

Tillsatsmedel i asfalt- påverkan på arbetsmiljö och omgivning

Arne Andersson, AB Previa

Torbjörn Jacobson, VTI

Bengt-Olle Persson, Peab Asfalt

Förord

Vissa tillsatsmedel upplevs idag som besvärliga för arbetsmiljön vid tillverkning och utläggning av asfaltmassa. Vidstående projekt som finansierats av SBUF och Peab Asfalt AB syftar till att ta fram relevanta fakta om tillsatsmedel och dess hälso- och miljöproblem. Projektet har i denna del inriktats som en förstudie av vad som hitintills har gjorts inom asfaltmiljöområdet både i Sverige och i utlandet. Förstudien har utförts i samarbete mellan Peab Asfalt AB, VTI och AB Previa.

Malmö 2004-04-03

Bengt-Olle Persson

Innehållsförteckning

VARFÖR ANVÄNDS TILLSATSMEDEL I ASFALT.....	4
PROBLEMSTÄLLNING.....	4
SYFTE.....	4
ARBETSMILJÖN FÖR ASFALTPERSONAL.....	5
BESKRIVNING AV ASFALT OCH BITUMEN	6
TJÄRASFALT	6
ÖVERSIKT AV TILLSATSMEDEL	7
VIDHÄFTNINGSMEDEL.....	8
FLYTANDE VIDHÄFTNINGSMEDEL.....	8
<i>Arbetsmiljöstudier</i>	8
MINERALISKA TILLSATSMEDEL	9
<i>Arbetsmiljöstudier</i>	9
PÅVERKAN UNDER BRUKSSKEDE OCH VID ÅTERVINNING.....	10
POLYMERMODIFIERAT BINDEMEDEL (PMB)	10
PÅVERKAN PÅ ARBETSMILJÖN	11
PÅVERKAN UNDER BRUKSSKEDE OCH VID ÅTERVINNING.....	11
FIBRER	12
SLÄPPMEDEL	12
DIESELolja	12
ERSÄTTNINGSPRODUKTER	12
ANDRA TILLSATSER	13
GUMMIGRANULAT.....	13
FÖRSTYVANDE TILLSATSER	13
KALKSTENSFILLER	14
RETURASFALT	14
ANVÄNDNING AV TILLSATSMEDEL I SVERIGE OCH UTOMLANDS	14
SLUTSATSER	16
FORTSÄTTNING AV PROJEKTET	17
LITTERATUR	18

Varför används tillsatsmedel i asfalt

Ökande trafiklast och större krav på god beständighet hos asfaltbeläggningar har medfört att *tillsatsmedel* blivit allt vanligare i asfaltmassor. Tillsatsmedel kan förbättra egenskaperna hos asfalt, till exempel beständigheten mot vatten, salt, bränslespill eller göra asfaltlagret mer flexibelt eller stabilt. De används också för att kompensera för svagheter hos ingående material. Vissa typer av tillsatser reducerar risken för bristande kvalitet vid tillverkning och utläggning av asfaltbeläggning. Därför har det blivit allt vanligare med tillsatsmedel i bindemedel och asfaltmassor. Ibland kan det vara nödvändigt med tillsatsmedel, till exempel om förhållandena är svåra för att förbättra asfaltens egenskaper. I andra fall kan dock konventionell asfalt utan eller med begränsad användning av tillsatser vara tillräckligt för att uppnå önskvärt resultat om valet av material, proportioneringen av massorna och utförandet görs på ett kvalitativt riktigt sätt.

Problemställning

Vissa tillsatsmedel upplevs idag som besvärliga för arbetsmiljön på asfaltverk och framför allt vid utläggning på vägen. Under flera år har problemen påtalats och det har hänt att arbeten stoppats på grund av lukt eller osäkerhet om asfaltmassans farlighet. Speciellt vissa typer av vidhäftningsbefrämjande medel har ifrågasatts. Även inblandning av returafalt kan ge upphov till oro eftersom asfaltgranulatet kan lukta illa. Det är viktigt att tillsatser inte försvårar eller begränsar återvinning av fräst eller uppbruten asfalt.

Ibland kan tillsatser ge stora förbättringar för hållbarheten hos asfalt, vilket även är bra för miljön eftersom livslängden hos beläggningen blir högre. Det får dock inte ske till priset av försämrade arbets- eller yttre miljö. Valet av tillsatsmedel måste förutom de tekniska frågorna även ta hänsyn till *miljöaspekterna*. Därför behövs en bättre och mer samlad kunskap om tillsatser i asfalt och hur de påverkar arbetsmiljön och omgivningen. Vid proportioneringen av asfaltmassan eller val av produkt och metod är det viktigt att kunna värdera eventuella tillsatser ur miljösynpunkt och kunna peka ut de miljöer inom asfaltproduktionen som kan vara känsliga.

Syfte

Projektet syftar primärt till att ta fram relevanta fakta om tillsatsmedel och dess hälso- och miljöproblem för huvudsakligen *varmbländad asfalt*. Förstudien (del 1 av projektet) har varit inriktad mot följande områden:

- Vilka tillsatser förekommer
- I vilken omfattning används de och till vilka massatyper
- Hur ser trenden ut i vår omvärld och i framtiden
- För- och nackdelar med tillsatsmedel
- Erfarenheter och miljöstudier

Arbetsgruppen har besökt Nynäs AB, Akzo Nobel och Nordkalk i syfte att inhämta aktuell information från producenter eller användare av tillsatsmedel. För att kartlägga i vilken omfattning tillsatsmedel hittills används och hur utvecklingen ser ut för

framtiden har kontakt tagits med Vägverket, några kommuner och de större entreprenörerna. En annan del av förstudien har inriktats mot insamling av litteratur inom området (både utländsk och svensk). Det är viktigt att belysa den kunskap som redan finns innan ny forskning sats igång. I många länder har t ex PMB och vidhäftningsmedel använts i många år.

Studien är huvudsakligen inriktad på aspekter som berör produktion av varma asfaltmassor dvs. tillverkning, transport och utläggning. De problem som är förknippade med asfaltbeläggningen under bruksskedet (under trafikering) och när vägen skall åtgärdas och asfalten återvinnas behandlas mer översiktligt i studien.

Miljöfrågor som berör kallt- eller halvvarmt tillverkade massor eller tankbeläggningar har inte närmare behandlats i undersökningen. De frågor som är förknippade med returafalt, asfaltåtervinning och tjärafalt behandlas endast översiktligt i studien. Inom detta område görs hänvisningar till handböcker och rapporter.

Arbetsmiljön för asfaltpersonal

Arbetsmiljön för asfaltpersonalen är komplex. För utläggningspersonalen är naturligt nog gatorna och vägarna de mest utsatta arbetsplatserna ur arbetsmiljösynpunkt. Vid arbete på väg är passerande fordon en ständig riskfaktor eftersom det är svårt att effektivt kunna kringgärda läggningsarbetsplatserna för att minska påkörningsrisken. Andra arbetsmiljöfaktorer är väder och vind, buller och vibrationer, rök och ångor från bitumen och släppmedel, avgaser från egna fordon och förbipasserande trafik. Tillsatsmedel i form av fiber och kemiska ämnen skapar oro för hälsan i ett längre perspektiv.

Cancer

Den cancerstudie som genomfördes i IARC:s regi innefattade 6000 svenska asfaltarbetare. Dessa, som hälsoundersökts i byggbranschens företagshälsovård, Bygghälsan, kontrollerades mot cancerregistret. Någon överdödlighet i cancersjukdomar kunde inte konstateras (Bengt Järveholm, 1998).

Besvär i andningsvägar

Redan 1977 gjordes en studie som påvisade att asfaltarbetare ofta hade besvär från övre luftvägarna i form av t ex. kronisk bronkit (Bo Nyqvist, Bygghälsan 1977)

En nyligen presenterad svensk studie visar att byggnadsarbetare inklusive asfaltarbetare riskerar att få lungsjukdomen KOL, Kronisk Obstruktiv Lungsjukdom. Rökning är den i särklass viktigaste orsaken till KOL dit emfysem och kronisk bronkit räknas. Studien visar att arbetsmiljöns betydelse vid den typen av sjukdomar har underskattats. Av undersökningen framgår att 523 byggnadsarbetare som arbetat i miljöer med mycket damm, avgaser och ångor dog i KOL mellan 1971 och 1999. Dödstalet för byggnadsarbetare som kunde undvika luftburna föroreningar var 200. Bland de avlidna finns både rökare och icke-rökare. Arbetsmiljön gav störst utslag för ickerökarna i studien. För dem var risken att dö i KOL mer än fördubblad om de exponerades för farliga ämnen. KOL är annars en mycket ovanlig sjukdom hos personer som inte röker. Över hälften av ickerökarna skulle aldrig ha fått KOL om de inte exponerats för skadliga ämnen på arbetsplatsen.

Forskare i Umeå, Sundsvall och Göteborg har följt över 317 000 personer i nära trettio års tid. Drygt 200 000 av dem utsattes för byggdamm, gaser och rök på arbetsplatsen. De har jämförts med drygt 116 000 som inte varit utsatta för de farliga ämnena. Undersökningen är den hittills största i sitt slag i världen. Genom de årliga hälsokontroller som genomfördes av företagshälsovården Bygghälsan under 1970- och 1980-talet har forskarna haft ett unikt underlag. Den sista uppföljningskontrollen av arbetarna i studien gjordes 1999.

Svenska byggnadsarbetare byter sällan specialitet. Tre fjärdedelar av dem har hållit sig till samma typ av arbetsmoment genom åren. Därför har de också utsatts för samma typ av miljöfaror under en stor del av sitt yrkesverksamma liv. Forskarna har på så sätt kunnat ringa in de värsta ämnena. Rök från bränt trä och damm från betong, cement, mineralfibrer, sten och annat oorganiskt material har visat sig vara farligast. Det är också flest arbetare som har utsatts för just dessa luftburna partiklar. Därefter kommer ångor från lösningsmedel, asfaltrök och diesellavgaser. Om man undantar asbest utsätts arbetarna för i stort sett samma farliga ämnen i dag.

Beskrivning av asfalt och bitumen

Asfalt är i huvudsak en blandning av de naturliga råmaterialen sten, sand, filler (finmaterial) och *bitumen*. Bitumen är en petroleumprodukt som framställs genom destillation av råolja. Förutom dessa material, som används standardmässigt, kan mindre mängder av olika typer av tillsatsmedel förekomma för att förbättra produktens egenskaper. Varmblandad asfaltmassa tillverkas vanligen vid temperaturer mellan 140-170°C.

Huvuddelen av det belagda vägnätet består av asfalt med bitumen som bindemedel, men äldre asfaltkonstruktioner kan innehålla lager med vägtjära som bindemedel eller vidhäftningsmedel. Asfalt introducerades i Stockholm i början på 1900-talet: Med åren har asfalt blivit det helt dominerande beläggningmaterialet och dess främsta fördelar är bra vägyteegenskaper, god flexibilitet, går att återvinna och asfalt är förhållandevis enkelt att reparera och underhålla

Bitumen är vid rumstemperatur ett fast till halvfast material. Färgen är svart till mörkbrun. Vanligaste framställningssätt är destillation av råoljor. Bitumen måste värmas innan det kan hanteras. Bitumen är inte hälsovådligt vid rumstemperatur. Vid varm hantering avges rök från bituminet som kan verka irriterande, varför höga exponeringar bör undvikas. Bitumen är inte klassificerat som miljöfarligt.

Tjärasfalt

Asfalt bör inte förväxlas med tjärasfalt även om de till det yttre ser likadana ut. Tjärasfalt består av en blandning mellan stenmaterial i olika fraktioner och *vägtjära* (*stenkolstjära*). Ibland blandades också vägtjäran med bitumen. Vägtjära användes fram till och med början av 1970-talet till bituminösa beläggningar på vägar, gator och flygfält. Idag förekommer de här lagren längre ned i asfaltkonstruktionen. Den känns igen på sin karakteristiska lukt som framträder tydligare vid högre temperaturer. Det

kan dock vara svårt skilja på asfalt och tjärasfalt okulärt. Oftast krävs identifikation och provning i laboratorium eller med speciell fältutrustning (UV-lampa). Tjärasfalt innehåller en rad ämnen som är klassade som hälso- och miljöfarliga. Av den anledningen kan asfalt innehållande stenkolstjära klassas som farligt avfall när beläggningen tas bort från vägen.

Hantering, mellanlagring och återvinning av tjärasfalt beskrivs i en handbok av Svenska Kommunförbundet som kommer att ges ut under våren 2004 (se litteraturlista). Påverkan på arbetsmiljö och omgivning finns redovisade i en rad rapporter från Previa AB, SGI och VTI (se litteraturlistan).

Sammanfattningsvis har miljöpåverkan från tjärasfalt visat sig vara ringa enligt de fältstudier som gjorts. Ingen ökad arbetsmiljörisk för asfaltpersonal vid grävning eller krossning av tjärhaltiga material med måttligt innehåll av tjära, 100-600 ppm 16-PAH, har konstaterats. Utlakningen från tjärlager i vägen är också ringa. Vid mellanlagring av tjärmassor måste dock försiktighet iakttas. Tjärmassor kan, speciellt vid varmare väderlek, ge upphov till en *irriterande lukt* som upplevs som obehaglig av asfaltpersonal.

Översikt av tillsatsmedel

De vanligaste tillsatsmedlen som brukar användas i asfaltmassor kan delas upp i följande grupper:

- Vidhäftningsmedel
- Polymerer
- Fibrer
- Övriga
- Släppmedel (i och för sig inget tillsatsmedel, men har visat sig ge stort bidrag till den totala rökigheten)

Vidhäftningsmedel

En god vidhäftning mellan bitumen och stenmaterial är mycket viktigt för alla typer av asfaltbeläggningar. Inblandning av en mindre mängd vidhäftningsmedel förbättrar i många fall asfaltbeläggningens resistens mot vatten, salt och frys-töväxlingar. Vidhäftningsmedel delas upp flytande (t ex aminer) och mineraliska tillsatsmedel (t ex släckt kalk, cement).

Polymerer

Polymera material tillsätts för att förbättra asfaltbeläggningens vidhäftning, stabilitet eller åldringsegenskaper, samt för att minska temperaturkänsligheten och göra beläggningen tåligare mot sprickbildning. När tillsatsmedel av polymertyp används erhålls polymermodifierad asfaltmassa (PMA). När den blandats i bitumen kallas blandningen för polymermodifierat bitumen (PMB). Det finns ett stort antal polymerer och de brukar delas in i grupper efter egenskaper.

Fibrer

Fibrer tillsätts vanligen för att möjliggöra tillverkning av beläggningsmassor med relativt sett höga bindemedelshalter vid normala tillverkningstemperaturer utan avrinning. Exempel på fibrer är mineralfiber, cellulosafiber och glasullsfiber.

Övriga

Det finns ett antal produkter som ofta i liten skala inblandas eller har inblandats i bitumen eller asfalt, t ex:

- Förstyvande tillsatser som t ex naturasfalt, syntetiskt vax och polyfosforsyra
- Gummigranulat (rivna eller malda gummidäck)
- Returasfalt (asfaltgranulat)
- Flygaska, kalkstensfiller, salt, järnoxid, restplast mm

Vidhäftningsmedel

Under senare år har behovet ökat att tillsätta olika *vidhäftningsmedel* i asfalt. Orsaken är att kunna tillhandahålla asfaltprodukter med egenskaper som bättre motsvarar dagens krav på god hållbarhet och beständighet. Oftast sker inblandningen vid asfaltverken i bitumentankarna eller i blandaren men ibland även hos bitumenleverantören. Vissa vidhäftningsmedel kan innebära ökad påverkan på arbetsmiljön både vid tillverkning och vid utläggning av asfaltmassor.

Flytande vidhäftningsmedel

Det vanligaste vidhäftningsmedlet av denna typ är *aminer*. Flera varianter förekommer, t ex Etylenamin, Amidoaminer och Diaminer. Tallolja har också tidigare använts som vidhäftningsmedel i asfaltmassor.

Aminer inblandas förutom i bitumen till varma massor även i emulsioner för tankbeläggningar och kalltillverkad massa och i mjukbitumen för mjukgjord asfaltmassa. Val av aminotyp och mängd beror på teknik, typ av bindemedel, massa och av användningsområde. Mängden amin ligger i allmänhet mellan 0,2-1,5 % av bindemedlets vikt. Det kan nämnas att energiåtgången och utsläppen av växthusgaser för tillverkning av amin är betydligt lägre än för cement och släckt kalk. Inblandning av flytande vidhäftningsmedel kräver också mindre kostsamma utrustningar.

Aminer har irriterande och ibland frätande egenskaper. De är i fri form miljöfarliga (giftiga) för vattenorganismer och kan ge skadliga långtidseffekter i vattenmiljö. Alla kemikalier skall i framtiden dokumenteras med avseende på toxiska egenskaper och främst då för yttre miljö.

Arbetsmiljöstudier

Byggbranschens organisation för arbetsmiljöfrågor, Bygghälsan, gjorde under många år arbetsmiljöstudier vid asfaltbeläggningsarbete. Redan i början av 1970- talet gjordes en arbetsmiljöstudie avseende arbetarskydd, ergonomi och arbetshygien. De väsentligaste frågeställningarna var då damm, buller, vibrationer och asfaltrök.

I samband med utförande av vissa beläggningstyper t.ex. indränkta makadam och ytbehandlingar användes också vidhäftningsbefrämjande medel i form av stearinaminer

(fettsyreaminer) som satsblandades för hand ute på arbetsplatsen. Under senare delen av 1970-talet lanserades tekniken att tillsätta vidhäftningsförbättrande medel även till varmblandade asfaltmassor. Produkter med adhesionsförbättrande egenskaper för inblandning i varma beläggningsmassor baserades vanligen på alifatiska aminer/amider. Den produkt som användes mest hade beteckningen Lilamin VP 75. Ganska snart framfördes klagomål från arbetstagare att arbetsmiljön hade försämrats. Diffusa symptom som huvudvärk, irritation i ögon och luftvägar samt illamående och allmän olust hade under åren ökat i omfattning rapporterats och sattes i samband med amin.

Aminer kan förekomma både i arbetsmiljön och i den totala miljön. Den kemiska industrin använder många olika aminer vid tillverkning av t.ex. tvättmedel, färgämnen och läkemedel. I livsmedel kan förekomst av lägre halt av aminer påvisas. Många aminer finns naturligt i biologiska system. Aminer är basiska förningar som strukturellt är relaterade till ammoniak och kan betraktas som ett derivat till detta ämne.

Mätning av aminer är intressant ur både toxikologisk och yrkeshygienisk synpunkt. Den akuta toxiciteten (giftigheten) är vanligen låg men i högre halter är aminerna retande och besvärande. Aminer misstänks kunna orsaka allergier och astmatiska besvär.

Mätningar som gjorts i Sverige under perioden 1980-2002 visar att halten aminer i rök vid beläggningsarbete är mycket låg (ofta under detektionsgränsen) i förhållande till hygieniskt gränsvärde. Mätningar i Finland och USA visar också på samma låga nivåer. Det måste dock påpekas att känsliga individer kan få besvär även vid låga halter, vilket innebär att "besvärsgränsen" inte nödvändigtvis sammanfaller med hygieniskt gränsvärde. När asfaltmassor har hög temperatur (överhettade massor) anses besvären bli större för massor med aminer. Överhettade asfaltmassor ger i allmänhet upphov till mer rök, lukt, gaser så det är därför bra ur arbetssynpunkt om massans temperatur kan hållas relativt låg. Utsläppen av växthusgaser blir också mindre från asfaltverket vid lägre tillverkningstemperatur av asfaltmassan.

Mineraliska tillsatsmedel

De vanligaste förekommande mineraliska vidhäftningsbefrämjande medlen är *släckt kalk och cement*. Andra typer som i mindre omfattning kan förekomma är kalkrika flygaskor och malen hyttsand (hyttsten). De används på samma sätt som aminer för att främst förbättra asfaltens resistens mot vatten men kan även ha andra positiva effekter på asfaltens egenskaper.

Den här typen av tillsatser inblandas i asfaltverket genom slutna system (silo och skruv). De tillsätts i det uppvärmda fillret innan blandningen av asfaltmassan. Mineraliska tillsatsmedel är mycket finkorniga och dammar därför lätt om de hanteras öppet. Det kan nämnas att skrymdensiteten för släckt kalk är ca 0,5 kg/dm³ och för cement ca 1,0 kg/dm³. Normalt tillsätts 1-2 % av massans vikt. Släckt kalk och cement klassas som irriterande för andningsvägar, ögon och hud. Koncentrerad lösning är giftig för vattenorganismer (släckt kalk av vattenlöslig). Släckt kalk bildar vid kontakt med fukt eller vatten frätande kalciumhydroxidlösning.

Arbetsmiljöstudier

Några arbetsmiljöstudier som har anknytning till denna verksamhet har inte gått att finna. Eventuella arbetsmiljöproblem kan uppstå om arbetstagare kommer i

direktkontakt med släckt kalk och cement och får det på huden eller andas in damm. Risken torde vara störst vid ingrepp och reparationer i verkets olika delar. Är för utläggningspersonalen knappast något problem. Släckt kalk eller cement används alltmer i varmblandade asfaltmassor som ersättning för flytande vidhäftningsmedel.

Påverkan under bruksskede och vid återvinning

När asfaltmassan svalnat och hårdnat är aminen bundna i asfalten och bör därför inte vara ett miljöproblem (lakar inte ut) under bruksskedet. Även mineralogiska vidhäftningsmedel binder (hydratiserar) i asfalten. Några problem med massor innehållande amin har hittills inte påvisats vid återvinning av asfalt. Låga halter av släckt kalk och cement mm bör inte heller påverka asfaltens möjligheter till återvinning. Släckt kalk anses motverka åldring av bitumen (antioxidant). Släckt kalk, Ca(OH)_2 (Calciumhydroxid), kan med tiden omvandlas till CaCO_3 (Calciumkarbonat). Cement anses mer stabil.

Polymermodifierat bindemedel (PMB)

I många länder används *PMB* i asfaltbeläggningar och det finns många varianter av polymerer för modifiering av bitumen och asfalt. Typ och halt av polymer tillsammans med bitumenkvalitet och kompatibiliteten mellan polymeren och bitumen är faktorer som påverkar bindemedlets och asfaltmassans egenskaper. Vanligtvis tillsätts polymerer direkt i bitumenet (PMB) men vissa polymerer inblandas i det varma stenmaterialet (polyolefiner) innan blandningen av asfaltmassan vid asfaltverket. Halten polymerer i bitumenet kan ligga mellan 2-6 %. Polymerer används förutom i varmblandade standardmassor även till gjutasfalt, asfaltmastix, isolermattor och emulsioner.

Polymerer är högmolekylära föreningar som sitter i långa kedjor med stark bindning i bitumenet. De flesta polymerer är idag värmebeständiga vid lagrings- och massatemperatur men vissa kan brytas ned men stannar kvar i asfaltmassan om temperaturen är för hög. Det krävs mycket förhöjd temperatur för att polymeren skall förbrännas och därigenom påverka rökgaser i asfaltmassa. Polymermodifierad asfaltmassa (PMA) brukar ibland tillverkas vid högre temperatur än konventionell asfaltmassa på grund av klibbigheten (segheten) från PMB. En ökning av massatemperaturen med 10°C fördubblar t ex rykigheten hos massan. Även utsläppen av växthusgaser och andra ämnen (t ex PAH) ökar vid förhöjd temperatur. Försök har visat att det går att hålla nere temperaturen även för PMA och samtidigt få en bra bearbetbarhet på massan. Det finns indikationer på att SBS-polymerer kan minska rökigheten hos asfaltmassorna enligt erfarenheter från fältet.

Polymerer är inte hälsofarliga (inandning av damm kan dock irritera luftvägarna) men spårmängder av restmonomer från tillverkningen av polymeren kan vara hälsofarliga. Polymerer är inte klassade som cancerframkallande medan ingående monomerer är det.

Polymerer brukar delas in i grupper efter sina egenskaper. De vanligaste förekommande polymererna i Sverige har varit av typen SBS, EVA och EBA. Till exempel SBS består av molekyllängd kedjor innehållande Styren-Butadien-Styren. Styren och 1,3 Butadien (benämns monomerer) är klassade som cancerframkallande ämnen.

Påverkan på arbetsmiljön

Arbetsmiljömätningar vid utläggning av asfaltmassa med polymermodifierat bitumen, har gjorts av AB Previa under åren 1999-2003. Mätningarna har innefattat kontroll av arbetsmiljön avseende SBS-polymer vid byggandet av Öresundsbron och Arlandas tredje bana samt EBA polymer vid beläggningsarbete på väg E4 och E6. Sökta ämnen har inte kunna ha påvisats i analyser från dessa mätningar annat än en mycket ringa mängd styren.

På Öresundsbrons betongyta lades två lager med epoxi och en 5 mm bitumenmatta. Det utgjorde det egentliga tätskiktet. På detta lades 30 mm polymergjutasfalt. Gjutasfalten fungerade som ett extra tätskikt och gav samtidigt ett starkt underlag för det 45 mm tjocka asfaltslitlagret som också var en polymerasfalt. Mattan hade ett skikt av polymermodifierad (SBS) bitumen. Rullarna på 20 meters längd vardera sattes i en ramp med 10 stycken brännarmunstycken som med slang var anslutna till gasolbehållare. Operatören styrde brännarna mot bitumenskiktet som uppmjukades och drog sedan rampen baklänges varvid mattan fäste mot underlaget. Rökigheten var måttlig under arbetet. I provet kunde ingen 1,3-butadien hittas. Spår av styren fanns, dock mindre 1/1000 av hygieniskt gränsvärde.

Över arbetsplatsen hade ett tält monterats för att arbetet skulle fortlöpa oberoende av väder. I och med det blev rökutvecklingen hög speciellt vid läggning av gjutasfalt. Gjutasfalten hade en arbetstemperatur på 210-220°C. Hygieniskt gränsvärde för asfaltrök (som oljedimma), överskreds kraftigt. Trots det kunde inget av styren eller 1,3-butadien spåras.

Vid två tillfällen har arbetshygieniska mätningar genomförts vid läggning av varmblandad asfaltmassa med bindemedel som modifierats med EBA, etencopolymer med n-butylacrylat. I det första fallet 2002 vid beläggningsarbete på E4 söder om Örnsköldsvik, klagade personalen på försämrad arbetsmiljö och satte det i samband med EBA. Mätningar utfördes av Örnsköldsviks Företagshälsovård (underentreprenör till Previa). Massatemperatur var 170°C. Mätningarna gav till resultat att rökigheten mätt som oljedimma överskred hygieniskt gränsvärde. Halten butylacrylat låg dock under detektionsgränsen för ämnet.

År 2003 gjordes motsvarande mätningar vid beläggningsarbete på E6 vid Mölndal. Massatemperatur var 158-162°C. Vid läggningen konstaterades måttlig rökighet. Någon butylacrylat kunde inte spåras i detta fall heller (AB Previa 2003).

Påverkan under bruksskede och vid återvinning

Eftersom PMB hittills använts i liten skala i Sverige har dessa frågor inte belysts i Sverige. Undersökningar av slitagedamm görs för närvarande på VTI och det är möjligt att PMB kan påverka riskbedömningen. Gummirester från däck har förutom stenmaterial och bitumen påträffats i slitagedamm. Det är okänt om fragment av polymerer i slitagedamm ökar risken för lungrelaterade sjukdomar.

PMB kan sannolikt försvåra återvinning av asfalt på grund av att massorna blir segare att bearbeta och kräver mer värme (t ex vid Repaving eller Remixing) under återvinningsprocessen.

Fibrer

Sedan ett antal år tillbaka används *fiber* som tillsatsmedel i asfaltmassor. Fibern anses vara en viktig ingrediens i recepten för moderna kvaliteter som används framför allt på det högtrafikerade vägnätet. Den fiber som används är baserad på cellulosa eller mineralull eller blandningar av dessa med lite olika sammansättningar. Med anledning av fiberinblandningen går dessa massor normalt under benämningen fibermassor. Förutom fiberinblandningen är dessa massor stenrikare och bindemedelsrikare än konventionella asfaltmassor. Fibermassor är segare än vanliga asfaltmassor och svåra att hantera manuellt.

Vid utläggning av fibermassor har en del asfaltpersonal under några års tid anfört att de på olika sätt påverkas i större utsträckning än vid läggning av massor utan fibertillsats. Besvär som rapporterats är huvudvärk, irriterade slemhinnor, torrhet i halsen, heshet, förkylningssymptom, hudbesvär etc.

Flertalet rapporterade fall kom från asfaltpersonal som arbetat med massor innehållande cellulosafiber. Besvärerna var mer uttalade vid arbete med asfaltmassor där stenstorleken översteg 11 mm, och/eller öppen massastruktur

Trots mycket omfattande undersökningar under en period av 3 år med försök i laboratoriemiljö och fältstudier har det inte gått att finna någon entydig förklaring till varför fibermassor av en del asfaltarbetare upplevs som mer besvärande än ”vanliga” asfaltmassor.

Att temperaturen har en avgörande inverkan är vid det här laget välkänt. Vid objekt där temperaturen på asfaltmassan var låg och rökigheten därför sparsam kände personalen inte några besvär. Lägsta möjliga temperatur är alltså viktigt, speciellt vid massor med stenstorlek 16 mm eller mer.

Släppmedel

Dieselolja

Dieselolja var tidigare i stort sett det enda medlet för att förhindra vidhäftning och för rengöring av maskiner och redskap. Vid samtal med asfaltpersonal säger man att det är smidigt att använda och fungerar effektivt. Dieselolja förångas vid kontakt med varma ytor. Ångorna är för många irriterande. Dieselolja löser hudfett och torkar därmed ut huden.

Ersättningsprodukter

Det finns idag produkter som är mer eller mindre arbetsmiljöanpassade. Produkter som är alternativ till diesel är baserade på petroleumolja eller vegetabilisk olja vanligtvis från raps. Ur hälsosynpunkt kan dessa vara ungefärligt jämförbara. Att en produkt är baserad på ”naturliga råvaror” betyder inte nödvändigtvis lika med ofarligt. Jämför ”naturlig huggorm”, ”naturlig vit flugsvamp” etc. Alla personer tål inte produkter som saluförs som miljövänliga, utan kan få besvär, mestadels i form av hudpåverkan.

Ångor från släppmedel baserad på växtolja eller högraffinerad petroleumolja upplevs av flertalet som mindre irriterande. Vegetabiliska oljor bryts ner snabbare i naturen och kan på så sätt vara en fördel.

Högraffinerade petroleumoljor är ett bra alternativ till diesel. Har funnits på marknaden länge. Ångorna är inte så irriterande som från diesel. Fungerar med rätt användarteknik tillräckligt bra. Ren *rapolja* fungerar bra som släppmedel men inte fullt så bra till rengöring. *RME*, *Rapsmetylester*, är modifierad rapolja. Genom att tillsätta metanol, och kalciumhydroxid och därefter upphetta produkten sker en s.k. förestring. Ur den processen fås en produkt som mer liknar diesel och kan användas som motorbränsle och som släppmedel. Det finns även *blandprodukter* av petroleumolja och växtolja som kan vara vattenspädbara. Erfarenheterna av dessa produkter är begränsad.

Andra tillsatser

I Sverige har arbetsmiljöfrågorna främst belysts vid tillsats av *returplast* och *gummigranulat* i asfaltmassor. Ibland tillsätts *förstyvande tillsatsmedel* (kolväten) i bitumen för att asfaltlagret skall bli stabilare. Exempel är naturasfalt, vax och mjukgörare. Låga halter av *gummigranulat* har tidigare inblandats i vissa slitlagermassor. I de poroelastiska beläggningar som nu är under utveckling inblandade förhållandevis höga halter av främst rivna eller malda bildäck. I vissa ”nischbeläggningar” förekommer *järnoxid* och syntetiskt bindemedel (färgad asfalt) eller *saltkristaller* (halkresistent asfalt). *Kalkstensfiller* ersätter ibland en del av egenfillret i vanlig asfalt. *Flygaska* används i många länder som filler men förekommer inte i Sverige. Den utan tvekan vanligaste produkt som inblandas i nytillverkad asfalt är *asfaltgranulat*, dvs. uppbruten och krossad eller fräst asfaltbeläggning. Smält *restplast* har testats i bitumen som en modifiering av bindemedlet.

Gummigranulat

Består i regel av söndermalda bildäck. Har tidigare i liten skala använts som tillsats i asfaltmassa. För närvarande pågår försöksverksamhet med så kallad poroelastisk beläggning där asfaltmassan/bitumen modifieras med gummigranulat. Därigenom erhålls en beläggning som reducerar däcksbullret avsevärt. Ur arbetsmiljösynpunkt är denna typ av tillsats inte helt problemfri. Gamla däck kan innehålla förhöjda halter av PAH (HA-oljor).

Förstyvande tillsatser

Tillsats av *naturasfalt* i bitumen (5-15 %) förekommer i asfaltmassa och gjutasfalt. Naturasfalt består av kolväten (huvuddelen) och mineralämnen. Uintaite som numera används i Sverige är ett naturbitumen som inte är giftigt. Inga cancerframkallande ämnen har kunnat hittas i Uintaite. Damm från Uintaite kan ge lindriga irritationer i ögon och luftvägar. I likhet med vanligt bitumen finns det risk för generering av cancerframkallande ämne (aromatiska kolväten) om asfaltmassorna utsätts för mycket höga temperaturer (långt över det normala, 250°C). På senare år har som alternativ till PMB och naturasfalt bland annat i Tyskland *syntetiskt vax* eller *polyfosforsyra* börjat inblandats i bitumen. De ger asfalten bättre stabilitet vid högre temperaturer samtidigt som asfaltmassans temperaturer kan sänkas och dess bearbetbarhet förbättras.

Kalkstensfiller

Kalkstensfiller inblandas i egenfiller vid asfaltverket. Kalkstensfiller består huvudsakligen av Calciumkarbonat (krossad och mald kalksten). Det är inte hälso- eller miljöfarligt. Men kalkstendamm är vid långvarig kontakt irriterande för ögon, hud och luftvägar.

Returasfalt

Returasfalt (asfaltgranulat) inblandas i stor skala i nyttillverkade asfaltmassor. Asfaltgranulat är benämningen på krossade eller frästa gamla asfaltbeläggningar. De flesta asfaltverk är idag anpassade för varm återvinning och andelen asfaltgranulat i massorna varierar normalt mellan 10-30 %. I enstaka fall kan även högre halter förekomma. Asfaltgranulat har främst uppmärksammats för ibland dålig lukt (kolväten) och om de innehåller stenkolstjära. Returasfalt kan innehålla låga halter av metaller. Utlakningen från vanliga asfaltmassor (utan tjära) är i allmänhet liten. Om asfalt innehåller föroreningar (t ex bränslespill) får den inte återvinnas utan särskild utredning.

Användning av tillsatsmedel i Sverige och utomlands

Tillsatsmedel i varmblandad asfalt har inte varit så vanligt i Sverige jämfört med många andra länder. I länder med milda och fuktiga vintrar, t ex Norge och Danmark har vidhäftningsmedel sedan länge använts och i länder med varma somrar, t ex Tyskland och Frankrike förekommer PMB i slit- och bindlager på det högratifierade vägnätet. I Sverige har PMB, vidhäftningsmedel och andra tillsatser använts i asfaltmassor men aldrig generellt eller i stor omfattning. En ökning verkar dock ha skett på senare år. Skärpta krav på asfaltmassor och nya typer av asfaltbeläggning är den främsta förklaringen.

Dålig beständighet har sannolikt varit den vanligaste orsaken till beläggningsskador i Sverige sedan dubbslitaget minskat. Det är ett känt faktum att många av de ballastmaterial som idag används har bra mekaniska egenskaper men sämre vidhäftningsförmåga. Undersökningar har visat att stenmaterialet har en stor betydelse för beständigheten hos asfalt. Av den anledningen har vidhäftningsmedel i allt högre grad börjat användas.

Den ökande och alltmer tunga trafiken, tillsammans med varma somrar, ställer också högre krav på god stabilitet än tidigare, vilket medför att PMB eller förstyvande tillsatser kommer att bli mer vanligt. Även beläggningar med bullerdämpande förmåga (dränasfalt, poroelastiska beläggningar) har PMB och andra tillsatser i massan.

I de nya asfalttyper som introducerades på 1990-talet (t ex skelettasfalt och tunnskiktbeläggning) ingår förutom bitumen och stenmaterial ibland fibrer, PMB eller vidhäftningsmedel. Asfaltbeläggningar för flygfält innehåller ibland PMB och alltid vidhäftningsmedel. Polymermodifierad gjutasfalt eller asfaltmastix används till isolerskikt på broar.

Olika typer tillsatser används sålunda alltmer för att dels förbättra asfaltens egenskaper eller göra asfaltmassorna mindre känsliga separationer under utförandeskedet. Användningen varierar dock inom landet och i vissa regioner används t ex vidhäftningsmedel endast i ringa skala medan i andra regioner kräver de lokala tekniska

anvisningarna att samtliga asfaltmassor skall innehålla vidhäftningsmedel. Den metod som finns för vattenkänslighet för asfaltmassor ser också olika ut i landet, vilket innebär att entreprenören i vissa fall måste använda vidhäftningsmedel för att klara kraven. I framtiden kommer en EU-standard för vattenkänslighet hos asfaltmassor. Mineraliska tillsatsmedel har blivit alltmer vanligt i varma asfaltmassor på bekostnad av flytande aminbaserade vidhäftningsmedel. Sannolikt fortsätter den utvecklingen då aminer anses mer besvärliga ur arbetsmiljösynpunkt än släckt kalk och cement. Aminer kommer dock fortfarande att användas till tank-, kalla och halvvarma beläggningar, dvs. bituminösa material som inte upphettas och där emulsioner och mjukbitumen används.

PMB brukar användas i dränasfalt och i sällsynta fall i skelettasfalt och bindlager. Den totala delen av asfaltmassorna med PMB är dock låg. Enligt VV och kommuner är intresset stort för PMB om den visar sig uppfylla förväntade krav och är kostnadseffektiv. Eftersom PMB är dyrt kommer användningen att begränsas till asfaltbeläggningar på utsatta platser eller vägar med mycket hög trafikvolym. Den kommer inte att användas generellt i asfalt som fallet i vissa regioner för vidhäftningsmedel. I gjutasfalt och asfaltmastix som används till broisolering används i stort sett alltid polymerer.

Andra typer av tillsatser (additiv) i asfalt som förekommit i Sverige är främst rivna eller malda gummidäck och förstyvande tillsatser såsom Unitaite, Gilsonite, naturasfalt och Trinidad Epure. Den här typen av additiv används i begränsad omfattning. Numera används huvudsakligen naturasfalt och Unitaite i gjutasfalt eller för att öka stabiliteten i tungt trafikerade vägar och flygfält. Förstyvande tillsatser (kolväten) förekommer i sydliga länder med varma somrar där stabilitetsproblem är vanliga. Inblandning av malda och rivna gummidäck i asfaltbetong har använts i USA och främst för att återvinna gamla bildäck. Beläggningen anses ha bullerreducerande egenskaper och ge bättre friktion. De beläggningar som idag finns i Sverige lades under 1970-90-talen och beläggningstypen läggs inte idag. Det kan nämnas att asfaltmassans temperatur, som har en mycket stor inverkan på arbetsmiljön, ofta är betydligt högre utomlands än i Sverige pga. av att de använder hårdare bitumen än vi.

Sammanfattningsvis visar inventeringen att användningen av tillsatsmedel och framför allt vidhäftningsmedel och fibrer men även PMB ökat i Sverige under den senaste tioårsperioden. Skillnaderna är dock stora beroende på vägnät, stenmaterial, trafikvolym och traditioner. Större krav på asfaltbeläggningarnas hållbarhet ger förmodligen ännu högre andel av tillsatser i framtiden. Flera av de relativt nya asfaltkoncept som finns (t ex tunnskikt, öppen bullerreducerande asfalt, stenrik asfalt mm) har tillsatser i asfaltmassorna.

Slutsatser

Tillsatsmedel i form av polymer och vidhäftningsbefrämjande medel har visats sig ge önskade kvalitetsförbättringar men skapat oro hos asfaltpersonalen för att det medför ökad risk för hälsan. Mer tillsatser har använts på senare år och i framtiden kommer sannolikt modifierade bindemedel och andra tillsatsmedel att i ännu högre grad förekomma. Det är dock önskvärt eller till och med nödvändigt att arbetsmiljö och teknik behandlas integrerat så att rätt åtgärder vidtas för att kvalitetssäkra arbetsmiljön för asfaltpersonal. Produkterna får inte heller förorsaka problem under bruksskedet eller vid återvinning.

Asfaltpersonal arbetar i en miljö med mycket luftföroreningar i form av avgaser från fordon, rök från aggregat som hettar upp befintlig beläggning, rök från asfaltmassor med eller utan kemiska tillsatser, rök och ångor från släppmedel, damm från som frigörs vid diverse processer. Föroreningarna förekommer både som partiklar och aerosoler.

Den senaste i raden av medicinska rapporter, rapporten om KOL, understryker vikten av att fortsätta bevakningen av asfaltpersonalens arbetsmiljö men att försöka göra en helhetsbedömning av hur asfaltarbetarna påverkas av alla luftföroreningar som de utsätts för. Hittillsvarande undersökningar har i allt väsentligt varit inriktat på enskilda ämnen och processer.

Studier av hittills gjorda undersökningar och rapporter från luftprovtagningar visar oftast att gällande hygieniska gränsvärden för det enskilda ämnet underskrids eller att det är under detektionsgränsen för ämnet i fråga. Trots det så har asfaltpersonal konkreta besvär vid arbete där t.ex. aminer förekommer i ren form eller i blandning. Det finns också en utbredd oro för att tillsatsmedel av olika slag utgör hot mot hälsan i ett längre perspektiv. Många av de tillsatser som förekommer är i koncentrerad form klassade som irriterande, t ex för ögon, hud och slemhinnor. Inblandad mängd är dock låg. Det kan inte uteslutas att även vid halter under hygieniska gränsvärden eller detektionsnivå känsliga personer kan få problem vid långvarig exponering, speciellt om asfaltmassorna har hög temperatur.

Enkät i projektet ”Arbetsmiljö för asfaltpersonal” (SBUF 2000) visade på stora brister i information till asfaltpersonal om modifieringar som görs i form av tillsatser till bindemedel och till asfaltmassor.

För att få harmoni i samspelet mellan teknik, material och arbetsmiljö är det nödvändigt att fortlöpande göra riskanalyser, konsekvensutredningar och fältstudier för att upprätthålla kravet på bästa möjliga arbetsmiljö för asfaltpersonal. Det räcker inte enbart med tekniska beskrivningar av ingående produkter eller ämnen.

Fortsättning av projektet

Förstudien har varit av översiktlig karaktär i syfte att belysa i vilken utsträckning tillsatsmedel används i asfalt och hur de påverkar miljön för arbetspersonal och omgivning. Studien visar att tillsatsmedel blivit alltmer vanliga i asfaltbeläggningar och sannolikt kommer denna trend att fortsätta i framtiden. Inom vissa områden, t ex fibrer och flytande vidhäftningsmedel har det gjorts en hel del studier och kunskapsläget är förhållandevis gott. En del tillsatser används bara i mycket begränsad skala varför behovet ännu så länge är begränsat för dessa produkter. Erfarenheterna av polymer-modifierade asfaltmassor är ännu så länge begränsade och det är inom detta område den största ökningen av tillsatsmedel kan förväntas. Fortsättningen på projektet bör därför inriktas mot fördjupade studier av polymermodifierad asfalt och dess miljöpåverkan. Ett antal provvägsförsök med PMB kommer att genomföras de närmaste åren. Dessa försök innebär bra möjligheter till studier av arbetsmiljön genom mätningar vid tillverkningen och utläggning av asfaltmassorna.

Ett annat område som behöver fördjupade studier är hur den alltmer komplexa arbetsmiljön för asfaltpersonalen skall bedömas. Förutom mätningar och kriterier för vissa ämnen behövs en mer samlad utvärdering av arbetsplatsen och dess risker utifrån t ex lukt, gas, rök, partiklar mm. Detta kan göras genom konsekvensbeskrivning, riskanalys och riskvärdering.

Mycket av den oro som finns på arbetsplatserna beror på för dålig information om pågående arbete och brister i kunskaper om asfaltbeläggningar. En informationsfolder (kanske även kursmaterial) om asfaltbeläggningar med inriktning på tillsatsmedel och andra tillsatser bör därför tas fram inom detta projekt. Skriften riktar sig i första hand till asfaltpersonalen men kan även användas av andra aktörer inom branschen.

Litteratur

Andersson A. (1995). **Arbetshygieniska mätningar vid läggning av asfaltbetong med vidhäftningsmedel.** Rapport från Bygghälsan.

Andersson A. (1996). **Mätning av asfaltrök från asfaltmassa med modifierat bitumen innehållande talloljebeck och returplast.** Rapport från Bygghälsan.

Andersson A. (1997). **Arbetsmiljöstudie vid läggning av asfaltmassor med fiberinblandning.** AB Previa/NCC.

Anderson A. (1997). **Fibertillsats i varmblandade asfaltmassor, en pilotstudie.** AB Previa/NCC.

Andersson A. (1998). **Prov med fiberasfalt.** AB Previa/NCC.

Andersson A. (1999). **Mätning av luftföroreningar vid läggning av asfalt på Arlanda.** AB Previa/Skanska.

Andersson A. (1999). **Mätning av luftföroreningar vid klstring av tätskikt på Öresundsbron.** AB Previa/Skanska.

Andersson A. (1999). **Mätning av luftföroreningar vid läggning av gjutasfalt på Öresundsbron.** AB Previa/Skanska.

Andersson A. m.fl. (2000). **Arbetsmiljö för asfaltpersonal.** Ett SBUF-projekt.

Andersson A. (2002). **Arbetsmiljö vid arbete med poroelastisk asfalt i Göteborg.** AB Previa/Skanska.

Andersson A. (2002). **Arbetsmiljö vid arbete med returafalt.** Rapport från AB Previa.

Andersson A. (2002). **Arbetshygieniska mätningar vid läggning av asfaltbetong med vidhäftningsmedel.** Rapport från Bygghälsan.

Andersson A. (2001). **Avrykning från varmblandad asfaltmassa med och utan inblandning av gummigranulat.** Acoustic Control AB.

Andersson A. (2003). **Arbetsmiljö vid arbete med tunnskiktsbeläggning.** AB Previa/Skanska.

Andersson A. (2003). **Arbetsmiljö vid arbete med polymerasfalt.** AB Previa/Skanska.

Bautista P.A. and Proctor I.E. (1992). **Air monitoring of liquid asphalt additives.** Asphalt paving Technology, Vol. 61, pp. 473-500.

Berjerste-Nalin, Charlotte. (1999). **Utlåtande om Styrelf-26/2 D AB Previa**

Brandt H., de Groot P.C. (1996a). **Fumes emitted from Kraton D SBS- modified bitumens under application conditions- a labory study**. Eurasphalt& Eurobitume Congress, Strasbourg, France, 7-10 may 1996, Vol. 1, paper E&E. 2.027, 10 p.

Brandt, Hansen, Susanne. (1997). Notat vidrörande, **Hydratkalk, vurderet sikkerheds-, sundheds- og miljømæssigt i forhold til andre asfaltfillertyper**.

Construction Health Hazard Evaluation (1996). **CRUMB RUBBER MODIFIED" (CRM) ASPHALT EXPOSURES**. GRANITE CONSTRUCTION COMPANY SACRAMENTO, CALIFORNIA

Edwards Y., Westergren P. **Polymerasfaltmastix och polymergjutasfalt för isolerings- och beläggningssystem till broar**. VTI notat 80-1999.

Edwards Y., Isacson U. (2003). **Vax i bitumen**. En litteraturstudie. KTH.

Ekström.L,G., (1990) **Bitumenrök och lösningsmedelsexponering vid läggning av asfalt**. Nynäs Bitumen Technology.

Ekström.L,G., (1991) **Bitumenröksexponering vid inomhusläggning av gutasfalt**. Nynäs Bitumen Technology.

FAS handbok (1998). **Asfalt och Miljö**.

Heikkilä P., m.fl. (2002). **Occupational Exposure to Bitumen During Road Paving**. Finnish Institute of Occupational Health.

Höboda P. **Vattenkänslighet hos asfaltbeläggning– en litteraturstudie**. VTI notat 35-1998.

Katryn C. C, Gunkel P. E. (1994). **Evaluation of Exhaust Gas Emissions and Worker Exposure from Asphalt Rubber Binders in Hot Mix Asphalt Mixtures**. Wildwood Environmental Engineering Consultants, Baltimore, Maryland USA.

Levin J. O. (1998). **Exposure to polyamines during asphalt paving**. (In Swedish). National Institute for Working Life, Umeå, Sweden

Levin J. O. Andersson K., Hallgren C. (1994). **Exposure to low molecular polyamines during road paving**. Annals of occupational Hygiene, Vol. 38(3), pp. 257-264.

Levin J. O. and Lindhal Roger (1994). **Diffusive air sampling of reactive compounds: a review**. Analyst, Vol. 119, pp. 79-83.

Lu X. (1997). **On polymer modified road bitumen**. Doctoral thesis, Division of highway Engineering, Royal Institute of Technology, D-100 44 Stockholm, Sweden.

Jacobson T., Larsson L. (2004). **Omgivningspåverkan av tjärhaltiga beläggningmaterial. Fältundersökningar 2001-2003**. VTI utlåtande 721.

Järholm B. (1999). **Undersökning av förekomst av cancer bland svenska asfaltarbetare– Resultat från den svenska delen av en internationell studie.** Umeå Universitet.

Jönsson K. (1986). **Aminer i varmblandade asfaltmassor.** Rapport från BYGGHÄLSAN.

Magnusson, M. (1998). **Miljöeffekter av aminer och nafta i bindemedel, impregneringsmedel samt klottersaneringsmedel.** Vägverket, Region Väst.

Nynäs AB, Akzo Nobel och Nordkalk (2004). **Diverse varuinformationsblad.** FAS Asfaltbok (1995).

PIARC (1995) **Environmental and health aspects related to working with bituminous mixtures.**

PIARC (2000) **Environmental impact of existing pavement.**

RAST-gruppen (2003). **Återvinning av asfaltmassor innehållande stenkolstjära.**

Reddy C. M. and Quinn J. G. (1997). **Environmental chemistry of benzothiazoles derived from rubber.** Environmental Science and Technology, Vol. 31 (10), pp. 2847-2853.

Riala, R., Heikkilä, P., Hämeilä, M., Pfälli, P. (1996). **Exposure to and experienced symptoms from bitumen products among road pavers.** Euroasphalt & Eurobitume congress. Strasbourg, France, 7- 10 may, Vol. 1, paper E&E. 2.023, 9p.

Ries A. (2001). **Life Cycle Assessment Of An Adhesion Promoter Used In Hot Mix For Asphalt Pavement.** Akzo Nobel Surface Company.

Vägverket m fl. (2000) **Handbok för återvinning av asfalt.**

Vägverket, **ATB VÄG 2003.**

Wagner J. P., Mendez C. l., Gidden R. P. (1995). **Paving asphalts: Environmental and flammability considerations.** Polymer-Plast. Technology Engineering, Vol. 34, pp. 177-212.

WHO (1982). **International programmes for chemical safety: Environmental health criteria 20; selected petroleum products.** World Health Organisation, Geneva.