzotiazolo e anilina | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice | 32 | 6,40 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 51 | 8,93 |

## Misura 5 – Domande:

L'asfalto "open-graded" con l'aggiunta di gomma (GAÖ 8/GAÖ 11), Vetfix AP17 e riscaldatrice emette più sostanze contaminanti in termini di benzotiazolo, anilina e IPA rispetto al GAP 11?

**DATI DI CAMPIONAMENTO**

## Misura 5

**21-09-2009 alle 09.00-15.15 sulla strada 180 Alingsås in direzione SSO dal centro**
**Finitrice:** Wirtgen Vögele Super 1800-2

**Osservazioni climatiche:** nuvoloso e un acquazzone. Vento a 0-7 m/s da OSO. Temp. 7,5 – 13 °C

**Riscaldatrice**

**Temperatura superficiale** direttamente dopo la finitrice 145 – 150 °C

| Posizione campionamento IPA | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice | 233 | 592 |
| Sopra la coclea sulla finitrice | 233 | 592 |

**Alle 09.10 -10.00 Temperatura 7,5 – 9°C**

| Posizione di campionamento benzotiazolo e anilina | Tempo di campionamento (min) | Volume di campionamento (litri) |
|---|---|---|
| Sopra la coclea sulla finitrice | 50 | 8,75 |

Due campioni aggiuntivi ma l'analisi non è andata a buon fine

# TECNICA DI CAMPIONAMENTO E ANALISI CHIMICA

**IPA:** i campioni vengono prelevati con tubi XAD-2 e una velocità del vento pari a circa 2,5 l/min.
Per l'estrazione dal tubo è stato utilizzato il toluene, dopodiché l'estratto è stato analizzato tramite cromatografo dotato di rivelatore di massa.

**Aldeidi:** la raccolta è avvenuta mediante un filtro DNPH e una velocità dell'aria pari a circa 1,0 l/min. Per l'estrazione dai filtri è stato utilizzato acetonitrile in laboratorio, dopodiché l'estratto è stato analizzato mediante cromatografo a fluido, dotato di rivelatore di massa.

**Benzotiazolo e anilina:** in questo caso, sono stati utilizzati tubi Tenax e la velocità dell'aria era pari a 0,15-0,20 l/min. Successivamente al desorbimento termico dei tubi Tenax, è stata eseguita l'analisi cromatografica del gas, dove ci si è avvalsi della spettrometria di massa per individuare le sostanze e di un rilevatore a ionizzazione di fiamma per determinarne la quantità.

Tutte le analisi sono state condotte presso l'Istituto tecnico di ricerca della Svezia a Borås.

## STIMA DELL'ODORE, DISTURBI E INTERVISTE IN RELAZIONE ALL'ODORE

| **Data** | **All'atto della misura** | **Asfalto gommato** | **Osservazioni** | **Stima odore/disturbi** | **Intervista** |
|---|---|---|---|---|---|
| 01-07-2009 | 1a | GAP16 | Finitrice con ventola | X | X |
| 17-06-2009 | 2a | GAP16 | Senza agente deodorante | X | |
| 23-06-2009 | 2b | GAP16 | Agente deodorante | X | |
| 20-08-2009 | 3 | GAP11 | Primo contatto con asfalto gommato | X | |
| 08-09-2009 | 4 | GAP11 | Aggiunta di cera Sasobit | X | |
| 21-09-2009 | 5 | GAÖ8/11 | Aggiunta di Vetfix AP17 | X | |

Il modulo per la stima dell'odore e dei disturbi è riportato a pagina 16 dell'allegato.

## 2009 TOTALI PARZIALI

| Misura 1a – c | 1a | | | | 1b | | | | 1c | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Malmö E6/E20/E22 | | | | | | | | | |
| Miscela bituminosa | GAP16 | | | | | | | | ABS16 | |
| Fornitore di gomma | Eximlink | | | | Eximlink | | | | | |
| Osservazioni | Ventola | | | | Senza ventola | | | | Senza ventola | |
| | Operatore della finitrice | Asfaltatore a destra | Asfaltatore a sinistra | Sopra la coclea | Operatore della finitrice | Asfaltatore a destra | Asfaltatore a sinistra | Sopra la coclea | Sopra la coclea | Valore limite di esposizione professionale (µg/m$^3$) |
| | (µg/m$^3$) | (µg/m$^3$) | (µg/m$^3$) | (µg/m$^3$) | (µg/m$^3$) | (µg/m$^3$) | (µg/m$^3$) | (µg/m$^3$) | (µg/m$^3$) | |
| **Naftalene** | 0,82 | 0,69 | 0,52 | 3,58 | 1,5 | 1,9 | 2,9 | 3,0 | 1,71 | **LLV=50000 STV=80000** |
| **Acenaftilene** | 0,04 | 0,03 | <0,03 | 0,36 | 0,40 | 0,15 | 0,16 | 0,7 | 0,34 | |
| **Acenaftene** | 0,02 | 0,01 | <0,03 | 0,15 | 0,23 | 0,10 | 0,11 | 0,07 | 0,47 | |
| **Fluorene** | 0,04 | 0,03 | <0,03 | 0,36 | 0,30 | 0,15 | 0,16 | 0,80 | 1,05 | |
| **Fenantrene** | 0,14 | 0,11 | 0,10 | 1,30 | 1,20 | 0,50 | 0,55 | 2,95 | 3,34 | |
| **Antracene** | 0,02 | 0,02 | <0,03 | 0,20 | 0,19 | 0,07 | 0,07 | 0,43 | 0,73 | |
| **Fluorantene** | 0,08 | 0,06 | <0,03 | 0,70 | 0,68 | 0,25 | 0,26 | 1,65 | 1,68 | |
| **Pirene** | 0,13 | 0,14 | 0,19 | 1,30 | 1,33 | 0,51 | 0,54 | 3,32 | 1,25 | |
| **Crisene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | 0,04 | <0,03 | <0,03 | 0,07 | 0,19 | |
| **Benzo(a, h)antracene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | 0,13 | 0,06 | 0,05 | 0,25 | 0,21 | |
| **Benzo(b)fluorantene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | 0,04 | <0,03 | <0,03 | 0,06 | 0,09 | |
| **Benzo(k)fluorantene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | 0,02 | |
| **Benzo(a)pirene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | 0,03 | **LLV=2 STV=20** |
| **Benzo(g, h, i)perilene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | |
| **Dibenzo(a, h)antracene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | |
| **Indeno(123cd)pirene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | |
| **Totale IPA misurabili** | **1,29** | **1,09** | **0,81** | **7,95** | **6,04** | **3,69** | **4,80** | **13,30** | **11,11** | |

**2009 TOTALI PARZIALI**

| **Misura 1a-b** | **1a** | | **1b** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Malmö E6/E20/E22** | | | | |
| **Miscela bituminosa** | **GAP16** | | | | |
| **Fornitore di gomma** | **Eximlink** | | | | |
| **Osservazioni** | **Ventola** | | **Senza ventola** | | |
| | **Asfaltatore a sinistra** | **Sopra la coclea** | **Asfaltatore a sinistra** | **Sopra la coclea** | **Valore limite di esposizione professionale ($\mu g/m^3$)** |
| **Aldeidi e chetoni** | **($\mu g/m^3$)** | **($\mu g/m^3$)** | **($\mu g/m^3$)** | **($\mu g/m^3$)** | |
| **Formaldeide** | <20 | <20 | <20 | <20 | **LLV=600 CLV=1 200** |
| **Acetaldeide** | 55 | 670 | 120 | 520 | **LLV=45 000 STV=90 000** |
| **Acroleina** | <20 | <20 | <20 | <20 | **LLV=200 STV=700** |
| **Acetone** | <20 | <20 | <20 | <20 | **LLV=600 000 STV=1200 000** |
| **Propionaldeide** | <20 | <20 | <20 | 80 | |
| **Crotonaldeide** | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| **Butirraldeide** | <20 | 240 | 40 | 170 | |
| **Benzaldeide** | <20 | 30 | <20 | 25 | |
| **Isovaleraldeide** | <20 | 60 | <20 | 40 | |
| **Valeraldeide** | <20 | 150 | 33 | 120 | |
| **Tolualdeide** | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| **Esanale** | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| **Dimetilbenzaldeide** | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| **Totale aldeidi misurabili** | **55** | **1150** | **193** | **955** | |

**2009 TOTALI PARZIALI**

| **Misura 2a – c** | **2a** | | **2b** | **2c** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Malmö E6/E20/E22** | | **Spille-pengen** | **Malmö E6/E20/E22** | | |
| **Miscela bituminosa** | **GAP16** | | | | | |
| **Fornitore di gomma** | **Eximlink** | | | | | |
| **Osservazioni** | **Senza agente deodorante** | | | **Agenti deodoranti** | | |
| | **Sopra la coclea** | **Sopra la coclea** | **A SO dell'impianto** | **Sopra la coclea** | **Sopra la coclea** | **Valore limite di esposizione professionale** |
| | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** |
| **BENZOTIAZOLO** | 3600 | 1000 | <50 | 6800 | 4200 | |
| **Media benzotiazolo** | **2300** | | | **5500** | | |
| | | | | | | |
| **ANILINA** | 700 | 200 | <50 | 900 | 1600 | **LLV=4 000 STV=8 000** |
| **Media anilina** | **450** | | | **1250** | | |

## 2009 TOTALI PARZIALI

| **Misura 3** | **Göteborg E6/E20** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Miscela bituminosa** | **GAP11** | | | | | | | |
| **Fornitore di gomma** | **RagnSells** | | | | | | | |
| | **Operatore della finitrice** | **Asfaltatore a destra** | **Asfaltatore a sinistra** | **Sopra la coclea** | **Vicino alla scala** | **Sopra la coclea** | **Sopra la coclea** | **Valore limite di esposizione professionale** |
| **IPA** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** |
| **Naftalene** | 3,15 | 3,86 | 5,90 | 4,77 | | | | **LLV=50 000 STV=80 000** |
| **Acenaftilene** | 0,09 | <0,03 | 0,04 | 0,23 | | | | |
| **Acenaftene** | 0,07 | <0,03 | 0,03 | 0,13 | | | | |
| **Fluorene** | 0,13 | <0,03 | 0,04 | 0,27 | | | | |
| **Fenantrene** | 0,43 | 0,15 | 0,2 | 1,48 | | | | |
| **Antracene** | 0,06 | <0,03 | <0,03 | 0,17 | | | | |
| **Fluorantene** | 0,24 | 0,09 | 0,13 | 0,61 | | | | |
| **Pirene** | 0,75 | 0,29 | 0,42 | 1,95 | | | | |
| **Benzo(a)antracene** | <0,03 | <0,03 | 0,04 | 0,16 | | | | |
| **Crisene** | 0,16 | 0,20 | 0,26 | 1,17 | | | | |
| **Benzo(b)fluorantene** | <0,03 | <0,03 | 0,04 | 0,17 | | | | |
| **Benzo(k)fluorantene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | | | | |
| **Benzo(a)pirene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | | | | **LLV=2 STV=20** |
| **Dibenzo(a, h)antracene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | | | | |
| **Benzo(g, h, i)perilene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | | | | |
| **Indeno(123cd)pirene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | | | | |
| **Totale IPA misurabili** | **5,08** | **4,59** | **7,10** | **11,11** | | | | |
| **BENZOTIAZOLO** | | | | | **320** | **2120** | **2120** | |
| **ANILINA** | | | | | **30** | **170** | **180** | **LLV=4000 STV=8000** |

## 2009 TOTALI PARZIALI

| Misura 4a-c, 5 | 4a | | 4b | | 4c | | 5 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Alingsås Strada | | | | | | | | |
| Miscela bituminosa | ABS11 | | GAP11 | | GAP11 tiepido | | GAÖ8 GAÖ11 | | |
| Fornitore di gomma | | | RagnSells | | | | | | |
| Osservazioni | | | | | | | Riscaldatrice | | |
| | Sopra la coclea | Sopra la coclea | Sopra la coclea | Sopra la coclea | Sopra la coclea | Sopra la coclea | Sopra la coclea | Sopra la coclea | Valore limite di esposizione professionale |
| **IPA** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** | **(µg/m$^3$)** |
| **Naftalene** | 8,60 | 6,45 | 8,63 | 9,15 | 6,85 | 10,5 | 4,80 | 6,14 | **LLV=50 000 STV=80 000** |
| **Acenaftilene** | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,12 | 0,07 | 0,15 | 0,30 | 0,4 | |
| **Acenaftene** | 0,10 | 0,13 | 0,08 | 0,15 | 0,09 | 0,18 | 0,50 | 0,72 | |
| **Fluorene** | 0,15 | 0,17 | 0,13 | 0,25 | 0,15 | 0,28 | 0,55 | 0,70 | |
| **Fenantrene** | 0,44 | 0,53 | 0,58 | 1,05 | 0,55 | 0,96 | 2,50 | 0,84 | |
| **Antracene** | 0,06 | 0,08 | 0,07 | 0,14 | 0,07 | 0,13 | 0,40 | 0,40 | |
| **Fluorantene** | 0,06 | 0,06 | 0,18 | 0,33 | 0,13 | 0,26 | 0,75 | 0,84 | |
| **Pirene** | 0,19 | 0,19 | 0,53 | 1,00 | 0,40 | 0,79 | 2,40 | 2,67 | |
| **Benzo(a)antracene** | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,03 | 0,06 | 0,2 | 0,2 | |
| **Crisene** | 0,23 | 0,26 | 0,31 | 0,53 | 0,20 | 0,39 | 1,3 | 1,2 | |
| **Benzo(b)fluorantene** | <0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | <0,03 | 0,05 | 0,2 | 0,2 | |
| **Benzo(k)fluorantene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | |
| **Benzo(a)pirene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | **LLV=2 STV=20** |
| **Dibenzo(a, h)antracene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | |
| **Benzo(g, h, i)perilene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | |
| **Indeno(123cd)pirene** | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | |
| **Totale IPA misurabili** | **9,90** | **7,98** | **10,65** | **12,86** | **8,54** | **13,71** | **13,90** | **14,31** | |
| **Media** | **8,94** | | **11,76** | | **11,13** | | **14,11** | | |

## 2009 TOTALI PARZIALI

| **Misura 4a-c, 5** | **4a** | | **4b** | | **4c** | | **5** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Alingsås - Strada 180** | | | | | | | |
| **Miscela bituminosa** | **ABS11** | | **GAP11** | | **GAP11 tiepido** | | **GAÖ8 GAÖ11** | |
| **Fornitore di gomma** | | | **RagnSells** | | | | | |
| **Osservazioni** | | | | | | | **Riscaldatrice** | |
| | **Sopra la coclea** | **Sopra la coclea** | **Sopra la coclea** | **Sopra la coclea** | **Sopra la coclea** | **Sopra la coclea** | **Sopra la coclea** | **Valore limite di esposizione professionale ($\mu g/m^3$)** |
| | **($\mu g/m^3$)** | **($\mu g/m^3$)** | **($\mu g/m^3$)** | **($\mu g/m^3$)** | **($\mu g/m^3$)** | **($\mu g/m^3$)** | **($\mu g/m^3$)** | |
| **BENZOTIAZOLO** | <20 | <20 | 260 | 400 | 230 | 28 | **1600** | |
| **Media benzotiazolo** | **<20** | | **330** | | **255** | | | |
| | | | | | | | | |
| **ANILINA** | <10 | <10 | 20 | 20 | 20 | 10 | **25** | **LLV=4000 STV=8000** |
| **Media anilina** | **<10** | | **20** | | **1** | | | |

## 2009- TOTALI PARZIALI

## Valutazione/stima dell'odore e disturbi

Per valutare l'odore e i disturbi associati allo stesso, è stato utilizzato un modulo (allegato a pagina 20), in cui veniva chiesto come era percepito l'odore in un determinato giorno, in base ad una scala presente nel precitato modulo.

| | Ventola su finitrice | |
|---|---|---|
| | 01-07-2009 | |
| **Professione** | **Intensità odore** | **Intensità disturbo** |
| Operatore della finitrice | 2 | 0 |
| Asfaltatore a sinistra | | |
| Asfaltatore a dx e a sx | 2 | 0 |
| Autista del rullo | 3 | 0 |
| Autista del rullo | 2 | 0 |

| | Senza agente | | Agente deodorante | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 17-06-2009 | | 23-06-2009 | | | |
| **Professione** | **Intensità odore** | **Intensità disturbo** | **Intensità odore** | **Intensità disturbo** | **Differenze Intensità odore** | Osservazioni |
| Operatore della finitrice | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | |
| Asfaltatore a sinistra | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | |
| Asfaltatore a destra | 2 | 0 | 3 | 0 | +1 | Allergico al polline |
| Autista del rullo, vicino alla finitrice | 0 | 0 | 1 | 0 | +1 | |
| Autista del rullo, lontano dalla finitrice | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Operatore addetto allo strato di fissaggio | 3 | 0 | - | - | - | |
| Dosatore gomma | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| Dosatore gomma | 1 | 0 | 0 | 0 | -1 | |
| Operatore della finitrice | 3 | 0 | 1 | 0 | -2 | |
| Autista del trasportatore, | 3 | 0 | - | - | - | |
| Autista del trasportatore, | - | - | 1 | 0 | - | |
| | | | | **Totale** | **-1** | |

| | Prima passata asfalto gommato | | GAP 11 Tiepido | | GAÖ8/GAÖ11 con Vetfix | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20-08-2009 | | 08-09-2009 | | 21-09-2009 | |
| **Professione** | **Intensità odore** | **Intensità disturbo** | **Intensità odore** | **Intensità disturbo** | **Intensità odore** | **Intensità disturbo** |
| Operatore della finitrice | 2 | 0 | 2 | 0 | 1,5 | 0 |
| Asfaltatore a sinistra | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Asfaltatore a dx e a sx | 3 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| Autista del rullo | 0 | 0 | | | | |
| Autista del rullo | 1 | 0 | | | | |

## Scala di valutazione dell'odore

0 = Nessun odore
1 = Odore appena percepibile
2 = Odore debole
3 = Odore distinto
4 = Odore forte
5 = Odore molto forte
6 = Odore insopportabile

## 2009 – Risposte alla domanda se era stato riscontrato un eventuale effetto della ventola sulla finitrice

"Non saprei…" La ventola ha un effetto positivo, credo. Le miscele in questione hanno un odore forte" (autista della finitrice)

"Non ho notato alcuna differenza. La ventola potrebbe avere effetto sull'odore, portandolo verso l'alto, ammesso che vi sia un effetto. Le miscele AG hanno un odore notevolmente peggiore, da paragonarsi all'odore vero e proprio di una discarica (asfaltatore).

"Non ho notato alcuna differenza con o senza ventola sulla finitrice. Il pensiero è rivolto al fatto che le sostanze cancerogene causeranno cancri alla lunga" (un autista di rullo).

"Sento odore di gomma ma non viene percepito dalla cabina del rullo" (autista del rullo).

# 2009 – COMMENTI

## Misura 1

I risultati dimostrano che i contenuti di IPA vengono notevolmente ridotti in tutti i punti di misura se viene utilizzata una ventola sulla finitrice. È vero che le condizioni del vento variano: durante la posa in opera con la ventola, il vento soffia diagonalmente da destra e quando la posa in opera avviene in assenza di ventola, direttamente controvento. Da un confronto tra le misure con e senza di ventola eseguite nel 2008, emerge chiaramente che la ventola sulla finitrice riduce l'esposizione agli IPA.

Per quanto riguarda le aldeidi, non è possibile osservare alcun miglioramento sopra le coclee della finitrice dotata di ventola. In questo caso, i contenuti di aldeide risultano, invece, alquanto più elevati con la ventola. Tuttavia, i contenuti di tale sostanza diminuiscono notevolmente per l'asfaltatore a sinistra quando viene utilizzata una ventola.

In occasione delle interviste, gli operatori hanno risposto di non aver notato alcun effetto della ventola e che non vi è evidenza dell'utilità della stessa. Poiché l'essere umano non ha organi sensoriali in grado di percepire contenuti molto bassi di IPA o aldeidi, le risposte non sono altro che quelle attese.

L'esposizione alle aldeidi è molto bassa e, per la maggior parte delle aldeidi, al di sotto del limite di rivelabilità. Per l'acetaldeide, che può essere rilevata nell'aria respiratoria, il contenuto è dell'ordine dell'1-3% del valore limite. Pertanto, è improbabile che i contenuti misurati di aldeidi possano spiegare i disturbi riportati in termini di irritazioni delle vie respiratorie e nausea (6). Tuttavia, il tempo di campionamento per le aldeidi è breve e si basa su pochi campioni. Ulteriori fonti di errore consistono nel fatto che i contenuti di aldeide misurati possono, in parte, derivare da fumi di scarico del motore della stessa finitrice o da fumi di scarico del traffico veicolare in prossimità della finitrice.

## Misura 2, valutazione dell'odore e risposte all'intervista

I risultati derivanti dalle misure di benzotiazolo sopra le coclee della finitrice, durante la posa in opera delle miscele bituminose con e senza agente deodorante (limonene), mostrano chiaramente che quest'ultimo non riduce il contenuto di benzotiazolo sopra le coclee della finitrice. Viceversa, i risultati della misura mostrano un contenuto più elevato sia di benzotiazolo sia di anilina sopra le coclee della finitrice con l'agente deodorante e ciò è difficile da spiegare poiché il limonene è un idrocarburo privo di zolfo come nel benzotiazolo, azoto o anilina. È molto improbabile che l'agente deodorante reagisca con il benzotiazolo per diminuirne il contenuto, ma è verosimile che ne camuffi solamente l'odore.

Per quanto riguarda le stime del personale relativamente all'odore con e senza agente deodorante rispettivamente, non vi è una differenza significativa e solo coloro che erano a conoscenza dell'esistenza dell'agente deodorante percepivano un minore odore.

Nel corso dell'analisi del benzotiazolo, l'SP ha altresì rilevato anilina nei campioni con benzotiazolo e il suo contenuto è dell'ordine del 20% del contenuto di benzotiazolo misurato.

I risultati della misura dal confine dell'impianto per la produzione di asfalto mostrano che benzotiazolo e anilina non sono rilevabili. Tale fatto non implica che l'odore di benzotiazolo non sia percepibile, poiché la soglia dell'odore del benzotiazolo è molto bassa.

## Misura 3

All'atto delle misure a Goteborg, non vi era presenza di vento quando veniva utilizzato polverino di gomma RagnSells, i contenuti di IPA corrispondevano approssimativamente a quelli di Malmö, all'atto dell'utilizzo di polverino di gomma Eximlink e la posa in opera avveniva con una finitrice Dynapac senza ventola. Tuttavia, l'esposizione al naftalene si discosta ed è la più sostanziosa, misurata nel progetto. Tuttavia, rispetto al valore limite è, cionondimeno, molto bassa, ovvero dell'ordine dello 0,012% del valore limite.

I contenuti di benzotiazolo sopra le coclee della finitrice sono pari a circa 2100 $\mu g/m^3$ e circa 300 $\mu g/m^3$ in corrispondenza della scala della finitrice, mentre il contenuto di anilina è pari a 1/10 del contenuto di benzotiazolo. L'esposizione all'anilina per coloro che operano in prossimità della finitrice non dovrebbe essere maggiore rispetto all'esposizione misurata in corrispondenza della scala della finitrice, ossia 30 $\mu g/m^3$, ovvero 1% al di sotto del valore limite.

## Misura 4

Le misure ad Alingsås sono state eseguite in presenza di vento ma, durante le tre misure iniziali (campionamento 4a-c), le condizioni sono comparabili direttamente, poiché eseguite con la stessa finitrice e mantenendo quest'ultima nella stessa direzione; ciò significa che, in questi casi, la direzione del vento incideva in egual maniera.

I risultati delle misure mostrano che i contenuti di IPA sopra le coclee della finitrice sono alquanto inferiori nel caso dell'ABS 11 (senza comma) rispetto al GAP 11 (con la gomma) e al GAP 11 "tiepido" con l'aggiunta di cera e una temperatura di miscelazione inferiore. I risultati della misura forniti dallo studio di Malmö con l'ABS 16 (misura 1c), ossia senza l'aggiunta di gomma, e GAP 16 (misura 1b) mostrano che i contenuti di IPA sopra le coclee della finitrice sono alquanto inferiori quando la miscela bituminosa non contiene gomma.

In base alle misure 4b-4c ad Alingsås, i contenuti di benzotiazolo e anilina sono solitamente bassi ma, nel campione 4a, senza l'aggiunta di gomma, non sono stati rilevati né benzotiazolo né anilina, a conferma del fatto che queste sostanze scaturiscono di fatto dalla gomma.

Il campionamento 4c con GAP 11 e bassa temperatura (135 – 140°C dopo la finitrice) e l'aggiunta di cera difficilmente comporta una riduzione evidente degli IPA o dell'anilina rispetto al GAP 11 alla temperatura di 150 – 160°C dopo la finitrice. Tuttavia, per quanto concerne il benzotiazolo, la differenza è significativa.

## Misura 5

È stata eseguita un'ulteriore misura ad Alingsås su un asfalto gommato "open-graded" con l'aggiunta di Vetfix AP17 e preriscaldato con riscaldatrice. Durante la misura c'era vento ed era relativamente freddo; si è verificato anche un acquazzone. Benché la temperatura della miscela fosse relativamente bassa, i contenuti di IPA sopra le coclee della finitrice erano maggiori. Ciò indica che la riscaldatrice contribuisce ad un incremento dei contenuti di IPA, fatto peraltro osservato durante le misure dell'anno precedente. Anche il contenuto di benzotiazolo è notevolmente più alto rispetto alle altre misure eseguite ad Alingsås ma non tanto quanto riscontrato nel corso delle misure a Goteborg, dove il vento era quasi assente. Il contenuto di anilina sopra le coclee della finitrice è notevolmente più elevato di quello misurato a Goteborg.

## Stime di odore

Il confronto con il personale addetto alla pavimentazione e la loro stima relativamente a odore/disturbi indica che, trascorso un certo periodo di tempo, non pensano più all'odore della gomma, se sanno a cosa corrisponde l'odore che sentono, nonché se informati sullo stesso e sui rischi per la salute.

## 2009 – SINTESI PARZIALE - Misura 1-5 e comprese stime e interviste

La ventola sulla finitrice comporta una riduzione dell'esposizione agli IPA ma, per confermarne tale effetto, è necessario svolgere diverse ricerche sulla stessa finitrice con e senza ventola rispettivamente in condizioni climatiche simili.

L'esposizione alle aldeidi è molto bassa e difficilmente giustifica le irritazioni delle vie respiratorie e l'indisposizione riferite durante la pavimentazione dell'asfalto gommato (6). L'anilina ha una soglia dell'odore inferiore, pari a circa 2000 $\mu g/m^3$, e non è stato nemmeno possibile misurarla sopra le coclee della finitrice. Pertanto, anche l'anilina difficilmente giustifica i disturbi riportati.

L'aggiunta di agenti deodoranti, quali il limonene, all'asfalto gommato non riduce il contenuto né di benzotiazolo né di anilina.

Non è stato possibile rilevare benzotiazolo e anilina presso il confine del cantiere in direzione del vento dell'impianto per la produzione di asfalto.

Il polverino di gomma RagnSells genera gli stessi contenuti di IPA del polverino Eximlink.

L'ABS 11 (senza gomma) emette contenuti di IPA alquanto inferiori rispetto sia al GAP 11 (con gomma) sia al cosiddetto "GAP 11 tiepido" (con l'aggiunta di gomma e cera). Difficilmente è stato possibile osservare differenze quanto a emissione di IPA tra questi ultimi. Durante la posa in opera della miscela a "open-graded" GAÖ 8/GAÖ 11 con Vetfix in combinazione con preriscaldamento, l'emissione di IPA e il contenuto di benzotiazolo aumentavano. È possibile ricondurre tale esito all'utilizzo della riscaldatrice?

# Discussione

Le misure sul campo possono essere influenzate da numerosi fattori esterni quali la forza del vento, la direzione dello stesso, la temperatura dell'aria, le condizioni meteorologiche (sole, pioggia, ecc.), il tasso di produzione, la finitrice, il traffico e, non ultima, la temperatura del conglomerato bituminoso. Per quanto riguarda le misure 4a-4c, variavano leggermente i fattori esterni, ad eccezione della temperatura del conglomerato bituminoso e del tipo di miscela. L'emissione di IPA sopra le coclee della finitrice relativamente al GAP 11 senza l'aggiunta di cera è/era leggermente più elevata rispetto all'emissione derivante dal GAP 11 "tiepido" con cera. Relativamente all'ABS 11 senza l'aggiunta di gomma, la diminuzione rispetto al GAP era alquanto più evidente, ma le differenze dovrebbero essere, in via generale, maggiori con una forza del vento inferiore al momento della misura.

I contenuti maggiori di IPA sono stati misurati durante la posa in opera dell'asfalto gommato sia con riscaldatrice sia con remixer, ad indicare, ad ogni modo, che la temperatura della miscela incide notevolmente. Nel corso dello studio pilota del 2006, la prima conclusione tratta consisteva nel fatto che l'emissione di IPA aumenta a causa dell'aggiunta di gomma. Tuttavia, una maggiore emissione di IPA può essere altresì causata dalla temperatura più elevata (178-182°) nel corso di prove con polverino di gomma rispetto alle prove eseguite senza polverino di gomma (162-164°).

La seguente tabella riporta tutti i risultati dalle misure sul campo in questo progetto e i contenuti di IPA cancerogeni misurabili sopra le coclee della finitrice:

| **Misure sul campo** | **Asfalto gommato** | | **Asfalto gommato** | | **Asfalto gommato** | | **Asfalto non gommato** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Senza riscaldatrice** | | **Riscaldatrice** | | **Riscaldatrice Remixer** | | **Senza riscaldatrice** |
| Ringvägen Malmö 2007 | 1,4 | | | | | | |
| Misura 1 Malmö 2008 | 0 | | | | | | |
| Misura 2 Vetlanda 2008 | | | | | 2,64 | | |
| Misura 3 Danderyd 2008 | | | 1,67 | | | | |
| Misura 4 Danderyd 2008 | | | 1,2 | | | | |
| Misura 5 Danderyd 2008 | | | 0,56 | | | | |
| Misura 6 Norrköping 2008 | | | 0,72 | | | | |
| Misura 1b Malmö 2009 | 0,38 | | | | | | |
| Misura 1c Malmö 2009 | | | | | | | 0,54 |
| Misura 3 Göteborg 2009 | 1,5 | | | | | | |
| Misura 4a Alingsås 2009 | | | | | | | 0,28 |
| Misura 4b Alingsås 2009 | 0,53 | | | | | | |
| Misura 4c Alingsås 2009 * | 0,37 | | | | | | |
| Misura 5 Alingsås 2009 ** | | | 1,65 | | | | |
| **Media µg/m3** | **0,70** | | **1,16** | | **2,64** | | **0,41** |

* GAP 11 "tiepido" con cera Sasobit
** GAÖ 8/GAÖ 11 con Vetfix AP17

I risultati di cui alla tabella precedente indicano che la temperatura del conglomerato bituminoso determina notevolmente la quantità di IPA cancerogeni emessi. L'incidenza dell'aggiunta di gomma è inferiore laddove la temperatura del conglomerato bituminoso venga mantenuta ad un livello ragionevole.

La temperatura incide altresì sull'emissione di benzotiazolo, perché si tratta di un fluido a temperatura ambiente e il cui punto di ebollizione è pari a solo 228°C.

# Conclusioni e raccomandazioni

Poiché il benzo(a)pirene rappresenta l'IPA più cancerogeno (punto 7 della Bibliografia, Allegato a pagina 50), è stato spesso considerato quale indicatore per altri IPA (5). Durante la posa in opera dell'asfalto gommato, l'esposizione al benzo(a)pirene rientra nell'intervallo tra non rilevabile e un massimo dell'ordine dell'1,5% del valore limite per il benzo(a)pirene. I risultati delle misure hanno altresì mostrato che l'aggiunta di gomma accresce leggermente l'esposizione agli IPA e che è molto bassa all'atto della posa in opera dell'asfalto gommato. Pertanto, le miscele di asfalto gommato non renderanno l'ambiente lavorativo sostanzialmente più pericoloso rispetto ad ambienti in cui si opera con miscele bituminose tradizionali.

Le conclusioni di cui sopra non devono arrestare la profusione di sforzi volti a ridurre l'esposizione agli IPA, al benzotiazolo, all'anilina e ad altre sostanze chimiche. Pertanto, è consigliabile andare avanti con il lavoro prendendo in considerazione sistemi di controllo della temperatura che riducano al minimo il rischio di sovrariscaldamento della miscela bituminosa presso gli impianti per la produzione di asfalto. Dovrebbe perseguire altresì lo sviluppo della cosiddetta "miscela tiepida", giacché una temperatura più bassa comporta minori emissioni di contaminanti dell'aria. Qualora ulteriori misure con minori variabili esterne riescano ad accertare che una ventola posta sopra le coclee della finitrice è in grado di ridurre l'esposizione agli IPA, è consigliabile effettuare investimenti su finitrici corredate da tale dispositivo.

# Bibliografia


**1.** Comparazione chimica di fumi generati in laboratorio da distillazione a vuoto e due diversi bitumi modificati mediante scarti di gomma.

Redatto per l'Amministrazione della viabilità svedese. Anthony J. Kriech, Heritage Research Group, 2007

**2.** Comparazione chimica di fumi generati in laboratorio di diversi bitumi modificati mediante scarti di gomma.

Redatto per l'Amministrazione della viabilità svedese. Anthony J. Kriech, Heritage Research Group, 2007

**3.** Utlakning av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) ur asfalt och förorenad mark.

IVL-rapport Annika Perhan 2003 (in svedese)

**4.** Arbetsmiljöverkets författningssamling 2005:17 Hygieniska gränsvärden (in svedese)

**5.** Polyaromater i arbetsmiljön Arbete och hälsa 1980:1 Gösta Lindstedt och Jan Sollenberg (in svedese)

**6.** Asfaltarbetarens skräck: asfalt med gummiinblandning? SEKO-Tidningen, 2008 (in svedese)

**7.** Kemiska ämnen. Prevents web-databas, 2009 (in svedese)

Allegato

## Compilazione dei dati tossicologici e fisici sugli IPA (7)

| | **$LD_{50}$ per via orale; ratto/topo mg/kg = massa sostanza in mg per kg massa corporea. Il 50 % dei ratti/topi moriva in seguito all'ingestione** | | **Potenziale cancerogeno relativo (PC) benzo(a)pirene** | **Punto di fusione °C** | **Punto di ebollizione °C** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Naftalene** | 490 | | Non cancerogeno | 80 | 218 |
| **Acenaftilene** | 1760 | (topo) | Non cancerogeno | 92-93 | 217 |
| **Acenaftene** | 10000 | | Non cancerogeno | 96 | 279 |
| **Fluorene** | > 2000 | | Non cancerogeno | 116-117 | 295 |
| **Fenantrene** | 700 | | Non cancerogeno | 101 | 340 |
| **Antracene** | 3200 | | Non cancerogeno | 217 | 342 |
| **Fluorantene** | 2000 | | Non cancerogeno | 109-111 | 384 |
| **Pirene** | 2700 | | Non cancerogeno | 156 | 393 |
| **Benzo(a)antracene** | | | 0,014 - 0,145 | 161 | 438 |
| **Crisene** | | | 0,001 - 0,1 | 255-256 | 448 |
| **Benzo(b)fluorantene** | | | 0,141 - 1 | 168 | 357 |
| **Benzo(k)fluorantene** | | | 0,01 - 0,1 | 217 | 480 |
| **Benzo(a)pirene** | > 15 | | 1 | 178 | 495 |
| **Benzo(g, h, i)perilene** | | | Cancerogeno non confermato | 277 | 550 |
| **Dibenzo(a, h)antracene** | | | 0,89 - 5 | 266 | 524 |
| **Indeno(123cd)pirene** | | | 0,067 - 0,232 | 163 | 536 |

# Allegato

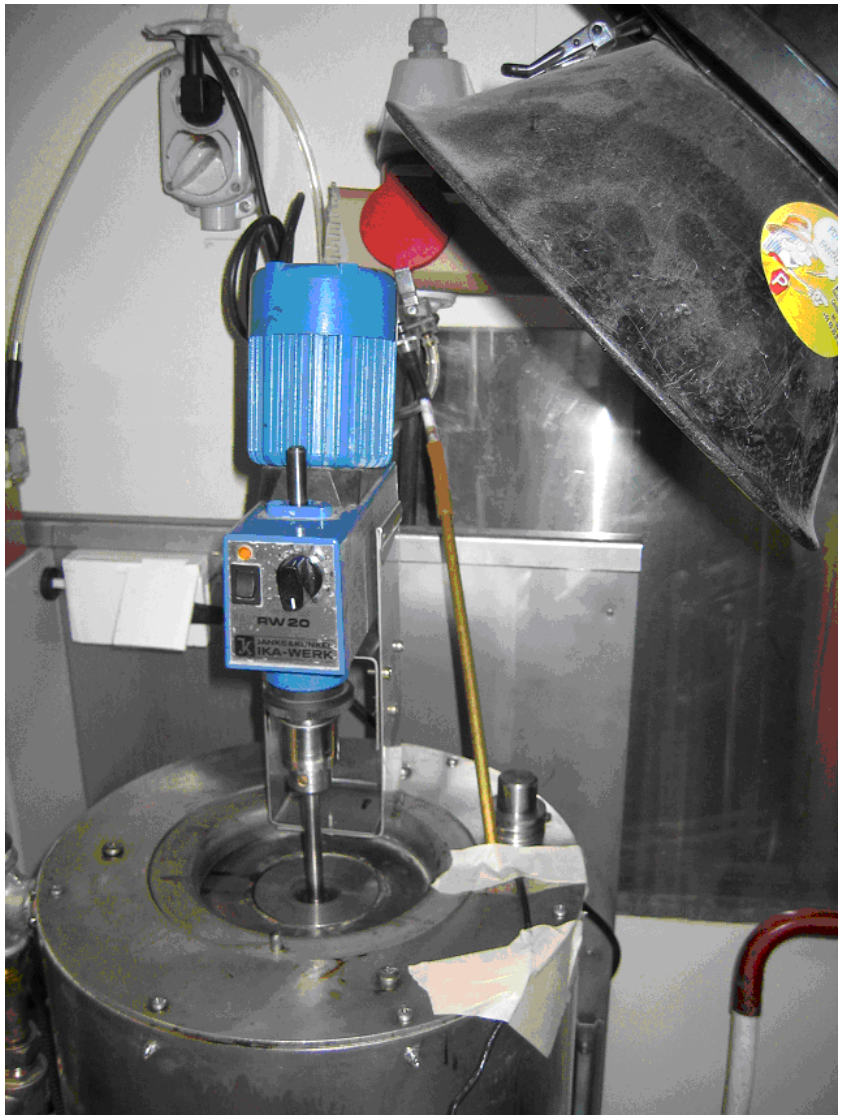


Figure – Miscelatore del bitume utilizzato nello studio pilota e Misura 1 – 2007

# Allegato

Figura – Remixer all’atto della Misura 2 – 2008, Vetlanda

# Allegato

**Valutazione dell'odore e altri potenziali disturbi legati al conglomerato bituminoso**

Data __/__/2009

Nome _____

Professione: _____

Livello su una scala da 0 a 6 dell'odore correlato all'asfalto gommato **alla data odierna** dove

0 = Nessun odore
1 = Odore appena percepibile
2 = Odore debole
3 = Odore distinto
4 = Odore forte
5 = Odore molto forte
6 = Odore insopportabile

Ha riscontrato **altri** disturbi associati alla miscela di asfalto gommato **in data odierna**?
In caso di risposta affermativa, specificare quali.

_____

_____

Livello su una scala da 0 a 6 dell'intensità dei disturbi associati all'odore della miscela di asfalto gommato **in data odierna** dove

0 = Nessun disturbo
1 = Appena percepibile
2 = Debole
3 = Distinto
4 = Forte
5 = Molto forte
6 = Insopportabile