

Tillsatsmedel i asfalt- påverkan på arbetsmiljö och omgivning (2006-02-06)

Slutrapport

Arne Andersson, AB Previa/ARA miljö

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 dels inriktats som en förstudie av vad som hitintills har gjorts inom asfaltmiljöområdet både i Sverige och i utlandet, dels kompletterande fältmätningar vid asfaltläggning av polymermodifierad asfalt. Studien har utförts i samarbete mellan Peab Asfalt AB, VTI och Previa/ARA-miljö.

Malmö 2006-02-06

Bengt-Olle Persson

Innehållsförteckning

VARFÖR ANVÄNDS TILLSATSMEDEL I ASFALT	4
PROBLEMSTÄLLNING	4
SYFTE/INRIKTNING	4
ARBETSMILJÖN FÖR ASFALTPERSONAL	5
BESKRIVNING AV ASFALT OCH BITUMEN	6
ÅTERVINNING OCH TJÄRASFALT	7
ÖVERSIKT AV TILLSATSMEDEL	7
ANVÄNDNING AV TILLSATSMEDEL I SVERIGE OCH UTOMLANDS	8
VIDHÄFTNINGSMEDEL	10
FLYTANDE VIDHÄFTNINGSMEDEL	10
MINERALISKA TILLSATSMEDEL	11
PÅVERKAN UNDER BRUKSSKEDE OCH VID ÅTERVINNING	12
POLYMERMODIFIERAT BINDEMEDEL (PMB).....	12
PÅVERKAN PÅ ARBETSMILJÖN	13
PÅVERKAN UNDER BRUKSSKEDE OCH VID ÅTERVINNING	17
FIBRER.....	18
SLÄPPMEDEL.....	19
DIESELolja	19
ERSÄTTNINGSPRODUKTER	19
ANDRA TILLSATSER	19
GUMMIGRANULAT	19
FÖRSTYVANDE TILLSATSER.....	20
KALKSTENSFILLER	20
RETURASFALT	20
SLUTSATSER	21
VILKA BEHOV FINNS I FRAMTIDEN?.....	22
LITTERATUR.....	23

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.

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 försämrad arbetsmiljö eller negativ påverkan på omgivningen. 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 arbetsmoment inom asfaltproduktionen som kan vara känsliga.

Syfte/Inriktning

Projektet har primärt syftat till att ta fram relevanta fakta om tillsatsmedel och dess hälso- och miljöproblem för *varmblandad asfalt*. Förstudien (del 1 av projektet) har haft följande inriktning:

- 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. Förstudien har också inriktats mot insamling av litteratur inom

området. Det är viktigt att belysa den kunskap som redan finns innan ny forskning sätts igång. I många länder har t ex PMB och vidhäftningsmedel använts i många år.

Fortsättningen av projektet (del 2) har haft följande inriktning:

- Kompletterande fältstudier av utläggning av polymermodifierad asfalt
- Ta fram en informationsskrift om tillsatser i asfalt och dess påverkan på miljön
- Slutrapport

Studien har varit 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 retur-asfalt, asfaltåtervinning och tjärasfalt behandlas endast översiktligt. 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 t. ex fiber och kemiska ämnen kan även utgöra risker ur arbetsmiljösynpunkt.

I följande stycken presenteras kortfattat några viktiga arbetsmiljöundersökningar för asfaltarbetare.

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 Järholm, 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).

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.

En presenterad svensk studie från år 2002 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.

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, stenmaterial 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 dieselavgaser. 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 lätt 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.

Återvinning och tjärasfalt

Det är vanligt med tillsats av 10-20 % gamla asfaltmassor (asfaltgranulat) i nyttillverkade asfaltmassor. Gamla asfaltmassor kan lukta illa (svavelväten) men utgör normalt inget arbetsmiljöproblem. Frågor rörande hantering och mellanlagring av returafalt finns beskrivet i Vägverkets handbok ”återvinning av asfalt”.

I äldre asfaltmassor kan det förekomma lager med tjärasfalt. Den typen av massor får normalt inte användas för inblandning i varmtillverkad asfalt. Tjärasfalt består av en blandning mellan stenmaterial i olika fraktioner och *vägtjära* (*stenkolstjära*). Ibland blandades också vägtjära med bitumen. Vägtjära användes fram till mitten 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, stickande 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.

Hantering, mellanlagring och återvinning av tjärasfalt finns beskrivet i Vägverkets riktlinjer ”*Hantering av tjärhaltiga beläggningar*” och i Sveriges Kommuner och Landstings handbok för asfaltåtervinning ”*På väg igen*”. Påverkan på arbetsmiljö och omgivning finns redovisade i en rad rapporter från Previa AB, SGI och VTI (se litteraturlistan). Vid mellanlagringen av tjärmassorna bör materialet täckas för att förhindra utlakning av hälsofarliga ämnen samt damm- och luktproblem.

Miljöpåverkan från hantering och återvinning av tjärasfalt (om riktlinjerna följs) har 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 iakttagas. 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
- Släppmedel (i och för sig inget tillsatsmedel, men har visat sig ge stort bidrag till den totala rykigheten)
- Övriga

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, frys-töväxlingar och

kemikalier. Vidhäftningsmedel delas upp flytande (t ex aminer) och mineraliska tillsatsmedel (t ex släckt kalk, cement).

Polymerer

Polymera material tillsätts för att minska temperaturkänsligheten samt öka elasticiteten hos asfaltbeläggningar och därmed göra beläggningen tåligare mot spår- och 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 beläggningssmassor med relativt sett höga bindemedelshalter vid normala tillverkningstemperaturer utan risk för avrinning. Exempel på fibrer är mineralfiber, cellulosa-fiber och glasullsfiber.

Släppmedel

Släppmedel används för att förhindra att asfaltmassan under tillverkning och transport skall fastna (klibba) i t ex hunden eller på lastbilsflaket. De används också vid rengöring av maskiner efter asfaltutläggning. Det finns idag ett stort antal olika släppmedel på den svenska marknaden.

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, mycket vanligt)
- Flygaska, kalkstensfiller, salt, järnoxid, restplast mm

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 har dock skett på senare år. Skärpta krav på asfaltmassor och nya typer av asfaltbeläggning är den främsta förklaringen. Från och med år 2005 föreskriver Vägverket i sina tekniska beskrivningar (TBv/bel) att vidhäftningsmedel skall användas i alla typer av asfaltmassor.

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 stenmaterialets vidhäftningsförmåga har en stor betydelse för beständigheten hos asfalt. Av den anledningen har vidhäftningsmedel i allt högre grad börjat användas (se ovan).

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 ofta 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 i vissa fall användas i skelettasfalt och bindlager (ökar). I dränasfalt används normalt PMB men den beläggningstypen är inte så vanligt förekommande. På senare tid har dock intresset ökat markant för denna beläggningstyp som har bullerdämpande egenskaper. Den totala andelen av asfaltmassorna med PMB är dock fortfarande 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 idag är 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 Unitait, Gilsonite, naturasfalt och Trinidad Epure. Den här typen av additiv används i begränsad omfattning. Numera används huvudsakligen naturasfalt och Uintaite 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 flesta beläggningar med gummiinblandning som idag finns i Sverige lades under 1970-90-talen. Beläggningstypen är numera ovanlig.

Det kan nämnas att asfaltmassans temperatur, som har en mycket stor inverkan på arbetsmiljön, ofta är betydligt högre utomlands än i Sverige pga 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 10-20-årsperioden. Skillnaderna är dock stora beroende på vägnät, tillgång till bra stenmaterial, trafikmängd och inte minst olika traditioner hos beställaren. 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, bullerreducerande asfalt, stenrik asfalt mm) har tillsatser i asfaltmassorna.

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 Etylenaminer, 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 vid tillverkning av amin är betydligt lägre än för cement och släckt kalk.

Aminer har irriterande och ibland frätande egenskaper. De är i fri form miljöfarliga (giftiga) för vattenorganismer och kan ge skadliga långtidseffekter i vattenmiljö.

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. indränkt makadam och ytbehandlings 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. Dessa produkter 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 föreningar 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 asfaltmassor med aminer. Överhettade asfaltmassor ger i allmänhet upphov till mer rök, lukt, gaser så det är därför bra ur arbetsynpunkt 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 hytt sand (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 3 kg/dm³. Normalt tillsätts 0,7-2 % 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.



Bild 1 Leverans av cement till asfaltverk.

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 eftersom kalken/cementen är bunden i asfaltmassan. 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 aminerna bundna i asfalten och bör därför inte i ”normalfallet” vara ett miljöproblem under bruksskedet. Även om aminerna med tiden skulle lakas ut (om asfalten har en öppen sammansättning) bör de inte ge upphov till några större problem eftersom de ganska snart bryts ned i naturen (är ej stabila). 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 försämra eller påverka asfaltens möjligheter till återvinning. Släckt kalk anses motverka åldring av bitumen (antioxidant). Släckt kalk, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Kalciumhydroxid), kan med tiden omvandlas till CaCO_3 (Kalciumkarbonat). 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 asfaltmassan 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. Polymerer är värmebeständiga vid avsedd lagrings- och massatemperatur. Om temperaturen är för hög kan vissa polymerer brytas ned men de stannar kvar i asfaltmassan. Det krävs mycket förhöjd temperatur för att polymeren skall förbrännas (pyrolyseras) och därigenom påverka rökgasen från 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 (vid temperaturområdet 140-180°C). 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 även indikationer på att SBS-polymerer kan minska rykigheten 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 kan vara det. Vissa typer av polymerbitumen kan ge upphov till en obehaglig lukt (svavel). Den typen av PMB bör studeras närmare.

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 molekyllängder innehållande Styren-Butadien-Styren. 1,3 Butadien (benämns monomer) är klassad som cancerframkallande ämne.

Påverkan på arbetsmiljön

Arbetsmiljömätningar vid utläggning av polymermodifierad asfaltmassa, som gjorts av AB Previa under åren 1999-2003, har inte kunnat påvisa monomerer vid aktuella massatemperaturer i rökgaserna. Mätningarna innefattar kontroll av arbetsmiljön med avseende ingående komponenter i SBS-polymer vid byggandet av Öresundsbron och Arlandas tredje bana samt vid beläggningsarbete på väg E4 och E6 kontrollerades ingående komponenter i EBA polymer. Entreprenörer vid de aktuella objekten har varit NCC, Skanska och Peab.

Undersökningar från åren 1999-2003

I följande stycken ges en kort sammanfattning från en rad undersökningar med polymermodifierad asfaltmassa.

Öresundsbron

- Gjutasfaltläggning
- Läggningstemperatur 215 grader
- Rykighet (som oljedimma) upp till 12 gånger hygieniskt gränsvärde
- Inget 1,3- Butadien eller Styren uppmättes över detektionsgränsen.

Klistring av tätskikt med papp som har PMB modifierad baksida

- Rykigheten upp till hälften av gränsvärde för oljedimma.
- Spår av Styren fanns i ett av proven men ingen 1,3-Butadien eller Styren i övriga prov

Arlandas 3:e bana

- Rykighet upp till halva hygieniska gränsvärdet.
- Ingen Styren eller 1,3- Butadien kunde spåras i proven.

E4 söder om Örnsköldsvik och E6 i höjd med Mölndal.

I dessa två objekt användes modifierat bitumen med EBA polymer, (etenkopolymer med n-butylakrylat). Toppbeläggning: Duratop 16 med Durabit 60.

Iakttagelser från E4 Örnsköldsvik

- Rykigheten överskred gränsvärde för oljedimma
- Släppmedel (diesel) användes relativt flödigt
- Ingen Butylakrylat i detekterbara halter
- Läggningsstemperatur 170 grader.

Iakttagelser från E6, Mölndal

- Rykigheten var måttlig
- Någon avvikande lukt gentemot asfaltmassa utan modifierat bindemedel kunde inte kännas
- Variationen i temperatur vid utläggning var 158-162°C
- Sparsamt med släppmedel.



Bild 2 Mätutrustningen var fäst på asfaltarbetaren (personburen).

Kompletterande mätningar åren 2004-2005

Med utgångspunkt av erfarenheter från mätningarna från åren 1999-2003 inriktades de nya mätningarna mot att påvisa minskad/ökad rykighet vid läggning av asfaltmassor innehållande polymermodifierat bitumen (PMB). Vid ett objekt mättes eventuell förekomst av polymerer i rökgaserna. Mätningarna utfördes av Previa och ARA-miljö, Linköping. I följande stycken ges en kort beskrivning av försöken. I slutet ges en sammanställning över mätresultaten.

Linköpings bussterminal

- Terminal för biogasdrivna bussar i Linköping
- Toppning med ABS 16 PMB 50/100- 75, bindemedelshalt: 6,3 %
- 2 000 ton massor.

Provtagning och analys av asfaltrök som oljedimma. Mätutrustningen har varit fast monterad på förarplats i ansiktshöjd och på vänster och höger sida vid skreden i höjd med knapplådan. Följande iakttagelser gjordes:

- Datum: 13/9 2004. Mätningen stördes av flera faktorer. Reparation av läggare, blåst, justering med annan massa (AG 16), ganska låg massatemperatur, bilarna stod ca 4 timmar innan de lossades. Värdena finns men får tas med en nypa salt.
- Datum: 16/9 2004. Det var bättre, men fortfarande lite väl hård vind. ”Positivt” att massan var extra varm, 185 grader. Släppmedel: Diesel.

E4, Nyköpingsbro-avfarten mot Tystberga

Provtagning och analys av asfaltrök som oljedimma. Mätutrustningen har varit fast monterad på förarplats i ansiktshöjd och på vänster och höger sida vid skreden i höjd med knapplådan.



Bild 3 Utläggning av polymermodifierad asfaltmassa.

- Lådfräsning till varierande djup.
- Ny massa: 35 000 ton.
- Datum: 17/9 2004. 500 ton ABS 16 PMB 50/100- 75, bindemedelshalt: 6,3 %
- Arbetet fortskred utan stopp.
- Vädret: uppehåll, 13 grader måttlig vind i vägens längdriktning (medvind)
- Klister: miljöklister
- Släppmedel: rapsolja

Väg 60, Falun-Borlänge

Provtagning av polymerer och analys av asfaltrök som oljedimma. Mätutrustningen har varit fast monterad på förarplats i ansiktshöjd och höger sida vid skreden i höjd med

knapplådan. En arbetstagare bar mätutrustning hela dagen. Han var sysselsatt med arbete både vid läggaren samt klistring.

- Datum: 14/7 2005
- Mängd massa: ca 800 ton
- Typ av massa: ABB 22 PMB 50/100, bindemedelshalt: 6,3 %



Bild 4 Mätutrustning monterad på asfaltarbetare.



Bild 5 Mätutrustning monterad på förarplatsen.

Väg 60, Falun-Borlänge

Provtagning och analys av polymerer. Mätutrustningen har varit fast monterad. Via en batteridriven pump med förinställda flöden har luft sugits till adsorbentrör, Tenax och CC rör kopplade i serie. Mätningen är att betrakta som provocerande i avsikt att påvisa eventuell avgång av sökta beståndsdelar i detta fall styren och 1,3-Butadien. Adsorbenterna (tre prov) har varit placerade i omedelbar närhet av skruven.

SP, Sveriges Provnings och Forskningsinstitut har tillhandahållit provtagningsutrustning och svarat för analys enligt modifierad SP metod 601.

- Datum för utförande: 4/10 2005.
- Beläggningstyp: ABB 22 PMB 50/100-75, bindemedelshalt: 6,3 %
- En avvikande lukt jämfört med andra tillfällen. Svårt att veta orsaken, troligtvis inte polymeren som orsakade den annorlunda lukten.
- Läggnings temperatur 165-168 grader
- Styren kunde inte påvisas i något prov.
- 1,3- Butadien kunde påvisas i små mängder i ett av tre prov. Med aktuell detektionsgräns och provtagen volym innebär det en halt mindre än 0.1 mg/m³. Hygieniskt gränsvärde för 1,3- Butadien är 1 mg/m³.

Sammanställning av mätresultat 2004-2005

Asfaltrök som oljedimma: överlag så uppmättes värden (0,2-0,5 mg/m³) på motsvarande nivåer som för vanlig asfalt utan PMB utlagda vid ”normala” temperaturer. Modifiering med polymer verkar inte ha påverkat rykigheten i någon riktning (mer eller mindre). Det är temperaturen hos asfaltmassan och mängden släppmedel som är de dominerande faktorerna för uppkomsten av rök.

Mätning och analys av PMB visar inte heller på något som avviker från tidigare mätningar. Polymeren är stabil i normala temperaturområden för massabeläggningar och gjutasfalt.

Påverkan under bruksskede och vid återvinning

Eftersom PMB hittills använts i liten skala i Sverige har dessa frågor ännu inte belysts genom studier i någon större omfattning.

Undersökningar av slitagedamm (inandningsbara partiklar med storleken mindre än en hundradels mm, <PM₁₀) görs för närvarande i VTIs provvägsmaskin. Försöken har hittills visat att slitagedamm (<PM₁₀) nästan uteslutande består av nötningsprodukter från stenmaterial men gummirester från däck har påträffats i den finaste fraktionen (<PM_{2,5}). Inga bitumenpartiklar har ännu så länge påträffats i dammet, vilket antyder att PMB inte har en betydelse vid riskbedömningen av slitagepartiklar.

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. Denna fråga har debatterats på asfaltkonferenser i Europa men hittills inte närmare undersökts i Sverige.

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. De fibrer som används är baserade på cellulosa eller mineralull eller blandningar av dessa med lite olika sammansättningar. Med anledning av fiberinblandningen benämns dessa ibland för fibermassor. Förutom fiberinblandningen är dessa massor stenrikare och bindemedelsrikare än konventionella asfaltmassor. Fibermassor är segare än vanliga asfaltmassor och därför 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 rykigheten därför sparsam kände personalen inte några besvär. Lägsta möjliga temperatur är alltså viktigt, speciellt vid massor med stenstorlek 16 mm eller mer.



Bild 6 Leverans av fiber till asfaltverket. Fibern hålls över i behållaren till höger.

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 *rapsolja* fungerar bra som släppmedel men inte fullt så bra till rengöring. *RME, Rapsmetylester*, är modifierad rapsolja. 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 vattenspädbar. 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 och vax. Låga halter av *gummigranulat* har tidigare inblandats i vissa slitlagermassor. Det finns även ”färgad asfalt” där syntetiskt bindemedel infärgas med färgpigment, t ex *järnoxid* eller *titandioxid*. *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. På senare år har försök utförts med högre halt av gummiinblandning. Den typen av bullerdämpande beläggningar är fortfarande under utveckling och används därför ännu inte kommersiellt i Sverige. Ur arbetsmiljösynpunkt är denna typ av tillsats inte helt problemfri. Gamla däck kan innehålla PAH från HA-oljor. Vid tillverkning av

asfaltmassor innehållande gummigranulat har inga förhöjda halter av PAH kunnat påvisas. Vid Heating eller Remixing av beläggningar (s.k. värmebeläggningar) innehållande gummi kan det inte uteslutas (speciellt vid höga temperaturer) att förutom en gummilukt och förhöjd rykighet även förhöjda halter av PAH kan förekomma.

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 Kalciumkarbonat (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 ofta i nyttillverkade asfaltmassor. Asfaltgranulat är benämningen på krossade eller frästa 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.

Slutsatser

Tillsatsmedel i form av polymer och vidhäftningsmedel har visats sig ge önskade kvalitetsförbättringar, men har på vissa håll skapat besvär med påföljande 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. Temperaturen har en mycket stor inverkan på rykigheten hos asfaltmassorna. En ökning av massatemperaturen med 10°C fördubblar rykigheten hos asfaltmassan inom normala temperaturområden.

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 och i några fall som cancerframkallande. 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.

Enkäten i projektet ”Arbetsmiljö för asfaltpersonal” (SBUF 2000) visade på stora brister i information till asfaltpersonal om modifieringar görs i form av tillsatser till bindemedel eller asfaltmassor. Mycket av den oro som finns på arbetsplatserna beror sannolikt på bristfällig information och kunskaper om hälsoriskerna. En informationsfolder (kan användas till kursmaterial) om asfaltbeläggningar med inriktning på tillsatsmedel och andra tillsatser har därför tagits fram inom detta projekt. Skriften riktar sig i första hand till asfaltpersonalen men kan även användas av andra aktörer inom branschen.

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.

Vilka behov finns i framtiden?

Studien har förutom en del fältmätningar 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 liten skala varför behovet av miljöstudier är mindre för dessa medel.

Erfarenheterna av polymermodifierade asfaltmassor och dess påverkan på miljön är det område som sannolikt behöver belysas ännu mera i framtiden trots en del nya studier i denna rapport. Sannolikt är det inom detta område den största ökningen av tillsatsmedel kan förväntas och där variation av olika produkter är som störst. Det bör nämnas att Vägverket i sina tekniska beskrivningar för år 2005 föreskriver vidhäftningsmedel i samtliga asfaltmassor.

Andra asfaltapplikationer som kan behöva studeras är kallt och halvvarmt tillverkade asfaltmassor samt tankbeläggningar. Vid denna typ av bituminösa beläggningar upphettas inte stenmaterialet, vilket är en fördel för arbetspersonalen. Bindemedlen utgörs av bitumenemulsion eller bitumenlösning. Vidhäftningsmedel (alltid) och polymerer (ibland) förekommer i dessa beläggningstyper.

Ett 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.

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 tunnskiktbeläggning.** 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 gjutasfalt**. Nynäs Bitumen Technology.

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

FAS **Asfaltbok** (1995).

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 beläggingsmaterial. Fältundersökningar 2001-2003.** VTI utlåtande 721.
- Järvholm 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.**
- Sveriges Kommuner och Landsting (2004). **På väg igen. Vägen tillbaka för återvunnen asfalt.** Handbok
- 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.
- VTI (2005). **Vägdamm, små partiklar – stora problem.**
- Vägverket m fl. (2000) **Handbok för återvinning av asfalt.**
- Vägverket. **ATB VÄG 2004.**
- Vägverket (2004). **Hantering av tjärhaltiga beläggningar.** Riktlinjer.
- Wagner J. P., Mendez C. I., Gidden R. P. (1995). **Paving asphalt: 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.