

Litteraturstudie av miljö- och arbetsmiljöeffekter av inblandning av däck i vägbeläggningar

För Vägverket

Hans-Olof Marcus

2006-11-13

Arkivnummer: U1975

Rapporten godkänd
2006-12-19

Uwe Fortkamp
Avdelningschef



Box 21060, SE-100 31 Stockholm
Valhallavägen 81, Stockholm
Tel: +46 (0)8 598 563 00
Fax: +46(0)8 598 563 90

www.ivl.se

Box 5302, SE-400 14 Göteborg
Aschebergsgatan 44, Göteborg
Tel: +46 (0)31 725 62 00
Fax: + 46 (0)31 725 62 90

Sammanfattning

På uppdrag av Vägverkets huvudkontor har en litteraturstudie skett med syfte att belysa vilken kunskap som finns idag om eventuella miljö- och arbetsmiljöeffekter av inblandning av återvunna däck i vägbeläggningar. Huvudfokus har varit på emissioner kopplade till materialet (gummidäck) och beläggningsmaterial (kopplingen mellan däck och beläggning).

Den övergripande ambitionen från Vägverkets sida är att utreda vilka möjligheter som finns att använda återvunna bildäck i större skala för inblandning i beläggningsmaterial. Genom detta finns en förhoppning om att:

- slitage av vägbanan minskar p.g.a. bättre egenskaper hos beläggningsmaterial.
- slitage av däck minskar p.g.a. bättre egenskaper hos beläggningsmaterial
- vägtrafikbullret minskar p.g.a. "tystare" beläggning
- åtgången av salt och sand minskar p.g.a. att gummi-asfalten är mera elastisk och absorberar värme bättre
- förbrukningen av ändliga resurser minskar (ballast material, bitumen) p.g.a. längre hållbarhet för beläggningsmaterial.
- antal olyckor minskar till följd av bättre friktion
- m.m.

Vägverket vill dock inte på något sätt äventyra de nationella miljö kvalitetsmål som finns framtagna. I detta sammanhang är det framförallt Miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö som hamnar i fokus för studien. I detta miljö mål sägs:

"Miljön ska vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av sambället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden."

För att studera på vilket sätt återvunna däck inblandade i beläggningsmaterial skulle kunna stå i strid med miljö kvalitetsnormerna har följande gjorts inom detta uppdrag:

- Insamling och granskning av relevant information.
- Intervjuer med person som besitter särskild kompetens inom området.

Arbetet visar att det finns ett antal studier i såväl Europa som i USA. De amerikanska studierna dominerar dock kraftigt.

Den huvudsakliga inriktningen i de amerikanska utredningarna har varit att i första hand utreda emissioner till luft. Endast ett mindre antal källor finns som på något sätt visar på emissioner till vatten. I Sverige har Kemikalieinspektionen varit den instans som främst haft fokus på frågeställningen och då genom miljöproblem kopplat till däcken, men även Naturvårdsverket har på olika sätt tangerat frågan. Speciellt kopplingen mellan däck och avfall berör verket.

Resultatet från litteraturstudien visar att i de allra flesta studier påvisas inte någon större skillnad i utsläpp till luft mellan användning av konventionellt beläggningsmaterial och beläggningsmaterial innehållande en viss andel gummidäck.

Vad gäller bedömningen om risker för utsläpp till vatten är materialet betydligt tunnare. I huvudsak finns nordiska studier utförda och dessa visar på att det kan föreligga en viss risk för utläckage av farliga ämnen från däck. Och att detta skulle kunna utgöra en lokal miljörisk. Inga studier finns dock som på något sätt sätter utsläpp från däcken i perspektiv till andra föroreningskällor.

Om slutsatserna som dras runt däck och miljöbelastning har någon betydelse i en vägmiljö, där däck ingår i en asfaltsprodukt, är dock oklart. Inga studier har hittats som beskriver risker för utläckage från asfalt innehållande återvunna däck eller om det tillskott förutom normalslitaget från däck på vägbanan kan utgöra ett miljöproblem.

Vad gäller hälsoeffekter kopplade till användning av däck i beläggningar har underlaget varit tunt. I huvudsak utgörs materialet av en större studie i USA, den s.k. NIOSH-rapporten. I denna kunde inga definitiva resultat i studien visa på att exponering vid användning av däck i asfalt var mer hälsofarlig än konventionell asfalt. Dock talade data för att beläggingsmaterial innehållande däck möjligtvis skulle kunna vara mer hälsofarligt än konventionell asfalt. I vissa fall och för vissa ämnen observerades en statistisk säkerställd ökning av exponering av arbetskraften för farliga ämnen

I övrigt visade vissa studier förändringar i lukt och även en visuell ökning av ”rök” vid användning av däck i beläggningarna. Speciellt sätts det senare i samband med en process där höga temperaturer råder.

Utifrån ett allmänt ställningstagande att återvunna däck, utifrån sitt innehåll av farliga ämnen, utgör en risk för miljön, är våra myndigheter negativa till att nya produkter så som ex. asfalt med återvunna däck tas fram. En hänvisning görs till vårt svenska miljö kvalitetsmål ”Giftfri miljö” och den kommande kemikalielagstiftningen från EU, REACH.

För att komma vidare med frågeställningen föreslår studien följande insatser:

- Då kunskaperna om i vilken utsträckning det sker ett ökat utläckage av farliga ämnen till vatten i samband med användning av återvunna däck i asfalt är bristfällig, föreslås att Vägverket försöker få tillstånd en större undersökande studie.
- En värdering av eventuella utsläpp måste sättas i förhållande till andra källor till utsläpp för att man skall kunna få perspektiv på frågeställningen.
- Förutom utsläpp/lakning bör hela frågeställning granskas ur ett systemperspektiv.
- I studien bör också tas med något om hur återvinning av asfalt som innehåller återvunna däck kan påverka hälsa- och miljö.
- Då relativt få studier är gjorda på arbetsmiljöaspekter kopplade till användning av däck i asfalt föreslås även att en del om detta tas med i studien.
- Studien föreslår ett projekt samfinansierat tillsammans med Naturvårdsverket. Vägverket och däckbranschen

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	1
1 Inledning.....	4
1.1 Bakgrund	4
1.2 Syfte	4
1.3 Metodik.....	4
2 Miljö- och hälsoeffekter av återvunna däck	5
2.1 Myndighetsperspektivet	5
2.2 Forskningsläget –Däck och Miljö.....	6
2.2.1 Allmänt om däck och däckåtervinning	6
2.2.2 Funktionen av kemiska ämnen i däck	6
2.2.3 Miljöeffekter kopplade till däck.....	7
2.3 Forskningsläget- Däck i beläggningsmassor	9
2.3.1 Allmänt om däck i beläggningar.....	9
2.3.2 Emissioner till luft	10
2.3.3 Emissioner till vatten	12
2.2.4 Buller.....	12
2.2.5 Återvinning.....	12
2.2.6 Arbetsmiljö	13
2.3.7 Lagstiftning.....	14
3 Slutsats	15
4 Referenser.....	17

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Ur ett energi- och resursperspektiv är det ofta bra att återanvända material från uttjänta produkter. Denna återanvändning kan dock ibland komma i konflikt med strävan att minska kemikalieriskerna. Genom denna litteraturstudie studeras vilka kunskaper som finns om miljö- och hälsoeffekter kopplade till användning av återvunna däck i beläggningar.

Eftersom bildäcken som sådana innehåller ett flertal särskilt farliga ämnen har studien delats upp i två delar. En första del där huvudfokus ligger på miljö- och hälsoeffekter kopplade till återvunna däck och en del där kunskaper om vilka eventuella miljö- och hälsoeffekter som kan kopplas till användning av återvunna däck i beläggningar.

Idag är insamlings- och återvinningsgraden av däck praktiskt taget 100 procent i Sverige. Det mesta av däcken utnyttjas till framställning av energi inom framförallt cementindustrin. Viss användning sker också för framställning av s.k. konstgräs och en liten del av de återvunna däcken hamnar på lekplatser.

Användningen av återvunna däck i beläggningar sträcker sig i Sverige till några teststräckor. I USA har man dock i flera delstater gått från testverksamhet till en regelrätt användning av återvunna däck i beläggningar.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att belysa vilka miljö- och hälsomässiga studier som finns gjorda runt användningen av återvunna däck i beläggningssmassor samt att sammanställa och bedöma studiernas resultat och slutsatser.

1.3 Metodik

Arbetet har genomförts som en litteraturstudie av miljö- och hälsoeffekter kopplade till användning av återvunna däck i asfaltsbeläggningar. Underlaget för studien har varit litteratur, vetenskapliga artiklar, rapporter och information från nätet. Mycket av sökningen av material har skett genom tips från intervjuade personer samt också från referensmaterial till intressanta studier.

2 Miljö- och hälsoeffekter av återvunna däck

Ur ett energi- och resursperspektiv är det ofta bra att återanvända material från uttjänta produkter. Denna återanvändning kan ibland komma i konflikt med strävan att minska kemikalieriskerna. Genom miljö kvalitetsmålet "Giftfri miljö" sker hela tiden ett arbete mot att få bort skadliga ämnen från vår miljö.

Enligt riksdagens miljömål ska ämnen som har särskilt farliga egenskaper fasas ut från nyproducerade varor. De är därför angeläget att ta reda på om ny användning av materialet leder till att människor och miljö exponeras för farliga kemikalier innan en ny användning börjar.

Utifrån det studerade materialet och de muntliga synpunkter som erhållits under studien kan man beskriva situationen utifrån myndighets och forskningsperspektiv.

2.1 Myndighetsperspektivet

I dagsläget är våra svenska myndigheter inte beredda att öppna upp för storskalig användning av återvunna däck i beläggningsmaterial. En orsak är brist på tillräcklig kunskap runt vilka effekter en ökad användning av återvunna däck skulle kunna ha på miljön.

Miljölagstiftningen är en viktig bas för myndigheternas ståndpunkt, där miljö kvalitetsmål "Giftfri miljö" och även miljöbalkens (Miljöbalkens 2 kapitel 6 §) produktvalsprincip är viktiga delar. Produktvalsprincipen innebär att man så långt som möjligt ska undvika att sälja eller använda sådana kemiska produkter som kan befaras medföra risk för människa eller miljö om de kan ersättas med sådana produkter som kan antas vara mindre farliga.

En annan viktig faktor är en nya kemikalielagstiftning, REACH (registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier), som ska införas inom EU. Syftet med den nya lagstiftningen är att ta ett helhetsgrepp på kemiska hälso- och miljörisker. Man talar om "risk för skador i miljön" och hur denna formulering skall tolkas är idag oklart.

Vidare får företagen enligt REACH ett tydligare ansvar att undersöka sina kemiska ämnens hälso- och miljöfarlighet. Företagen ska riskbedöma och redovisa hur ämnena kan hanteras säkert. Särskilt farliga ämnen får inte användas utan tillstånd. Det sistnämnda får en speciellt viktig betydelse i förhållande till viljan att använda återvunna däck, som bevisligen innehåller farliga ämnen enligt dagens klassning.

Ett ytterligare faktum ur myndigheternas synvinkel är att miljöfokus under senare år flyttats från bilavgaser, där partikelfilter m.m. minskat problemen, till slitage av vägbanor och däck. Studier om avnötning finns gjorda och åtgärder för att minska problem diskuteras.

I övrigt pågår ett arbete för att minska innehållet av farliga ämnen i däck inom EU. Detta innebär att innehållet av PAH i däck kommer att regleras från och med 2010. Resultatet kommer bli att särskilt farliga ämnena i däck successivt kommer att minska i våra däck. Det kommer dock att ta tid innan PAH helt försvinner ur däck som kommer in till återvinning.

2.2 Forskningsläget –Däck och Miljö.

2.2.1 Allmänt om däck och däckåtervinning

Varje år insamlas ca 68 000 ton kasserade däck i Sverige (Man brukar uppskatta att varje bil årligen i snitt levererar 1 däck till avfall). I huvudsak används däcken som bränsle i någon form (ca 50%), framförallt inom cementindustrin. Mellan 10 och 20 % materialåtervinns som pulver eller granulat. En del av materialet till konstgräsplaner, i första hand på kontinenten. Ett ytterligare användningsområde för de insamlade däcken är inom infrastruktur där uppskattningsvis 15–25 % hamnar.

Ett gummidäck har många krav och funktioner att uppfylla. För att klara alla krav krävs en noggrann och komplicerad uppbyggnad. I huvudsak består ett däck viktmässigt av 85% gummiblandning, 12% av stål och 3% av textil. Gummidelen består ungefär av hälften naturgummi och hälften syntetiskt gummi (t ex styrenbutadiengummi). I medeltal innehåller ett europeiskt däck 63 olika ämnen (BLIC (Bureau de Liaison des Industries du Caoutchouc, 2001).

2.2.2 Funktionen av kemiska ämnen i däck

Förstärkningsmedel (carbon black)

Används främst för förstärkning men har även flera andra funktioner så som bl.a. fyllmedel och som UV-absorbator i däckens ytskikt.

Mjukgörare (HA-oljor)

HA-oljan tillsätts gummipolymeren för att minska viskositeten och för att förbättra ”klibbigheten” hos den ohärdade gummiblandningen, men även för att dryga ut polymeren och därigenom hålla kostnaden nere för tillverkningen. Oljan löses i gummiblandningen men reagerar inte med den. Däckstillverkaren sätter till ytterligare HA-olja för att göra däcken mjuka¹.

Vulkmedel (svavel)

I vulkningsprocessen gör ämnet att gummipolymer överförs från ett plastiskt, formbart tillstånd till ett elastiskt, formstabilt tillstånd.

Aktivatorer

Används för att förbättra tvärbindningsprocessen under vulkningen och har även egenskaper som mjukgörare och som förstärkningsmedel.

Acceleratorer

Tillsätts för att förkorta vultiden samt gör att vultemperaturen kan hållas lägre.

Åldringskydd

Antioxidanter och antiozonanter fungerar genom att reagera med syre och/eller ozon och därigenom förhindra angrepp på polymerkedjan. Fenolerna används bland annat som antioxidanter. De skyddar materialet mot nedbrytning genom att polymererna reagerar med luftens syre. Genom denna process minskas symptomen på åldring så som exempelvis minskad draghållfasthet, sämre dämpning, förhårdning och sprickbildning.

2.2.3 Miljöeffekter kopplade till däck

Enligt Riksdagens miljömål ska ämnen som har särskilt farliga egenskaper fasas ut från nyproducerade varor. Gummiblandningen från slitbanan i däck innehåller ett stort antal ämnen förutom den rena gummipolymeren (naturgummi eller syntetgummi t ex styrenbutadiengummi). Flera av dessa ämnen bedöms ha särskilt farliga egenskaper. Ämnena kan vara långlivade, bioackumulerande, cancerframkallande, reproduktionsstörande eller arvsmassepåverkande. Det gäller speciellt polycykliska aromatiska kolväten (PAH), ftalater och vissa metaller.

Vad gäller studier runt däck och miljö så har en del studier gjorts i Sverige, Norge och Danmark.

Mestadels har studierna handlat om återvunna däck som används till konstgräsplaner eller på lekplatser. Några få studier har en direkt koppling till miljöpåverkan från gummidäck. Undersökningarna, som varit miljöriskstudier, har visat att bl.a. zink, PAH och fenoler kan läcka ut från gummidäcken och om ämnena når intilliggande vattendrag skulle de kunna påverka vatten- och sedimentlevande organismer. En studie (Biomarker responses in fish exposed to PAH and other additives released from car rubber tyres) visar dessutom på en direkt koppling mellan utlakning från däck och negativa effekter i den akvatiska miljö. En annan studie (Technical and Environmental Properties of Tyre Shreds Focusing on Ground Engineering Applications) visar på att det däremot under normala förhållanden sker ett mycket litet utläckage av farliga ämnen och att riskerna för miljön måste betecknas som små. Alla aktörer som på något sätt varit delaktiga i studierna anser att mer forskning behövs för att utreda riskerna för miljön. Kemikalieinspektionen beskriver i rapporten "Konstgräs ur ett kemikalieperspektiv" det som:

"Vissa undersökningar och bedömningar har gjorts för att belysa riskerna med konstgräs, men det finns fortfarande stora kunskapsluckor framför allt när det gäller i hur stor utsträckning de farliga ämnena frigörs från gummiet och hur människa och miljö sedan exponeras för dem. "

Nedan ges några exempel på miljöpåverkan kopplade till några av de ämnen som ingår i däck:

Mjukgörare (aromatiska oljor, s.k. HA-oljor)

Det miljöproblem som dom flesta förknippar med däck är innehållet av den s.k. HA-oljan. HA-oljan som sådan är ett oljeextrakt som utvinns på raffinaderierna vid rening av basolja för t.ex. smörjmedelsproduktion. Vid s.k. solvent refining tvättas aromater och heterocykliska ämnen ut med hjälp av lösningsmedel. Därefter drivs lösningsmedlet av och kvar finns då ett extrakt som används inom däckindustrin.

I HA-oljan ingår en mängd polycykliska aromatiska kolväten. Bland dessa finns många ämnen som är skadliga för hälsa och miljö. Flera av de PAH som finns i HA-oljor är klassificerade som cancerframkallande i kategori 2 i den EG-gemensamma klassificeringslistan (KIFS 2001:3). Även ramdirektivet för vatten samt flera internationella konventioner tar upp ämnena på grund av sina inneboende farliga egenskaper.

Generellt kan sägas om PAH att det är den största grupp av cancerogena ämnen som vi känner till idag. Gruppen utgörs av flera hundra enskilda kemikalier, över 500 olika PAH har t.ex. detekterats i luft. I luften förekommer PAH i gasform, bundet till partiklar eller lösta i vattendroppar.

Källor till PAH är bilavgaser, slitage av bildäck och slitage av vägmateriel är de största källorna till PAH i luften i de större städerna. Småskalig vedeldning, kreosotimpregnerat virke, fabriker som tillverkar gummi och bensinstationer är andra källor till spridning av PAH.

PAH är generellt fettlösliga, oftast stabila och i en del fall bioackumulerande. Att föreningarna är stabila innebär inte bara att de är svårnedbrytbara utan även att de kan spridas långt innan nedbrytning sker. I vattenmiljöer binds PAH framför allt till partiklar som sedan transporteras till sedimenten där de kan bli mycket långlivade. Akvatiska ekosystem nära utsläppskällor är mest utsatta för PAH-utsläpp.

Förstärkningsmedel (carbon black)

Carbon black (Kimrök) är i huvudsak elementärt kol i partikelform, aggregerad delvis i grafitisk struktur. Ämnet är väl förankrat vid ytaktiva grupper i gummit. Vid åldringsförsök har man funnit att Carbon Black faller ur gummit efter några år. Inga studier har hittats som tyder på att ämnet är farligt eller cancerframkallande trots att ämnet innehåller spårmängder av PAH.

Vulkemedel (svavel)

Utsläpp av svavel förväntas först ske i samband med nedbrytning och då i form av organiska svavelföreningar. Om några av dessa föreningar är skadliga är oklart. Vid förbränning av däck kan dock svavel frigöras och bidra till försurningsskador.

Aktivatorer (zinkoxid)

Zinkoxid betecknas som aktivator och används i flertalet gummiblandningar som vulkas med svavel. Zink som sådan är den metall som förekommer i störst mängd i däcken och förväntas därmed också kunna spridas till miljön i störst mängd. Zink är en livsnödvändig metall och tas därför aktivt upp av organismer, men i för höga halter blir det skadligt för organismerna. Lösligheten av zink är starkt pH-beroende. I sura miljöer är fria zinkjoner den vanligaste förekomstformen.

Åldringskydd (bl.a. fenoler)

De fenoler som används som tillsatser till gummi och andra polymera material för att minska åldrandet är olika alkylfenoler (t.ex. tert-butylfenol). Alkylfenolerna är inte kemiskt bundna till gummipolymeren utan kan läcka ut ur materialet. Ämnena är långlivade och bioackumulerande och kan ge långtidseffekter i miljön. De är prioriterade för riskminskning enligt miljömålet Giftfri miljö.

Utsläppen från våra fordon förekommer i olika former där däcken utgör en källa. Bilavgaser innehåller också PAH bundna till partiklar men finns även i gasform. Vid däckslitage frigörs gummipartiklar som innehåller en mängd polycykliska aromatiska kolväten. Partiklar från vägslitage består i huvudsak av mineraler från stenmaterialet i vägbeläggningen samt av en mindre mängd bitumen

Huruvida återvunna däck utgör ett miljöproblem eller inte råder idag delade meningar om. Även om det förekommer särskilt farliga ämnen i produkter innehållande återvunna gummidäck är det inte liktydigt med en direkt risk för människors hälsa och för miljön. Den direkta risken beror på i viken utsträckning människor och miljö exponeras för de farliga ämnena.

Kan då ett utläckage ske från däcken och påverka miljön negativt? Det har inte kunnat hittas många studier som visar på hur däck genom utlakning kan påverka akvatiska miljöer.

Kemikalieinspektionen har dock intagit en restriktiv hållning till produktanvändning där basen är återvunna däck. I rapporten konstgräs ur ett kemikalieperspektiv, som är ett försök att samla och bedöma kunskap, görs bedömningen att konstgräs som innehåller återvunnet gummi kan medföra lokala risker för miljön. Man stödjer sig där bland annat på en norsk studie (Miljörisikouvärdering av kunstgresssystemer, Norsk institutt for vannforskning NIVA). I den studien redovisas att det finns en risk för effekter på vattenlevande och sedimentlevande organismer då skadliga ämnen läcker via

dräneringsvattnet i samband med nederbörd. Det ämne som bidrar mest till denna risk är zink men också fenoler och PAH medför risk.

Även svenska studier vid Göteborgs Universitet gör gällande att toxiska ämnen kan läcka från och påverkar akvatiska organismer negativt (Förlin et al. 2003. Biomarker responses in fish exposed to PAH and other additives released from car rubber tyres). Främst anges PAH som orsak.

Gör EU likartad riskbedömning som kemikalieinspektionen? Tydligaste informationen om hur EU ser på frågan får man i det svar som gavs av EUs vetenskapliga kommitté för toxikologi, ekotoxikologi och miljö, CSTE (The Scientific Committee on toxicity, ecotoxicity and the environment) i samband KEMIs försök att förbjuda HA-oljor i däck.

Till att börja med konstaterar CSTE att KEMI haft en del brister i sitt underlag för att kunna förbjuda HA-olja. Som första punkt anser man att underlaget har en otillräcklig kvantifiering av hur mycket PAH som läcker ut från däck till mark och akvatiska system i förhållande till andra källor. Man säger vidare att KEMI också har en otillräcklig information om biotillgängligheten hos det PAH som hamnar i mark och vattendrag.

För att besluta om en riskminimeringsstrategi svarar CSTE på fem uppställda frågor i dokumentet. Intressantaste frågorna i denna studies sammanhang är frågorna 2 och 5.

2. Is it scientifically justified to conclude that PAHs are emitted into the environment as a consequence of the abrasion of the tyre tread?
5. How does the CSTE evaluate the risks to human health or the environment from PAHs that are emitted into the environment as a consequence of the abrasion of the tyre tread?

CSTE konstaterar i sitt svar att, trots att kvantitativa bedömningar saknas i underlaget, kan man förutsätta att ett visst läckage av PAH sker från däcken men att bidraget av PAH i förhållande till övrigt bidrag är relativt litet.

Man säger:

"...PAHs from tyre wear contribute less than 2% to PAHs exposure associated with respirable particles in the urban atmosphere. PAHs are genotoxic carcinogens and current knowledge considers such mechanisms non-thresholded and a linear extrapolation is justified. Accordingly, a 2% contribution to the total PAHs is associated with 2% of the cancer risk resulting from human PAHs exposure".

2.3 Forskningsläget- Däck i beläggningsmassor

2.3.1 Allmänt om däck i beläggningar

En asfaltsbeläggnings slitlager består i huvudsak av ca 94% av stenmaterial och ca 6% (viktprocent) bindemedel (bitumen). I en beläggning innehållande återvunna däck kan däcken tillsättas på tre olika sätt och däcken brukar vanligtvis utgöra 5 – 20 % av bitumenmängden. Beroende på vilket system man använder för tillverkning av "gummi modifierad" asfaltmassa får man asfaltbeläggningar med olika egenskaper och prestanda. De vanligaste metoderna att blanda in däck i beläggningsmaterialet är :

Torr (dry) metod

Tillsättning av torrt gummigranulat eller gummipulver direkt i asfaltverkets blandare i samband med tillverkning (blandning) av asfaltmassa. Den torra metoden medför att man normalt inte har tillräcklig tid för bitumen och gummi att reagera kemiskt. Egenskaperna i slutprodukten varierar mycket beroende på vilka förutsättningar för blandning som varje enskilt asfaltverk har. Inblandningsmängd gummi är ca 1-4 % av totala mängden (asfaltmassa). Eftersom gummigranulatet tillsätts utan uppvärmning måste en viss överhettning av stenmaterialet ske för att kompensera detta så att inte massan blir för kall.

Terminal-blandad gummimodifierat bitumen:

Terminal blandad är en blandning av gummi och bitumen som görs i anslutning till en bitumendepå. Ett fint gummipulver blandas med bitumen där halten gummipulver är i nivå 5-10 % av bitumen mängden. Produkten reagerar kemisk och egenskaperna är specificerade i en produktspecifikation. Lång lagringstid i värme kan innebära att gummit bryts ned. Inblandningsmängd av denna produkt i en asfaltmassa är i nivå 7-9 %, dvs gummimängden är under 1 % av totala mängden asfaltmassa.

Våt metod Gummimodifiering av bitumen enligt "Arizona modell".

Gummimodifiering av bitumen enligt Arizona modell innebär att gummigranulat blandas med bitumen i en speciell utrustning som dockas till ett asfaltverk. Inblandningsmängden är normalt 15 – 20 % av bitumen mängden. En minsta reaktionstid mellan gummi och bitumen är föreskriven innan produkten används och för asfalttillverkning, normalt är denna tid ca 1 timme. Produktens egenskaper är specificerade. Vid tillverkning av asfaltmassa används normalt 8 – 10 % gummi-bitumen slurry för tillverkning av asfaltmassa, andelen gummi blir ca 1,5-2 % av den totala mängden asfaltmassa.

Förutom en generell metodutveckling så har även en kontinuerlig teknikutveckling skett, och då främst i USA. Bland annat har nya typer av blandningsutrustningar för inblandning av gummigranulat kommit ut på marknaden.

När det gäller miljö- och hälsa kopplat till användning av däck i asfalt kan man säga att de flesta studier som finns gjorda i USA. Även omfattningen på användning av däck i beläggningar är klart störst där. Främst är det staterna Arizona, Kalifornien, Florida och Texas som varit föregångare på området. Den huvudsakliga drivkraften har historiskt varit att gamla uttjänta däck utgör ett avfallsproblem som måste lösas bland annat av utrymmes brist men också på grund av risk för stora bränder (man har t.o.m. ansett att upplag av gamla däck samlar vatten och utgör grund för skadeinsekter så som ex. myggor som sprider sjukdomar). Bara under perioden 1995 till 2001 använde staterna över 35.6 miljoner däck i asfalt. Idag är huvudsakligt motiv för att använda gummi i asfalt sammanhang främst de förbättrade tekniska egenskaperna i utförd beläggning och minskat buller. Även miljöaspekten är viktig och då främst lösandet av avfallsproblemet men detta betecknas inte som ett huvudargument.

Vad gäller svenska studier så har inga specifika rapporter kunnat hittas där utvärdering skett av gummidäck och asfalt och eventuella hälso- eller miljöeffekter.

2.3.2 Emissioner till luft

Huvuddelen av alla studier som berör utsläpp till luft härrör från USA. Ofta har jämförelser gjorts mot rådande miljökrav och ibland har studier gjorts där man försökt jämföra utsläpp från asfalt

innehållande gummidäck med utsläpp från konventionell asfalt. Sådana jämförelser har fördelen att man där under samma betingelser kunnat se och jämföra skillnaderna mellan de båda alternativen.

De emissioner som de flesta studier inriktat sig på är:

- Partiklar
- CO
- NO_x
- PAH
- Bensen
- VOC mätt som metan

I den sammanfattande studien, Stack Emissions With Asphalt Rubber- A Synthesis of Studies, analyseras resultaten av tre sådana jämförande studier och en sammanfattning av resultaten ges. De rapporter som ligger som grund är:

- Wildwood Environmental Engineering Consultants, Inc./Michigan DOT 1994
- Southwestern Laboratories, Inc Texas/Texas DOT 1992 & Texas Transportation Institute, 1995
- American Environmental Testing Company, Inc./Bay Area Air Quality Management District, California 2001

De generella slutsatser som drogs vid analysen av de tre rapporterna är att:

- En inblandning av gummi bidrar inte till någon signifikant ökning av utsläpp av ämnen.
- Grundasfalten och det bränsle som används till brännarna bidrar till mycket större skillnader i utsläpp än vad själva inblandning av gummit gör.
- I Michiganstudien pekar man på att man fått högre utsläpp av BTEX (bensen, toluen, ethylbensen och xylene) än när man använt ett hårdare bindemedel. De ökade utsläppen beror förmodligen på att det finns mer av lättflyktiga komponenter i det mjuka bindemedlet än i det hårda bindemedlet, där destillationsprocessen drivits längre. Emissionerna beror med andra ord inte av gummiinblandningen.
- Enda gången man i Texasstudien såg förhöjda utsläpp vid en 18% inblandning av däck i förhållande till konventionella massan var för fenantren. Skillnaden skulle mycket väl kunna bero på variationer i processen som sådan.
- Då asfaltsproduktionen, av naturen, är en process som varierar mycket kan man anta att de utsläpp som kommer från inblandningen av däck är relativt små i jämförelse med de som beror på variationen i processen.

Vad gäller utsläpp av partiklar finns idag studier som visar att en gummiinblandning i asfalten kan ha en positiv inverkan på uppkomsten av partiklar. Under de senaste 30 åren har en generell minskning skett genom förbättrade motorer på fordonen, utvecklad avgasrening. Fokus har därför flyttats till andra källor till utsläppen. Främst handlar det om däckslitage, slitage av vägbanan och från fordonens bromsar. I studien, Evaluation of Tire Wear Emissions, Roughness and Friction Characteristics of Asphalt Rubber Friction Course Pavements, görs en jämförelse av partikelutsläpp vid en tunnel där konventionell asfalt jämförs med gummiasfalt. Resultaten visar på högre halter partiklar kopplade till den konventionella asfalten än för gummiasfalten. Utifrån mätningarna har man beräknat att utsläppen per kilometer väg är 1,4 till 2 gånger högre för den konventionella asfalten än för den med gummiinblandning. Då dessa resultat bara bygger på en studie bör ses som

en indikation om att det kan finnas positiva värden kopplade till användningen av däck snarare än en exakt sanning.

Sammanfattningsvis kan man säga att man i USA inte ser utsläppen till luft som något större problem. I jämförelse med de gränsvärden som finns uppsatta överskrider gummi-asfalt mycket sällan dessa gränser. Om konventionell asfalt jämförs med gummi-asfalt tycks det inte skilja så mycket mellan de båda produkterna. Beroende på vilken metod som används för inblandningen av gummit i produkten kan variationer finnas. I vissa fall visar värdena på bättre värden för gummi-asfalt i vissa fall sämre. Enligt muntliga uppgifter från tekniker på Vägverket ska en ny ”våt” metod för inblandning av gummi kunna vara bättre ur miljösynpunkt och kanske t.o.m. ha lägre utsläpp än den konventionella asfalten. Inga studier har dock kunnat styrka detta påstående. Vad gäller svenska studier har inga kunnat hittas som visar på emissioner från beläggning med gummiinblandning.

2.3.3 Emissioner till vatten

Inga studier har kunnat hittas där man studerat eventuella emissioner till vatten kopplade till användningen av återvunna däck i asfalt. Som nämnts tidigare i materialet finns studier som visar på emissioner från däck till vatten men alltså inget om hur situationen blir då däcken ingår specifikt i asfalt.

2.2.4 Buller

En hel del studier har gjorts i USA som beskriver hur bullret från trafiken påverkas av nya beläggningar som innehåller återvunna däck. Relativt få av dessa är studier som pågått under en längre period (flera år). Generellt sett visar dock de flesta studier på minskningar av vägtrafikbullret på mellan 4-9 dB. Orsak till det minskade bullret uppges bland annat vara en minskad sprickbildning i asfalt innehållande gummidäck.

2.2.5 Återvinning

I den amerikanska rapporten ”Feasibility of recycling rubber-modified paving materials, Caltrans, 2005” har en litteraturstudie gjorts över de försök som gjorts att återvinna asfalt med inblandning av gummi. I underlaget ingår 9 st exempel på återvinningsförsök på olika platser. Rapporten bygger också på en del intervjuer utförda med personer som varit inblandade i återvinningsförsök.

Slutsatsen i litteraturstudien är att det genomförts relativt få försök med återvinning men att de försök som gjorts ändå visar att det rent tekniskt inte verkar vara någon större skillnad på att använda återvunnen gummi-asfalt och jungfrulig råvara.

Av de fall som kommenteras i studien är det endast ett fåtal som på något sätt kommenterar miljö- eller hälsoaspekter på återvinningen. Nedan ges ett litet sammandrag:

Wisconsin DOT 1987

- Detta var den första referens som författarna kunde finna på återvinning.
- Inga emissionsmätningar genomfördes i den studien
- Man noterade dock blå rök från processen

New Jersey DOT 1992

- Emissionsmätningar gjordes
- Metan, CO och partiklar vara mätparametrar
- Vid alla mätningar, utom en för CO, låg värdena under de gränsvärden som fanns.

City of Los Angeles

- Mätningar på arbetsmiljön gjordes
- Inga uppgifter finns i studien om vilka ämnen som mättes bara att prover togs på ”olika ämnen”
- Man konstaterade att de nivåer som uppmättes på emissionerna låg klart under de hygieniska gränsvärden som fanns.
- I vissa fall var ämnena inte ens detekterbara.

Avslutningsvis visar den samlade litteratursökningen att det finns ytterligare behov av studier som visar på eventuell miljö- och hälsopåverkan vid återvinning av asfalt innehållande gummidäck.

2.2.6 Arbetsmiljö

Relativt få studier har kunnat hittas som är inriktade på hur arbetsmiljön påverkas av inblandning av däck i asfalt. Den i särklass största studien är den s.k. “NIOSH-rapporten”. Den genomfördes mellan 1994 och 1997 av “National Institute for Occupational Safety and Health” (NIOSH) i samarbete med den federala vägmyndigheten. Bakgrunden var en uppkommen oro från såväl industri som personal kopplat till ett formulerat krav på staterna om en minimianvändning av återvunna däck i asfalt.

Syftet med själva studien var att studera beläggningspersonal på 7 olika beläggningsplatser och att utvärdera potentiella hälsoeffekter kopplade till läggning av såväl traditionell asfalt som asfalt innehållande återvunna däck.

Mål som sattes upp för studien var:

- Att utveckla och i fält testa nya metoder för att utvärdera personalens exponering för asfaltrök
- Att karakterisera och jämföra arbetsmiljöpåverkan från såväl konventionell asfalt som asfalt med återvunna däck.
- Att utvärdera potentiella hälsoeffekter kopplade till både konventionell och däck innehållande asfalt.

Genomförande skedde genom att

- Prover togs i personalens s.k.: andningszon både vid beläggning med konventionell metod och vid användning av återvunna däck under en arbetsdag.
- Prover togs på flera olika yrkesgrupper
- Man testade flera olika ämnen så som ex. PAH
- Prover togs på lösningsmedel som ibland användes under beläggningsarbetet.
- Prover togs på dieselavgaser och kolmonoxid på beläggningsplatsen.
- Tester gjordes på asfaltröken för att se om den var mutagen. Bakterier användes som försöksobjekt.
- Frågeformulär togs fram till både beläggningspersonal och annan personal för att få kunskap om eventuella symtom så som irritation på ögon, näsa och hals.
- Även lungkapaciteten testades hos personalen under arbetsdagen.

NIOSH rapporten är otydlig i sina slutsatser. Rapporten konstaterar att generellt sett kunde inga definitiva resultat i studien visa på att exponering vid användning av däck i asfalt var mer hälsofarlig än konventionell asfalt. Dock talade data för att beläggingsmaterial innehållande däck möjligtvis skulle kunna vara mer hälsofarligt än konventionell asfalt. I vissa fall och för vissa ämnen observerades en statistisk säkerställd ökning av exponering av arbetskraften för farliga ämnen.

Både användning av konventionell asfalt och asfalt med däck resulterade i synpunkter från personalen om irritation, på ögon, näsa och hals. I fallet återvunna däck i asfalt drogs slutsatsen att orsaken var mängden partiklar i luften.

Rapportens författare rekommenderar avslutningsvis att oberoende på vilken typ av beläggning som utförs bör man vidta följande åtgärder. Rekommendationerna är generella och gäller oavsett vilken typ av massor som används.

- Undvik för höga temperaturer på asfalten
- Förbjud mat, dryck och rökning i närhet till asfaltsemissionerna.
- Se till att tvättmöjligheter och ombyte finns i närheten till arbetsplatsen.
- Minska användningen av lösningsmedel och undvik hudkontakt.
- Använd lämplig skyddsutrustning

2.3.7 Lagstiftning

Den lagstiftning som styr insamlingen av våra däck är förordningen (1994/1236) om producentansvar för däck. Förordningen innebär att den som placerar däck på marknaden också måste ta ansvar för hur de hanteras när de tjänat ut. Efterhand som förordningen trätt i kraft har andra liknande förordningar kommit att omfatta allt fler material och produkter.

För att hantera det praktiska runt återvinningen har respektive bransch bildat materialbolag som samordnar ansvaret för insamling av de återvinningsbara materialen. I Sverige heter materialbolaget för däckåtervinning, Svensk Däckåtervinning AB. De myndigheter som övervakar att lagstiftningen efterlevs är Naturvårdsverket och kommunens miljökontor.

I nuvarande avfallsregler finns otydligheter när det gäller definitionen av avfall. Därmed råder också otydligheter om vilka regler som gäller i gränzonen mellan avfall och resurs där exempelvis konstgräsgranulat av återvunnet gummi befinner sig. Idag marknadsför många intressenter (företag) gummigranulat som en produkt och ett tillsatsmedel och inte som ett avfall. Frågan uppstår då om avfallsreglerna är tillämpliga.

Även inom EU pågår ett arbete som kommer påverka hur uttjänta däck kommer hanteras i framtiden. Genom EG-regler om PAH kommer vi exempelvis på sikt få däck till återvinning med betydligt lägre halter. Nya regler gäller från och med den 1 januari 2010 får däck, och oljor som används vid tillverkning av däck, inte säljas om de innehåller mer än 10 mg/kg av åtta listade PAH:er och mer än 1 mg/kg av bens(a)pyren. Ändringsdirektiv 2005/69/EG (till Begränsningsdirektivet 76/769/EEG). Kommissionen håller också på att ta fram ett nytt juridiskt ramverk som skapar ett långsiktigt perspektiv genom tydliga miljömål med siktet inställt på 2020. Följande juridiska beslut har en påverkan på hantering av uttjänta däck.

- The Community Waste Strategy (COM(96)399), amending Directive 75/442/EEC
- The Directive on the Landfill of waste (1999/31/EC)
- The Directive on End of Life Vehicles (2000/53/EC)

- The Directive on Incineration of waste (2000/76/EC)
- The EC Thematic strategy on prevention and recycling of waste (COM(2005)666 final)

Idag klassas inte uttjänta däck som farligt avfall enligt EU. Detta framgår av Kommissionens beslut 2001/118/EG om ändring av avfallsförteckning i beslut 2000/532/EG.

Som nämnts tidigare kommer en ny europeisk kemikalielagstiftning, REACH, införas. Denna beräknas träda i kraft 2007 och kommer att omfatta kemiska ämnen och även ställa vissa krav på särskilt farliga ämnen när de ingår i varor. Detta bör få en stor betydelse för möjligheterna att använda återvunna däck i beläggningar. Om man vill vet mer vad som händer kan man hålla koll på kemikalieinspektionens hemsida www.kemi.se

3 Slutsats

I huvudsak kan man dela in slutsatserna i följande områden:

Kunskapsläget

- De flesta studier av hur återvunna däck kan användas i beläggningssmassor och vilka potentiella miljö- och/eller hälsoeffekter detta har är gjorda i USA.
- Inga studier över svenska objekt har kunnat hittas.
- I huvudsak behandlar dessa studier emissioner till luft och endast i något enstaka fall utsläpp till vatten.
- På emissionssidan anses i dessa studier inte att återvunna gummidäck som blandats i asfalten bidrar till ökade utsläpp av farliga ämnen. I vissa fall anser man t.o.m. att inblandningen kan leda till minskade utsläpp, t.ex. partikelemissioner.
- I några studier rapporteras om förändringar i lukt från den alternativa beläggningssmassan men inga studier har kunnat visa på att det är någon större skillnad av emissioner mot utsläpp vid normal beläggning.
- Visuellt har man i bland kunnat se en förändring av rök som uppkommer i samband med beläggningsarbetet. Förändringen sätts i samband med höga temperaturer och rekommendationer finns upprättade om hur man undviker problemen. I något fall rekommenderar man att man undviker beläggningsarbete i allt för kall miljö då man måste höja temperaturen.
- Få studier finns gjorda som visar hur återvinning av beläggningssmassor innehållande återvunna däck påverkar miljö- och hälsa. Det lilla som kunnat hittas visar inte på några markanta problem utan emissioner till luft uppges hamna under de gällande gränsvärden som finns. Rent tekniskt uppges själva återvinningen fungera tillfredsställande.
- I Sverige finns endast några studier som tangerar området. Dessa handlar dock enbart om utläckage av farliga ämnen från däck.
- Närmast ligger kopplingen till studier av återvunnet gummi i konstgräsplaner, där risk för utläckage av farliga ämnen konstateras. Samtidigt är kontakten med vattenfasen enklare i ett fri tillgängligt däckgranulat på konstgräs
- Det råder delade meningar i forskarvärlden om vilka slutsatser som skall dras av studierna runt däck och miljö. Frågeställningen är om det utläckage som bevisligen sker har någon betydande miljöpåverkan eller ej.
- Med ny kommande kemikalielagstiftning finns frågetecken hur frågeställningen kring däck i asfalt ska hanteras.

Myndigheternas inställning

- Det råder ett starkt motstånd mot att tillåta återvinna däck i nya produkter så som beläggingsmaterial hos våra svenska myndigheter.
- Motståndet bygger på att riskerna för negativa miljöeffekter främst på den akvatiska miljön anses vara för stora.
- Bedömningen bygger på totalhalter av ämnena, inte en värdering av risken för mobilisering.
- Kunskapsläget om hur stort utläckage som sker från gummit och vilka effekter detta har på miljö är förhållandevis låg. Försiktighetsprincipen råder.
- Kunskapen om storleken på de utsläpp som sker från gummidäck i förhållande till andra utsläppskällor är låg. Detta leder till att det är svårt att bedöma om problemet med utlakning är en storm i ett vattenglas eller om läckaget är ett faktiskt problem.
- Inga kunskaper finns om vilka eventuella positiva effekter användningen av återvinna däck i beläggingsmassor kan ha ur ett livcykelperspektiv. De miljöförbättringar som uppkommer i samband med eventuellt förlängd livslängd eller minskad underhåll beaktas ej i myndigheternas bedömning.
- En eventuell minskning av vägbuller är heller inget som värderas in i bedömningen.

Forskningsbehov

- Risk för utsläpp till vatten: Då kunskaperna om i vilken utsträckning det sker ett ökat utläckage av farliga ämnen till vatten i samband med användning av återvinna däck i asfalt är bristfälligt föreslås att Vägverket försöker få tillstånd en större undersökande studie. I en sådan studie rekommenderas att flera aktörer engageras så att slutsatserna delas av många. Ett förslag skulle kunna vara att låta ex. IVL, VTI och Luleå Tekniska Högskola får i uppdrag att gemensamt genomföra studien. Även Göteborgs Universitet och SGI är en tänkbar forskningsutförare. En mycket viktig synpunkt är att man innan projektstart mycket noggrant precisera frågeställningen.
- Värdering av bidrag: En värdering av eventuella utsläpp måste sättas i förhållande till andra källor till utsläpp för att man skall kunna få perspektiv på frågeställningen. En sådan värdering bör ingå i en framtida studie.
- Systemstudie: Förutom utsläpp/ lakning bör hela frågeställning granskas ur ett systemperspektiv. En jämförelse mot dagens teknik måste göras. Miljöpåverkan vid underhåll och förändringar i livslängd är något som måste tas med i studien.
- Återvinning: I studien bör också tas med något om hur återvinning av asfalt som innehåller återvinna däck kan påverka hälsa- och miljö.
- Arbetsmiljöstudie: Då relativt få studier är gjorda på arbetsmiljöaspekter kopplade till användning av däck i asfalt föreslås även att en del om detta tas med i studien. En studie motiveras också av den osäkerhet som förmedlas i den mest citerade rapporten NIOSH.
- Forskningsfinansiering: Utredningen föreslår att ett projektet genomförs som ett samfinansierat forskningsprojekt där Vägverket och däckbranschen deltar. Vid ett eventuellt beviljande kan då Naturvårdsverket gå in med en motmatchning på 50% av projektkostnaden. Projektet bör vara utformat med olika delområden som svarar mot det behov som finns av ny kunskap och vara kopplat till provbeläggningar
- Lagstiftning: tydliggör under vilka rättsliga förutsättningarna användning av däck är möjlig.

4 Referenser

Kemikalieinspektionen

- Kemikalieinspektionen, Konstgräs ur ett kemikalieperspektiv- en lägesrapport, PM 2/06
- Kemikalieinspektionen, 2004. Information om varors innehåll av farliga kemiska ämnen
- Kemikalieinspektionen, HA-oljor i bildäck – förutsättningar för ett nationellt förbud. Rapport från ett regeringsuppdrag, Rapport 3/03.
- Ahlbom, J. Duus, U. 1994. Nya hjulspår - en produktstudie av gummidäck. Rapport från Kemikalieinspektionen nr 6/94.

Universitet och forskningsinstitut

- Thale S.W. Plessner, Ole J. Lund. Oppdragsrapport. Potensielle helse- og miljøeffekter tilknyttet kunstgresssystemer – slutrapport. Norges byggforskningsinstitutt (NBI), 2004
- Kunstgressbaner – vurdering av helserisiko for fotballspillere. Nasjonalt folkehelseinstitutt og Radiumhospitalet. Oslo, januari 2006
- Lisa Hallberg, Karin Strömberg, Tomas Rydberg, Elin Eriksson. 2006. Comparative life cycle assessment of the utilisation of used tyres. CIT Ekologik AB & IVL Svenska Miljöinstitutet AB
- Eiríkur Stephensen, Margaretha Adolfsson-Erici, Mats Hulander, Jari Parkkonen, Lars Förlin. Rubber additives induce oxidative stress in rainbow trout. *Aquatic Toxicology* 75 (2005) 136–143
- Edeskär T. Technical and Environmental Properties of Tyre Shreds Focusing on Ground Engineering Applications, 2004:05
- Förlin et al. 2003. Biomarker responses in fish exposed to PAH and other additives released from car rubber tyres. Dept of Zoology, Göteborg University. Institute of Applied Environmental Research, Stockholm University. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 22, No. 12, pp. 2926–2931, 2003 SETAC
- Perhans A. Utlakning av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) ur asfalt och förorenad mark. 2003, IVL-rapport B1532
- Edlund, S. 2001. PAH as a POP - possibilities, implications and appropriateness of regulating global emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons through the Stockholm Convention on persistent organic pollutants. Thesis for a M Sc. Environmental Management and Policy, Lund University, Sweden.
- Cedheim, L. et.al. 2000. Sammanfattande metod för att bestämma den totala halten PCA i extrakt från däck - ett underlag för miljömärkning. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Borås
- Carlsson, E. Johansson, T. 2002. Vertikal spridning av organiska föroreningar i vägdike. Vatten, Miljö, Transport. Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg. Examensarbete 2002:2

Övriga

- Nils H. Nilsson, Anders Feilberg and Kirsten Pommer. 2005. Emissions and evaluation of health effects of PAH's and aromatic mines from tyres, Danish Technological Institute. Survey of Chemical Substances in Consumer Products, No. 54
- Ahlbom J, Duus U. 2005. Giftig däckolja förbjuds inom hela EU. Pressmeddelande. Grön Kemi SDAB. Hur påverkas miljön av uttjanta däck? Informationsmaterial 2006.
http://www.sdab.se/Pdf/uttjanta_dack.pdf
- European Commission Health & Consumer Protection Directorate-General. 2003. Questions to the CSTEER relating to scientific evidence of risk to health and the environment from polycyclic aromatic hydrocarbons in extender oils and tyres. The Scientific Committee on toxicity, ecotoxicity and the environment (CSTEER)
- Miljöförvaltningen i Stockholm Stad. 2002. PAH i sediment i Stockholmsområdet - halter och källor. Rapport från SLB-analys nr1:2002
- Andersson, J-E. 1998. Först ut att ersätta hälsovådlig och miljösuspekt olja i personbilsdäck. Continental Gislaved Däck AB. Föredrag på IVF, Mölndal
- Occupational Exposure Assessment of ground tire rubber/asphalt belnding, mixing, and paving operations. Environmental Research, 1993, State of Florida, Department of Transportation. FL-ER-52-93
- EPA United States Environmental Protection Agency, Emission Factor Documentation for AP-42, Section 11.1, Hot Mix Asphalt Production, Final Report, 2000
- John Stutz, Sara Donahue, Erica Mintzer, and Amy Cotter. 2003. Recycled Rubber Products in Landscaping Applications. Tellus Institute
- Bay Area Emission Testing of Asphalt-Rubber. PCCAS. Reno, NV. April 2, 2002
- Don Stout, P.E. Douglas D. Carlson. Stack Emissions With Asphalt Rubber- A Synthesis of Studies. 2003
- Asphalt Rubber Usage Guide. 2003. California Department of Transportation
- Jonathan O. Allen, Ph.D, P.E. Kamil E. Kaloush, Ph.D., P.E. Tire Wear Emissions for Asphalt Rubber and Portland Cement Concrete Pavement Surfaces. 2006. Arizona Department of Transportation.
- NIOSH Department of Health and Human Services, Crumb-Rubber Modified Asphalt Paving: Occupational Exposures and Acute Health Effects. HETA #2001-0536-2864
- Douglas D. Carlson, Asphalt-Rubber- An Anchor to Crumb Rubber Markets, 1999, Third Joint UNCTAD/IRSG Workshop on Rubber and the Environment International Rubber Forum Veracruz, Mexico, Rubber Pavements Association
- Guaff N. Subject: Results of Stack Emission Testing Asphalt Rubber and Conventional. Asphalt Concrete February 5, 2002. County of Sacramento Public Works Agency, Department of Transportation
- Reynolds R. Gearhart D. Kauper R. Air Emission Testing and Observations Granite-Keithly, Conventional and Rubberized Asphalt Concrete Production- August 2005, Lake County Air Quality Management District, , 2006
- Feasibility of recycling rubber-modified paving materials, Caltrans, 2005

Sousa J. Ph.D, Way G, P.E, Carlson D. Cost Benefit Analysis and Energy Consumption of Scrap Tire Management Options

Alexandrova O, Allen J, Kaloush K, Sun O, Rodezno M, Gonzales D. Evaluation of Tire Wear Emissions, Roughness and Friction Characteristics of Asphalt Rubber Friction Course Pavements, 2006

Douglas D. Carlson, Han Zhu Ph.D, Can Xiao, Analysis of Traffic Noise Before and After Paving With Asphalt-Rubber.

Rubber Pavements Association, Effectiveness of Rubberized Asphalt in Reducing Traffic Noise, 1993

Michael T. McNerney, B. J. Landsberger, Tracy Turen, Albert Pandelides. Comparative field measurements of tire/pavement noise of selected Texas pavements. Research Report Number 7-2957-2. 2000

Muntliga referenser

Lars Förlin, Göteborgs Universitet, 031-7733676

Lars Åman, Svensk Däckåtervinning AB, 08-50 60 10 55

Jan Christiansson, Naturvårdsverket, 08-6981000

Anna Nordin, Naturvårdsverket, 08-6981000

Christina Rudin Snöbohm, Kemikalieinspektionen, 08-51941100

Tommy Edeskär, Luleå Tekniska Universitet. 0920-491000

Jan Ahlbom, Länsstyrelsen Västra Götalands län, 031-60 52 15

Mailkontakt (e-post adress)

Annika Nordenstam, Naturvårdsverket, annika.nordenstam@naturvardsverket.se

Nathan Gauff, California Integrated Waste Management Board, dougc@rubberpavements.org

Doug Carlson, Rubber Pavements Association, doug.carlson@rubberpavements.org

Cara Peck, U.S. EPA Region 9 (Office of Pollution Prevention and Solid Waste),
peck.cara@epamail.epa.gov