



**Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen
voor asfaltrecycling**



Dossier

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

► Auteurs

Luc De Bock
l.debock@brrc.be

Nathalie Pierard
n.pierard@brrc.be

Stefan Vansteenkiste
s.vansteenkiste@brrc.be

Ann Vanelstraete
a.vanelstraete@brrc.be

Januari 2020

© OCW – Alle rechten voorbehouden.

Verantwoordelijke uitgever: Annick De Swaef, Woluwedal 42, 1200 Brussel.

► 1 Inleiding

1.1 Opzet van dit dossier

In dit dossier maken we een analyse van de verschillende soorten producten die worden bestudeerd of op de markt worden aangeboden als verjongingsmiddel voor asfaltrecycling.

We stellen hierbij een categorisering in klassen of groepen voor, om van daaruit een analyse te maken ter inschatting van de succes- en risicofactoren. Per groep worden enkele voorbeelden van in de handel verkrijgbare producten gegeven.

Voor de categorisering in groepen baseren we ons vooral op de aard en herkomst van het product. Per groep wordt vervolgens een analyse van de verschillende verjongingsmiddelen gemaakt, met de plus- en minpunten van de diverse soorten, en met een focus op de volgende elementen:

- oorsprong en productieproces;
- chemische samenstelling;
- werking;
- beschikbaarheid en praktijkervaring;
- milieuhygiëne, arbeidsveiligheid en bepaalde duurzaamheidsaspecten zoals emissies en uitloging.

De aspecten van milieuhygiëne en arbeidsveiligheid (*health, safety, environment* – afgekort tot HSE) zijn vaak nauw met elkaar verbonden. Zo worden emissies in de eerste plaats beoordeeld vanuit hun impact op de gezondheid van zowel de arbeiders die met de producten werken als de mensen die zich in de omgeving ervan bevinden, en tegelijk wordt ook hun impact op de natuurlijke en bebouwde omgeving beoordeeld.

Milieu-, gezondheids- en veiligheidsaspecten van het gebruik van deze verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling vormen zo een wezenlijk onderdeel van een evaluatie van asfaltrecycling in een ruimer kader van duurzame ontwikkeling.

Het gaat hierbij niet om een bespreking van de mechanische prestaties van de producten; die aspecten komen elders aan bod, bijvoorbeeld in het onderzoeksproject Re-RACE¹ van het OCW. De uitgebreide literatuurstudie die voor dat onderzoeksproject is gebeurd, was ook voor dit dossier nuttig.

1.2 Wat zijn verjongingsmiddelen en waarvoor dienen ze?

Asfaltpuin van wegen is een materiaal dat succesvol hergebruikt kan worden door recycling ervan in de vorm van asfaltgranulaat (AG) als grondstof voor nieuw asfalt. De kenmerken van het oude bitumen spelen hierbij een zeer belangrijke rol. Asfaltgranulaat is immers meer dan een zwartkleurige steen- en zandfractie (*black rock*); de karakteristieken van het oude bitumineuze bindmiddel zijn als fractie minstens even belangrijk en bepalen in grote mate het al of niet kwalitatief slagen van een asfaltrecycling-project.

¹ *Rejuvenation of Reclaimed Asphalt in a Circular Economy (Re-RACE)* – prenormatief onderzoeksproject uitgevoerd door het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, in 2 biënnales (periodes 1/06/2017 tot 31/05/2019 en 1/06/2019 tot 31/05/2021), met financiële steun van de Federale Staat (via het Bureau voor Normalisatie – NBN en de FOD Economie) [1] [2] [21].

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

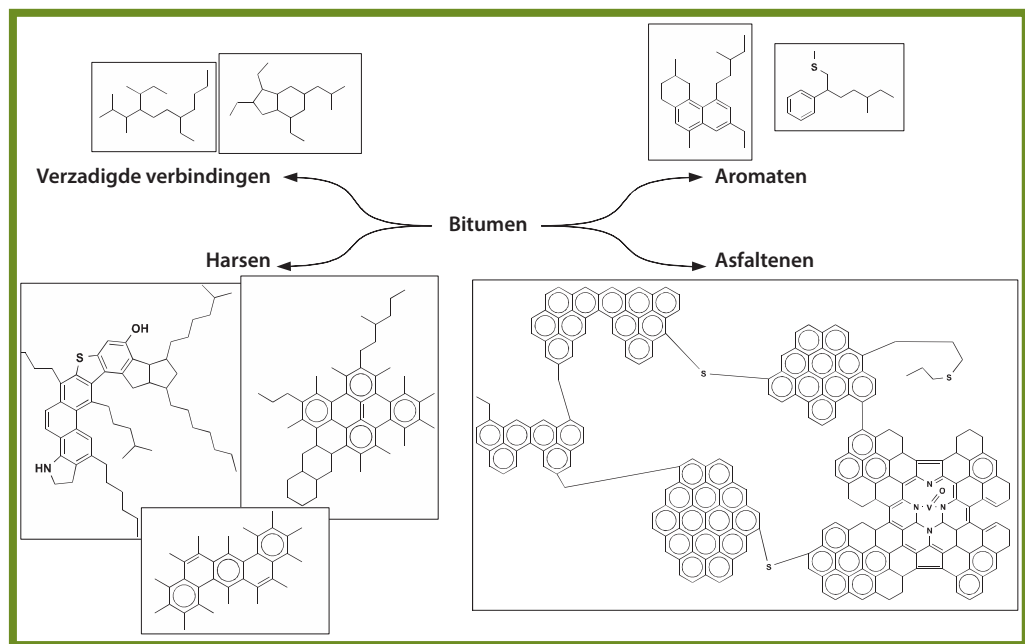
Dit is des te belangrijker naarmate de graad van recycling (recyclingratio) groter is. Evenzo bij meervoudige recycling, waarbij het AG dat nu gerecycled wordt afkomstig is van asfalt dat zoveel jaren geleden zelf al met AG als gerecyclede grondstof werd geproduceerd.

Ondanks decennia ervaring en onderzoek blijven er nog vele vragen over de kwaliteitsaspecten van het gerecyclede oude bindmiddel en hoe dit kan worden verbeterd – vooral met het oog op hoogwaardiger toepassingen (onder andere in toplagen), hogere recyclingratio's en meervoudige recycling, waarbij de "veroudering" van het gebruikte bitumen een sleutelrol speelt. Dit zijn typisch gevallen waarbij de inbreng van verjongingsmiddelen gezocht wordt.

Gedurende zijn levensduur staat het asfaltmengsel bloot aan bepaalde fysicochemische en mechanische invloeden die de prestaties van het mengsel aantasten. Het bitumineuze bindmiddel ondergaat onder meer een verouderingsproces ten gevolge van oxidatie door contact met de zuurstof in de lucht, waardoor sommige prestatie-eigenschappen van het bindmiddel mogelijks afnemen in de tijd. Deze vermindering uit zich in toenemende viscositeit, stijfheid en brosheid van het materiaal en een verminderd vermogen tot herstel (verlaagde flexibiliteit of elastische terugvering). Dit resulteert op asfalt-niveau in hogere risico's op scheurvorming en vermoeingsfalen en een minder goede verwerkbaarheid van asfaltmengsels waarin asfaltgranulaat is toegepast.

Als deze processen zich blijven voortzetten, kunnen de functionele eigenschappen van bitumina verloren gaan; het AG wordt dan herleid tot enkel nog *black rock*.

Op chemisch vlak vertaalt de oxidatieve veroudering zich in een veranderende generische samenstelling van het bindmiddel. In dit verband wordt veelal de term "SARA-fracties" gehanteerd (figuur 1). SARA is een acroniem uit het Engels voor *Saturates, Aromatics, Resins, Asphaltenes* (verzadigde verbindingen,

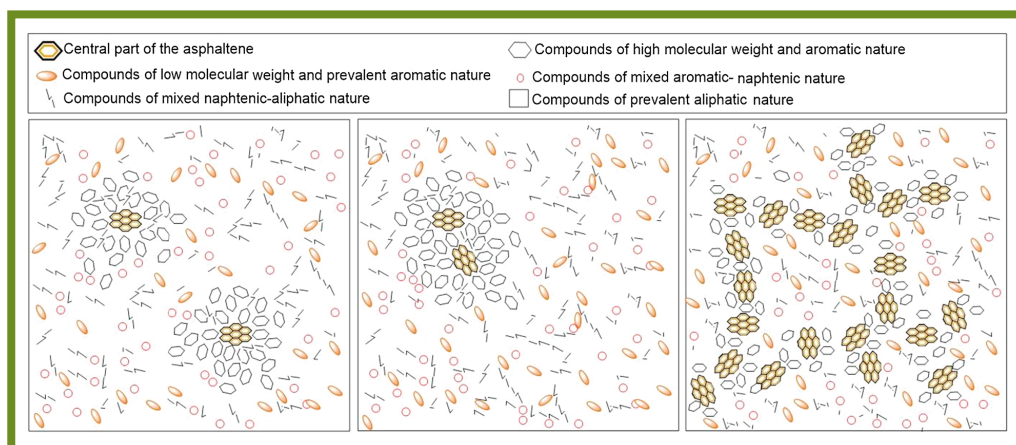


Figuur 1 – Hoofdbestanddelen van bitumen, met enkele typische voorbeelden van moleculaire structuren (bron: [3])

aromaten, harsen en asfaltene), waarbij wordt verwezen naar de vier subfamilies of hoofdbestanden van bitumina. De eerste drie subfamilies (verzadigde verbindingen, aromaten en harsen) worden verzameld onder de groepsnaam maltene of maltene fractie.

Aan de hand van een chromatografische scheidingstechniek gebaseerd op de verschillende polariteit van de diverse subfamilies, zowel maltene als asfaltene, kunnen de SARA-fracties kwantitatief worden bepaald.

Inzicht in de relatieve verhouding van deze bestanddelen verschaft gedetailleerde informatie over de colloïdale (sol-gel)structuur van een bindmiddel. Zo wordt veroudering gecorreleerd met een toename van de asfaltene fractie ten koste van de maltene fractie, wat resulteert in een toenemende gelstructuur van het bindmiddel (figuur 2). Deze toenemende ordening in de colloïdale structuur van de bitumineuze matrix wordt *steric hardening* genoemd [4]. De toename van zowel de asfaltene fractie als de ordening komt tot uiting in een verhoogde viscositeit van een bitumineus bindmiddel.



Figuur 2 – Schematische weergave van de sol-gelstructuur van bitumen (bron: [5]): links = sol-type, centraal = flocculatie van asfaltene micellen, rechts = gel-type

Traditioneel probeert men bij asfaltrecycling de verhoogde viscositeit van het oude bindmiddel te verlagen door een dosis nieuw, zacht bitumen – dus met een lage viscositeit en hoge penetratie- of penwaarde – toe te voegen. De dosering van het nieuwe, zachte bitumen wordt in ons land berekend via een klassieke mengregel (logaritmische pen-regel²), uitgaande van de gewenste pen-waarde van het mengbitumen (oud en nieuw samen) in het asfaltmengsel met AG.

Als alternatief voor deze oplossing met zacht bitumen zoekt de sector naar andere middelen, die behalve dit effect op de viscositeit nog andere positieve effecten zouden combineren: de zogenaamde **verjongingsmiddelen** of verjongers [6].

Een verjongingsmiddel is een additief dat aan het gerecyclede asfaltgranulaat wordt toegevoegd, met de bedoeling dat het interageert met het oude bindmiddel en zo de oorspronkelijke kenmerken rege-

² De rekenregel voor de relatie tussen de penetratiewaarden van oud bindmiddel, nieuw bindmiddel en resulterend bindmiddelmengsel is als volgt:

$$\log pen_m = (b_0/100) \times \log pen_0 + (b_n/100) \times \log pen_n,$$

waarbij pen_m = penetratiewaarde van het mengsel van bindmiddelen, pen_0 = penetratiewaarde van het oude bindmiddel, pen_n = penetratiewaarde van het nieuwe bindmiddel, en b_0 = percentage oud bindmiddel, b_n = percentage nieuw bindmiddel; b_0 en b_n zijn (gehele) getallen gaande van 0 tot 100, waarbij $b_0 + b_n = 100$.

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

nereert en herstelt, voor zover mogelijk. Het verjongingsmiddel zorgt zo voor een positief effect op de empirische en reologische kenmerken (van het oude en dus van het mengsel van oud en nieuw bindmiddel), zonder dat het evenwel in staat wordt geacht de irreversibele oxidatie van het oude bindmiddel ongedaan te maken.

Het verjongingsmiddel wordt gebruikt om de fysische én chemische eigenschappen van verouderd bindmiddel aan te passen en te verbeteren. Het beoogt in het ideale geval het mengsel met recycling van AG terug flexibeler te maken, de hechting tussen aggregaat en bitumen te verbeteren, de viscositeit te verlagen en in het bindmiddel de prestaties te herwinnen die door de veroudering deels verloren zijn gegaan [7].

Er is een ruim commercieel aanbod aan verjongingsmiddelen (zie verder in dit dossier). In grote lijnen draait de werking van deze additieven rond een of meer van de volgende effecten (die we verder in deze tekst aangeven met de codes A, B en C).

A) Effect van weekmaker / viscositeitsverlaging

Doordat verjongingsmiddelen fysisch voorkomen in de vorm van olie, leidt toevoeging ervan steeds tot een verlaging van de viscositeit (van de maltenenfractie) van verouderd bitumen. De viscositeit van het toegevoegde verjongingsmiddel én nieuw bindmiddel moet zodanig zijn, dat het geheel van verjongingsmiddel + oud bitumen + nieuw bitumen uiteindelijk de gepaste viscositeit in het mengsel bereikt. Dit effect kan als een verweking van het oude bindmiddel worden beschouwd. Daarnaast kan ook een effect van smering of verminderde wrijving (*lubrication*) optreden, door de toevoeging van een vloeibaar product dat door zijn bevochtigingsvermogen (*wettability*) de verwerkbaarheid van de aggregaten in het asfaltmengsel verbetert.

B) Effect van compensatie in de chemische samenstelling (verhouding maltenen / asfaltene)

Verjongingsmiddelen uit de petrochemie zijn rijk aan aromaten en herstellen bijgevolg de balans in de generische samenstelling (SARA-fracties) van een verouderd bindmiddel door de maltenenfractie terug aan te rijken.

C) Effect van dispergeermiddel

Bepaalde verjongingsmiddelen werken als dispergeermiddel en zijn dus in staat om de interactie / associatie tussen de (door oxidatie) talrijk aanwezige asfaltenverbindingen te verbreken. De werking ervan kan in dit geval worden beschouwd als een "mobilisatie" van verouderd bindmiddel.

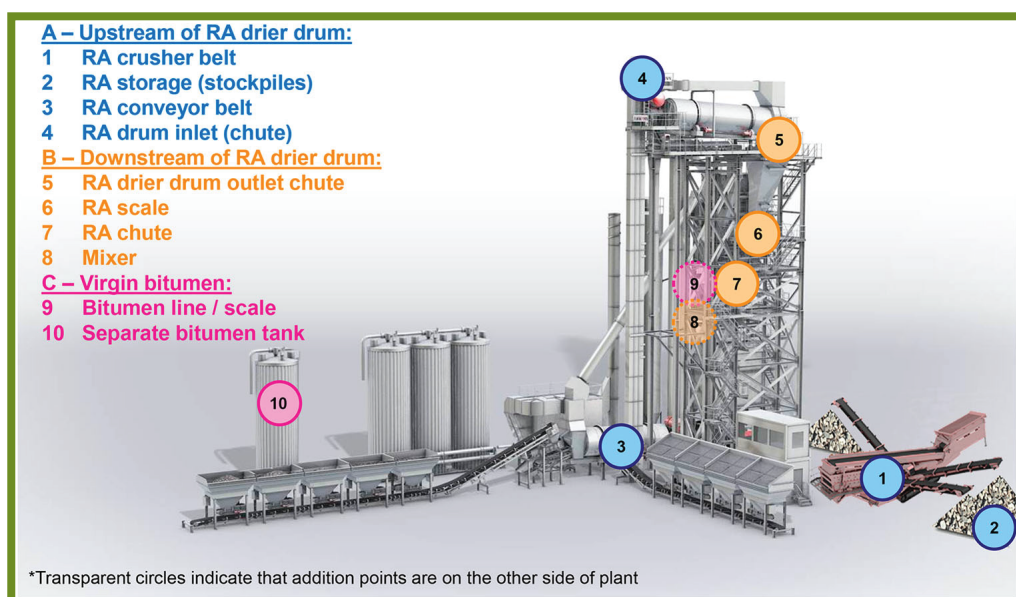
In de Engelstalige literatuur worden de bovenstaande effecten soms onderscheidend aangeduid met de termen *softening agents* voor de weekmakers (code A hierboven) en *recycling agents* voor de additieven die ook ingrijpen in de chemische samenstelling (code B hierboven) en/of de ordening van de bitumenmatrix (code C hierboven). Soms worden deze begrippen door elkaar gebruikt, maar verschillende auteurs benadrukken dat duidelijk een onderscheid moet worden gemaakt tussen deze termen [8, 9].

Ook de huidige toepassing van zachte bitumina maakt gebruik van het viscositeitsverlagend effect van bindmiddelen die arm zijn aan asfaltene.

Precieze details over de chemische samenstelling en het werkingsprincipe van de verschillende potentiële verjongingsmiddelen worden door de producenten meestal niet geopenbaard, maar blijven als bedrijfsgeheim verborgen en beschermd.

Bij het doseren van het toe te voegen verjongingsmiddel wordt rekening gehouden met onder andere de kenmerken van zowel het oude bindmiddel als de verjonger en met de rekenregel voor de menging van beide (*blendline*). De toe te voegen hoeveelheid verjongingsmiddel moet zodanig zijn, dat het geheel van oud en nieuw bitumen én verjongingsmiddel de gepaste viscositeit bezit om een vlotte menging en omhulling in het nieuwe asfaltmengsel te realiseren.

De manier waarop het product in de asfaltmenginstallatie wordt toegevoegd, speelt eveneens een rol. Theoretisch dienen zich daarvoor tal van mogelijkheden aan (figuur 3).



Figuur 3 – Schematische illustratie van de verschillende wijzen waarop of plaatsen waar een verjongingsmiddel tijdens de asfaltproductie kan worden toegevend (bron: [10])



Figuur 4 – Toedienen van verjongingsmiddel aan AG op de aanvoerband door middel van een sproei-installatie (bron: OCW [21])

In de praktijk worden echter in hoofdzaak de volgende methoden aangewend:

- gecontroleerde toediening, via de gewone bitumenleiding, van het verjongingsmiddel dat reeds in het bitumen is gemengd (blend gemaakt door de bitumenleverancier) (locatie 10 op figuur 3);
- gecontroleerde toediening via een afgeschermde leiding direct in de mengbak (locatie 8 op figuur 3);
- toevoeging of verneveling in de open lucht, door middel van een sproei-installatie (volumetrische dosering), van puur verjongingsmiddel op de toevoerband van asfaltgranulaat naar de droog- of paralleltrommel in de asfaltmenginstallatie (figuur 4) (locatie 3 op figuur 3).

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

2 Indeling van de producten naar oorsprong

Gezien het doel van verjongingsmiddelen (compensatie van aangetaste kenmerken van het oude bitumen), en omdat deze producten verenigbaar moeten zijn met bitumen (oud en nieuw bindmiddel voor een asfaltmengsel met hergebruik van AG) en uiteraard ook met de minerale bestanddelen van het asfaltmengsel, gaan onderzoekers voor de ontwikkeling van potentiële verjongingsmiddelen op zoek in een uitgebreid spectrum van stoffen en producten van diverse oorsprong.

Om hierin wat meer klaarheid te scheppen, worden de verschillende producten hierna ingedeeld in categorieën (groepen), gebaseerd op oorsprong of herkomst.

Meer bepaald vinden we in de literatuur verschillende soorten verjongingsmiddelen, die als volgt kunnen worden opgesomd:

- aromatische extracten en naftenische oliën, speciaal gedistilleerd uit ruwe aardolie;
- oliën van biologische oorsprong, rechtstreeks gewonnen uit plantaardige productie (agro-industrie of bosbouw) of speciaal voor dit doel ontworpen (bijproducten; *engineered bio-based oils*);
- allerlei gerecyclede en bewerkte oliën en vetten uit de voedingsindustrie of uit industriële activiteiten (machine- en motoroliën);
- een restcategorie met specifiek ontworpen additieven.

In grote lijnen kunnen we die naar oorsprong indelen in enerzijds petrochemische derivaten (zoals ook voor bitumen het geval is) en anderzijds alternatieve producten van plantaardige of biologische origine.

Voorts is het mogelijk deze producten in te delen in rechtstreeks geproduceerde stoffen en stoffen verkregen uit recycling van materialen die vroeger voor andere doeleinden zijn gebruikt.

De combinatie van beide invalshoeken leidt tot een indeling in vier kwadranten (aangevuld met een restcategorie), zoals weergegeven in tabel 1.

Oorsprong	Origineel gefabriceerd of gewonnen	Recycling van afvalstoffen
Uit de petrochemie / aardolie	1) Aromatische extracten en naftenische oliën uit petroleum	2) <i>Waste-derived oils</i> : recycling van machineoliën
Plantaardig / biologisch	4) Plantaardige oliën uit de agro-industrie 5) <i>Engineered bio-based oils</i> (bv. talloliederivaten)	3) <i>Waste-derived oils</i> : recycling van voedingsoliën
Restcategorie	6) Varia van specifiek ontworpen additieven	

Tabel 1 – Indeling van verjongingsmiddelen in groepen (1 tot 6) naar oorsprong

In wat volgt gaan we nader in op elke groep. We maken hierbij een korte analyse van de potentiële geschiktheid van de verschillende verjongingsmiddelen, waarbij we focussen op de volgende elementen:

- benaming, oorsprong en productieproces: deze geven info over de oorsprong en het soort van product;
- chemische samenstelling: geeft info over de chemische groepen als actieve ingrediënten, die inzicht kunnen verschaffen in de werking;
- werking: enkel als weekmaker en viscositeitsverlaging (code A), herstellen van het evenwicht in de chemische samenstelling (code B) of ook als dispergeermiddel voor asfalteneen (code C);
- beschikbaarheid en praktijkervaring: hier worden voorbeelden van commerciële producten gegeven. Dit geeft enige informatie over de ervaring in de praktijk en over het onderzoek dat is verricht. Er zij benadrukt dat het hier gaat om een niet-exhaustieve lijst van mogelijke producten; het is niet de bedoeling een volledige opsomming te geven;
- milieuhygiëne en arbeidsveiligheid: deze geven informatie over de aandachtspunten die vanuit deze invalshoeken gelden in verband met de mogelijkheden en eventuele problemen met operationele en duurzaamheidsaspecten in de dagelijkse praktijk.

Indien er geen problemen worden verwacht, wordt dat als dusdanig vermeld.

De volgende factoren van milieuhygiëne, gezondheid en arbeidsveiligheid (HSE) worden hierbij afgetoetst:

- toxiciteit;
- thermische stabiliteit, vlampunt;
- reukhinder;
- emissies;
- uitloging (voornamelijk van zware metalen).

Informatie over de vlampunttemperatuur is een belangrijk gegeven om het risico op brand in te schatten. Het vlampunt van een chemische stof is de laagste temperatuur waarbij de stof nog genoeg damp afgeeft om tot ontbranding te kunnen komen wanneer zij in contact komt met een ontstekingsbron (vlam, vonk of gloeiend voorwerp).

Dit is des te problematischer naargelang deze eigenschap een lagere waarde vertoont – bijvoorbeeld in de buurt of lager dan de courante productie- en verwerkingstemperaturen van asfalt (ongeveer 150 tot 200 °C), wat gezien de aard van de verjongers in het oog moet worden gehouden.

De Europese bouwproductenverordening verplicht de producenten deze veiligheidsgegevens te publiceren op het MSDS-veiligheidsinformatieblad (*Material Safety Data Sheet*).

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

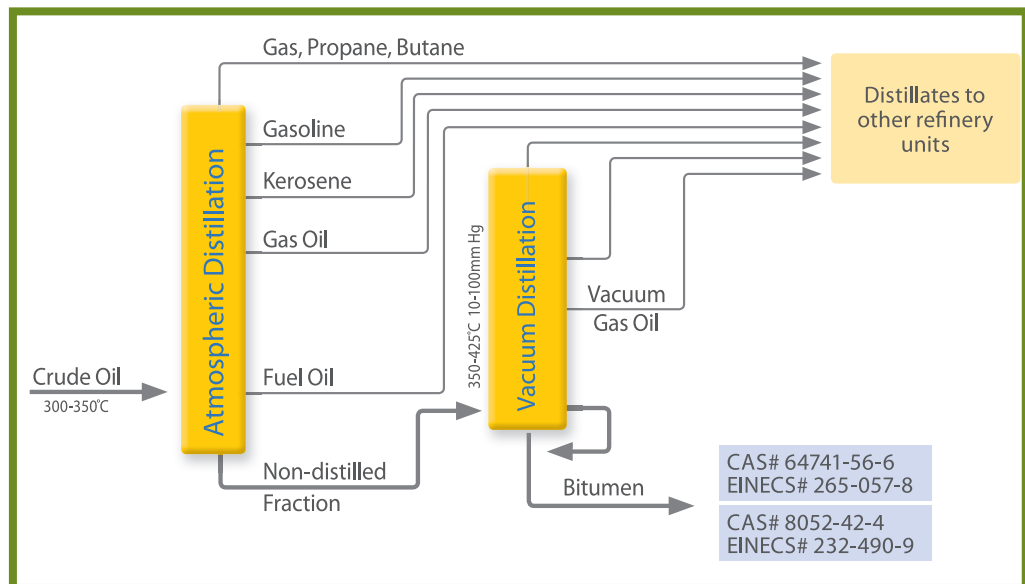
3 Systematische bespreking per categorie van verjonger

3.1 Groep 1: aromatische extracten en naftenische oliën uit ruwe aardolie / de petrochemie

3.1.1 Oorsprong en productieproces

Deze eerste groep van producten wordt verkregen door distillatie van aardolie (scheiding in fracties gebaseerd op verschil in kookpunt), zoals ook het geval is met bitumen zelf (figuur 5).

Gezien de beoogde functie van het verjongingsmiddel om onder meer de hoge viscositeit van het verouderde bitumen te counteren, wordt vooral gezocht naar fracties met hoog kookpunt en een viscositeit die lager is dan deze van de bitumenfractie (zoals uiteengezet in § 1.2).



Figuur 5 – Schematische vereenvoudigde weergave van een aardoliedistillatietoren (bron: [11])

Een zacht wegenbitumen met hoge penetratie- of pen-waarde gebruiken is op dit ogenblik de “klassieke” wijze om sterk verouderd bindmiddel in asfaltgranulaat op te werken en te reactiveren voor recycling. Zachte wegenbitumina kenmerken zich immers door een lagere viscositeit en veelal ook een hoog gehalte aan maltenen (en dus een laag gehalte aan asfaltene). Hierdoor wordt zowel de hoge viscositeit van het oude bitumen als de door oxidatie verhoogde concentratie aan asfaltene gecounterd.

Een mogelijk alternatief voor deze “klassieke” aanpak vormen de *hydrocarbon oils*, die eveneens worden verkregen tijdens de distillatie van ruwe aardolie. Deze producten zijn laag viskeus (olie) en omvatten een aromatenfractie, waardoor de SARA-balans terug in evenwicht kan worden gebracht (aanrijken maltenenfractie).

3.1.2 Chemische samenstelling

Het gaat hier om oliën gedistilleerd uit ruwe aardolie, ook wel bekend als aromatische extracten of als lichte en zware naftenische oliën. Deze fracties kunnen in een volgende stap chemisch worden behandeld – bijvoorbeeld door hydrogenatie (reductie door waterstof) van aromatische verbindingen, waarbij een hoger gehalte aan verzadigde koolwaterstoffen wordt verkregen en het gehalte aan aromaten afneemt.

De producenten houden rekening met en voldoen aan de wettelijke bepalingen door het afstemmen van de chemische samenstelling. Wat de eisen voor verpakking en etikettering betreft, is in dit kader de regelgeving van Verordening (EG) nr. 1272/2008 [CLP] Bijlage VI Noot L (die betrekking heeft op de basisoliën in met waterstof behandeld, sterk naftaleenhoudend petroleumdestillaat) van belang [12]. Deze stoffen hoeven immers niet als kankerverwekkend te worden ingedeeld als kan worden aangetoond dat zij minder dan 3 % DMSO-extract bevatten (volgens beproevingsmethode IP346).

Er dient evenwel te worden aangestipt dat aromatische extracten of onbehandelde zware naftenische oliën eventueel een niet te verwaarlozen percentage aan aromatische verbindingen (zoals naftaleen) kunnen bevatten. Omdat naftaleen per definitie in zijn chemische samenstelling een onverzadigde aromatische ringstructuur heeft (naftaleen is de qua molecuulmassa eenvoudigste en lichtste PAK), rijst de vraag wat het gevolg hiervan is voor de milieuhygiënische eigenschappen. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) zijn immers door het *International Agency for Research on Cancer* (IARC) erkend als stoffen met bewezen kankerverwekkende eigenschappen [13].

3.1.3 Werking

Door oxidatieve veroudering wijzigt de chemische samenstelling van bitumen in die zin dat de verhouding tussen de asfaltene en de maltene verandert, evenals de verhouding tussen harsen en aromaten. Meer specifiek leidt veroudering van bitumen tot een toename van de asfaltene fractie ten koste van de maltene fractie (bv. hoeveelheid aromaten), waardoor de generische samenstelling van het bitumen in onevenwicht geraakt. Het is dan ook precies de bedoeling om met deze verjongingsmiddelen de generische balans in de samenstelling van het totale bindmiddel te herstellen (zie § 1.2, code B).

Door de viscositeitsverlaging kan de stijfheid van het bindmiddel bij gebruikstemperaturen verminderen, waardoor de weerstand tegen spoorvorming in het gedrang kan komen.

3.1.4 Marktrijpheid, beschikbaarheid en praktijkervaringen

Met de producten uit deze groep zijn al talrijke studies uitgevoerd, in meerdere regio's wereldwijd. Van alle verjongingsmiddelen kan deze groep de meeste ervaring voorleggen, met een lange geschiedenis in de asfaltindustrie (met de oudste is al meer dan vijftig jaar ervaring opgedaan [14]).

Vanaf de jaren zestig van de vorige eeuw werden verjongingsmiddelen gebruikt in pogingen om verouderde asfaltwegen te herstellen – voornamelijk in de vorm van olie die op het wegoppervlak werd gespreid en die zo het oude asfalt moest penetreren.

Tegenwoordig gebeurt er weer meer onderzoek naar deze middelen, om asfaltrecycling kwantitatief op te drijven of kwalitatief hoogwaardiger te maken.

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

Hoewel we niet de bedoeling hebben hier een exhaustieve lijst van producten te geven, vermelden we als voorbeelden voor groep 1 (voor de derivaten uit de petrochemie) enkele min of meer courant gebruikte producten, zoals:

- *Nygen 910* van Nynas AB;
- *Reclamite* van Tricor Refining LLC;
- *Cyclogen* van Tricor Refining LLC;
- *ValAro 130A* van PBF Energy Inc.

3.1.5 Milieuhygiënische aandachtspunten en arbeidsveiligheid

Voor een veilige manier van werken met deze producten moet aandacht worden besteed aan de hiernavolgende aspecten van arbeidsveiligheid en milieuhygiëne.

- *Vlampunt (flash point)*

Deze veiligheidsgegevens zijn na te gaan op het MSDS-veiligheidsinformatieblad (*Material Safety Data Sheet*).

- *Thermische stabiliteit*

Wat dit aspect betreft, verwachten we voor deze groep geen problemen, aangezien het hier gaat om producten die zelf al het resultaat zijn van een distillatieproces bij hoge temperatuur.

- *Emissies*

Deze oliën bevatten mogelijk lichte en dus vluchtige verbindingen (bv. aromatische componenten, verzadigde verbindingen). De gasemissies die bij de verwerking ervan ontstaan, kunnen tot gezondheidsproblemen leiden. Sommige distillatieproducten worden als (deels) kankerverwekkend beschouwd (onder meer diesel) en zijn dus problematisch qua arbeidsgezondheid.

Hierover is niet altijd voldoende informatie beschikbaar, zodat dit een aandachtspunt is. Zeker bij verneveling van het product op AG is voorzichtigheid geboden.

De manier waarop het product in de asfaltmenginstallatie wordt toegevoegd (handmatige verwerking, verneveling, in de open lucht, enz.) bepaalt in aanzienlijke mate de risicogevoeligheid op het vlak van arbeidsveiligheid, milieuhygiëne en gezondheid (HSE). Het best gebeurt de toevoeging volgens een geautomatiseerd procedé via een (bitumen)leiding of directe inspuiting in de bunker van de opgewarmde asfaltgranulaten, voorafgaand aan verdere verwerking in de asfaltmenger.

Door in het productieproces op voorhand een gebruiksklare *blend* van het verjongingsmiddel met bitumen te maken, worden emissies vanuit het pure product verminderd; idem indien het product op omgevingstemperatuur wordt toegevoegd. De lage dosering beperkt in dit geval de risico's qua emissies en arbeidsveiligheid bij de asfaltproducent.

3.2 Groep 2: gerecycled uit afvalolie (machineolie)

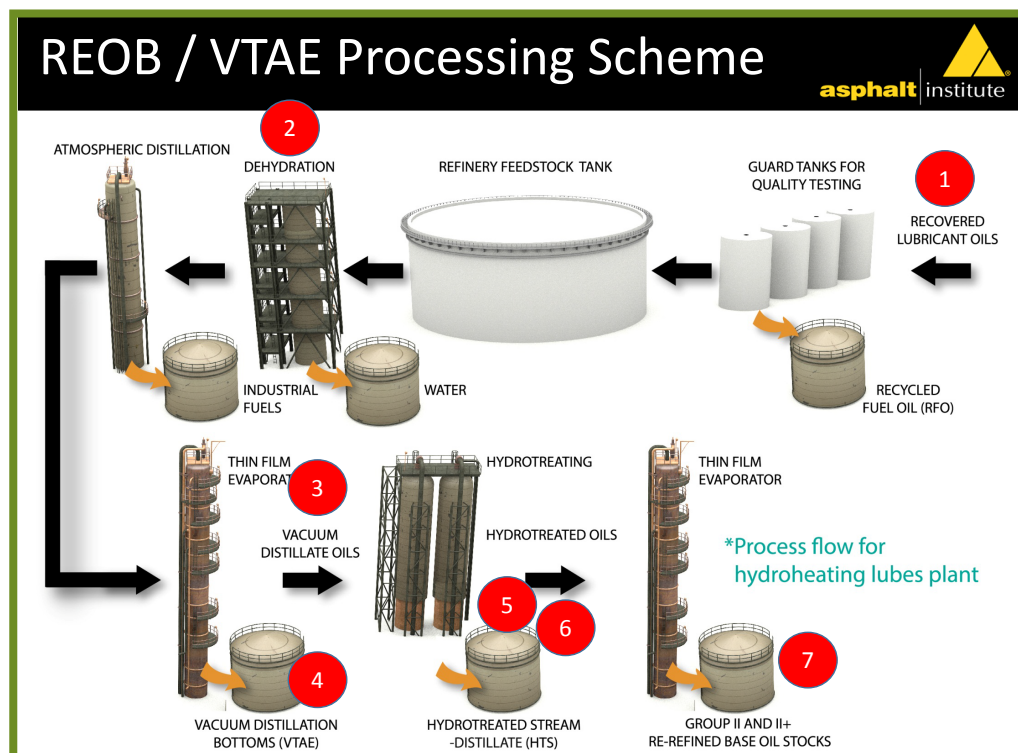
3.2.1 Oorsprong en productieproces

Machineoliën zoals motorolie, smeerolie, enz. bevatten bij het einde van hun nuttige levensduur, naast verontreinigingen door gebruik, nog bepaalde fracties die gerecycled kunnen worden. De afvalolie wordt via een professioneel circuit ingezameld en vervolgens door intensieve (inclusief vacuüm)distillatie opnieuw bewerkt (in verschillende fracties gescheiden). Het residu van de distillatie is een zware fractie, die als bitumenvervanger of *extender* kan worden gebruikt.

We spreken dan van producten (*waste-derived oils*) zoals:

- REOB (*re-refined engine oil bottoms*; deze benaming gebruiken de wegbeherende overheden in de VS);
- VTAE (*vacuum tower asphalt extender*; deze benaming gebruiken de raffinaderijen);
- vergelijkbare of afgeleide andere groepsbenamingen³ (zoals EOR (*engine oil residue*), RHVDB (*re-refined heavy vacuum distillation bottoms*), VTB (*vacuum tower bottom*), WEOR (*waste engine oil residue*), enz.).

Figuur 6 toont schematisch de verschillende stappen in de verwerking (*re-refining*) van afvalolie tot gerecyclede smeeroliën en basisoliën [15].



Figuur 6 – Schematische voorstelling van het REOB/VTAE-verwerkingsproces (bron: [15])

³ De letter B (of R) in de benamingen staat voor *bottoms* (of residu), de niet-distilleerbare fractie.

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

De nummering in figuur 6 verwijst naar de verschillende (tussen)producten: 1. *Raw feed, unprocessed used oil*, 2. *Dehydrated used oil*, 3. *Vacuum oil*, 4. REOB/VTAE, 5. *Hydrotreated 80 base oil*, 6. *Hydrotreated 150 base oil*, 7. *Hydrotreated low sulfur fuel (HT-LS)*.

Ongeveer 12 tot 15 % van de door deze herraffinage verkregen (tussen)producten betreft de REOB/VTAE-fractie (nummer 4 in de figuur), de rest is gerecyclede brandstofolie en smeerolie.

3.2.2 Chemische samenstelling

Gezien de heel verscheiden voorgeschiedenis van deze oliën is de juiste chemische samenstelling veelal onduidelijk en alleszins zeer gevarieerd en variabel in de tijd. Het gaat echter steeds om mengsels van verschillende machineoliën en de verontreinigingen die zij bevatten.

In gerecyclede motorolie kan ook paraffine aanwezig zijn, afkomstig van *paraffinic oil*-componenten in REOB/VTAE. Aan de uitkristallisatie bij lagere temperaturen zijn risico's voor het koudtemperatuurgedrag en gerelateerde krimpgevoeligheid verbonden, wat ze ongeschikt maakt voor gebruik in koude klimaten.

Bovendien concentreren de verontreinigingen, die vanuit de vorige gebruiksfases in de afvaloliën aanwezig zijn (zoals de zware metalen nikkel en chroom), zich in deze niet-distilleerbare fractie, wat nadelig is voor de milieuhygiënische kenmerken. Ze introduceren ook een grote verscheidenheid in het materiaal, wat tot variabele prestaties leidt.

3.2.3 Werking

Dit type verjongingsmiddel fungeert als weekmaker (zie § 1.2, code A): als alternatief voor zacht bitumen zorgt de toevoeging van dit type verjongingsmiddel op basis van gerecyclede oliën voor een lagere viscositeit (hogere penetratiewaarde) van het resulterende bindmiddelmengsel.

In vergelijking met zacht bitumen of verjongingsmiddelen van groep 1 worden minder nobele grondstoffen gebruikt. Vanuit het standpunt van deze afvalverwerkende sector zelf gaat het hier wellicht om een interessante en kostenbesparende manier van werken, maar de meerwaarde voor de asfaltsector is twijfelachtig.

Het mechanisme van het herstellen van de balans in de generische samenstelling (SARA-samenstelling) (zie § 1.2, code B) is hier niet van toepassing.

3.2.4 Marktrijpheid, beschikbaarheid en praktijkervaringen

Er is een groot aanbod van dergelijke producten. De Amerikaanse federatie van recyclingbedrijven voor vloeibare afvalstoffen NORA⁴ schat dat in Noord-Amerika jaarlijks ongeveer 160 000 ton gerecyclede oliën van het REOB/VTAE-type worden geproduceerd door zeventien fabrieken, wat overeenstemt met ongeveer 0,5 % van de totale bitumenproductie aldaar [15, 16]. Hoeveel hiervan (naast de toepassing in het dakbedekkingsmateriaal *roofing asphalt*) uiteindelijk als verjongingsmiddel in asfalt wordt toegepast, is niet bekend.

Een werkgroep bij het Amerikaanse *The Asphalt Institute* maakte een literatuurstudie en besprak daarin zesentwintig in de Verenigde Staten gepubliceerde studies die het gebruik van REOB/VTAE als bitumen-

⁴ NORA, *An Association of Responsible Recyclers* (opgericht als *National Oil Recyclers Association*), www.noranews.org/page/aboutnora; cijfers vermeld in de referentie [16].

modificator behandelden [15, 16]. Inzake de invloed op de prestaties van ermeer geproduceerd asfalt (waarop wij hier in dit dossier niet nader ingaan) blijkt hieruit dat er geen eenduidige conclusie is over hun voordelen of nadelen: ongeveer de helft van de studies zag een licht positief effect (of geen nadelig effect), de andere helft zag een negatief effect op prestaties. Dat is niet verwonderlijk, gezien de grote verscheidenheid in de oorsprong van dit soort producten (zie hogerop).

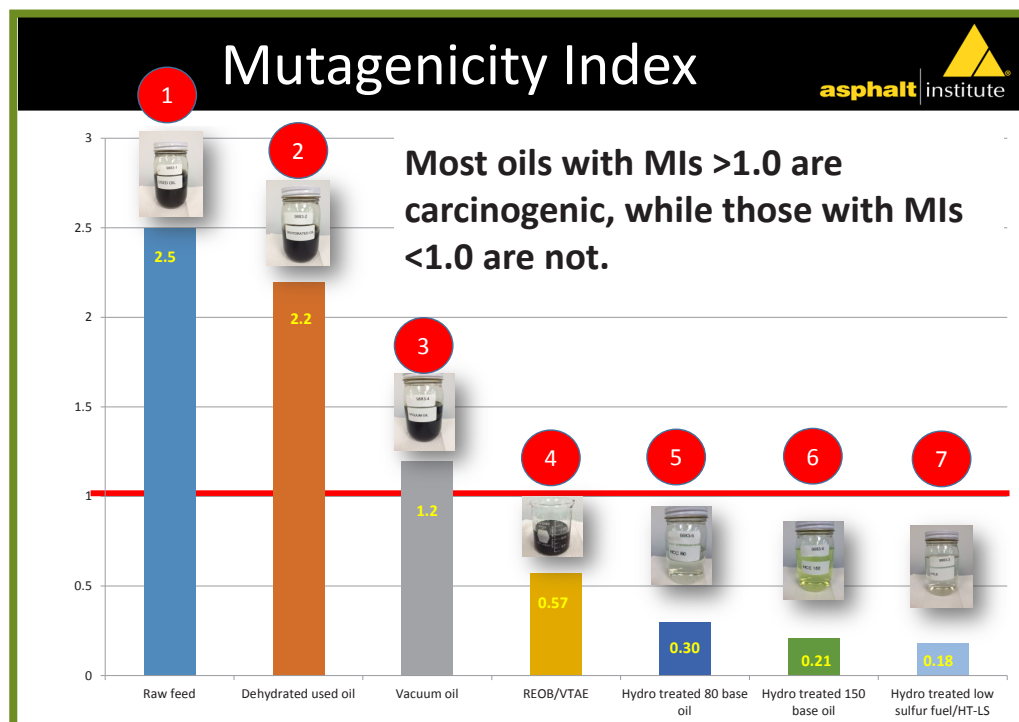
3.2.5 Milieuhygiënische aandachtspunten en arbeidsveiligheid

De sector van de afvalolieophaling is goed gereguleerd wat het milieu betreft, maar dat zegt niets over de producten op het einde van hun levensduur en de verdere verwerking ervan.

Er rijzen daarom tal van ernstige bezorgdheden op het vlak van:

- samenstelling en aanwezigheid van verontreinigingen en gevaarlijke stoffen (carcinogenen, mutagenen). Deze verontreinigingen zijn ontstaan in de eerste gebruiksfase als machineolie bij hoge temperatuur / belasting; hun concentraties zijn daarin veeleer beperkt, maar door verdere verwerking kunnen zij zich aanrijken in de niet-distilleerbare fractie die we hier bestuderen;
- zware metalen (zink, chroom en koper). Deze kunnen aanleiding geven tot uitloging;
- emissies bij asfaltproductie (afhankelijk van de samenstelling).

Alhoewel de ruwe, onbewerkte afvaloliën door de aanwezigheid van onder meer kankerverwekkende PCB (polychloorbifenyilverbindingen) en PAK (polycyclische aromatische koolwaterstoffen) slecht scoren op het vlak van HSE (arbeidsveiligheid, gezondheid en milieu), halen de distillatieproducten hiervoor betere resultaten. Zie ook de figuur 7: hoe intensiever de verwerking (met vacuümdistillatie)



Figuur 7 – Mutageniteitsindex voor een brede waaier van uit gerecyclede machine-olie afgeleide producten zoals REOB/VTAE (bron: [15])

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

van de ruwe afvalolie, hoe lager de mutageniteitsindex (MI) en dus hoe minder gevaarlijk het product. De mutageniciteitsindex van een chemische stof is een maat voor het risico op het veroorzaken van schade aan genetisch materiaal zoals DNA, waardoor deze stoffen ook kankerverwekkend kunnen zijn. Het totale gehalte aan PAK (dat in de ruwe afvalolie ongeveer 2 000 mg/kg bedraagt) daalt naar minder dan 100 mg/kg in de REOB/VTAE-producten.

Door de vacuümdistillatie verdwijnen de PAK uit het residu en komen ze in de vorm van naftenische oliën in de zware olie- en smeermiddelenfracties terecht. Zie hiervoor de producten genummerd 4 tot 7 in de flowchart (de nummering in figuur 7 verwijst naar de nummering van de tussenproducten zoals besproken op het einde van § 3.2.1, na figuur 6).

3.3 Groep 3: gerecycled uit de voedingsindustrie (oliën en vetten van plantaardige of dierlijke oorsprong)

3.3.1 Oorsprong en productieproces

In deze groep van producten gaat het om recycling van afvaloliën uit de voedingsindustrie (zogenoemde *waste-derived oils / waste vegetal oils / yellow grease*), in de Engelstalige literatuur omschreven als:

- WCO (*waste cooking oil*);
- WEVO (*waste edible vegetal oil*).

Voorbeelden zijn afvalolie van zonnebloemolie, koolzaadolie of pindanoetolie, of bepaalde vetten uit de voedingsindustrie.

3.3.2 Chemische samenstelling

Aangezien het hier gaat om een ruime categorie van gerecyclede oliën en vetten uit de voedingsindustrie, is een gevarieerde chemische samenstelling te verwachten. Meestal zijn het mengsels van vetzuren zoals palmitinezuur, oleïnezuur of linolzuur, aangevuld met allerlei verontreinigingen afkomstig uit de gebruiksfase [17].

Deze vetzuren ontstaan tijdens het verhitten van het voedsel in de voedingsolie, doordat water in het voedsel niet snel genoeg kan worden verdreven. Hierdoor treedt hydrolyse op, waarbij de vetzuren worden omgezet in vetzuren. Deze zuren zijn echter erg nadelig voor toepassingen in een tweede levenscyclus, omdat het zuur (zeker bij hoge temperatuur) aanleiding kan geven tot versnelde corrosie (bv. van metalen onderdelen in machines) en sterk irriterend is (bv. voor ogen of huid). Daarom dienen deze vetzuren in een eerste stap tijdens het recyclingproces in de estervorm te worden omgezet.

Het bekendste voorbeeld van een dergelijk procedé is te vinden bij de productie van biodiesel (uit afvalolie). In dit geval gelden, in tegenstelling tot het toepassingsgebied van verjongingsmiddelen, strikte eisen qua samenstelling, zoals een beperkt gehalte aan vrije vetzuren (< 15%) en bijna vrij (< 2%) van water, onzuiverheden en niet-verzeepbare fractie (*unsaponiables*). Daarom vereist de productie van biodiesel uit afvalolie veelal ook een voorafgaand distillatieproces.

Daarenboven bevatten vele vetzuren ketens een of meerdere onverzadigde verbindingen, waardoor deze producten oxidatiegevoelig (en dus ook temperatuurgevoelig) zijn. Bijgevolg kunnen deze producten veranderen in de tijd. Deze chemische veranderingen kunnen leiden tot mogelijke gezondheidsrisico's, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van schadelijke intermediaire verbindingen zoals epoxyverbindingen.

3.3.3 Werking

Dit soort product fungeert voornamelijk als weekmaker (zie § 1.2, code A): de toevoeging van dit type verjongingsmiddel op basis van gerecyclede oliën zorgt voor een lagere viscositeit van het resulterende bindmiddelmengsel.

In vergelijking met zacht bitumen of verjongingsmiddelen van groep 1 worden minder nobele grondstoffen gebruikt.

Het mechanisme van SARA-compensatie (zie § 1.2, code B) is hier niet van toepassing.

3.3.4 Marktrijpheid, beschikbaarheid en praktijkervaringen

Met de producten uit deze groep zijn vooral in Azië al vele studies uitgevoerd, vooral omdat de eetcultuur in dat deel van de wereld veel voedingsoliën gebruikt en er veel gesubsidieerd onderzoek gebeurt naar de verdere toepassing ervan na recycling.

Toepassing als verjongingsmiddel in de asfaltindustrie wordt vanuit het standpunt van de afvalverwerkende sector zelf als interessante en kostenbesparende manier van afvalverwerking gezien, maar de meerwaarde voor de asfaltsector is twijfelachtig.

Op de Europese markt zijn deze gerecyclede producten veel minder beschikbaar (omdat dit soort oliën in onze eetcultuur minder gebruikt worden).

3.3.5 Milieuhygiënische aandachtspunten en arbeidsveiligheid

Zoals bij de producten van groep 2 (gerecyclede machineoliën) gaat het ook in deze groep 3 om materialen die voortkomen uit afvalstoffen die tijdens hun gebruik verontreinigd kunnen zijn met allerlei stoffen die op het vlak van HSE wat zorgen baren.

De sector van de afvalolieophaling mag dan goed gereguleerd zijn wat het milieu betreft, maar dat zegt niets over de eindproducten van de verdere verwerking ervan.

Er rijzen daarom tal van ernstige bezorgdheden op het vlak van:

- samenstelling en aanwezigheid van verontreinigingen en gevaarlijke stoffen. Deze verontreinigingen kunnen ontstaan zijn in de eerste gebruiksfase als voedingsolie bij hoge temperatuur⁵;
- zware metalen, alhoewel hier kan worden verwacht dat ze minder aanwezig zijn dan in motoroliën (groep 2);
- vlampunt (*flash point*): ligt laag door de aanwezigheid van paraffinische componenten;
- gebrek aan thermische stabiliteit (onstabiele of gevaarlijker tussenproducten).

⁵ Frituuroliën hebben na gebruik bij verhoogde temperatuur vaak hogere gehalten aan acrylamide, door het contact van zetmeel- en asparaginerijke voedingsmiddelen met verhitte olie. In het menselijk lichaam kan acrylamide zich omzetten tot glycidamide, waarvan wordt aangenomen dat het mutagene eigenschappen heeft.

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

De toepassing van zulke producten in het asfaltproductieproces kan bijgevolg (afhankelijk van de samenstelling) leiden tot ongewenste emissies en ook reukhinder bij de asfaltproductie.

Vanwege deze bezorgdheden is bij de eventuele toepassing van dergelijke producten als verjongingsmiddel in asfalt de nodige omzichtigheid geboden.

3.4 Groep 4: plantaardige oliën uit de agro-industrie

3.4.1 Oorsprong en productieproces

In deze groep van producten gaat het om een brede waaier van (generische) bronnen, vooral afkomstig uit de landbouw en de verwerking van plantaardige oogstproducten in de agro-industrie, zoals:

- zonnebloemolie;
- sojaolie;
- palmolie;
- castorolie;
- cashewnotenolie;
- katoenolie;
- lijnzaadolie;
- enz.

In tegenstelling tot de oliën van groep 3 (bewerkingen van gerecyclede afvaloliën uit de voedingssector) gaat het in deze groep 4 niet om materialen die al een volledige eerste gebruiksfase achter de rug hebben, maar om producten die pas geoogst en bewerkt zijn.

In vergelijking met de producten van groep 1 gaat het hier niet om fossiele, maar om hernieuwbare grondstoffen.

3.4.2 Chemische samenstelling

Het betreft meestal mengsels van vetzuren (en esters). Meer in het bijzonder:

- zonnebloemolie: bevat vooral palmitine, stearine, oleïne en linolzuren;
- sojaolie: bevat vooral esters en andere vetzuren van sojaolie;
- palmolie: bevat vooral palmitine en oleïne;
- castorolie (ricinusplant): bevat vooral triglyceride van ricinuszuur;
- cashewnotenolie (= olie van de schil van de noot van de kasjoeboom): bestaat hoofdzakelijk uit fenolderivaten met lange zijketens (anacardische zuren, cardol en cardanol);
- katoenolie: bevat vooral linolzuur en oleïne;
- lijnzaadolie: bevat vooral linoleen- en linolzuur en in mindere mate oleïne;
- enz.

Omdat de oorsprong van de grondstoffen biologisch / plantaardig is, spreken we ook wel van biogene bronnen.

3.4.3 Werking

Deze producten fungeren vooral als weekmaker, door een verlaging van viscositeit (zie § 1.2, code A): de toevoeging van dit type verjongingsmiddel op basis van plantaardige oliën zorgt voor een lagere viscositeit van het resulterende bindmiddelmengsel.

3.4.4 Marktijpheid, beschikbaarheid en praktijkervaringen

Vooral in de Verenigde Staten zijn er een aantal producenten die deze grondstoffen verwerken tot producten die als verjongingsmiddelen bij asfaltrecycling worden gebruikt.

De marktijpheid is er dus wel, al zijn de studies vaak beperkt tot proeven in het laboratorium.

Hoewel we niet de bedoeling hebben hier een exhaustieve lijst van producten te geven, vermelden we voor deze groep bij wijze van voorbeeld enkele min of meer courant gebruikte producten:

- *Rheofalt HP-AM* van Ventraco Chemie;
- *ReJUVN8* van Sripath Technologies, LLC;
- *RePLAY 18* van BioSpan Technologies Inc.;
- *Biorestor* van BioBased Spray Systems LLC.

3.4.5 Milieuhygiënische aandachtspunten en arbeidsveiligheid

In het algemeen gesproken is er bij deze groep weinig aandacht voor HSE-aspecten. Voor veel van de voorgestelde producten blijven daardoor aanzienlijke risico's bestaan, die ook verbonden zijn met gebrek aan kennis over en vragen naar de juiste omstandigheden bij het gebruik ervan.

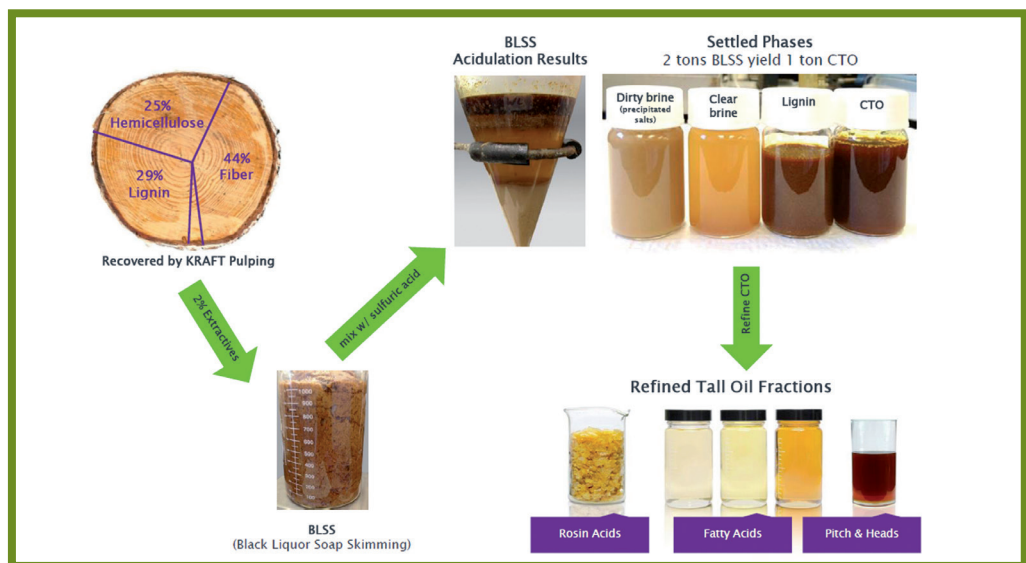
In deze groep van producten die bij omgevingstemperatuur worden verkregen of normaal bij omgevingstemperatuur worden gebruikt, zoals oliën uit de persing van plantaardige zaden of vruchten, zijn er vragen over het gedrag bij hogere temperaturen (> 150 tot 180 °C), meer bepaald over de thermische stabiliteit, het vlampunt, en gerelateerde emissies en reukhinder voor de omgeving.

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

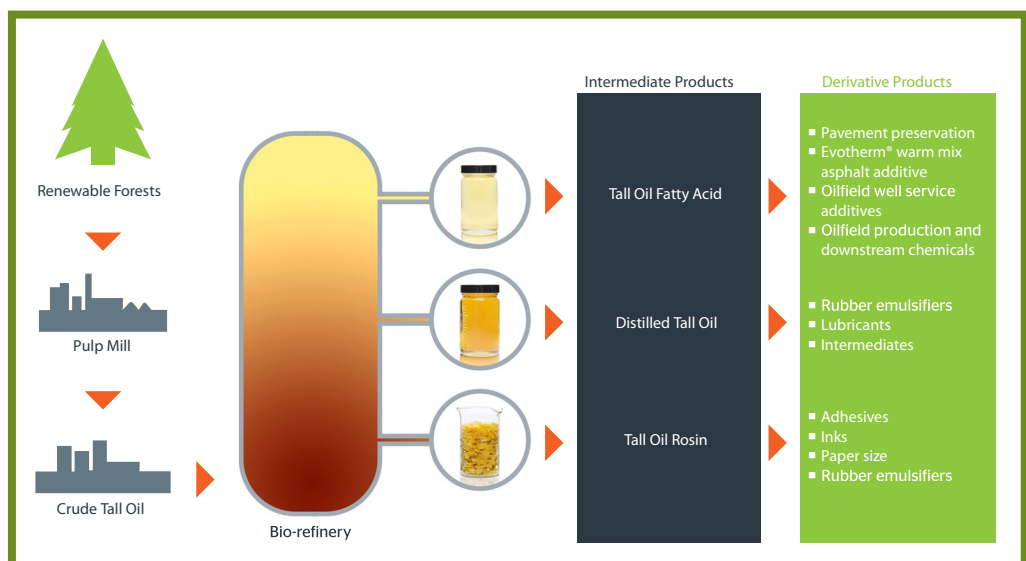
3.5 Groep 5: bio-based engineered oils

3.5.1 Oorsprong en productieproces

In deze groep hebben we het vooral over oliën die op een specifieke wijze worden geproduceerd uit een transformatie van biologische grondstoffen, veelal uitgaande van naaldhout van pijnbomen, waarbij ruwe tallolie (*Crude Tall Oil* of CTO) een essentiële intermediaire grondstof vormt (figuur 8).



Figuur 8 – Schema van het productieproces van bio-based engineered oils (bron: [18])



Figuur 9 – Productie van tallolieproducten door bioraffinage van CTO (bron: [18])

Ruwe tallolie is een harsproduct van naaldboomsoorten die behoren tot het geslacht den (*Pinus*). Het bevat een mengsel van harszuren, vetzuren, abiëtezuur en andere materialen (terpentenen en pijnhars, colofonium), verkregen door de logen afkomstig uit de ontbindingsproducten van naaldhout met zuur te behandelen; als dusdanig is dit een bijproduct uit de papierindustrie. Uit ruwe tallolie wordt door raffinage in een *bio-refining* installatie een brede waaier van chemische stoffen verkregen (figuur 9).

3.5.2 Chemische samenstelling

De distillatieproducten van CTO zijn divers en omvatten onder meer *Tall Oil Fatty Acids* of TOFA (ruime waaier van vetzuren, hoofdzakelijk C16- – C20-koolstofketens), *Distilled Tall Oil* (DTO) en *Tall Oil Rosin* (rosinzuren).

Voor toepassing als verjongingsmiddel voor asfaltrecycling dient evenwel nog een verestering van de vetzuren (rechts bovenaan in figuur 9) te worden uitgevoerd, om dezelfde redenen als eerder (§ 3.3.2) toegelicht bij de productie van biodiesel.

3.5.3 Werking

Er is enerzijds een functie als weekmaker (verlaging van de viscositeit; zie § 1.2, code A), en anderzijds een functie als dispergeermiddel / emulgeermiddel / mobilisator van het oude bindmiddel (zie § 1.2, code C) [19].

Tallolie behoort dus tot dezelfde chemische familie als de vloeibare hechtverbeters (antistripping agents) en de emulgeermiddelen.

3.5.4 Marktrijpheid, beschikbaarheid en praktijkervaringen

Er is een wijdverspreide ervaring met deze olie bij producenten in verschillende landen, niet enkel in de Verenigde Staten maar ook in Europa. De gepubliceerde literatuur omvat zowel studies in het laboratorium als ervaringen uit de praktijk van de asfaltsector.

Hoewel we niet de bedoeling hebben hier een exhaustieve lijst van producten te geven (zie § 1.3), vermelden we bij wijze van voorbeeld voor groep 5 enkele min of meer courant gebruikte producten, zoals:

- *SylvaRoad RP1000 Performance Additive* van Kraton Chemical;
- *Evoflex* van Ingevity;
- *Anova 1817 Rejuvenator* van Cargill Industrial Specialities;
- *Delta S* van Collaborative Aggregates LLC;
- *BituTech RAP* van Engineered Additives LLC. en (nieuwe naam) *Hydrogreen S™* van PVS Meridian Technologies Inc.

3.5.5 Milieuhygiënische aandachtspunten en arbeidsveiligheid

Omdat het in deze groep gaat om producten die speciaal worden ontwikkeld (*engineered*) voor een welomschreven gebruiksdoel, kan extra aandacht worden besteed aan bepaalde aspecten die anders (zoals bij oogstproducten van groep 4) meer problematisch zouden kunnen zijn, zoals thermische (in)stabiliteit, (te laag) vlampunt of reukhinder.

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

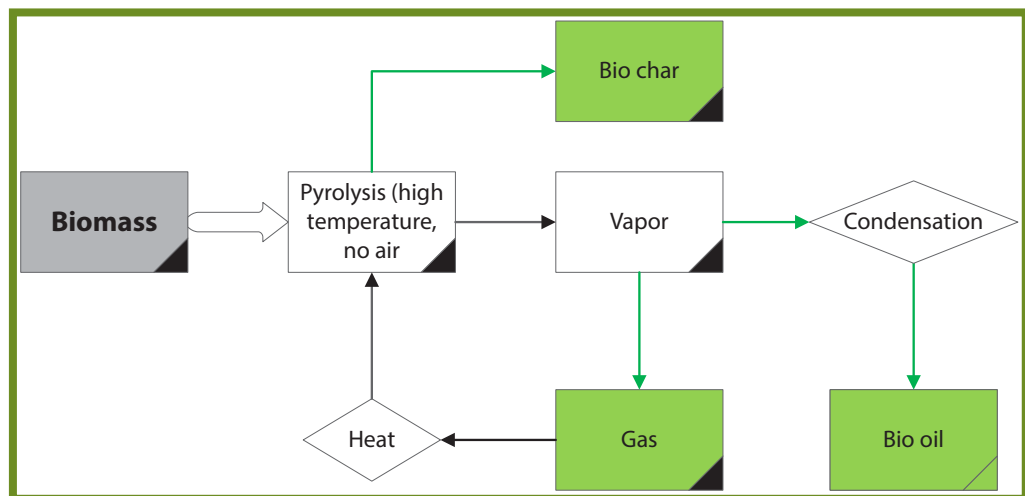
Evoflex™ heeft een vlampunt van 298 °C (AASHTO-testmethode T48). Van Delta S ligt het vlampunt hoger dan 260 °C (volgens de *Cleveland open cup method*). Bij SylvaRoad™ RP1000 ligt het vlampunt eveneens hoger dan 280 °C. Zo is dit geen probleem meer bij warm bereid asfalt.

3.6 Groep 6: varia van specifiek ontworpen additieven

3.6.1 Oorsprong en productieproces

Zoals de benaming van de groep het al suggereert, gaat het hier om een zeer gevarieerde groep van specifiek ontworpen producten / additieven gebaseerd op grondstoffen van uiteenlopende bronnen, zowel van biologische (plantaardige) oorsprong als uit de petrochemie, waaronder:

- producten (bio-oliën) verkregen via pyrolyse van allerlei biomassa (figuur 10);
- biogenerische mengsels waaraan extra additieven (bv. wassen) worden toegevoegd;
- fluxoliën toegevoegd aan bitumen en eventueel extra additieven.



Figuur 10 – Schematisch overzicht van de productie van bio-oliën door pyrolyse en eropvolgende condensatie van biomassa (bron: [20])

3.6.2 Chemische samenstelling

Door de grote variatie in de grondstoffen voor de producten is ook de chemische samenstelling in deze groep zeer verscheiden.

- Bij producten verkregen door pyrolyse is de samenstelling inherent erg divers, doordat afbraakprocessen bij hoge temperatuur bijna altijd in een brede waaier van chemische verbindingen resulteren. Bovendien worden tal van aanvoerbronnen ingeschakeld, zowel van plantaardige als dierlijke oorsprong. Die kunnen daarenboven zelf variëren in de tijd.

- Bij bepaalde verjongingsmiddelen van vegetale of biogenerische oorsprong (bestaande uit mengsels van vetzure esters) worden nog bijkomende additieven toegevoegd, om de werking van het verjongingsmiddel te verruimen (multifunctioneel additief). Een typisch voorbeeld in deze context is het toevoegen van synthetische wassen om duurzaam hergebruik van AG te kunnen combineren met productie van asfalt bij verlaagde temperatuur (AVT).
- Fluxoliën kunnen afkomstig zijn van de destillatie van ruwe aardolie (figuur 4), maar kunnen ook van vegetale oorsprong zijn. In het eerste geval bestaan ze uit mengsels van aromatische en alifatische koolwaterstoffen en worden ze vaak aan bitumen toegevoegd bij toepassing als verjongingsmiddel. Zijn ze van vegetale oorsprong, dan lijkt de samenstelling op die van producten van groep 4 (bv. esters van kool- of lijnzaad).

3.6.3 Werking

Deze producten hebben vooral een functie als weekmaker, ter verlaging van de viscositeit (zie § 1.2, code A). Bij multifunctionele additieven kan eventueel ook productie bij verlaagde temperatuur worden beoogd, of verbeterde hechteigenschappen. Daarbij moet echter worden aangestipt dat over het algemeen weinig informatie over de precieze werking beschikbaar is.

Fluxoliën zijn uiteraard stoffen of derivaten die net als doel hebben het materiaal waaraan ze worden toegevoegd vloeibaarder en minder viskeus te maken. De inzet ervan in andere domeinen van de wegenbouw, zoals koude bitumineuze toepassingen, is ruim bekend.

3.6.4 Marktrijpheid, beschikbaarheid en praktijkervaringen

De ervaringen zijn veeleer beperkt en betreffen vooral laboratoriumstudies.

Bij de producten waaraan synthetische wassen zijn toegevoegd, kunnen er problemen rijzen met de eigenschappen van het asfaltmengsel bij lage temperatuur (bv. scheurvorming).

Hierna een niet-exhaustieve lijst van producten uit deze groep:

- *Storbit - Storflux Plus* van Storimpex Asphalttec GmbH;
- *Bioflux* van Neste Oil.

3.6.5 Milieuhygiënische aandachtspunten en arbeidsveiligheid

Gezien de variabiliteit is het moeilijk algemene HSE-informatie te geven voor deze groep. Dat moet per product worden bekeken, wat buiten het bestek van dit dossier valt.

Pyrolyseproducten (waarbij organisch, koolstofhoudend materiaal wordt gekraakt en ontleed door het te verhitten tot hoge temperaturen zonder dat er zuurstof kan bijkomen, dus zonder verbranding) bevatten in het algemeen een aantal chemische componenten die extra aandacht vragen, zoals polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) (naast andere mogelijk schadelijke stoffen).

Hierdoor zijn er voor vele van deze producten die verkregen zijn uit pyrolyse van biomassa ernstige twijfels en bedenkingen bij hun geschiktheid als additief en in het bijzonder als verjongingsmiddel.

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

► 4 Conclusies

Er bestaat een gevarieerd aanbod van producten als potentiële verjongingsmiddelen, die de recycling van asfaltgranulaat in nieuw asfalt kwalitatief kunnen verbeteren. Gezien de verscheidenheid van soorten en de uiteenlopende benamingen en terminologie werd in dit dossier een categorisering in groepen voorgesteld. Dit maakt het eenvoudiger om de werking en de succes- en risicofactoren per groep te bespreken. Per groep werden eveneens enkele voorbeelden van in de handel verkrijgbare producten gegeven.

Voor de categorisering in groepen werd vooral uitgegaan van de aard en herkomst van het product. We onderscheiden in grote lijnen enerzijds petrochemische derivaten (zoals ook bitumen er een is) en anderzijds alternatieve producten van plantaardige of biologische origine.

Verder is het mogelijk deze producten in te delen in rechtstreeks geproduceerde stoffen en stoffen verkregen uit recycling van vroeger voor andere doeleinden gebruikte materialen.

Verjongingsmiddelen kunnen naar oorsprong in zes groepen worden ingedeeld:

- aromatische extracten en naftenische oliën, speciaal geproduceerd door distillatie van ruwe aardolie (groep 1);
- allerlei gerecyclede en bewerkte oliën en vetten uit industriële activiteiten (machine- en motoroliën) (groep 2) of uit de voedingsindustrie (groep 3);
- oliën van biologische oorsprong (plantaardige productie), rechtstreeks gewonnen uit plantaardige productie (agro-industrie of bosbouw) (groep 4) of speciaal voor dat doel ontworpen (bijproducten; *engineered bio-based oils*) (groep 5);
- een restcategorie met specifieke producten (fluxoliën, bio-oliën uit pyrolyse van biomassa, enz.) (groep 6).

Elke groep werd vervolgens nader geanalyseerd en de succes- en risicofactoren werden besproken, waarbij de focus werd gelegd op de volgende elementen:

- oorsprong en productieproces;
- chemische samenstelling;
- werking;
- beschikbaarheid en praktijkervaring;
- milieuhygiëne en arbeidsveiligheid.

Producten die specifiek voor een bepaald gebruiksdoel worden geproduceerd, zoals die in de groepen 1, 4, 5 (en ten dele 6), zijn afkomstig van goed afgebakende origines van grondstoffen. Hierdoor zijn de kenmerken ervan beter beheersbaar en minder variabel in de tijd dan bij producten die voortkomen uit recycling van afvaloliën (groepen 2 en 3). Over de kenmerken van deze laatste producten, zowel op het vlak van prestaties als op het vlak van milieuhygiëne en arbeidsveiligheid (HSE), is de kennis vaker beperkt of moeilijker openlijk beschikbaar.

Uit de analyse blijkt dat vooral op het vlak van HSE voor bepaalde groepen van producten aanzienlijk risico's bestaan die sterk verband houden met oorsprong of productieproces, met heterogeniteit en met onzekerheden over de voorgeschiedenis:

- voor producten die bij omgevingstemperatuur worden verkregen of normaal bij omgevingstemperatuur worden gebruikt, zoals (in groep 4) oliën uit de persing van plantaardige zaden of vruchten, zijn er vragen over het gedrag bij hogere temperaturen (> 150 tot 200 °C, zoals gebruikelijk in de asfaltproductie), meer bepaald over de thermische stabiliteit, de ontvlambaarheid en het vlampunt, en gerelateerde emissies en reukhinder voor de omgeving;
- voor producten verkregen uit recycling van afvaloliën, enerzijds in de groep van de machine-oliën (groep 2) en anderzijds in de groep van de voedingsoliën (groep 3), zijn er risico's op emissies van gevaarlijke stoffen volgend uit het gebruik in de vorige levensfase, en risico's die verband houden met aanwezigheid van potentieel kankerverwekkende en mutagene stoffen en zware metalen (vooral in de groep van de machineoliën). Ook zijn er vragen over thermische stabiliteit en mogelijke reukhinder (vooral in de groep van de voedingsoliën);
- bij de producten in de gevarieerde groep 6 van de *engineered additives* zijn er ernstige twijfels over en bedenkingen bij de geschiktheid als additief – met name voor die welke verkregen zijn uit pyrolyse van biomassa, omdat bij deze techniek doorgaans meer gevaarlijke stoffen zoals PAK in de samenstelling ontstaan.

► 5 Literatuur

1. **Vansteenkiste, S., Tanghe, T., Duerinckx, B., Vanelstraete, A., Porot, L., Govers, B., Libbrecht, D. & Modde, P.-P. (2020)**
Impact of bio-based rejuvenator on bitumen and asphalt mix performance: laboratory and field evaluation.
In: Proceedings of the 7th Eurasphalt & Eurobitmuc congress (7th E&E congress), Madrid, May 12-14; 2020.
Brussels: Eurobitume.
2. **Tanghe, T., Vansteenkiste, S. & Vanelstraete, A. (2020)**
Development of a protocol for the initial type testing of asphalt mixtures with the use of rejuvenators.
In: Proceedings of the 7th Eurasphalt & Eurobitmuc congress (7th E&E congress), Madrid, May 12-14; 2020.
Brussels: Eurobitume.
3. **Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES) (2013)**
Evaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation professionnelle des produits bitumineux et de leurs additifs.
Maisons-Alfort (France): ANSES. (Avis de l'ANSES). Online beschikbaar <https://www.anses.fr/fr/system/files/CHIM2008sa0410Ra.pdf>. Laatst geraadpleegd 02/12/2019. ISBN : 978-2-11-138287-9.
4. **Masson, J.-F., Collins, P. & Polomark, G. (2005)**
Steric hardening and the ordering of asphaltenes in bitumen.
In: Energy & fuels, 19(2005)1. p. 120-122.
Washington: American Chemical Society (ACS).

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

- 5. Behnood, A. & Gharehveran, M.M. (2019)**
Morphology, rheology, and physical properties of polymer-modified asphalt binders.
In: European polymer journal, 112(2019). p. 766-791.
Amsterdam: Elsevier.
Online beschikbaar <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2018.10.049>. Laatste geraadpleegd 02/12/2019.
- 6. Moghaddam, T.B. & Baaj, H. (2016)**
The use of rejuvenating agents in production of recycled hot mix asphalt: a systematic review.
In: Construction and building materials, 114(2016). p. 805-816.
Amsterdam: Elsevier.
Online beschikbaar <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.015>. Laatste geraadpleegd 02/12/2019.
- 7. European Asphalt Pavement Association (EAPA) (2018)**
Recommendations for the use of rejuvenators in hot and warm asphalt production.
Brussels: EAPA.
Online beschikbaar <https://eapa.org/eapa-position-paper-recommendations-for-the-use-of-rejuvenators-in-hot-and-warm-asphalt-production/>. Laatste geraadpleegd 02/12/2019.
- 8. Zaumanis, M., Mallick, R.B. & Frank, R. (2015)**
Evaluation of different agents for restoring aged asphalt binder and performance of 100% recycled asphalt.
In: Materials and structures, 48(2015)8. p. 2475-2488.
Bagnex (France): International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures (RILEM).
Online beschikbaar <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-014-0332-5>. Laatste geraadpleegd 02/12/2019.
- 9. Epps Martin, A., Kaseer, F. & et al. (2019)**
Evaluating the effects of recycling agents on asphalt mixtures with high RAS and RAP binder ratios. [pre-publication draft].
Washington: Transportation Research Board (TRB). (NCHRP Report, 927).
Online beschikbaar http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_927.pdf. Laatste geraadpleegd 02/12/2019.
- 10. Zaumanis, M., Cavalli, C.M. & Poulidakos, L.D. (2018)**
Comparing different rejuvenator addition locations in asphalt based on mechanical and chemical properties of binder.
In: Proceedings of the 97th annual meeting of the Transportation Research Board, Washington, January 7-11, 2018.
Washington: Transportation Research Board (TRB).
- 11. Asphalt Institute (AI) & European Bitumen Association (Eurobitume) (2015)**
The bitumen industry: a global perspective: production, chemistry, use, specification and occupational exposure.
College Park (USA): AI; Brussels: Eurobitume. (Information Series (IS), 230). ISBN 978-1-934154-73-1.
Online beschikbaar https://www.eurobitume.eu/public_downloads/General/

[The%20Bitumen%20Industry%203rd%20edition.pdf](#). Laatst geraadpleegd 02/12/2019.

12. Europese Commissie (EC) (2017)

Verordening (EU) 2017/776 van 4 mei 2017 tot wijziging van Verordening (EG) nr. 1272/2008 van het Europees Parlement en de Raad betreffende indeling, etikettering en verpakking van stoffen en mengsels, met het oog op de aanpassing aan de technische en wetenschappelijke vooruitgang.

In: Publicatieblad van de Europese Unie, 5.5.2017. L116/1-19.

Brussel: Europese Unie (EU).

13. International Agency for Research on Cancer (IARC) (2013)

Bitumens and bitumen emissions, and some N- and S-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons.

Lyon: IARC. (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 103). ISBN 978-92-832-1326-0.

Online beschikbaar <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono103.pdf>.

Laatst geraadpleegd 02/12/2019.

14. Vallerga, B.A. (1963)

Emulsified petroleum oils and resins in reconstituting asphalts in pavements.

In: Highway Research Record (HRR), (1963)24.

Washington: Highway Research Board (HRB).

15. Buncher, M. (2016)

REOB: Asphalt Institute's initiative. [presentatie]

In: NCAUPG meeting, Indianapolis, March 17, 2016.

West Lafayette (USA): North Central Asphalt User/Producer Group (NCAUPG).

16. Asphalt Institute (AI) (2016)

State-of-the-knowledge: the use of REOB/VTAE in asphalt.

College Park (USA): AI. (AI Information Series (IS), 235). ISBN 978-1-934154-74-8.

17. Ahmed, R.B. & Hossain, K. (2020)

Waste cooking oil as an asphalt rejuvenator: a state-of-the-art review.

In: Construction and building materials, 230(2020). [s.p.].

Amsterdam: Elsevier.

18. Jordahl, Stacy (2017)

Introducing Ingevity. [presentatie]

North Charleston (USA): Ingevity.

Online beschikbaar www.ingevity.com. Laatst geraadpleegd 02/12/2019.

19. Tabatabaee, H., Brion, Y. & Moolenaar, H. (2017)

Anova : régénération, évaluation. [presentatie]

In : PN MURE – ANR IMPROVMURE, Paris, March 15, 2017.

Paris: IREX; Villeurbanne: INDURA. Online beschikbaar https://www.pnmure.fr/wp-content/uploads/2017/03/09_MURE_Journ%C3%A9e-r%C3%A9g%C3%A9n%C3%A9rants_2017-03-15_RexCargillTabatabaee.pdf. Laatst geraadpleegd 02/12/2019.

Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling

20. Yang, X. (2013)

The laboratory evaluation of bio oil derived from waste resources as extender for asphalt binder.
[Thesis].

Houghton (USA): Michigan Technical University (Michigan Tech).

21. Vansteenkiste, S. & Duerinckx, B. (2017)

Eerste toepassing van een verjongingsmiddel voor asfalthergebruik in België.

In: OCW Mededelingen, (2017)113. p. 6-7.

Brussel: Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW).

► **6 Websites van de verschillende producenten van verjongingsmiddelen (alfabetisch gerangschikt)**

Anova 1817 rejuvenator: www.cargill.com/bioindustrial/anova/asphalt-rejuvenators

Bitutech RAP, brochure: <http://engineeredadditives.com/resources/BituTechRAPHighRapWarm-MixAsphaltSolutions-62818.pdf>

Cyclogen, brochure: <https://correctiveasphalt.com/cyclogen/>

Delta S, veiligheidsblad: https://collaborativeaggregates.com/wp-content/uploads/2018/11/Delta-S_SDS_Collaborative_Aggregates_20181108.pdf; Collaborative Aggregates LLC is een spin-off van The Warner Babcock Institute for Green Chemistry, <https://www.warnerbabcock.com/wbis-delta-s-scientifically-engineered-dual-action-reclaimed-asphalt-rejuvenator-wma-now-commercially-available>

Evoflex, veiligheidsblad MSDS: <https://www.atlanticbulk.com/wp-content/uploads/2016/12/Evoflex-CA.pdf>

Nygen 910, brochure: [https://notes.nynas.com/apps/1112.nsf/wpds/GB_EN_Nygen_910/\\$File/Nygen_910_GB_EN_PDS.pdf](https://notes.nynas.com/apps/1112.nsf/wpds/GB_EN_Nygen_910/$File/Nygen_910_GB_EN_PDS.pdf)

Reclamite, brochure: <https://correctiveasphalt.com/wp-content/uploads/2018/09/Reclamite-Brochure-for-print-or-email.pdf> (Tricor Refining Inc.)

ReJUVN8 (Sripath Technologies, LLC): <https://sripath.com/asphalt-rejuvenator-for-paving/>, brochure <https://www.sripath.com/wp-content/uploads/2017/04/ReJUVN8-Brochure-8-31-2016.pdf> en veiligheidsblad <https://www.sripath.com/wp-content/uploads/2017/04/ReJUVN8-GHS-SDS-8-31-2015.pdf>

Rheofalt HP-AM: <https://rheofalt.com/rheofalt-hp-am/sustainability>, of via <https://www.ventraco.nl/nl-nl/additieven/rheofalt-additieven>

Storbit / Storflux, brochure: http://www.storimpex.de/EN/pdf/impex_asphalt_innen.pdf

SylvaRoad RP1000: www.kraton.com/literature/SYLVAROAD-RP1000-Performance-Additive-brochure.pdf

Valaro 130A, brochure: https://www.pbfenergy.com/sites/default/files/documents/PBF_Extract_Typicals.pdf