

# CROW Richtlijn Warm Mix Asfalt

v1.01



## **CROW maakt praktische kennis direct toepasbaar**

Kennisplatform CROW is de drijvende kracht achter een duurzame inrichting van de fysieke leefomgeving in Nederland. We ontwikkelen collectieve kennis over infrastructuur en mobiliteit; voor én met de sector. Als kennisplatform bieden we praktische oplossingen en bevorderen we directe toepasbaarheid van deze kennis. Iedereen die een stap buiten de deur zet, ervaart het onschatbare belang van onze publicaties en richtlijnen, opleidingen, netwerken en community's.

Werken aan praktische oplossingen is voor ons vanzelfsprekend. Dat doen we met ruim 120 professionals in Ede (hoofdkantoor) en Utrecht. CROW is een onafhankelijke kennisorganisatie zonder winstoogmerk.

CROW Richtlijn

Warm Mix Asfalt v1.01

## CROW

Postbus 37, 6710 BA Ede

Telefoon (0318) 69 53 00

E-mail [klantenservice@crow.nl](mailto:klantenservice@crow.nl)

Website [www.crow.nl](http://www.crow.nl)

Oktober 2024

ISBN: 978 90 6628 715 0

CROW en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de hierin opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen. Gebruikers aanvaarden het risico daarvan. CROW sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van de gegevens.

De inhoud van deze publicatie valt onder bescherming van de auteurswet. De auteursrechten berusten bij CROW.

# Inhoud

Voorwoord	5
Managementsamenvatting	7
Leeswijzer	12
Lijst van afkortingen	13
<b>1 Inleiding algemeen WMA</b>	<b>15</b>
1.1 Doel van deze richtlijn	15
1.2 Korte review van beschikbare technologieën	16
1.3 Begrippen	16
1.4 Draagwijdte van de richtlijn	18
1.4.1 Scope, asfaltmengsels	18
1.4.2 Scope, oplossingen	18
1.4.3 Status	18
1.4.4 Vervolg op deze richtlijn	19
1.5 Raakvlakken en samenhang met RAW en met andere richtlijnen/ontwikkelingen	19
1.5.1 RAW	19
1.5.2 Validatie volgens CROW-AKL en RWS-ITC in relatie tot acceptatie volgens deze richtlijn	20
1.5.3 Overige richtlijnen/trajecten	20
1.6 WMA in relatie tot Veiligheid, Gezondheid en Milieu	21
1.7 Beoordelingsproces	21
1.8 Acceptatievakken	21
<b>2 Uitgangspunten van deze richtlijn voor WMA</b>	<b>22</b>
2.1 Types mengsels	22
2.2 Type oplossingsrichting voor verlagen productietemperatuur	22
2.2.1 Verschuimen	22
2.2.2 Toevoegen van additieven	23
2.2.3 Koude recycling	24
2.2.4 Combinatietechnieken van bovenstaande oplossingsrichtingen	24
2.2.5 KGO-mengvolgorde	24
2.3 Risicotypering bij aanpassing productie- en verwerkingstemperatuur	24
2.4 Laagdikte WMA vs HMA	26
2.4.1 Contractsituaties en gelijkwaardigheid van mengseleigenschappen	26
2.4.2 Praktijk-shiftfactor	26
2.5 Aanpassingen aan de reguliere onderzoeken voor WMA-mengsels	27
2.6 Beperkingen en uitdagingen	27
2.7 Uit te voeren proeven voor de acceptatievakken	27
2.8 Aanvullingen op de Standaard RAW Bepalingen ten bate van WMA	27
<b>3 Ontwerp, planning en uitvoering</b>	<b>28</b>
3.1 Ontwerp en planning	28
3.2 Productie	28
3.3 Transport	28
3.4 Verwerking	29
<b>Referenties</b>	<b>31</b>
<b>Bijlage 1 Beschouwde asfaltmengsel-types en goedgekeurde oplossingsrichtingen</b>	<b>32</b>
<b>Bijlage 2 Aantonen van geschiktheid van alternatieve producten bij in de Richtlijn geaccepteerde technieken / oplossingsrichtingen</b>	<b>34</b>
<b>Bijlage 3 Regelgeving over productietemperatuur en temperatuur voor type-onderzoek van asfalt-mengsels</b>	<b>36</b>
<b>Bijlage 4 Beoordelingsaspecten</b>	<b>37</b>
<b>Bijlage 5 Beschouwde risico's</b>	<b>38</b>

<b>Bijlage A – Direct verschuimen, standaard schuimbalk</b>	<b>40</b>
1. Inleiding	40
2. Mengselontwerp en specifieke aspecten t.b.v. typetest	42
3. Productie	44
4. Transport en verwerking	46
5. Beheer en onderhoud	47
6. Vervanging en hergebruik	47
7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten	48
8. Voor de opdrachtgever	48
Referenties	49
<b>Bijlage B – Direct verschuimen, aangepaste schuimbalk LEAB</b>	<b>50</b>
1. Inleiding	50
2. Mengselontwerp en specifieke aspecten t.b.v. typetest	53
3. Productie (inrichting productieproces oplossingsrichting specifiek)	58
4. Transport en verwerking	61
5. Beheer en onderhoud	63
6. Vervanging en hergebruik	64
7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten	65
8. Voor de opdrachtgever	66
<b>Bijlage C – Additieven, oppervlaktespanningverlager, Evotherm DAT-7 en Evotherm WM-30</b>	<b>69</b>
1. Inleiding	69
2. Mengselontwerp	73
3. Productie (voor batch en continu menger)	77
4. Transport en verwerking	80
5. Beheer en onderhoud	83
6. Vervanging en hergebruik	83
7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten	83
8. Voor de opdrachtgever	85
Links en interessante literatuur	86
<b>Bijlage D – Additieven, viscositeitverlager, LynPave</b>	<b>87</b>
1. Inleiding	87
2. Mengselontwerp	91
3. Productie (voor batch en continu menger)	94
4. Transport en verwerking	97
5. Beheer en onderhoud	99
6. Vervanging en hergebruik	100
7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten	101
8. Voor de opdrachtgever	101
Referenties	102

# Voorwoord

In de zomer van 2023 is de werkgroep "Uitfaseren HMA – fase 1" actief geweest, om richting te geven aan een effectieve en efficiënte sectorbrede uitwerking van het overgangsproces van heet naar warm asfalt, van HMA naar WMA. De werkgroep heeft een beoordeling uitgevoerd van de technische mogelijkheden om hot mix asfalt per 1 januari 2025 uit te faseren en realistische alternatieve oplossingsrichtingen voor de toepassing<sup>1</sup> van warm mix asfalt in beeld gebracht [2]. Deze oplossingsrichtingen dienen per 1 januari 2025 toegepast te kunnen worden en dienen op een efficiënte manier bij te dragen aan de klimaatdoelstellingen voor 2030 (CO<sub>2</sub>-reductie, minimaliseren gebruik van primaire grondstoffen). Een eindresultaat van de werkgroep was een checklist aan de hand waarvan keuzes gemaakt kunnen worden t.a.v. de inzetbaarheid van bepaalde technieken voor het verlagen van de productietemperatuur en het beoordelen van realistische oplossingsrichtingen. De werkgroep heeft bij het opstellen van de checklist de huidige werkprocessen van de sector als uitgangspunt gehanteerd, maar heeft in haar overwegingen rekening gehouden met voorziene sectorbrede ontwikkelingen gericht op duurzaamheid, kwaliteitsverbetering en datagedreven werkprocessen. De opgestelde checklist met beoordelingscriteria kan ook in de toekomst worden toegepast op nieuwe (nog te ontwikkelen) mengsels.

Als vervolgstappen heeft de werkgroep fase 1 aanbevolen om (kort samengevat en gesimplificeerd):

- De realistische oplossingsrichtingen aan de hand van de beoordelingschecklist (zie bijlage 4 van het voorliggende document) te kwantificeren. Oplossingen die positief scoren verder uit te werken naar een technische richtlijn, rekening houdend met een aantal aspecten.
- Een tweede CROW-(vervolg)werkgroep in te stellen die het opstellen van de technische richtlijn begeleidt.
- Voorjaar 2024 die technische richtlijn in concept gereed te hebben met een beschrijving van de aanpassingen aan het productie- en verwerkingsproces van asfalt, behorend bij de verschillende realistische oplossingsrichtingen. Deze richtlijn moet duidelijkheid geven over de specifieke aandachtspunten en risico's per oplossingsrichting, en acties formuleren ter beoordeling en beheersing van deze risico's.
- Een implementatieplan op te stellen waarmee de toepassing van warm mix asfalt per 2025 gerealiseerd kan worden.

Het onderhavige document is de bovenbedoelde technische richtlijn.

De CROW-werkgroep is in november 2023 ingesteld voor de uitwerking van deze richtlijn en bestaat uit:

## *Voorzitter*

Herman Ilgen (Insa Foundation)

## *Leden*

Remy van den Beemt (BAM)  
Frank Bijleveld (ART asfalt)  
Jeroen Buijs (NTP)  
Bas Harwig (Prov. Gelderland)  
Farhad Helmand (AKC)  
Andre Houtepen (Gem. Rotterdam)  
Rien Huurman (AsfaltNu)  
Harco Kersten (RWS)  
Thessa Luijendijk (Prov. Zuid-Holland)  
Robbert Naus (Dura Vermeer)  
Ben van de Ven (Gem. Tilburg)  
Inge van Vilsteren (RWS)  
Alex van de Wall (KWS)  
Milliyon Woldekidan (Boskalis)

## *Agendaleden*

Kees Driedijk (Prov. Noord-Brabant)  
Rob Hofman (RWS)  
Steven Mookhoek (Prov. Zeeland)  
Ries van der Pijl (Ing. Bureau Drechtsteden)

## *Waarnemers*

Henk Senhorst (RWS)  
Ron Wesseling (Bouwend Nederland)

---

1) Onder toepassing wordt verstaan 'alle benodigde stappen van uitvraag tot aanleg'.

Adriaan de Rooij (Bouwend Nederland)

*Rapporteurs*

Radjan Khedoe (DIBEC)

Jacob Groenendijk (Kiwa-KOAC)

*Auteurs technische bijlagen*

Bijlage A: Alex van de Wall, Robbert Naus e.a.

Bijlage B: Rien Huurman, Remy van den Beemt e.a.

Bijlage C: Frank Bijleveld, Milliyon Woldekidan e.a.

Bijlage D: Farhad Helmand, Jeroen Buijs e.a.

De begeleiding van de werkgroep, waaronder het verzorgen van secretariaat, is uitgevoerd door Jacques van den Hoorn en Ad van Leest van CROW.

Het project is gefinancierd vanuit het Transitiepad Duurzame Wegverhardingen.



# Managementsamenvatting

## Inleiding

Het Besluit Activiteiten Leefomgeving en het Besluit Bouwwerken Leefomgeving verplichten bedrijven en instellingen om alle energiebesparende maatregelen met een terugverdientijd van 5 jaar of minder uit te voeren. Ook alle overheden hebben de verplichting om duurzaam in te kopen om de klimaatdoelen voor 2030 en 2050 te halen. Eind 2021 heeft de Vakgroep Bitumineuze Werken (VBW) van Bouwend Nederland het initiatief vanuit de (individuele) leden van VBW ondersteund om te streven naar een verduurzaming van de productie van asfalt. Deze ondersteuning heeft zich concreet gericht op vergroting van de marktacceptatie van wegenbouw-asfaltmengsels geproduceerd bij temperaturen van maximaal 140 °C, zogeheten Warm Mix Asfalt (WMA), met als doel om toepassing te stimuleren. In 2022 heeft het Transitiepad Duurzame Wegverhardingen dit initiatief overgenomen, waarbij concreet de mogelijkheid is verkend om via CROW tot een richtlijn voor WMA te komen. Hierbij is het uitgangspunt dat de WMA-mengsels aan dezelfde prestatie-eisen voldoen als de momenteel gangbare HMA-mengsels.

Hiermee wordt een stap beoogd in de verduurzaming van de asfaltsector, op weg naar de milieudoelen van 2030 en 2050. Deze verduurzamingsstap wordt bereikt door reducties van het energiegebruik en daarmee de CO<sub>2</sub>-uitstoot.

Bijkomende voordelen van WMA zijn een verminderde veroudering van het bitumen en verminderde emissies van organische stoffen, zowel bij de asfaltproductie als bij de verwerking.

Vanwege de noodzakelijke versnelling van de transitie naar een klimaatneutrale asfaltsector, is het gebruikelijke langdurige validatieproces via het CROW AsfaltKwaliteitsLoket (AKL) of RWS Innovatie Test Centrum (ITC) aangevuld met een "verkorte procedure"; door een paritaire CROW-werkgroep is de voorliggende CROW Richtlijn WMA 1.0 opgesteld, waarin o.a. is aangegeven welke asfaltmengsels met welke technieken per 1-1-2025 als WMA kunnen worden uitgevoerd. Deze richtlijn is onderworpen geweest aan een tervisielegging. De feedback die daarbij vanuit de sector is opgehaald, is door de werkgroep beoordeeld en verwerkt in deze versie, of gemotiveerd afgewezen.

Naast de transitie naar WMA zijn er nog meer ontwikkelingen naar een duurzame asfaltsector, zoals streven naar een langere levensduur, verhoogde circulariteit door een groter aandeel recycling van vrijkomend asfalt, en toepassing van bio-based bindmiddelen. Deze richtlijn WMA 1.0 kan echter niet op die ontwikkelingen anticiperen. Zij is daarom beperkt in haar scope tot WMA-toepassingen van de asfaltmengsels uit de Standaard RAW Bepalingen 2020.

## Doel van de richtlijn WMA 1.0

Het doel van deze richtlijn is meerledig:

- Aan opdrachtgevers en opdrachtnemers duidelijkheid geven welke asfaltmengsels per 1 januari 2025 met welke WMA-technieken als WMA kunnen worden aangeboden en geaccepteerd als volledig gelijkwaardig aan de reguliere HMA-mengsels uit de Standaard RAW Bepalingen (RAW);
- Vertrouwen scheppen bij opdrachtgevers dat de goedgekeurde WMA-mengsel/techniek combinaties inderdaad gelijkwaardig zijn aan de RAW HMA-mengsels;
- Een aanvulling geven op de Standaard RAW Bepalingen, specifiek voor WMA;
- Een handvat bieden aan nieuwe WMA-asfaltproducenten, betreffende technische aspecten van de verschillende WMA-oplossingsrichtingen, zodat de keuze voor een oplossingsrichting en de implementatie daarvan worden vergemakkelijkt;
- Een handvat bieden aan leveranciers van alternatieve WMA-producten/technieken, die vallen binnen de goedgekeurde oplossingsrichtingen, om de gelijkwaardigheid van hun alternatief met de goedgekeurde WMA-producten/technieken aan te tonen;
- Een handvat bieden aan opdrachtgevers en opdrachtnemers om eventuele risico's van WMA zo veel mogelijk te beheersen

## WMA-oplossingsrichtingen

Om asfalt te kunnen produceren met regulier bitumen in het conventionele productieproces is een mengtemperatuur van ten minste ca. 160 °C nodig. Dit is om het bitumen voldoende vloeibaar te maken om alle mineraal aggregaat (steenslag, zand en vulstof) goed te kunnen omhullen, en om alle bestanddelen goed te kunnen mengen. Bij lagere temperaturen is het bitumen normaliter te stroperig. Gebruik van zachtere bitumen is geen optie, want dan wordt het asfalt onder gebruiksomstandigheden ook te zacht en gevoelig voor vervorming. Er zijn echter verschillende technische oplossingsrichtingen om toch asfalt te kunnen produceren bij temperaturen tot maximaal 140 °C.

Voor deze richtlijn zijn vier oplossingsrichtingen beschouwd, voornamelijk geselecteerd op basis van de Nederlandse ervaringen:

- **Direct verschuimen, standaard schuimbalk:** "Direct" verschuimen van het bitumen, door injectie van een kleine hoeveelheid water in het hete bitumen in een zogeheten "schuimbalk" vlak voor het doseren van het bitumen in de mengbak van de asfaltcentrale. Door de hitte van het bitumen verdampt het water tot stoom en blaast zo het

bitumen op tot bitumenschuim. Dit schuim laat zich makkelijker mengen met het mineraal aggregaat en eventueel asfaltgranulaat en omhult dit beter. Voor dit proces hebben de fabrikanten van asfaltcentrales allemaal eigen 'standaard' schuimbalken, die gelijkwaardig zijn.

- **Direct verschuimen aangepaste schuimbalk LEAB:** "Direct" verschuimen van het bitumen, met een doorontwikkelde schuimbalk volgens het LEAB-concept (Lage Energie AsfaltBeton). **Additieven, oppervlaktespanningverlager, Evotherm DAT-7 en Evotherm WM-30:** Toevoegen van een oppervlaktespanningverlagend additief (chemisch of plantaardig). Hierdoor kan het bitumen makkelijker uitvloeien over het mineraal aggregaat en eventueel asfaltgranulaat, en dit beter omhullen. Een oppervlaktespanningverlager heeft geen significante invloed op de viscositeit van het bitumen, dus er is geen invloed op de vervormingsweerstand in de gebruiksfase. Er zijn twee specifieke producten beschouwd binnen deze oplossingsrichting, namelijk DAT-7 en WM30. WM30 wordt in pure vorm toegevoegd, DAT-7 wordt eerst gemengd met water. Door dat water heeft DAT-7 ook een "indirect" verschuimende werking op het bitumen. Voor zowel DAT-7 als WM30 zijn er wereldwijd meer alternatieve producten met een vergelijkbare werking. Het is toegestaan om een alternatief product toe te passen nadat gelijkwaardigheid is aangetoond.
- **Additieven, viscositeitverlager, LynPave:** Toevoegen van een viscositeitverlagend additief (chemisch of plantaardig). Hierdoor wordt zowel het nieuwe bitumen als dat in het eventuele asfaltgranulaat zachter, waardoor goede menging en omhulling worden bereikt bij lagere temperaturen. Het voor deze richtlijn beschouwde additief, Lynpave, heeft een uithardende werking na aanleg, waardoor er geen verhoogd risico is op vervorming in de gebruiksfase. Ook voor Lynpave bestaan wereldwijd alternatieven. Het is toegestaan om een alternatief product toe te passen nadat gelijkwaardigheid is aangetoond.

Voor elk van deze oplossingsrichtingen bevat de richtlijn een aparte bijlage (A t/m D), waarin nadere informatie wordt gegeven over deze oplossingen. Er zijn enkele specifieke producten / technieken beoordeeld, omdat hiermee voldoende ervaring in Nederland is opgedaan. De richtlijn geeft ook aan hoe gelijkwaardigheid van alternatieven voor de goedgekeurde producten kan worden aangetoond (bijlage 2).

Naast de bovengenoemde oplossingen zijn er wereldwijd nog enkele andere oplossingsrichtingen, die echter niet zijn beschouwd voor de richtlijn, omdat hiermee per 2024 onvoldoende Nederlandse ervaring bestaat of goede resultaten konden worden overlegd. Dit zijn vooral:

- "Indirect" verschuimen van bitumen door toevoeging van vochtig (koud) asfaltgranulaat aan het mengsel in de mengbak van de asfaltcentrale;
- "Indirect" verschuimen van bitumen door toevoeging van zogeheten zeolieten (vochthoudende vulstof);
- Toevoegen van "waxen" als viscositeitverlagend additief aan het bitumen. Deze smelten bij ca. 80-100 °C en verlagen daarmee de viscositeit van het bitumen boven die temperatuur. Bij afkoelen van het asfalt stollen deze waxen weer, met enige vertraging waardoor verwerking goed mogelijk blijft, zodat er geen verhoogd risico is op vervorming in de gebruiksfase.

Deze oplossingsrichtingen kunnen op de reguliere wijze via CROW-AKL of RWS-ITC worden gevalideerd.

#### Beoordelingsproces door de werkgroep

De werkgroep heeft willen voorkomen dat intellectueel eigendom van specifieke partijen open beschikbaar komt aan alle marktpartijen, terwijl tegelijkertijd wel inzage benodigd is de informatie over elk van de specifieke oplossingsrichtingen. Daarom heeft een kleine afvaardiging vanuit de opdrachtgevers in de werkgroep inzage gekregen in alle gewenste onderzoeksresultaten van elk van de specifieke oplossingsrichtingen. Op een aantal momenten is het dossier beschikbaar gesteld, een presentatie gegeven over de beschikbare onderzoeksgegevens en vervolgens ingegaan op de diverse vragen. Daarbij is gekeken naar fundamenteel-theoretische testen, functionele onderzoeksgegevens, empirische onderbouwing en ook praktijk beoordelingen. De groep heeft dit beschouwd over de diverse asfaltmengsels heen, zowel kwalitatief als kwantitatief.

In deze richtlijn zijn geen exacte testresultaten opgenomen, maar deze zijn wel beschikbaar geweest in het proces en hebben geleid tot de beoordeling in bijlage 1.

#### Beschouwde RAW-asfaltmengsels en toepasbaarheidsoordeel

Welke asfaltmengsels vallen onder de richtlijn en kunnen wel of niet in WMA worden toegepast?

Het eerste doel van de Richtlijn is om aan te geven welke wegenbouw-asfaltmengseltypes per 1-1-2025 als WMA toegepast kunnen worden, als volledig gelijkwaardig aan de asfaltmengseltypes conform de Standaard RAW Bepalingen (de zogenoemde "RAW-mengsels"). Uitgezonderd is gietasfalt, omdat de normale productietemperatuur hiervan zoveel hoger ligt, dat dit niet bij maximaal 140 °C kan worden geproduceerd met de bestaande WMA-oplossingsrichtingen.

Omdat gelijkwaardigheid met de RAW het uitgangspunt is, worden in deze richtlijn alleen WMA-varianten van de RAW-mengsels beschouwd.

Mengsels die niet aan de RAW voldoen worden dus niet beschouwd. Dit betreft o.a.:

- Mengsels met hogere PR-percentages dan toegestaan in de RAW:
  - AC surf deklagen met meer dan 30% PR

- SMA-NL, ZOAB, DZOAB, 2L-ZOAB met PR
- Mengsels waarbij Polymeergemodificeerd Bitumen (PmB) wordt toegepast terwijl de RAW bitumen 70/100 voorschrijft;
  - SMA (5, 8 en 11), ZOAB (11 en 16) met PmB
  - SMA 8G+, want dit is met PmB (SMA 8G+ kan eventueel worden beschouwd als een DGD-A, en dan valt het wel onder de RAW-mengsels)
- Mengsels met blank bindmiddel, omdat dit geen bitumen is.

Hierbij is bewust niet geanticipeerd op de richtlijn-in-ontwikkeling om (hogere %) PR toe te staan in asfalt deklagen.

Een overzicht van de door de werkgroep beschouwde mengseltypes staat in bijlage 1, samen met de beoordeling door de werkgroep of deze mengseltypes door toepassing van bepaalde WMA-oplossingsrichtingen met voldoende vertrouwen als WMA kunnen worden toegepast.

Daarbij vallen twee groepen mengsels op te merken die volgens de werkgroep nog helemaal niet of nog niet met alle WMA-oplossingsrichtingen kunnen worden gerealiseerd:

- Mengsels met polymeergemodificeerd bitumen (PmB). PmB is in principe wel te combineren met diverse WMA-oplossingsrichtingen, maar daarbij kan de productietemperatuur soms wel en soms (nog) niet worden verlaagd naar maximaal 140 °C. Om dit eenduidig te houden, is in de richtlijn voor alle deklagen met PmB nog geen goedkeuring gegeven.
- Deklagen, vooral (geluidreducerende) steenskeletmengsels, met PmB of 70/100. Met een aantal van deze mengsels is volgens de werkgroep nog onvoldoende ervaring om de toepassing van WMA vrij te geven, ook omdat deze mengsels erg kritisch zijn in de uitvoering en qua geluidreductie.

### Regelgeving

Hoewel de Standaard RAW Bepalingen in de huidige vorm WMA al toestaan, worden in de richtlijn aanvullingen op de RAW gegeven voor WMA:

- Voor WMA-mengsels moet een aanvulling worden gemaakt bij het verkort verslag van het typeonderzoek conform RAW Proef 62, waarin staan vermeld:
  - De maximale productietemperatuur (uitgang mengbak);
  - De minimale leveringstemperatuur (uitgang voorraadsilo bij belading van de vrachtwagen);
  - De minimale temperaturen voor begin en einde verwerking;
  - Een opgave van de aard en eigenschappen van alle hulpstoffen, ongeacht de hoeveelheid of concentratie, waarbij, in aanvulling op de NEN-EN 13108-serie, ook de hulpstoffen moeten worden verklaard die in concentraties lager dan 0,01% in het asfaltmengsel aanwezig zijn, ook indien deze preblended in bitumen aan de asfaltcentrale worden geleverd
- Als dat vanwege opstarten van een werk, en/of vanwege omschakeling in de asfaltcentrale tussen HMA en WMA, nodig is, mogen de eerste en laatste 60 ton van het WMA tot maximaal 20 °C heter worden geproduceerd en verwerkt, dan aangegeven op de CE-markering dan wel het verkort verslag van het type-onderzoek van het WMA of de aanvulling op dat verkort verslag. Daarbij dient echter wel het overeengekomen WMA-mengsel te worden geleverd, en niet een daarvan afwijkende samenstelling.

### Acceptatievakken

Asfaltproducenten die WMA willen gaan produceren, en voor de betreffende oplossingsrichting niet door CROW-AKL of RWS-ITC zijn gevalideerd op Technology Readiness Level 8 of 9 (TRL-8 of -9), moeten één of meer zogeheten "acceptatievakken" aanleggen en laten beoordelen, volgens de protocollen op <https://www.crow.nl/Onderwerpen/civiele-constructies/innovatieloketten/warm-mix-asfalt/>

Na een positieve beoordeling van de resultaten van het acceptatievak door de werkgroep Acceptatievakken (en vermelding op de website) kan het betreffende WMA-mengseltype met die oplossingsrichting door die asfaltproducent worden geleverd als gelijkwaardig aan de RAW-mengsels. Een actuele lijst met geaccepteerde WMA-mengseltypes per producent zal worden bijgehouden op de CROW-website.

### Bijlage Beschouwde asfaltmengseltypes en goedgekeurde oplossingsrichtingen

Zoals in de hoofdtekst vermeld is de scope van deze richtlijn beperkt tot de RAW-mengsels, de wegenbouw-asfaltmengsels uit de Standaard RAW Bepalingen 2020, uitgezonderd gietasfalt. Omdat het risicoprofiel van WMA niet alleen varieert met de toepassing (onderlaag, tussenlaag of deklaag) en het mengseltype, maar ook van het type bitumen ("gewoon" of PmB) en het aandeel asfaltgranulaat (=PR) heeft de werkgroep de RAW-mengsels onderverdeeld op basis van bitumensoort en het PR-percentage, zie navolgende tabel.

In de tabel staan de door de werkgroep voor versie 1.0 van de Richtlijn WMA goedgekeurde oplossingsrichtingen per mengseltype met groen gemarkeerd. Deze oplossingsrichtingen zullen worden getoetst in de acceptatievakken, tenzij zij zijn gevalideerd op TRL-8 of -9. Rood gemarkeerde oplossingsrichtingen zijn voor het betreffende mengseltype (nog) niet goedgekeurd.

Als oplossingsrichtingen niet zijn goedgekeurd door de CROW-werkgroep voor bepaalde mengseltypes, kunnen deze desondanks worden uitgevraagd of geaccepteerd door opdrachtgevers die innovaties willen bevorderen. Volgens

de werkgroep krijgen zij dan echter producten waarvan de gelijkwaardigheid aan de Standaard RAW Bepalingen niet is aangetoond.

Tabel 1-1 Beschouwde asfaltmengseltypen en oplossingsrichtingen, en de beoordeling van de gelijkwaardigheid daarvan aan de mengsels uit de Standaard RAW Bepalingen.

Oplossingsrichting	Direct verschuimen	Direct verschuimen	Oppervlakte-spanningverla-gers	Viscositeit-verlagers	Combinatie techniek
Oplossing	standaard schuimbalk	LEAB*	(DAT-7 en WM-30)**	(Lynpave)*	(Direct verschuimen + WM-30)
Mengsel					
<b>Onderlaag - OL</b>					
AC base 0% PR					
AC base met PmB, 0% PR					
AC base 1 - 50% PR					
AC base met PmB, 1 - 50% PR					
AC base 51 XX%*** PR					
AC base met PmB****, 51 - XX% PR					
<b>Tussenlaag - TL</b>					
AC bin 0% PR					
AC bin met PmB, 0% PR					
AC bin 1 - 50% PR					
AC bin met PmB, 1 - 50% PR					
AC bin 51 - XX% PR					
AC bin met PmB, 51 - XX% PR					
<b>Deklaag - SURF</b>					
AC surf 0% PR					
AC surf met PmB, 0% PR					
AC surf 1 - 30% PR					
AC surf met PmB, 1 - 30% PR					
<b>SMA</b>					
SMA-NL 5 0%PR (70/100)					
SMA-NL 8 A/B 0%PR (70/100)					
SMA-NL 11 A/B 0%PR (70/100)					
<b>PA</b>					
ZOAB 11 en 16 (70/100)					
DZOAB 16 / 2L-ZOAB 16 (70/100)					
DZOAB 16 / 2L-ZOAB 16 PmB					
2L-ZOAB 5 en 8 (PmB)					
<b>DGD</b>					
DGD-A en B 0%PR (70/100)					
DGD-A en B met PmB, 0%PR					
DGD-A en B (70-100) met PR					

\* LEAB en Lynpave zijn door CROW-AKL en/of RWS-ITC gevalideerd op TRL-8 of -9 voor de groengekleurde mengseltypes.

\*\* Lynpave, DAT-7 en WM-30 zijn goedgekeurde oplossingen binnen hun betreffende oplossingsrichtingen. Alternatieven voor deze producten zijn (nog) niet goedgekeurd door de werkgroep. Geschiktheid van andere producten kan worden aangetoond via de procedure in bijlage 2.

\*\*\* XX% staat voor het maximumpercentage PR wat nog haalbaar is voor WMA. Omdat dit maximum kan verschillen per oplossingsrichting of zelfs per asfaltcentrale, moet de producent dit percentage opgeven (Declared Value DV).

\*\*\*\* "met PmB" betekent dat nieuw polymeergemodificeerd bitumen wordt toegevoegd.

## Leeswijzer

Deze richtlijn bestaat uit twee delen. Het eerste is een algemeen deel, bestaande uit drie hoofdstukken en vijf bijlagen, dat van toepassing is op alle oplossingsrichtingen voor Warm Mix Asfalt (verder genoemd WMA). Het tweede bestaat uit vier bijlagen (A t/m D), die elk ingaan op één specifieke oplossingsrichting.

Hoofdstuk 1 van deze richtlijn geeft een algemene introductie van Warm Mix Asfalt (WMA) en schetst het kader waarin deze richtlijn functioneert. Hoofdstuk 2 gaat dieper in op de technische aspecten en achtergronden van WMA, waarna hoofdstuk 3 aanbevelingen geeft voor de toepassing van WMA.

De bijlagen 1 t/m 5 geven nadere uitwerking aan verschillende aspecten van het algemene deel.

De bijlagen A t/m D gaan elk nader in op één specifieke oplossingsrichting.



## Lijst van afkortingen

AC	Asphalt Concrete (asfaltbeton)
ACM	Autoriteit Consument en Markt
AKL	AsfaltKwaliteitsLoket (onderdeel van CROW) <a href="https://www.crow.nl/asfalt-impuls/projecten/asfaltkwaliteits-loket">https://www.crow.nl/asfalt-impuls/projecten/asfaltkwaliteits-loket</a>
ASPARi	Asphalt Paving Research and innovation (zie <a href="https://aspari.nl">https://aspari.nl</a> )
BRL	Beoordelingsrichtlijn
CE	Conformité Européenne
CROW	Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Weg- en Waterbouw
DGD	Dunne Geluidreducerende Deklaag
DoP	Declaration of Performance
DSR	Dynamic Shear Rheometer (stijfheidstest voor bitumen volgens EN 14770)
DV	Declared Value
FPC	Factory Production Control (bedrijfscontrole, hier specifiek van de asfaltcentrale)
EAPA	European Asphalt Paving Association
EN	Europese Norm
EU	Europese Unie
FTIR	Fourier Transform InfraRed (chemische analyse methode)
GC-MS	Gas Chromatografie – Massa Spectrometrie (chemische analyse methode)
HMA	Hot Mix Asfalt
HSE	Health, Safety and Environment (Veiligheid, Gezondheid en Milieu VGM)
ITC	Innovatie Test Centrum (onderdeel van RWS)
KGO	Karl Gunnar Ohlson (naamgever van een asfalt-mengvolgorde)
LAS	Linear Amplitude Sweep (vermoeingstest voor bitumen volgens AASHTO TP101)
LCA	Life Cycle Assessment, ook wel Life Cycle Analysis (berekenningsmethode voor milieukosten volgens ISO 14040)
LVO-v	Levensduur Verlengend Onderhoud – Verjonging
MSCRT	Multiple Stress Creep Recovery Test (proef voor bitumen volgens EN 16659)
(M)SDS	(Material) Safety Data Sheet (veiligheidsblad behorend bij een chemische stof)
NEN	Nederlandse Norm
OPWA	Omschrijving Productgroep Warm Asfalt (document van NCOB)
PAV	Pressure Ageing Vessel (verouderingsapparaat voor bitumen volgens EN 14769)
PCR	Product Category Rules voor bitumineuze materialen in verkeersdragers en waterwerken in Nederland ("PCR Asfalt" v2.0, 2022)
PmB	Polymeergemodificeerd Bitumen
PR	Partiële Recycling (=asfaltgranulaat)
RAW	Rationalisatie en Automatisering in de Wegenbouw, in deze richtlijn gebruikt als aanduiding voor de Standaard RAW Bepalingen
REOB	Re-refined Engine Oil Bottoms
RWS	Rijkswaterstaat

SOA	Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen (RWS-document)
SMA	SteenMastiekAsfalt
TRL	Technology Readiness Level (zie definities in de bijlage van het Reglement Asfaltkwaliteitsloket) <a href="https://www.crow.nl/downloads/pdf/portals/infra-innovatie/akl/reglement-asfaltkwaliteitsloket-v1-0.aspx">https://www.crow.nl/downloads/pdf/portals/infra-innovatie/akl/reglement-asfaltkwaliteitsloket-v1-0.aspx</a>
VBW	Vakgroep Bitumineuze Werken (onderdeel van Bouwend Nederland)
VGM	Veiligheid, Gezondheid en Milieu
VGW	Verificatie Geschiktheid Wegenbouwmaterialen (RWS-document)
WMA	Warm Mix Asfalt
ZOAB	Zeer Open AsfaltBeton
ZOEAB	Zeer Open EmulsieAsfaltBeton



Het Besluit Activiteiten Leefomgeving en het Besluit Bouwwerken Leefomgeving verplichten bedrijven en instellingen om alle energiebesparende maatregelen met een terugverdientijd van 5 jaar of minder uit te voeren. Ook alle overheden hebben de verplichting om duurzaam in te kopen om de klimaatdoelen voor 2030 en 2050 te halen. Eind 2021 heeft de Vakgroep Bitumineuze Werken (VBW) van Bouwend Nederland het initiatief vanuit de (individuele) leden van VBW ondersteund om te streven naar een verduurzaming van de productie van asfalt. Deze ondersteuning heeft zich concreet gericht op vergroting van de marktacceptatie van wegenbouw-asfaltmengsels geproduceerd bij temperaturen van maximaal 140 °C, zogeheten Warm Mix Asfalt (WMA), met als doel om toepassing te stimuleren. In 2022 heeft het Transitiepad Duurzame Wegverhardingen dit initiatief overgenomen, waarbij concreet de mogelijkheid is verkend om via CROW tot een richtlijn voor WMA te komen. Hierbij is het uitgangspunt dat de WMA-mengsels aan dezelfde prestatie-eisen voldoen als de momenteel gangbare HMA-mengsels.

Hiermee wordt een stap beoogd in de verduurzaming van de asfaltsector, op weg naar de milieudoelen van 2030 en 2050 [13]. Deze verduurzamingsstap wordt bereikt door reducties van het energiegebruik, de CO<sub>2</sub>-uitstoot en de emissie van zorgwekkende stoffen. Deze reducties worden voornamelijk gerealiseerd bij de asfaltproductie in de asfaltcentrale en voor een deel ook bij de verwerking van het asfalt bij de aanleg of het onderhoud van wegen.

Naast verlaging van de asfaltproductietemperatuur wordt verduurzaming van de asfaltsector ook gerealiseerd door gebruik van hernieuwbare, bio-based, bindmiddelen en grootschalig gebruik van secundaire materialen en zo veel mogelijk hoogwaardige recycling van al het bij sloop of onderhoud vrijkomende asfalt. Deze grootschalige recycling valt echter buiten de focus van deze richtlijn, alhoewel lagere asfaltproductietemperatuur uitdrukkelijk geen belemmering voor asfaltrecycling mag vormen.

Om asfalt te kunnen produceren bij maximaal 140 °C en verwerken bij lagere temperaturen zijn aanpassingen nodig aan het productie- en verwerkingsproces en/of aan de samenstelling van het asfalt. Het gewone bindmiddel in asfalt, bitumen, is namelijk bij lagere temperaturen niet vloeibaar genoeg om asfalt te kunnen mengen en verwerken. Voor die aanpassingen bestaan verschillende oplossingsrichtingen, zoals al weergegeven in CROW-publicatie 319 uit 2012 [7]. Met één oplossingsrichting is in Nederland al decennia ervaring opgedaan tot op het niveau van deklagen op snelwegen. Bovendien is deze methode zowel bij het CROW Asfaltkwaliteitsloket (AKL) [10] als via het RWS Innovatie Test Centrum (ITC) gevalideerd en vrijgegeven voor grootschalige toepassing. Enkele andere methoden worden al meer dan een decennium wereldwijd succesvol toegepast en hiermee bestaat ook in Nederland veel ervaring. Er zijn echter ook kansrijke opties, waarmee in Nederland nog minder ervaring bestaat. Alle opties behoeven bij implementatie echter aandacht, voor zover zij afwijken van de toepassing bij bestaande asfaltmengsels.

## 1.1 Doel van deze richtlijn

Het doel van deze richtlijn is meerledig:

- Aan opdrachtgevers en opdrachtnemers duidelijkheid geven welke asfaltmengsels per 1 januari 2025 met welke WMA-oplossingsrichtingen als WMA kunnen worden aangeboden en geaccepteerd als volledig gelijkwaardig aan de reguliere HMA-mengsels uit de Standaard RAW Bepalingen ("RAW");
- Vertrouwen scheppen bij opdrachtgevers dat de goedgekeurde WMA-mengsel/oplossingsrichting combinaties inderdaad gelijkwaardig zijn aan de RAW HMA-mengsels;
- Een aanvulling geven op de Standaard RAW Bepalingen, specifiek voor WMA;
- Een handvat bieden aan nieuwe WMA-asfaltproducenten, betreffende technische aspecten van de verschillende WMA-oplossingsrichtingen, zodat de keuze voor een oplossingsrichting en de implementatie daarvan worden vergemakkelijkt;
- Een handvat bieden aan leveranciers van alternatieve WMA-producten/oplossingen, die vallen binnen de goedgekeurde oplossingsrichtingen, om de gelijkwaardigheid van hun alternatief met de goedgekeurde WMA-producten/oplossingen aan te tonen;
- Een handvat bieden aan opdrachtgevers en opdrachtnemers om eventuele risico's van WMA zo veel mogelijk te beheersen.

In de huidige systematiek (2024) moeten innovaties succesvol zijn gevalideerd in het Innovatietestcentrum (RWS-ITC), dan wel via het Asfaltkwaliteitsloket (CROW-AKL), voordat zij breed geaccepteerd worden als gelijkwaardig aan de mengsels uit de Standaard RAW Bepalingen. Met de voorliggende richtlijn moet een vergelijkbare onderbouwde kwaliteit geborgd zijn. Validatie is dan niet nodig, omdat de onderhavige richtlijn voorziet in een set van (kwaliteits)eisen die paritair door opdrachtnemers en opdrachtgevers is opgesteld. Hiermee is er voldoende vertrouwen in de prestaties van het geleverde eindproduct.

In de praktijk betekent dit dat warm asfalt toegepast kan worden mits er conform de richtlijn wordt gehandeld (of als er wordt uitgevraagd en aangeboden conform het TRL-niveau (Technology Readiness Level) van een AKL-

gevalideerd product of productgroep), én wordt voldaan aan de kwaliteitseisen conform de betreffende RAW Bepalingen.

Bijlage 1 van deze richtlijn geeft een overzicht van alle beschouwde mengseltypes (allemaal conform de RAW) en WMA-oplossingsrichtingen, en de door de werkgroep voor versie 1.0 van de Richtlijn WMA goedgekeurde oplossingsrichtingen per mengseltype. Asfaltproducenten die deze oplossingsrichtingen willen toepassen, moeten daarvoor acceptatievakken aanleggen om hun bekwaamheid in deze techniek aan te tonen (zie paragraaf 1.7).

NB! Het is niet de bedoeling van deze richtlijn om beperkend te werken, integendeel. Dit betekent dat WMA-mengsels die door RWS-ITC of CROW-AKL zijn gevalideerd op een bepaald TRL-niveau, maar niet zijn opgenomen in deze richtlijn, gewoon kunnen worden uitgevraagd en aangeboden volgens dat TRL-niveau.

Vanzelfsprekend zijn nieuwe oplossingsrichtingen voor WMA, die nog niet zijn gevalideerd en die niet in deze richtlijn worden beschreven, daarmee niet uitgesloten van de markt. Integendeel, verdere innovaties zijn gewenst en nodig. Daarom wordt voorzien dat nieuwe WMA-technieken versneld kunnen worden geaccepteerd op basis van volgende versies van deze richtlijn, zodra hiermee voldoende ervaring (in omvang en qua tijd) is opgedaan. Ook voor doorontwikkeling van WMA naar andere mengsels en/of lagere productietemperaturen wordt een versnelde acceptatieprocedure vooralsnog niet uitgesloten. Daarentegen is het ook mogelijk dat oplossingsrichtingen, die op basis van deze richtlijn en de aanleg van enkele acceptatievakken worden geaccepteerd, later worden teruggetrokken indien de praktijkprestaties te kort schieten. Regels hiervoor moeten nog worden opgesteld.

Voor alle innovaties buiten de scope van deze richtlijn (WMA-versies van RAW-mengsels) wordt verwezen naar de vigerende procedures voor validatie van processen en producten, zoals via CROW-AKL en RWS-ITC.

## 1.2 Korte review van beschikbare technologieën

Er zijn vier veelgebruikte (niet product specifieke) oplossingsrichtingen voor het verlagen van productietemperatuur [1, 12]. Dit zijn:

- Verschuimen van bitumen (direct of indirect);
- Toevoegen van additieven, die de viscositeit of de oppervlaktespanning van het bitumen verlagen;
- Koude recycling;
- Combinatietechnieken van bovenstaande oplossingsrichtingen.

In paragraaf 2.2 worden deze opties nader toegelicht.

Opgemerkt wordt dat deze eerste versie van de richtlijn alleen die oplossingsrichtingen behandelt, waarmee in Nederland het laatste decennium al ervaring is opgedaan en die momenteel (begin 2024) in Nederland worden aangeboden door asfaltproducenten. Dit is om de beschouwde oplossingsrichtingen per 1 januari 2025 met vertrouwen te kunnen accepteren. Hierdoor vallen enkele beschikbare technologieën vooralsnog buiten de richtlijn.

## 1.3 Begrippen

Tabel 1. Uitleg van begrippen.

HMA	"Hot Mix Asfalt", d.w.z. asfalt dat wordt geproduceerd bij een temperatuur boven 140 °C.
WMA	"Warm Mix Asfalt", d.w.z. asfalt dat wordt geproduceerd bij een temperatuur van minimaal 100 °C en maximaal 140 °C <sup>2</sup> . NB: Dit is de mengtemperatuur, de mengseltemperatuur bij het verlaten van de mengbak. Vaak zal een deel van de grondstoffen boven de mengtemperatuur worden verhit en een deel onder de mengtemperatuur. Als een asfaltmengsel (bijv. polymeer-gemodificeerd) niet bij maximaal 140 °C kan worden geproduceerd valt het niet onder WMA (en dus deze richtlijn).
Asfalt	Een mengsel van mineraal aggregaat, bitumen en hulpstoffen, dat voldoet aan de eisen uit de NEN-EN 13108-serie. Net als de RAW Standaard Bepalingen beschouwt deze richtlijn alleen asfalt dat voldoet aan NEN-EN 13108-1:2006/C1:2008 (AC), NEN-EN 13108-5:2006/C1:2008 (SMA), of NEN-EN 13108-7:2006/C1:2008 (PA). De bestanddelen kunnen nieuw (primaire) zijn, of gerecycled (secundaire). Secundaire materiaal is vaak afkomstig uit (in meer of mindere mate bewerkt) asfaltgranulaat, afkomstig van gefreesde of opgebroke asfaltverhardingen. Er is echter ook secundaire materiaal van niet-asfalt herkomst, zoals oude spoorballast of slakken.

2) De ondergrens van 100 °C voor WMA is afkomstig van EAPA [1, 12]. Deze wijkt af van de eerder in Nederland gehanteerde waarde van 110 °C volgens CROW Publicatie 319 [7]. De bovengrens van 140 °C voor WMA is wel conform CROW Publicatie 319 [7], hoewel een figuur in [1] en [12] een bovengrens van 150 °C suggereert. De nieuwste EAPA definitie [12] geeft geen harde onder- en bovengrens.

Asfaltgranulaat	Korrelvormige (tot 32 mm) conglomeraten van steenslag, zand, vulstof en bitumen, in origine vrijgekomen bij het frezen van asfalt of het breken van opgenomen schollen asfalt, of productieresten. Asfaltgranulaat dat in asfalt wordt toegepast moet voldoen aan NEN-EN 13108-8:2006/C1:2008 en in de meeste gevallen aan RAW 2020 artikel 81.26.11 <sup>3</sup> . Asfaltgranulaat kan verder worden gebroken, gekneusd, gezeefd en/of gemengd en blijft dan nog steeds asfaltgranulaat heten en valt daarmee nog steeds onder de RAW-beperkingen aan het aandeel asfaltgranulaat voor de verschillende RAW-mengsels. Asfaltgranulaat kan nog verder worden bewerkt, bv door thermische teerverwijdering of door mechanische scheiding van mastiek en steenslag. Het granulaire resultaat van deze bewerkingen heet mogelijk geen asfaltgranulaat meer, afhankelijk van het resultaat van de genoemde bewerking <sup>45</sup> . Dus alle asfaltgranulaat is een secundaire bouwstof, maar niet alle secundaire bouwstoffen zijn asfaltgranulaat.
Aggregaat (of mineraal aggregaat)	Korrelvormige steenachtige materialen, zoals steenslag (tot 22 mm), grind, zand en vulstof. Deze materialen moeten voldoen aan NEN-EN 13043:2003/C1:2006, met inachtneming van NEN 6240:2005/A1:2006.
Bitumen	Bindmiddel dat afkomstig is uit raffinage van aardolie en voldoet aan een van de volgende normen: NEN-EN 12591 (penetratiebitumen), NEN-EN 13924-1 en -2 (harde wegenbouwbitumen) of NEN-EN 14023 (polymeergemodificeerd bitumen PmB).
Hulpstoffen of additieven	Toevoegingen aan asfalt, anders dan bitumen of mineraal aggregaat. Voorbeelden zijn pigmenten (kleurstoffen), afdruipremmers (bv vezels), polymeren, hechtverbeters, antioxidanten, schuimhulpstoffen, harsen, oliën (bv verjongingsolie), waxen, oppervlaktespanningverlagers en viscositeitverlagers. Additieven voor asfalt mogen in Nederland alleen worden toegepast indien zij zijn opgenomen in de OPWA-lijst van NCOB [5] én ze tevens voldoen aan RAW 81.23.04 lid 03 'bewijs van geschiktheid van het product voor toepassing in asfalt' als ook 81.26.01 lid 14 en 15: 'bouwstoffen waarvan de geschiktheid niet is aangetoond op basis van de desbetreffende Europese normen mogen niet worden toegepast'.)
Verschuimen (van bitumen)	Het produceren van bitumenschuim, door een kleine hoeveelheid water toe te voegen aan hete vloeibare bitumen. Dit water gaat koken en expandeert tot stoom en blaast daarmee het bitumen tot schuim. Bij "direct" verschuimen wordt het water apart als vloeistof aan het bitumen toegevoegd, meestal in een zogeheten "expansiekamer" die zich voor de nozzle bevindt op de schuimbalk, waarna het schuim in de mengkamer van de asfaltcentrale aan de vaste bestanddelen wordt toegevoegd. Bij "indirect" verschuimen wordt het water toegevoegd in de vorm van vochthoudende vulstof of dito grover aggregaat of asfaltgranulaat.
Viscositeit-verlager	Een additief dat de viscositeit van het bitumen, al dan niet tijdelijk, verlaagt, dus het bitumen vloeibaarder ("dunner") maakt. NB Enkele viscositeitverlagers worden al veel toegepast als "verjonger" in asfaltmengsels met asfaltgranulaat, om het verouderde bitumen van het asfaltgranulaat te reactiveren en vloeibaarder te maken. Deze toepassing als verjonger valt buiten de scope van deze richtlijn.
Oppervlakte-spanning-verlager	Een additief dat de oppervlaktespanning van het bitumen verlaagt, waardoor de aantrekkingskracht tussen bitumen en aggregaat verbetert, zodat het bitumen beter wil uitvloeien over het aggregaat <sup>6</sup> .
PR	Partiële Recycling. Dit is het percentage asfaltgranulaat in een asfaltmengsel. Uit asfaltgranulaat gewonnen "schone" secundaire mineraal aggregaten vallen buiten het aandeel asfaltgranulaat <sup>3</sup> .

3) Lid 01 van RAW 2020 81.26.11 (digitale versie september 2023) verwijst naar NEN-EN 13108-8:2006/C1:2008, maar lid 03 verwijst naar NEN-EN 13108-8 zonder datering.

4) Uitspraak Rechtbank Den Haag, ECLI:NL:RBDHA:2022:2062, 8 maart 2022, dat Konwé Stone geen asfaltgranulaat (meer) is en dat PR gelijk staat aan asfaltgranulaat. Ook PA Stone is gecertificeerd als steenslag (volgens NEN-EN 13043:2003/C1:2006) en geldt dus niet (meer) als asfaltgranulaat. Dit geldt ook voor "eco granulaat", "eco zand" en "eco filler" uit thermisch gereinigd teerhoudend asfaltgranulaat.

5) Asfaltgranulaat wordt ook wel aangeduid met de Engelse/Amerikaanse afkortingen RA of RAP: Reclaimed Asphalt (Pavement). De Engelse of Amerikaanse definities van deze afkortingen zijn echter niet relevant voor de Nederlandse situatie.

6) Denk aan een druppel water die op een vet oppervlak niet wil uitvloeien, maar als een bolletje op het oppervlak blijft liggen. Als de oppervlaktespanning van het water wordt verlaagd door een beetje zeep in het water te doen, vloeit de druppel wel uit.

Benatten	Omhullen van mineraal aggregaat met bitumen.
TRL	Technology Readiness Level. Dit concept wordt gebruikt om aan te geven hoe ver een product of proces staat in het ontwikkelingsproces. Voor asfalt staan de relevante niveaus uitgewerkt in de bijlage van het Reglement Asfalt-kwaliteitsloket: <a href="https://www.crow.nl/downloads/pdf/portals/infra-innovatie/akl/reglement-asfaltkwaliteitsloket-v1-0.aspx">https://www.crow.nl/downloads/pdf/portals/infra-innovatie/akl/reglement-asfaltkwaliteitsloket-v1-0.aspx</a>

## 1.4 Draagwijdte van de richtlijn

### 1.4.1 Scope, asfaltmengsels

De scope van deze richtlijn beslaat alle asfaltmengsels die voldoen aan de Standaard RAW Bepalingen deelhoofdstuk 81.2 Asfaltverhardingen, uitgezonderd gietasfalt conform artikel 81.26.06, maar dan geproduceerd bij maximaal 140 °C. De mengsels binnen de scope worden verder RAW-mengsels genoemd.

Asfaltmengsels buiten deelhoofdstuk 81.2, zoals waterbouwasfalt, vallen buiten deze richtlijn.

De RAW-mengsels moeten voldoen aan artikel 81.26.01.lid 01, dus aan NEN-EN 13108<sup>7</sup> (-1 AC, -5 SMA en -7 PA). Dit betreft alleen mengsels met bitumen dat valt onder de NEN-EN 12591 (penetratiebitumen), NEN-EN 13924-1 en -2 (harde en multigrade wegebouwbitumen) of NEN-EN 14023 (polymeer-gemodificeerd bitumen). Additieven/hulpstoffen mogen worden toegevoegd, dus ook (bio-based of chemische) harsen of oliën, maar alleen indien de geschiktheid voor de toepassing is aangetoond, en niet als vervanging van het bindmiddel. Geleurd asfalt met blank bindmiddel valt dus buiten de scope, omdat blank bindmiddel niet voldoet aan de bitumen-normen.

Tevens moeten de RAW-mengsels voldoen aan RAW-artikelen 81.26.02 (asfaltbeton AC), 81.26.03 (SMA-NL), 81.26.04 (ZOAB) en 81.26.05 (DGD), o.a. aan de daarin gestelde eisen aan het maximale aandeel asfaltgranulaat én aan het toe te passen type bindmiddel.

Voor een nadere bespreking van de beschouwde mengsels, zie bijlage 1 en paragraaf 2.1.

### 1.4.2 Scope, oplossingen

Deze richtlijn gaat alleen in op een beperkt aantal oplossingsrichtingen, en daarbinnen specifieke oplossingen, waarmee in Nederland volgens de werkgroep voldoende ervaring is opgedaan om versnelde acceptatie verantwoord te laten plaatsvinden. Dit betekent dat de scope van deze richtlijn versie 1.0 voor wat betreft WMA-additieven beperkt is tot enkele specifieke, met merk- en productnaam geïdentificeerde producten, genoemd in bijlagen A t/m D. Richtlijnen voor de procedure om gelijkwaardigheid met deze producten aan te tonen worden gegeven in bijlage 2.

### 1.4.3 Status

Deze richtlijn is een omschrijving van "best practice", opgesteld in een paritaire werkgroep van CROW, en onderworpen aan een tervisielegging. Nieuwe versies kunnen worden genoodzaakt door nieuwe of gewijzigde technieken, of voortschrijdende inzichten.

Om deze richtlijn rechtskracht te geven, zal naar deze richtlijn moeten worden verwezen in bestekken en vraagspecificaties. Teksten daarvoor zullen door CROW worden opgesteld, gepubliceerd op de CROW-website en opgenomen in de RAW-software.

Omdat CROW-richtlijnen, als "best practice" opgesteld in een paritaire werkgroep, de State of the Art vertegenwoordigen, is in de praktijk wel gebleken dat bij arbitrage of rechtszaken veel (bijna-normatieve) waarde aan deze richtlijnen wordt toegekend. Afwijken van CROW-richtlijnen is toegestaan, maar moet wel goed gemotiveerd en onderbouwd worden, om stevig te kunnen staan bij een geschil.

In deze richtlijn wordt concreet gespecificeerd welke WMA-mengsels volgens de werkgroep geaccepteerd en/of voorgeschreven kunnen worden zonder aanvullende eisen of afspraken, zie bijlage 1. Voor andere mengsels geldt dat het de keus van de opdrachtgever is om deze wel of niet te accepteren en onder welke voorwaarden. Daarbij zal de voorschrijver zich moeten realiseren dat de asfaltproductiebranche de uitdrukkelijke wens heeft om vanaf 1 januari 2025 geen HMA meer te leveren, behoudens enkele uitzonderingen.<sup>8</sup> Als een opdrachtgever voor RAW-mengsels, waarvoor een geaccepteerde WMA-oplossing bestaat, een HMA vraagt, zal hij dus zeer waarschijnlijk de tegenvraag krijgen of er een WMA-alternatief mag worden toegepast.

7) Versie 2006/C1:2008

8) Volgens de werkgroep dient gietasfalt vooralsnog niet in WMA geleverd te worden. Voor verdere, voorlopige, uitzonderingen wordt verwezen naar bijlage 1, waarin is aangegeven dat van enkele mengseltypen nog geen geaccepteerde WMA-oplossingsrichting beschikbaar is. Het is zeker niet de bedoeling dat een hogere productietemperatuur wordt ingezet om andere problemen op te lossen, zoals ongunstige uitvoeringsomstandigheden. In paragraaf 2.8 worden aanvullingen aan de regelgeving voorgesteld om bij opstart onder koude weersomstandigheden in beperkte mate een hogere productietemperatuur van WMA-mengsels toe te staan. De vraag is alleen of dergelijke variaties in productietemperatuur in de asfaltcentrale goed zijn te realiseren.

#### 1.4.4 Vervolg op deze richtlijn

Deze richtlijn 1.0 beslaat een afgegrensd aantal asfaltmengsels en WMA-oplossingen. De ontwikkelingen staan echter niet stil. Daarom wordt voorzien dat de paritaire CROW-werkgroep WMA nog enige tijd in functie blijft.

Zoals in paragraaf 1.1 vermeld kunnen in de toekomst volgende versies van de Richtlijn WMA worden opgesteld. Dit kan zijn als aanvulling op deze versie, met:

- Andere geaccepteerde toepassingen (mengsel-types) van de oplossingen in deze richtlijn (bv deklagen die nu nog uitgesloten waren zoals Toplagen voor 2L-ZOAB, of
- Andere oplossingen binnen de oplossingsrichtingen uit deze richtlijn (bv andere oppervlaktetemperatuurverlagers, of andere viscositeitverlagers, of waxen).

Het is de intentie om bovenstaande aanpassingen ook middels een versnelde acceptatieprocedure in te voeren, net als deze versie 1.0 van de richtlijn. Ook kan een herziene versie van de richtlijn nodig zijn als uit de praktijk blijkt dat sommige oplossingen in bepaalde toepassingen helaas toch niet voldoen.

Tenslotte kan een volgende versie van de richtlijn nodig zijn voor mengsels met een productietemperatuur lager dan 100 °C.

### 1.5 Raakvlakken en samenhang met RAW en met andere richtlijnen/ontwikkelingen

#### 1.5.1 RAW

Deze Richtlijn WMA (versie 1.0,  $\leq 140$  °C) moet (voorlopig) een aanvulling vormen op de Standaard RAW Bepalingen (verder te noemen RAW). Mogelijk kan deze aanvulling in de toekomst (deels) overbodig worden, zodra (onderdelen van) deze zijn opgenomen in de RAW. Hierbij kan worden gedacht aan verplichte aanvullende onderzoeken, bv voor het aantonen van de geschiktheid van additieven of productieprocessen. De RAW blijven de basis, de richtlijnen zijn aanvullend.

Opgemerkt wordt dat de RAW en de NEN-EN 13108-serie voor asfaltmengsels al toestaan dat asfalt wordt geproduceerd bij 140 °C of lager<sup>9</sup>. De richtlijn is dan ook primair bedoeld om eventuele twijfels bij opdrachtgevers weg te nemen.

Wel moeten WMA-versies van conventionele mengsels hun eigen typeonderzoek ondergaan, met de aangepaste meng- en verdichtingstemperatuur en met de aangepaste receptuur (bv. additieven) indien van toepassing. Daarbij moet de minimumtemperatuur van het asfaltmengsel (bij aflevering door de centrale in de vrachtauto) worden verklaard op de CE-markering. Typeonderzoeken voor HMA-mengsels zijn dus niet geldig voor de overeenkomstige WMA-mengsels. Dit blijkt uit enkele RAW-artikelen en NEN-EN normen, zie bijlage 3.

Zoals eerder gemeld eist de NEN-EN 13108 serie aantonen van geschiktheid van additieven, maar is vaag over de wijze waarop dat moet worden onderbouwd. Volgens de werkgroep is het wenselijk dat hierover meer duidelijkheid wordt geschapen. Dit geldt overigens niet alleen voor WMA-additieven, maar ook voor andere additieven, zoals verjongingsoliën. Daarbij is de werkgroep van mening dat het uitvoeren van het reguliere typeonderzoek niet voldoende is om de geschiktheid aan te tonen.

Vanzelfsprekend moeten alle bestanddelen van asfalt op de OPWA lijst van NCOB [5] staan. Maar deze lijst geeft alleen een toelating op basis van directe milieuisico's in het kader van de BRL 9320 (waarbij herbruikbaarheid/hergebruik niet wordt beschouwd), zonder dat wordt gekeken naar de effecten op asfalteigenschappen. Net als het type-onderzoek is vermelding op de OPWA lijst dus een noodzakelijke, maar niet voldoende voorwaarde.

Volgens artikel 5.2 (Verkort Verslag) van RAW Proef 62 (Type-onderzoek van asfalt), moet het verkort verslag o.a. omvatten:

9) In de NEN-EN 13108-serie uit 2006 werden nog eisen gesteld aan de minimumtemperatuur van asfaltmengsels. Bij de correctie in 2008 van de NEN-EN 13108-1, NEN-EN 13108-5 en NEN-EN 13108-7 (en ook in de versie van 2016) zijn die eisen verdwenen. Daarbij is echter expliciet vermeld "The minimum temperature of the asphalt mix at delivery shall be declared by the manufacturer."

Bij de publicatie van 2016-versie is onduidelijkheid ontstaan in de markt. Omdat hier sprake is van een geharmoniseerde Europese productnorm, die de basis vormt voor CE-markering is hier sprake van een bijzondere situatie. CEN heeft de versie van 2016 vrijgegeven voor publicatie waardoor nationale normalisatie instituten, zoals NEN, verplicht zijn deze te publiceren en de voorganger in te trekken. In het verleden volgde, na vrijgave door CEN, in de regel citatie in het OJEU (Official Journal of the European Union) binnen circa een half jaar, rond 2016 is dit echter in een impasse terecht gekomen door juridische complicaties op Europees niveau. De versie, met jaartal, die wordt geciteerd in het OJEU (Official Journal of the European Union) is de basis voor CE markering (publiekrecht). Dit kan ook een door normalisatie instituten ingetrokken versie zijn (deze zijn ook nog steeds te bestellen). De versie die is gepubliceerd in 2016 is daardoor in dit kader niet relevant.

In de papieren versie van de Standaard RAW Bepalingen 2020 wordt in artikel 81.26.01.01 verwezen naar de NEN-EN 13108-serie zonder jaartallen, maar in de online versie van de RAW (versie september 2023) staat: "Asfalt moet voldoen aan het bepaalde in NEN-EN 13108-1:2006/C1:2008, NEN-EN 13108-5:2006/C1:2008, NEN-EN 13108-6:2006/C1:2008 of NEN-EN 13108-7:2006/C1:2008." In beide versies (C1:2008 en 2016) staat geen minimumtemperatuur, dus binnen de RAW is WMA helemaal toegestaan.

Rijkswaterstaat noemt in het document Verificatie Geschiktheid Wegbouwmaterialen versie 2024 [3] nog wel de "oude" minimumtemperaturen, maar stelt daarbij: "Bij afwijking van de [...] genoemde temperaturen (warm mix asfalt) moet de geschiktheid vóór toepassing zijn aangetoond onder auspiciën van RWS-GPO door middel van een validatie traject zoals beschreven in Hoofdstuk 2."

c. de aard en eigenschappen van alle hulpstoffen moeten worden opgegeven en overeenstemmen met de specificaties in onderdeel 4.1 van het betreffende deel uit de NEN-EN 13108-serie<sup>10</sup>;

f. een bewijs van geschiktheid van alle bouwstoffen die niet van een CE-markering en prestatieverklaring (DoP) hoeven te zijn voorzien;

Indien de overstap naar WMA ertoe leidt dat additieven gaan worden toegepast, is het voor de risicobeoordeling en het vertrouwen van de opdrachtgevers van belang dat een geschiktheidsonderzoek en de vermelding op het verkort verslag ook werkelijk worden uitgevoerd.

### 1.5.2 Validatie volgens CROW-AKL en RWS-ITC in relatie tot acceptatie volgens deze richtlijn

Validatie via CROW-AKL en RWS-ITC (op verschillende TRL-niveaus) betreft heel specifiek een innovatie van één producent die daarmee veelal ook een marktvoordeel heeft. Met validatie op TRL-8 of -9 kan de betreffende producent in heel Nederland bij alle opdrachtgevers aantonen dat de kwaliteit van het product getoetst is door een expertteam, en dat voldoende praktijkervaring bestaat. Die specifieke innovatie is dan nog niet automatisch voor de gehele markt beschikbaar.

Door deze richtlijn op te stellen wordt bewust de stap gemaakt naar het breed beschikbaar en toepasbaar maken van WMA voor alle marktpartijen. Het voordeel voor de individuele partijen vervalt daarmee, maar de techniek wordt NL-breed toepasbaar. De werkgroep heeft daarbij gefungeerd als expertteam, met een "bril" t.b.v. alle Nederlandse wegbeheerders, en de WMA-technieken tegen de lat gelegd die vergelijkbaar (maar niet gelijk) is met TRL-8/TRL-9.

Aangezien niet alle asfaltproducenten al hebben aangetoond dat zij een specifieke techniek onder de knie hebben, zijn nog wel acceptatievakken nodig; niet om de techniek te toetsen, maar om te toetsen dat de specifieke asfaltcentrale de kennis en kunde in huis heeft om met de techniek ook kwalitatief goed WMA te produceren.

Producenten die op TRL-8 of -9 bij RWS-ITC en/of CROW-AKL zijn gevalideerd voor WMA-oplossingsrichtingen voor beschouwde mengseltypes (zie paragraaf 1.5.1), hoeven voor die oplossingsrichtingen geen acceptatievakken aan te leggen. Om een volledig overzicht te geven van alle geaccepteerde oplossingsrichtingen zijn deze gevalideerde WMA-oplossingsrichtingen wel opgenomen in deze richtlijn, voor zover bekend.

Indien een WMA-oplossingsrichting (voor bepaalde mengseltypes) wel op een bepaald TRL-niveau bij CROW-AKL en/of RWS-ITC is gevalideerd, maar (nog) niet in deze richtlijn is beschreven, valt deze weliswaar buiten de acceptatie volgens de richtlijn. Deze kan dan echter toch worden uitgevraagd en aangeboden volgens dat TRL-niveau, omdat elke opdrachtgever in principe de vrijheid heeft om experimentele materialen uit te vragen of te accepteren.

Voor alle innovaties buiten de scope van deze richtlijn (WMA-versies van RAW-mengsels) wordt verwezen naar de vigerende procedures voor validatie van processen en producten, zoals via CROW-AKL [10] en RWS-ITC.

### 1.5.3 Overige richtlijnen/trajecten

Begin 2024 loopt er een aantal projecten of ontwikkelingstrajecten, die relaties met de onderhavige Richtlijn WMA v 1.0 hebben. Dit zijn onder andere de volgende:

- Een (VBW/RWS) werkgroep om een implementatieplan voor WMA-mengsels op te stellen. Deze werkgroep moet de onderhavige richtlijn gaan implementeren.
- Een CROW-werkgroep om een richtlijn op te stellen voor SMA-NL en ZOAB met PR. Indien deze mengsels breed worden toegelaten, is het gewenst dat deze ook in WMA kunnen worden uitgevoerd.
- Asfalt Impuls project Functioneel opleveren. De methodieken voor functioneel opleveren van HMA zijn ook (eventueel aangepast) toepasbaar voor WMA, zodat functioneel zou kunnen worden gecontroleerd of de aangeboden kwaliteit is geleverd, zonder op samenstelling te hoeven controleren of bijv. een aangeboden additief ook werkelijk is toegepast. De eisen aan de proefresultaten zijn echter per april 2024 nog niet vastgesteld.
- Asfalt Impuls project Grip op Asfalt. De beproevingen die voor HMA-bitumen en HMA-mengsels zijn beschouwd om meer grip te krijgen op bitumen en de daarvan afhankelijke asfalteigenschappen, kunnen mogelijk ook (eventueel aangepast) toepasbaar zijn voor WMA.
- Lopende projecten om WMA-asfaltmengsels, geproduceerd met een of meer goedgekeurde technieken, op te nemen in de Nationale Milieu Database middels het uitvoeren van een LCA, conform de vigerende PCR asfalt in een nieuwe 'LCA achtergrondrapportage voor Nederlandse branchereferentiemengsels'.

Bovenstaande aspecten zullen dus niet uitgebreid in deze Richtlijn WMA v1.0 worden behandeld. Wel zullen de raakvlakken worden benoemd.

10) In NEN-EN13108-1:2006/C1:2008 staat dat additieven bij de samenstelling moeten worden opgegeven: "het bindmiddelgehalte, het percentage dat door de zeef van 0,063 mm gaat en het eventuele gehalte aan toeslagstoffen moeten worden uitgedrukt met een nauwkeurigheid van 0,1 %." In NEN-EN13108-1:2016 (die echter niet geldig is voor de CE-markering van asfalt) staat aanvullend: "Where appropriate the additive content shall be expressed to 0,01 %". Dit kan worden gelezen dat additieven bij een hoeveelheid van meer dan 0,005% moeten worden verklaard, maar niet bij een lager aandeel. Bij 0,2% additief in nieuw bitumen, en 2% nieuw bitumen in mengsel, wordt echter slechts 0,004% additief gedoseerd, afgerond (op 0,01%) dus 0,00%, en zou het additief dus niet gedeclareerd hoeven te worden. Bij afronding op 0,1% zou zelfs een additief van 1% in nieuw bitumen bij 4,4% nieuw bitumen niet gedeclareerd hoeven te worden. De werkgroep vindt dit ongewenst en eist daarom opgave van alle additieven op een bijlage bij het verkort verslag, zie paragraaf 2.8.



## 1.6 WMA in relatie tot Veiligheid, Gezondheid en Milieu

Er is veel onderzoek gedaan naar de kansen en risico's van WMA voor Veiligheid, Gezondheid en Milieu (VGM); nationaal maar zeker ook in de ons omringende landen. Datzelfde geldt voor de technische kenmerken en inzetbaarheid van WMA. In 2024 heeft EAPA hierover twee publicaties uitgebracht [12, 13].

De productie van asfalt bij maximaal 140 °C vermindert het energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-uitstoot tijdens de productie met 10-20% [13]. Daarnaast leidt een lagere asfalttemperatuur tot een lagere blootstelling van de verwerkingsploeg aan asfaltdampen. Vuistregel is dat een verlaging van de asfalttemperatuur met 12 °C een halvering van de asfaltdampen oplevert [13].

Een lagere productietemperatuur betekent in de praktijk een lager volume afgassen uit de "witte" trommel (voor schoon aggregaat) en daarmee een lager totaal afgasdebiet uit de schoorsteen. Het kan ook impact hebben op de samenstelling van de afgassen doordat de verhouding tussen de witte trommel en de paralleltrommel zal veranderen. Uiteindelijk dient de asfaltcentrale te voldoen aan de emissie grenswaarden zoals gesteld in de vergunning.

Daar waar WMA-technieken gebruik maken van additieven dienen deze te voldoen aan dezelfde eisen als additieven die bij HMA worden ingezet. Additieven moeten voorzien zijn van een MSDS op basis waarvan de veiligheidskundige beoordeelt of het product inzetbaar is en onder welke voorwaarden. Dit geldt zowel voor de productie als de verwerking.

Alle beschouwde WMA-additieven zijn volledig geschikt voor toekomstig warm hergebruik.

## 1.7 Beoordelingsproces

De werkgroep heeft willen voorkomen dat intellectueel eigendom van specifieke partijen open beschikbaar komt aan alle marktpartijen, terwijl tegelijkertijd wel inzage benodigd is de informatie over elk van de specifieke oplossingsrichtingen. Vanuit de ACM was al aangegeven dat een werkgroep als zodanig niet het mandaat heeft openbaarheid te eisen van bedrijfsgegevens. Zodoende dat een kleine afvaardiging vanuit de opdrachtgevers in de werkgroep inzage heeft gekregen in alle gewenste onderzoeksresultaten van elk van de specifieke oplossingsrichtingen. Op een aantal momenten is het dossier beschikbaar gesteld, een presentatie gegeven over de breedte van de beschikbare onderzoeksgegevens en vervolgens ingegaan op de diverse vragen. Daarbij is gekeken naar fundamenteel-theoretische testen, functionele onderzoeksgegevens, empirische onderbouwing en ook praktijk beoordelingen. De groep heeft dit ook beschouwd over de diverse asfaltmengsels heen, zowel kwalitatief als kwantitatief. Bij de beoordeling van het dossier is de werkgroep uitgegaan van de beoordelingsaspecten en de onderkende risico's zoals deze ook zijn opgenomen in respectievelijk bijlage 4 en 5.

In de onderhavige richtlijn zijn derhalve geen exacte testresultaten opgenomen, wat niet wegneemt dat deze testresultaten wel beschikbaar zijn geweest in het proces en geleid hebben tot de beoordeling in bijlage 1. Voor alle vlakken die nu op groen gezet zijn is de afvaardiging van opdrachtgevers, op basis van de totale inzage in het dossier, van mening dat dit voldoende vertrouwen geeft om de betreffende techniek nu in te zetten in de transitie naar verlaging van productietemperatuur.

## 1.8 Acceptatievakken

Onder begeleiding van een werkgroep Acceptatievakken (een andere dan de begeleidingsgroep van de voorliggende richtlijn), zullen in 2024 WMA-acceptatievakken aangelegd worden. Het doel hiervan is dat elke asfaltproducent, die WMA-mengsels met een bepaalde WMA-techniek aanbiedt, aantoonst dat daarmee een goede kwaliteit verharding kan worden verkregen.

Hiertoe wordt onafhankelijk en deskundig toezicht gevoerd op de uitvoering en wordt regulier opleveringsonderzoek uitgevoerd. Daarnaast worden extra monsters genomen waarop aanvullende beproevingen worden uitgevoerd. Voor meer informatie, zie <https://www.crow.nl/Onderwerpen/civiele-constructies/innovatieloketten/warm-mix-asfalt/>

De resultaten van deze acceptatievakken, inclusief het besluit over wel of niet acceptatie, zullen in een openbaar register op de CROW-website worden gepubliceerd.

## 2.1 Types mengsels

Deze richtlijn richt zich op een deel van de asfaltmengsels voor de wegenbouw. Dit zijn de zogenaamde RAW-mengsels. Deze mengsels worden beschreven in de Standaard RAW Bepalingen (deelhoofdstuk 81.2):

- Asfaltbeton volgens NEN-EN 13108-1. Dit zijn asfaltbetonmengsels voor (tijdelijke) deklagen, tussenlagen en onderlagen. In asfaltbeton voor (tijdelijke) deklagen mag ten hoogste 30% asfaltgranulaat worden toegepast.
- Steenmastiekasfalt volgens NEN-EN 13108-5 (SMA-NL 5; SMA-NL 8A; SMA-NL 8B; SMA-NL 11A en SMA-NL 11B).
- Zeer Open Asfaltbeton volgens NEN-EN 13108-7 (ZOAB 11, ZOAB 16, DZOAB 16 en 2L-ZOAB 16) Toplagen van 2L-ZOAB 8 en 2L-ZOAB 5 zijn beschouwd, maar niet geaccepteerd, omdat de werkgroep van mening is dat deze begin 2025 (nog) niet met voldoende vertrouwen in WMA kunnen worden uitgevoerd
- Asfaltmengsel voor een dunne geluidreducerende deklaag volgens NEN-EN 13108-5 of 13108-7 (DGD type A en type B). Deze mengsels zijn wel beschouwd door de werkgroep, maar nog niet geaccepteerd, omdat de werkgroep van mening is dat deze begin 2025 (nog) niet met voldoende vertrouwen in WMA kunnen worden uitgevoerd.

Bijlage 1 geeft een overzicht van de door de werkgroep beschouwde mengseltypes, inclusief de beoordeling (wel/niet goedkeuring) door de werkgroep van oplossingsrichtingen voor deze mengseltypes.

## 2.2 Type oplossingsrichting voor verlagen productietemperatuur

Er zijn vier veelgebruikte oplossingsrichtingen voor het verlagen van productietemperatuur. Dit zijn:

- Verschuimen;
- Toevoegen van additieven;
- Koude recycling;
- Combinatietechnieken van bovenstaande oplossingsrichtingen.

Naast deze veelgebruikte oplossingsrichtingen kan wellicht ook de zogenaamde KGO-mengvolgorde (zie paragraaf 2.2.5) van de bestanddelen van het asfalt een lagere productietemperatuur mogelijk maken, al dan niet in combinatie met andere oplossingsrichtingen.

In onderstaande paragrafen worden deze opties nader toegelicht.

Opgemerkt wordt dat niet alle mogelijke oplossingsrichtingen worden uitgewerkt in deze richtlijn. Deze versie 1.0 behandelt alleen die richtingen, waarmee in Nederland het laatste decennium al ervaring is opgedaan en die momenteel (begin 2024) in Nederland worden aangeboden door asfaltproducenten. Accepteren van oplossingsrichtingen zonder Nederlandse ervaring wordt door opdrachtgevers momenteel als te risicovol beschouwd. Verder wordt opgemerkt dat er al vaak viscositeitverlagende additieven worden toegepast als "verjonger" in asfaltmengsels met asfaltgranulaat, om het verouderde bitumen van het asfaltgranulaat te reactiveren en vloeibaarder te maken. Dit gebeurt zowel in HMA- als WMA-mengsels. Deze toepassing als verjonger valt buiten de scope van deze richtlijn, maar kan wel interactie vertonen met temperatuurverlaging voor WMA. Daarbij wordt opgemerkt dat de voor verjonging gewenste viscositeitverlaging niet alleen nodig is tijdens de asfaltproductie en -verwerking, maar ook tijdens de gebruiksfase. Het verjongingsmiddel hoeft dus niet uit te harden na aanleg. Integendeel, het verjongde bitumen moet bij voorkeur eenzelfde ontwikkeling van stijfheid, taaierheid en temperatuurgevoeligheid hebben als een regulier pen-bitumen.

Naast additieven worden ook bitumina aangeboden waarin de leverancier al additieven heeft toegevoegd voor een lagere productietemperatuur. Zulke preblend bitumen, in deze richtlijn gedefinieerd als bitumen met daarin een additief specifiek voor het produceren bij een lagere temperatuur, vallen onder de richtlijn als het additief past binnen één van de goedgekeurde technieken die in de richtlijn zijn beschreven, én het gelijkwaardig is; primair op het niveau van bindmiddel + additief, en secundair op mengselniveau. Het aantonen van gelijkwaardigheid is beschreven in bijlage 2 van de richtlijn.

Bovenstaande vereist dat bekend is wat voor additief is gebruikt. Sowieso dient dit te zijn vastgelegd in het MSDS van het bitumen. Op de CROW-website zullen oplossingsrichtingen, additieven en ook preblends worden opgenomen waarvan de vrije toepasbaarheid conform de richtlijn is goedgekeurd.

### 2.2.1 Verschuimen

Het verschuimen van bitumen is één van de beschikbare technieken die kan worden gebruikt om de mengtemperatuur van asfaltmengsels te verlagen. Verschillende middelen worden gebruikt om kleine hoeveelheden water in het hete bitumen te brengen. Het water verandert in stoom, vergroot het volume van het bitumen en vermindert de viscositeit voor een korte periode. Door de expansie van het bitumen kunnen de aggregaten bij lagere temperaturen worden



omhuld. De viscositeit van het asfaltmengsel neemt af en dat kan beter worden verwerkt. Hierbinnen zijn er verschillende technieken op basis van type verschuimingsbalk en al dan niet toe te passen hulpstoffen:

- Bitumen direct verschuimen met standaard schuimbalk (zie bijlage A);
- Verschuimen volgens aangepaste methode (zie bijlage B);
- Gebruikmaken van vochthoudende vulstoffen, of dito grover aggregaat of asfaltgranulaat.

*In Nederland zijn er eind 2023 geen asfaltproducenten die vochthoudende vulstoffen (zogenoemde zeolieten) toepassen. Daarom wordt deze optie niet uitgewerkt in deze versie van de richtlijn.*

Opgemerkt wordt dat bij de technieken voor het verschuimen van bitumen soms schuim-promotoren worden toegevoegd. Dit zijn additieven die de eigenschappen van het bitumenschuim (expansie en halfwaardetijd) verbeteren en/of de werking tegengaan van de anti-schuim-additieven die bij veel bitumina standaard door de bitumenleverancier worden toegevoegd. Deze schuim-promotoren worden meestal in de asfaltcentrale aan het bitumen toegevoegd, maar soms al door de bitumenleverancier.

Ook wordt opgemerkt dat indirect verschuimen ook optreedt bij het toevoegen van additieven (zie volgende paragraaf) als waterige oplossing.

### 2.2.2 Toevoegen van additieven

Een tweede alternatief is het toevoegen van additieven. Er wordt een onderscheid gemaakt in producten die viscositeit van het bitumen verlagen en producten die de oppervlaktespanning tussen bitumen en steen verlagen.

- Viscositeitverlagers zijn stoffen die de viscositeit van bitumen verlagen. Dit maakt het bitumen vloeibaarder bij lagere temperaturen en gemakkelijker om te verwerken.
  - Bij toepassing van een viscositeitverlager voor productie bij lagere temperaturen, mag die viscositeitverlaging na aanleg van het asfalt niet voortduren, want dan is na aanleg het bitumen nog steeds zacht en dus vervormingsgevoelig en minder stijf. Om dat tegen te gaan zijn er enkele opties:
    - Additieven die alleen boven een bepaalde temperatuur de viscositeit verlagen, zoals was-achtigen. Bij temperaturen boven hun smeltpunt verlagen deze de bitumen-viscositeit, waardoor het asfaltmengsel bij lagere temperaturen kan worden geproduceerd en verwerkt. Bij het afkoelen onder hun smeltpunt blijven ze eerst nog vloeibaar in het asfaltmengsel. Maar nadat het asfalt is aangelegd kristalliseren ze waardoor de stijfheid van het asfalt bij gebruikstemperatuur juist wordt verhoogd. Omdat voor deze optie weliswaar in het buitenland veel ervaring is, maar in Nederland per begin 2024 nauwelijks toepassingen als WMA-additief zijn, wordt deze optie niet uitgewerkt in deze versie van de richtlijn.
    - Additieven die na aanleg op (oxidatieve) chemisch-fysische wijze een hogere viscositeit krijgen. Een sterke mate van dergelijk uithardend gedrag is echter theoretisch moeilijk verenigbaar met toepassing van hetzelfde additief als verjonger (omdat voor die functie het verjongde bitumen juist niet moest uitharden, of niet meer dan een regulier pen-bitumen of PmB). Bij Lynpave blijkt echter in de praktijk geen verbrossing, noch verweking van het asfalt onder gebruikscondities op te treden.
- Oppervlaktespanningverlagers kunnen worden toegevoegd aan bitumen. Door de reductie van de oppervlaktespanning van het bitumen, zal dit het aggregaat bij lagere temperatuur effectief omhullen. Dit is belangrijk voor een goede hechting tussen bitumen en aggregaten. Ook wordt het bitumen beter mengbaar met andere materialen. Dit verbetert de homogeniteit van het mengsel. Oppervlaktespanningverlagers hebben geen significant effect op de viscositeit van het bitumen

Opgemerkt wordt dat beide soorten additieven in principe zowel bio-based als petroleum-based kunnen zijn. De werkgroep heeft besloten dat onderscheid in deze Richtlijn WMA v1.0 niet te maken en alleen te kijken naar de functionaliteit, niet naar de herkomst. De milieuaspecten van herkomstverschillen kunnen bij projectkeuzes worden meegewogen, bijv. in MKI-berekeningen.

Ook wordt opgemerkt dat het toevoegen van een oplossing in water van een additief een (bedoelde) verschuimende werking op het bitumen heeft, naast de basiswerking van het additief.

*Van de viscositeitverlagende additieven voor WMA-temperatuurverlaging is in Nederland alleen met Lynpave veel ervaring (zie bijlage D). Andere producten, zoals Anova 1817 en Rheofalt HM zijn per begin 2024 naar de mening van de werkgroep nog onvoldoende toegepast om opgenomen te worden in de eerste versie van deze richtlijn. Wel is Anova 1817 in een aantal mengseltypen gevalideerd bij CROW-AKL en kan dus volgens de regels van CROW-AKL worden uitgevraagd en aangeboden. Verder wordt opgemerkt dat Lynpave essentieel afwijkt van de andere genoemde viscositeitverlagers, omdat Lynpave wel een enigszins uithardende werking heeft en de andere niet.*

*Een vergelijkbare situatie geldt voor oppervlaktespanningverlagende additieven, waarbij alleen met Evotherm DAT-7 en Evotherm WM-30 veel Nederlandse ervaring is (zie bijlage C). Andere producten, zoals Anova 1503 zijn per begin 2024 naar de mening van de werkgroep nog onvoldoende toegepast om opgenomen te worden in de eerste versie van deze richtlijn. Daarbij wordt opgemerkt dat Evotherm DAT-7 essentieel afwijkt van de andere genoemde viscositeitverlagers, omdat DAT-7 als waterige oplossing wordt gedoseerd en de andere als olie.*

### 2.2.3 Koude recycling

Het proces omvat het toevoegen van koud asfaltgranulaat aan heet materiaal uit de verwarmingstrommel voor schoon aggregaat. Deze indirecte schuimtechniek maakt gebruik van het vocht in asfaltgranulaat om natuurlijk gevormd schuim te genereren. Het grove toeslagmateriaal wordt gedroogd en verhit en vervolgens omhuld met bitumen, waardoor een dikke bindmiddelfilm ontstaat. In de volgende fase wordt het koude en natte materiaal toegevoegd. Het vocht in contact met het hete bitumen veroorzaakt schuimvorming, waardoor de coating van het koude en natte PR wordt vergemakkelijkt. Hierdoor wordt de uiteindelijke mengtemperatuur van het asfalt verlaagd.

*Omdat er van dit proces per begin 2024 nauwelijks aanbieders zijn, wordt deze oplossingsrichting niet uitgewerkt in deze richtlijn.*

### 2.2.4 Combinatietechnieken van bovenstaande oplossingsrichtingen

Er zijn ook combinaties van de eerdergenoemde technieken, zoals:

- Direct of indirect verschuimen in combinatie met een oppervlaktespanningverlager.
- Direct verschuimen met viscositeitverlager
- Verschuimen en oppervlaktespanningverlager en koude toevoeging van (nat) mineraal of asfaltgranulaat

Verschillende asfaltcentrales passen al combinaties van technieken toe voor kritische mengsels of dito aanlegomstandigheden. Een voorbeeld is verschuimen voor de verlaging van de productietemperatuur, samen met toevoegen van een viscositeitverlager of oppervlaktespanningverlager voor verbetering van de verwerkbaarheid. Daarbij worden de voordelen van beide oplossingsrichtingen gecombineerd.

Het nadeel van schuimbitumen is namelijk dat op een gegeven moment het schuim verdwijnt en er gewoon asfalt resteert dat eigenlijk vrij koud (want 140 °C in plaats van 165°C) is voor de viscositeit van het bindmiddel. Dus de opslagtijd (voorraad in silo) is beperkt en ook handwerk wordt lastiger. Zonder additief gaat de productie met verschuimen wel goed maar als het (te) lang in de silo zit, is het schuim weg en heb je asfalt dat vrij koud is en dus moeilijker verwerkbaar. Een mogelijkheid om de verwerkbaarheid toch te verbeteren is dan om ook met een oppervlaktespanningverlager te werken, die werkt op het scheidingsvlak tussen bindmiddel en mineraal aggregaat (als een soort smeermiddel tussen bitumen en steen die het verwerken gemakkelijker maakt en uiteindelijk ook de hechting beter). Een oplossing zou ook een viscositeitverlager kunnen zijn, waardoor het asfalt wat plastischer blijft en daardoor het verwerken gemakkelijker maakt. Voordelen van de combi: verschuimen als temperatuurverlager voor de goede omhulling tijdens productie en het additief voor goede verwerking en verdichting.

Er zijn geen nadelige gevolgen bekend van dergelijk combineren van technieken. Binnen de scope van deze richtlijn vallen echter alleen combinaties van technieken die ieder afzonderlijk voor het betreffende mengseltype binnen de richtlijn zijn goedgekeurd.

### 2.2.5 KGO-mengvolgorde

De KGO-mengvolgorde is genoemd naar de uitvinder, de Zweed Karl Gunnar Ohlson [6]. Bij deze mengvolgorde wordt eerst het grove (> 4 mm) aggregaat gemengd met het bitumen. Pas daarna worden met een gelijkmatig tijdsverdeling eerst de vulstof en daarna het fijne aggregaat (< 4 mm) toegevoegd en gemengd. Conventioneel wordt in Nederland meestal eerst alle aggregaat gedoseerd en gemengd, waarna het bitumen wordt toegevoegd en gemengd. Daarvan wordt soms afgeweken bij toepassing van (hoge percentages) asfaltgranulaat, waarbij de nieuwe vulstof als laatste wordt gedoseerd.

Doordat het pure bitumen veel vloeibaarder is dan de mortel (bitumen met vulstof) of de mastiek (bitumen met vulstof en zand), wordt bij de KGO-methode makkelijker een goede omhulling van het grove aggregaat bereikt. Dat grotere omhullingsgemak kan mogelijk gebruikt worden voor een verlaging van de mengtemperatuur [1].

*Omdat voor deze optie in Nederland per begin 2024 geen aanbieders zijn, wordt deze optie niet uitgewerkt in deze versie van de richtlijn.*

## 2.3 Risicotypering bij aanpassing productie- en verwerkingstemperatuur

Het selecteren van de juiste WMA-oplossing hangt af van de beoogde toepassing, de specifieke project omstandigheden en de gewenste eigenschappen van het eindproduct. De eerste werkgroep uitfaseren HMA heeft een lijst opgesteld met aspecten die daarbij van belang zijn. Deze lijst is opgenomen in bijlage 4 van deze richtlijn.

Bij oplossingen waarbij de viscositeit van het bindmiddel wordt veranderd, moet niet alleen bij productie en verwerking een juiste viscositeit worden gerealiseerd. Ook onder gebruiksomstandigheden moet de viscositeit zodanig zijn dat zowel de weerstand tegen permanente vervorming als de weerstand tegen scheurvorming en vermoeiing voldoende is.

Volgens de werkgroep liggen de grootste risico's van WMA bij de volgende aspecten:

- Mogelijke ongunstige HSE-(Health, Safety, Environment) van additieven<sup>11</sup>, zowel bij eerste WMA-productie en -verwerking, als tijdens verkeersgebruik en bij herhaalde recycling, ook bij temperaturen boven 140 °C;
- Mogelijke ongunstige lange-termijn invloed van additieven tijdens verkeersgebruik van het asfalt en bij (herhaalde) recycling,
  - Hogere of juist lagere viscositeit met invloed op stijfheid, vorstgevoeligheid, vervormingsweerstand, vermoeiingsweerstand en scheur- en rafelingweerstand;
  - Compatibiliteit met andere additieven/ polymeren;
  - Toekomstige recyclebaarheid, ook bij (veel) lagere temperaturen dan 100 °C;
- Restvocht in het WMA-mengsel (wegens minder droging van grondstoffen bij lagere productietemperatuur, of juist actief toevoegen in het WMA-proces), met daardoor risico op water- en vorstgevoeligheid;
- Verminderde verjonging/ heractivering van bitumen uit AG;
- Verminderde kwaliteit (stijfheid, vermoeiingsweerstand, vervormingsweerstand en watergevoeligheid), zowel bij het type-onderzoek als na aanleg in de weg;
- Verminderde opslagtijd (met name bij schuimbitumen) / verwerkingstijd;
- Verminderde hechting met de onderliggende laag, als het hechtvlak niet goed droog is;
- Verminderde verdichtingsgraad door verminderde verdichtbaarheid, vooral bij ongunstig weer, dunne laagdikten, naden, daglassen, stopplekken en handwerk;
- Verminderde natte en droge aanvangstroefheid door kleiner tijdvenster voor afstrooien.

Een uitgebreidere lijst van risico's staat in bijlage 5.

Om deze risico's te mitigeren dienen WMA-producenten, in elk geval voor de acceptatievakken, eenmalig nadere onderzoeken te doen /gedaan te hebben, meer dan het reguliere type-onderzoek<sup>12</sup>, om aan te tonen dat eventuele additieven:

- Geen ongunstige HSE-effecten hebben;
- Geschikt zijn voor hun beoogde toepassing;
- Geen ongunstige invloeden hebben op de civieltechnische eigenschappen op de lange termijn;
- Geen ongunstige invloeden hebben op de recyclebaarheid van asfalt;
- Compatibel zijn met andere gebruikelijke additieven en bitumen-componenten.

Een klein deel van bovenstaande aspecten, namelijk de uitloping volgens het Besluit Bodemkwaliteit, wordt onderzocht voor opname op de OPWA lijst van NCOB [5]. Overige aspecten zoals gas-emissies, of lange-termijn eigenschappen, worden daarbij niet beschouwd.

Zowel bij HMA als bij WMA is de verwerking erg belangrijk om de uiteindelijke kwaliteit in de praktijk te realiseren. Voorbeelden van beheersmaatregelen, zowel bij HMA als bij WMA, zijn hieronder beschreven. Deze zijn afhankelijk van oplossingsrichting, asfaltmengsel, constructie, ondergrond en weersomstandigheden. Het is dus onhaalbaar om hier generieke richtlijnen voor te maken.

- Controle van vochtgehalte van bouwstoffen, voor en na verwarmen.
- Een langere verblijftijd van vochtig aggregaat in de witte trommel voor schoon aggregaat, zodat ook bij lagere temperaturen het vocht verdampt en het vochtgehalte van de afvoergassen daalt. (Dit is asfaltcentrale-specifiek en niet in standaardregels vast te leggen.)
- Controle van het vochtgehalte van het geproduceerde asfaltmengsel, aanvullend op de FPC.
- Wegontwerp gebaseerd op zoveel mogelijk machinale aanleg: bijv. verkeersdruppels aanbrengen na asfalteren of putdeksels inboren na asfalteren.
- Planning van asfaltwerk in het voorjaar, de zomer en het vroege najaar, rekening houdend met eventueel nachtwerk (dus geen deklagen als nachtwerk in de winter). Hiervoor moeten opdrachtgevers bestekken tijdig op de markt brengen en dus ook tijdig voorbereiden.
- Voorkómen van restvocht op het hechtvlak met de laag onder het WMA.
- Uitstellen van asfalteren bij ongunstig weer.
- Controle van (homogeniteit van) mengseltemperatuur bij aankomst op het werk, in de hopper, achter de balk en na het walsen.
- Toepassen ASPARi-technieken (Asfalt Impuls High Tech – Low Cost).
- Voorkom handwerk door ander ontwerp (zie boven) of door de inzet van aanvullend klein materieel (smalle asfaltspreider, mini-shovel, mini-graver, kleine wals).
- Zo nodig inzet van een bandenwals, meer walsen of walsen met hogere lijndruk dan gebruikelijk.
- Zo nodig lagere snelheid van de asfaltspreider en de walsen dichter achter de spreider.
- Voorkómen van stopplekken.

11) Dit betreft de HSE/effekten van de additieven zelf, omdat, zoals vermeld, de emissies van het asfalt sterk dalen door de verlaagde productie- en verwerkingstemperatuur.

Voor de HSE-effecten van additieven wordt primair verwezen naar de verplichte veiligheidsbladen ((Material) Safety Data Sheet (MSDS)) van de specifieke producten. Hierin staan gegevens over de samenstelling, de CAS-nummers (identificatienummer van een stof bij de US Chemical Abstract Service) of REACH-nummers (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) en de bijbehorende Risk&Safety zinnen en gevaren-symbolen (pictogrammen). Ook zijn hierbij emissie-grenswaarden voor het (veilig) werken met deze stoffen aangegeven.

12) De aanvullende onderzoeken aan de additieven hoeven niet bij elk typeonderzoek te worden herhaald.

- Zo nodig inzetten van een hotbox (om het WMA langer op de juiste verwerkingstemperatuur te houden) voor handwerk of klein machinaal werk.

Afhankelijk van het project, het toegepaste mengsel, weersomstandigheden etc. kan WMA meer risico's hebben dan een HMA. Deels kunnen deze worden gemitigeerd door een aangepast wegontwerp dat handwerk voorkomt, maar ook door aanpassing van de materieelinzet.

Belangrijkste verschil met HMA is dat WMA een lagere warmte-inhoud heeft dan HMA. Bij ongunstige verwerkingsomstandigheden moet hier rekening mee worden gehouden. Een natte ondergrond zal een negatieve invloed hebben op de aanhechting en de verwerkingstijd kan korter worden. Tools zoals Pavecool helpen de verwerker risico's in te schatten en zo nodig maatregelen te treffen dan wel te besluiten de verwerking uit te stellen als de beschikbare tijd te kort is.

Verder is een open, transparante, interactie tussen opdrachtgever en opdrachtnemer waar het gaat om de planning van het werk een vereiste.

## 2.4 Laagdikte WMA vs HMA

### 2.4.1 Contractsituaties en gelijkwaardigheid van mengseleigenschappen

Er wordt soms gevraagd of met WMA-mengsels dezelfde constructie- en asfalddikte kan worden gehanteerd als met overeenkomstige HMA-mengsels. Voor een antwoord op die vraag moeten drie contract-situaties worden onderscheiden, naast technische aspecten.

- 1 Onderhoudsbestek voor vervanging van deklagen, tussenlagen en zelfs (delen van) onderlagen, waarbij de onderste onderlaag blijft liggen. In deze gevallen zal met WMA dezelfde asfalddikte worden verkregen als met HMA.
- 2 RAW-bestek voor nieuwbouw of volledige asfalt-vervanging, met voorgeschreven laagdikten van asfaltmengsels, met voor AC-mengsels voorgeschreven eigenschappen-categorieën (zoals bv. AC base OL-B, of AC surf DL-IB), waarbij deze ook zodanig worden aangeboden, zonder een alternatief aanbod met afwijkende laagdikte. In deze gevallen zal met WMA dezelfde asfalddikte worden verkregen als met HMA. De daarmee verkregen werkelijke kwaliteit en levensduur hangt af van de werkelijke eigenschappen van de uiteindelijk gekozen mengsels, bij WMA niet anders dan bij HMA. Er zijn per begin 2024 geen redenen om aan te nemen dat WMA-mengsels structureel minder presteren dan overeenkomstige HMA-mengsels, bij (verder) gelijke samenstelling en dito verdichtingsgraad, zowel qua gemiddelde eigenschappen als qua spreiding daarin. Onderzoek daarnaar is per begin 2024 lopende. Cheraghian et al [8] hebben een grote hoeveelheid recente studies naar WMA geanalyseerd en vonden zowel betere, slechtere als gelijke eigenschappen van WMA in vergelijking met overeenkomstige HMA-mengsels. Ook een review door EAPA [12] vond overwegend vergelijkbare eigenschappen voor WMA en HMA.
- 3 UAV-gc contract, of alternatief aanbod voor een RAW-bestek, met in OIA geoptimaliseerde laagdikten, op basis van de OIA-parameters uit het typeonderzoek van een specifiek asfaltmengsel (het "ontwerpmengsel"). Omdat geen enkel ander mengsel, zij het HMA of WMA, precies dezelfde OIA-parameters zal hebben als het ontwerpmengsel, zal het vrijwel onvermijdelijk zijn dat met een ander mengsel een iets andere laagdikte zal resulteren uit een OIA-ontwerp. Daarbij kan WMA zowel iets dunner als iets dikker uitvallen dan HMA. Medio 2024 wordt door Rijkswaterstaat in de Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen (SOA) [4] gesteld dat het gebruik van additieven, dus ook die additieven die in deze richtlijn worden genoemd in de vier techniek-specifieke bijlagen A t/m D, leidt tot een praktijk-shiftfactor van 1. Dit leidt tot een verhoging van de laagdikte met 2 – 4 cm, t.o.v. mengsels (HMA of WMA) zonder additieven. De SOA is indirect ook bij veel niet-RWS bestekken van toepassing via CROW Infoblad 473 [11].  
Voor mengsels met verjongings-additieven geldt altijd een shiftfactor van 1, voor zowel HMA, schuimbitumen-WMA, als WMA met WMA-additieven. Dan is er dus geen dikteverschil tussen HMA en alle WMA-soorten.

Om de positieve of negatieve consequenties van eventuele dikteverschillen tussen WMA en HMA (of varianten binnen HMA of WMA) op de milieu-impact van een project goed te beoordelen, moet een MKI-afweging niet worden gemaakt op mengselniveau (MKI/ton), maar op constructieniveau (MKI/m<sup>2</sup>).

### 2.4.2 Praktijk-shiftfactor

RWS hanteert in de Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen SOA [4] een "praktijk-shiftfactor" als vergrotingsfactor van de praktijk-vermoeiingslevensduur ten opzichte van de laboratorium-vermoeiingslevensduur, en ook CROW Infoblad 473 verwijst hiernaar. Deze factor wordt ook vaak "healingfactor" genoemd, naar een van de componenten in deze factor, maar er spelen ook andere aspecten een rol. Voor asfalt met "verse" penetratiebitumen, of een menging daarvan met oud bitumen uit asfaltgranulaat, is de praktijk-shiftfactor afhankelijk van de (gemengde) bitumenhardheid en het bitumengehalte, en heeft vaak waarden tussen 2 en 4. Voor bitumen met additieven of polymeren stelt RWS de praktijk-shiftfactor gelijk aan 1. Dit geldt o.a. voor asfalt met asfaltgranulaat en "verjonger".

Hiervan wordt de praktijk-vermoeiingslevensduur dus een factor 2-4 lager gesteld dan van asfalt (WMA of HMA) zonder additieven met dezelfde bitumenhardheid en bitumengehalte. Dit betekent dat met asfalt met additieven circa 2-4 cm dikker moet worden ontworpen.

Bij WMA geldt voor de praktijk shiftfactor dezelfde benadering als bij HMA. Het toepassen van een additief zal leiden tot een shiftfactor van 1. De SOA maakt hierbij geen onderscheid naar hoeveelheid of doel van het additief.

## 2.5 Aanpassingen aan de reguliere onderzoeken voor WMA-mengsels

Er zijn voor WMA geen algemeen geldende aanpassingen aan de reguliere onderzoeken aan asfalt. Voor aanpassingen die specifiek zijn voor bepaalde oplossingsrichtingen wordt verwezen naar de betreffende bijlagen A t/m D.

## 2.6 Beperkingen en uitdagingen

Deze richtlijn is niet van toepassing voor:

- 1 Alle asfaltmengsels die vallen buiten de in paragraaf 1.5 beschreven scope van de richtlijn.
- 2 Alle oplossingen en oplossingsrichtingen die niet vallen onder (combinaties van) de oplossingsrichtingen zoals die staan beschreven in bijlage A t/m D en in bijlage 1 van deze richtlijn.
- 3 Toepassing van bovengenoemde beschreven oplossingsrichtingen voor mengsels waarvoor die oplossingsrichting niet als "groen" zijn gewaardeerd door de werkgroep, zie bijlage 1.

De werkgroep ziet per begin 2024 geen redenen om WMA niet toe te passen voor de asfaltmengseltypes waarvoor in bijlage 1 WMA-oplossingen beschikbaar zijn. Ongunstige weersomstandigheden en/of handwerk en/of kleine projectomvang worden (vooralsnog) niet als doorslaggevende redenen gezien.

## 2.7 Uit te voeren proeven voor de acceptatievakken

Voor de acceptatievakken is door een aparte werkgroep een protocol opgesteld, met daarin o.a. een set met eisen aan toezicht, monsterneming, beproeving en toetsing van de proefresultaten. Voor meer informatie hierover wordt verwezen naar dit document, dat gepubliceerd zal worden op de website van CROW: <https://www.crow.nl/Onderwerpen/civiele-constructies/innovatieloketten/warm-mix-asfalt/>

## 2.8 Aanvullingen op de Standaard RAW Bepalingen ten bate van WMA

De Standaard RAW Bepalingen, Proef 62 Typeonderzoek van asfalt, artikel 5.2 Verkort verslag, moeten worden aangevuld met:

"Voor asfaltmengsels, geproduceerd op maximaal 140 °C, moet het verkort verslag worden aangevuld met een bijlage, waarin staan vermeld:

- a. De maximale productietemperatuur (uitgang mengbak);
- b. De minimale leveringstemperatuur (uitgang voorraadsilo bij belading van de vrachtwagen);
- c. De minimale temperaturen voor begin en einde verwerking;
- d. Een opgave van de gebruikte WMA-techniek;
- e. Een opgave van de aard en eigenschappen van alle hulpstoffen, ongeacht de hoeveelheid of concentratie, waarbij, in aanvulling op de NEN-EN 13108-serie, ook de hulpstoffen moeten worden verklaard die in concentraties lager dan 0,01% in het asfaltmengsel aanwezig zijn, ook indien deze preblendend in bitumen aan de asfaltcentrale worden geleverd."

Tevens geldt voor WMA het volgende:

"Als dat vanwege opstarten van een werk, en/of vanwege omschakeling in de asfaltcentrale tussen HMA en WMA, nodig is, mogen de eerste en/of laatste 60 ton van het WMA tot maximaal 20 °C heter worden geproduceerd en verwerkt, dan aangegeven op het CE-blad dan wel het verkort verslag van het type-onderzoek van het WMA of de aanvulling op dat verkort verslag. Daarbij dient echter wel het overeengekomen WMA-mengsel te worden geleverd, en niet een daarvan afwijkende samenstelling."

Warm mix asfaltmengsels reageren iets stugger dan HMA. Hiervoor zijn mogelijk aanpassingen in het gehele proces nodig: van het ontwerp op de tekentafel tot en met de verwerking met eventueel additioneel aangepast materieel.

### 3.1 Ontwerp en planning

De opdrachtgever moet bij toepassing van WMA, nog meer dan bij toepassing van HMA, zorgvuldig opdrachtgeverschap betrachten en zo veel mogelijk de optimale randvoorwaarden scheppen voor een kwalitatief goede uitvoering. Enkele facetten daarvan zijn:

- Asfaltdikte ontwerpen met robuuste laagdikten;
- WMA uitvragen, of accepteren als wijziging in lopende contracten;
- Handmatige verwerking blijkt iets lastiger omdat WMA iets stugger is. Het ontwerp moet zodanig zijn dat handwerk en belemmeringen worden geminimaliseerd. Enkele voorbeelden zijn: inboren van putdeksels, uitzagen en construeren van verkeersdruppels, etc. nadat het asfalt is aangebracht.
- Zorgen voor adequate tijdsplanning van asfaltwerk in het late voorjaar en de zomer, rekening houdend met eventueel nachtwerk. Weersomstandigheden worden belangrijker als er sprake is van mogelijk handwerk. Warm mix asfalt heeft een lagere warmte inhoud dan heet asfalt. Met name bij dunnere dekklagen moet extra aandacht worden besteed. Ook de planning van het werk moet zodanig zijn dat de kritische lagen niet bij slechte weersomstandigheden worden geconstrueerd. Kritische dekklagen met WMA kunnen dan niet in koude seizoenen worden aangebracht.
- Hiervoor moeten opdrachtgevers bestekken tijdig op de markt brengen en dus ook tijdig voorbereiden.

### 3.2 Productie

De asfaltproducent moet voor WMA-mengsels:

- Onderzoek doen (of overnemen) naar de geschiktheid van eventuele additieven, van welke aard dan ook;
- Per mengsel een typeonderzoek doen volgens RAW proef 62<sup>13</sup>, met het WMA-mengsel bereid op WMA-productietemperatuur, en daarvan een volledig en een verkort verslag (met aanvullingen volgens paragraaf 1.8 van deze richtlijn) opstellen, inclusief vermelding van hoeveelheden<sup>14</sup> en soort additieven en minimum en maximum temperaturen;
- Een productievoorschrift opstellen voor het WMA-mengsel (protocol of programma molenbesturing), inclusief additionele controles en terugkoppelingen op specifieke aspecten zoals restvochtgehalte<sup>15</sup>;
- Het mengsel produceren conform productievoorschrift;
- Bedrijfscontrole uitvoeren, volgens molenregistraties en FPC, zo nodig aangevuld met specifieke WMA-aspecten ("FPC+"), zoals het bepalen van het restvochtgehalte bij de verschillende schuimbitumen-oplossingen;
- In samenspraak met de verwerker een verwerkingsvoorschrift opstellen.

### 3.3 Transport

Het transport van warm asfalt is niet veel anders dan van HMA. Door het kleinere temperatuurverschil met de omgeving is er mogelijk relatief minder afkoeling, wat kan resulteren in een minder kritische verblijftijd in het transportvoertuig in vergelijking met HMA<sup>16</sup>. Daarmee is er minder risico op grote temperatuurverschillen in de hoeken van de vrachtauto. Dit biedt een zekere flexibiliteit in de logistiek. Echter, net als bij HMA, afhankelijk van de weersomstandigheden, blijft lokale afkoeling een risico, wat kan leiden tot de vorming van koude brokken in het asfalt. Daarom is goed geïsoleerd transport van cruciaal belang, net zoals bij HMA. Bij langere transporttijden kan het nodig zijn de productietemperatuur enkele graden te verhogen, afhankelijk van de isolatiegraad van de vrachtwagens. Deze verhoging blijft nog altijd onder de maximale productietemperatuur van 140 °C. De inzet van asfalttrailers met

13) Vooralsnog heeft de werkgroep geen reden gezien om het type-onderzoek van WMA-mengsels structureel uit te breiden met aanvullende proeven, soms "Typeonderzoek-plus" of "TT+" genaamd. Er is wel gesuggereerd om de termijnen tussen proefstukvervaardiging en beproeving te verlengen, omdat diverse WMA-producten een langzamere ontwikkeling van eigenschappen hebben dan HMA, zodat een WMA-typeonderzoek met normale termijnen een onderschatting geeft van de praktijk-eigenschappen. Ook is wel gesuggereerd om molengemengd materiaal toe staan voor schuimbitumen-WMA, omdat het schuim/mengproces uit de asfaltcentrale moeilijk valt te dupliceren met laboratoriumapparatuur. Beide suggesties zijn echter niet overgenomen voor deze richtlijn.

14) De bepaling van de gewenste hoeveelheid additief (bv verjonger, viscositeitverlager, oppervlaktespanningverlager) is de verantwoordelijkheid van de asfaltproducent. Dit kan o.a. afhankelijk zijn van het gebruikte additief, de pen-grade van het nieuwe bitumen en het bitumen in het asfaltgranulaat, het gehalte asfaltgranulaat en het bitumengehalte. De producent hoeft alleen de aanwezigheid te verklaren, niet de hoeveelheid en hoe hij dit heeft bepaald.

Ditzelfde geldt ook voor de hoeveelheid water bij toepassing van schuimbitumen.

15) Internationaal is het maximale gehalte restvocht in schuimbitumenmengsels na productie gesteld op maximaal 0,5%. Enkele Nederlandse aanbieders van schuimbitumen WMA hanteren een grens van 01%.

16) Dit hangt zowel af van de afkoelsnelheid (die daalt als de asfalttemperatuur daalt), als van het maximaal toelaatbaar temperatuurverschil tussen levering vanaf de asfaltcentrale en storten in de hopper van de asfaltspreider. Als dat laatste bij WMA en HMA gelijk is, dan is er bij WMA meer tijd beschikbaar.



schuif-vloer kan helpen om afkoeling in de vrachtauto en ontmenging bij het lossen te minimaliseren, naast hun voordelen bij hoogte-bepalingen. Het gebruik van digitale systemen zodat de verwerkingsnelheid kan worden afgestemd met de transportlogistiek is aan te raden. Dit voorkomt stilstand van de spreidmachine.

### 3.4 Verwerking

Het asfalteren van WMA-mengsels is gelijk aan het asfalteren van conventionele hete asfaltmengsels. Normaal asfaltmateriaal kan worden ingezet. Materiaal moet zodanig worden ingezet dat handwerk wordt geminimaliseerd. Bij handwerk kan machinale hulp worden ingezet, in de vorm van een mobiele kraan en/of knikmops. Kleine werkvakken met (veel) handwerk zijn momenteel minder geschikt voor het toepassen van warm mix asfalt.

Het inzetten van een voorlader is gewenst om een constantere snelheid van de asfaltspreider te waarborgen.

De verdichtingseisen voor WMA zijn gelijk aan die voor HMA. Net als bij HMA dient de verdichting plaats te vinden in een bepaald verdichtingsvenster. Het afkoelgedrag van een WMA-mengsel is gelijk aan het afkoelgedrag van hot mix asfalt. Bij WMA ligt het startpunt van de afkoeling alleen bij een lagere temperatuur, terwijl soms ook het verwerkings-eindpunt van de afkoeling (de ondergrens van het verdichtingsvenster) lager ligt.

Tabel 2. Verwerkingsvenster (indicatief)

Verwerkingsvenster	Start verdichting	Einde verdichting
Conventioneel asfalt (HMA)	150 °C	70 °C
Direct verschuimen (WMA)	130 °C	70 °C
LEAB-mengsels (WMA)	110 °C	70 °C
Lynpave (WMA)	130 °C	40 °C
DAT-7 (WMA)	130 °C	50 °C
WM-30 (WMA)	130 °C	50 °C

NB. Deze temperaturen zijn slechts indicatief. Het verwerkingsvenster kan enigszins verschillen tussen verschillende mengsels binnen dezelfde WMA-oplossingsrichting.

Bij de verwerking moet gestreefd worden (net als bij HMA) naar:

- Voorkómen van restvocht op het hechtvlak met de laag onder het WMA;
- Een constante snelheid van de spreidmachine;
- Geen stilstand van de spreidmachine, vermijden van de zogenaamde stopplekken;
- Homogeen verdichtingspatroon achter de balk;
- Korte afstand van de walsen ten opzichte van de afwerkbalk;
- Walsen dienen een voldoende hoge walsfactor te hebben. Eventuele aanpassing van wals inzet, keuze voor bijvoorbeeld een bandenwals of zwaardere wals;
- Tijdig contact met de asfaltcentrale als de weersomstandigheden verslechteren;
- Naden en aanzetten met prioriteit verdichten;
- Koude naden voorkómen;
- Voorkómen ophoping van het asfaltmengsel vóór de balk;
- Afstrooien (indien gewenst voor de aanvangstroefheid) in het juiste temperatuurvenster (bij voorkeur vanaf de wals direct achter de spreidmachine).

Bovenstaande aspecten moeten worden gekwantificeerd in een verwerkingsvoorschrift per WMA-mengsel, dat door de producent of verwerker moet worden opgesteld.

Het toepassen van WMA vraagt extra aandacht waar het gaat om de mogelijke risico's van een lagere aanvangstemperatuur bij het spreiden en verdichten. De lagere temperatuur kan bij sommige mengselsamenstellingen of verwerkingsomstandigheden een risico geven op onvoldoende verdichting. Met het opstellen van interne richtlijnen, bijvoorbeeld gericht op in te zetten materiaal, kan hier op geanticipeerd worden. Gebruik van (door de asfaltproducent of –verwerker op te stellen) walsprotocollen, al dan niet in combinatie met digitale walsondersteuningssystemen, dragen bij aan (aantoonbare) kwaliteitsbeheersing. Met dergelijke ASPARi-technieken kunnen onvolkomenheden eerder worden ontdekt en tijdig gecorrigeerd door het verwerkings- en verdichtingsproces aan te passen.

Voor de opdrachtgever geldt dat de reguliere opleveringseisen (laagdikte, korrelverdeling, bindmiddelgehalte, verdichtingsgraad, holle ruimte) voldoende zekerheid bieden voor de op te leveren kwaliteit (overeenkomstig het typeonderzoek), waarmee de risico's grotendeels bij de verwerker liggen<sup>17</sup>.

Warm mix asfalt heeft een lagere warmte inhoud dan heet asfalt. Daarom heeft WMA een kleiner vermogen om vocht te verdampen dat zich op het oppervlak bevindt waarop de WMA wordt aangebracht. Het is dus van het grootste belang dat dit oppervlak goed droog is [9]. Verder moet met name bij dunne deklagen extra aandacht worden besteed aan de verwerkingsomstandigheden. Het zogenaamde verwerkingsvenster is soms kleiner en dit kan betekenen dat bij slechte weersomstandigheden moet worden teruggevallen op een hogere temperatuur als het werk ondanks de ongunstige weersomstandigheden toch moet worden uitgevoerd. Het grootste risico met warm mix asfalt in het algemeen is een onvoldoende verdichting bij mengsels met een hoger PR-gehalte. Dit is vanwege het stuggere karakter bij hogere PR-gehalten. In geval er moet worden afgestrooid, is het van belang dit te doen voordat het asfalt te ver is afgekoeld. Omdat het asfaltoppervlak bij aanvang van de verwerking al kouder is dan bij heet geproduceerd asfalt vraagt het tijdig afstrooien (bij voorkeur direct na eerste walsgang) extra aandacht.

- Voorkómen van restvocht op het hechtvlak met de laag onder het WMA;
- Een constante snelheid van de spreidmachine;
- Geen stilstand van de spreidmachine, vermijden van de zogenaamde stopplekken;
- Homogeen verdichtingspatroon achter de balk;
- Korte afstand van de walsen ten opzichte van de afwerkbalk;
- Walsen dienen een voldoende hoge walsfactor te hebben. Eventuele aanpassing van wals inzet, keuze voor bijvoorbeeld een bandenwals of zwaardere wals;
- Tijdig contact met de asfaltcentrale als de weersomstandigheden verslechteren
- Naden en aanzetten met prioriteit verdichten;
- Koude naden voorkómen;
- Voorkómen ophoping van het asfaltmengsel vóór de balk;
- Afstrooien (indien gewenst voor de aanvangstroefheid) in het juiste temperatuurvenster (bij voorkeur vanaf de wals direct achter de spreidmachine).

---

17) Soms wordt betoogd dat onvoldoende Holle Ruimte en dito verdichtingsgraad geen risico voor de opdrachtgever zouden zijn, omdat dit bij opleveringscontrole wordt ontdekt en dan door opdrachtnemer verbeterd of vernieuwd. Dat gaat echter voorbij aan de volgende aspecten: 1. Niet alle opdrachtgevers laten een opleveringscontrole uitvoeren, dus wordt onvoldoende kwaliteit niet altijd ontdekt. 2. Niet alle gebreken worden bij opleveringscontrole ontdekt. 3. Als de opdrachtnemer alle gebreken keurig herstelt, geeft dat toch hinder voor de opdrachtgever, de weggebruikers en de omgeving. 4. Door herstel van gebreken kan een "lappendeken" van reparaties ontstaan, wat ongewenst is.





## Referenties

- [1] The use of Warm Mix Asphalt – EAPA Position paper, Brussel, 2014
- [2] Eindrapportage werkgroep fase 1 uitfaseren HMA, Bouwend Nederland en RWS, 31 augustus 2023
- [3] Verificatie Geschiktheid Wegenbouwmaterialen (VGW) v3.0, Rijkswaterstaat GPO, Utrecht, april 2024
- [4] Specificaties Ontwerp Asphaltverhardingen (SOA), Rijkswaterstaat GPO, Utrecht, april 2024
- [5] Omschrijving Productgroep Warm Asphalt (OPWA), NCOB [https://top-advies.nl/wp-content/uploads/2023/11/OPWA-2023\\_-november-2023\\_v2-final-1.pdf](https://top-advies.nl/wp-content/uploads/2023/11/OPWA-2023_-november-2023_v2-final-1.pdf)
- [6] <https://kgo.se/> ; KGO-mengvolgorde
- [7] Laagtemperatuurasfalt (lta) voor een duurzame verharding, CROW-publicatie 319, 2012
- [8] Warm mix asphalt technology: An up to date review, G. Cheraghian et al., Journal of Cleaner Production (268), 2020
- [9] Merkblatt für Temperaturabsenkung von Asphalt, FGSV Verlag, Köln, 2021
- [10] <https://www.crow.nl/Onderwerpen/civiele-constructies/innovatieloketten/asfaltkwaliteitsloket/>
- [11] Ontwerpen met asfaltmengsels uit de Standaard RAW Bepalingen, CROW-infoblad 473, Ede, 2015
- [12] Technical Aspects of the use of Warm Mix Asphalt. EAPA Technical Review, Brussel, May 2024 <https://eapa.org/download/17970/?tmstv=1709204907>
- [13] Towards Net Zero - A Decarbonisation Roadmap for the Asphalt Industry; European Asphalt Pavement Association (EAPA), Brussel, June 2024 <https://eapa.org/download/18562/?tmstv=1718893983>

## Bijlage 1 Beschouwde asfaltmengsel-types en goedgekeurde oplossingsrichtingen

Zoals in de hoofdtekst vermeld, is de scope van deze richtlijn beperkt tot de zogenoemde RAW-mengsels: de wegebouw-asfaltmengsels uit de Standaard RAW Bepalingen, uitgezonderd gietafsluit. Omdat het risicoprofiel van WMA niet alleen varieert met de toepassing (onderlaag, tussenlaag of deklaag) en het mengseltype, maar ook van het type bitumen ("gewoon" of PmB) en het aandeel asfaltgranulaat (=PR) heeft de werkgroep de RAW-mengsels onderverdeeld op basis van bitumensoort en het PR-percentage, zie onderstaande tabel. In de tabel staan de door de werkgroep voor versie 1.0 van de Richtlijn WMA goedgekeurde oplossingsrichtingen per mengseltype met groen gemarkeerd. Aanbieders van deze oplossingsrichtingen zullen worden getoetst in de acceptatievakken, tenzij zij zijn gevalideerd op TRL-8 of -9. Rood gemarkeerde oplossingsrichtingen zijn voor het betreffende mengseltype (nog) niet goedgekeurd.

Het beoordelingsproces, waarmee de werkgroep tot goedkeuring of afwijzing is gekomen, staat beschreven in paragraaf 1.7. Randvoorwaardelijk hierin is de bewezen ervaring met de gekozen techniek geweest. Voor de technieken op basis van additieven zijn drie specifieke producten beschouwd waarmee de bewezen ervaring was opgebouwd: Lynpave, DAT-7 en WM-30. Omdat de werkgroep zich bij het opstellen van de richtlijn, en daarmee de acceptatie als toepasbaar product, hierop heeft gericht is het noodzakelijk dat voor andere producten die volgens hetzelfde principe werken, wordt aangetoond dat deze minimaal hetzelfde presteren. Dit is beschreven in bijlage 2.

Als oplossingsrichtingen (nog) niet zijn goedgekeurd door de werkgroep voor bepaalde mengseltypes, kunnen deze desondanks worden uitgevraagd of geaccepteerd door opdrachtgevers die innovaties willen bevorderen. Volgens de werkgroep krijgen zij dan echter producten waarvan de gelijkwaardigheid aan de Standaard RAW Bepalingen (nog) niet is aangetoond.

Tabel 1-1 Beschouwde asfaltmengseltypes en oplossingsrichtingen, en de beoordeling van de gelijkwaardigheid daarvan aan de mengsels uit de Standaard RAW Bepalingen.

Oplossingsrichting	Direct verschuimen	Direct verschuimen	Oppervlakte-spanningverlagers	Viscositeit-verlagers	Combinatie techniek
Oplossing	standaard schuimbalk	LEAB*	(DAT-7 en WM-30)**	(Lynpave)*	(Direct verschuimen + WM-30)
Mengsel					
Onderlaag - OL					
AC base 0% PR					
AC base met PmB, 0% PR					
AC base 1 - 50% PR					
AC base met PmB, 1 - 50% PR					
AC base 51 XX%*** PR					
AC base met PmB****, 51 - XX% PR					
Tussenlaag - TL					
AC bin 0% PR					
AC bin met PmB, 0% PR					
AC bin 1 - 50% PR					
AC bin met PmB, 1 - 50% PR					
AC bin 51 - XX% PR					
AC bin met PmB, 51 - XX% PR					
Deklaag - SURF					

AC surf 0% PR	
AC surf met PmB, 0% PR	
AC surf 1 - 30% PR	
AC surf met PmB, 1 - 30% PR	
SMA	
SMA-NL 5 0%PR (70/100)	
SMA-NL 8 A/B 0%PR (70/100)	
SMA-NL 11 A/B 0%PR (70/100)	
PA	
ZOAB 11 en 16 (70/100)	
DZOAB 16 / 2L-ZOAB 16 (70/100)	
DZOAB 16 / 2L-ZOAB 16 PmB	
2L-ZOAB 5 en 8 (PmB)	
DGD	
DGD-A en B 0%PR (70/100)	
DGD-A en B met PmB, 0%PR	
DGD-A en B (70-100) met PR	
DGD-A en B met PmB en PR	

\* LEAB en Lynpave zijn door CROW-AKL en/of RWS-ITC gevalideerd op TRL-8 of -9 voor de groengekleurde mengseltypes.

\*\* Lynpave, DAT-7 en WM-30 zijn goedgekeurde oplossingsrichtingen. Alternatieven voor deze producten zijn (nog) niet goedgekeurd door de werkgroep. Geschiktheid van andere producten kan worden aangetoond via de procedure in bijlage 2.

\*\*\* XX% staat voor het maximumpercentage PR wat nog haalbaar is voor WMA. Omdat dit maximum kan verschillen per oplossingsrichting of zelfs per asfaltcentrale, moet de producent dit percentage opgeven (Declared Value DV).

\*\*\*\* "met PmB" betekent dat nieuw polymeergemodificeerd bitumen wordt toegevoegd.

# Bijlage 2 Aantonen van geschiktheid van alternatieve producten bij in de Richtlijn geaccepteerde technieken / oplossingsrichtingen

## 1. Principe

De Richtlijn WMA benoemt een viertal technieken die op het moment van het verschijnen van de richtlijn sterk leunen op specifieke (samenstellende) producten in de receptuur. In deze bijlage is uitgewerkt hoe de geschiktheid van een ander product binnen één van deze vier geaccepteerde technieken kan worden aangetoond om deze ook in de richtlijn opgenomen te krijgen. Deze bijlage is niet bedoeld voor andere WMA-technieken die niet onder de huidige richtlijn vallen, die technieken zullen het reguliere validatietraject moeten doorlopen.

Het aantonen van de geschiktheid van andere producten binnen een geaccepteerde techniek is nieuw. Deze bijlage geeft daarvoor de basis, maar verwijst naar een dynamisch document dat kan worden bijgesteld op basis van nieuwe ervaringen. Hierbij zal worden geborgd dat de beoordelingscriteria niet onredelijk verschillen tussen verschillende producten. Dit geschiedt door een open en transparante communicatie tussen aanbieder en beoordelaars. Een team van onafhankelijke deskundigen, samen te brengen door CROW, wordt verantwoordelijk voor de beoordeling.

### *Direct verschuimen, standaard schuimbalk*

Bij de verschuimingstechniek wordt bitumen, voorafgaand aan het mengen met de mineralen geïnjecteerd met water. De wijze waarop het water wordt geïnjecteerd kan in werktuigbouwkundige uitvoering verschillen van leverancier tot leverancier (zie het onderdeel direct verschuimen in bijlage A van de richtlijn). De dosering in het mengsel gebeurt via op verschuimen afgestemde nozzles. De vorming en dosering van het schuim is een mechanisch proces en het nettoresultaat is in alle gevallen hetzelfde: schuim komt in de menger om daar vermengd te worden met de mineralen. De verschillende schuimunits van verschillende leveranciers worden als geschikt beschouwd, deze worden dus niet in deze bijlage opgenomen.

### *Direct verschuimen, aangepaste schuimbalk LEAB*

De LEAB-techniek is als geschikt beoordeeld. Omdat de LEAB-techniek een specifieke uitvoering van de techniek voor direct verschuimen is, wordt deze dus niet apart in deze bijlage opgenomen.

### *Additieven, oppervlaktespanningverlager*

In de richtlijn worden twee specifieke additieven genoemd: Evotherm WM-30 en Evotherm DAT-7. WM-30 is een oppervlaktespanning additief. DAT-7 combineert dit met indirect verschuimen doordat het additief is gemengd met water. Met name voor WM-30 zijn meerdere alternatieven in de markt beschikbaar, die net als WM-30 een amine of een combinatie van vetzuren en amines betreffen. Het aantonen van de geschiktheid is hieraan gerelateerd.

### *Additieven, viscositeitverlager*

Viscositeitverlagers veranderen tijdelijk de viscositeit van het asfaltmengsels. De richtlijn is gebaseerd op de ervaring met Lynpave. Naast Lynpave is in Nederland ook met Anova 1817 en Rheofalt HM in beperkte mate als WMA-additief gewerkt. Het aantonen van de geschiktheid is hieraan gerelateerd.

## 2. Samenvatting van het protocol

Uitgangspunt is dat de hier beschreven route van toepassing is op alternatieve producten die volgens hetzelfde principe werken als de geaccepteerde producten bij technieken die reeds in de richtlijn zijn opgenomen.

Voor de additieven die de oppervlaktespanning en/of de viscositeit beïnvloeden, moet de geschiktheid in drie stappen worden aangetoond:

- 1 Onderbouwing werking en samenstelling
- 2 Onderbouwing functioneel gedrag
- 3 Acceptatievak

Daarna volgt de beoordeling.

Onderstaand is samengevat aan welke invulling van deze stappen moet worden gedacht ten aanzien van het aantonen van de geschiktheid. Een nadere uitwerking (zoals proeven en aantallen) is opgenomen in een beoordelingsprotocol op de website <https://www.crow.nl/Onderwerpen/civiele-constructies/innovatieloketten/warm-mix-asfalt/>

Dat protocol is een levend document en zal telkens worden aangepast naar de stand der techniek en op basis van nieuwe ervaringen.

### *Stap 1. Werking en samenstelling*

De producent / leverancier zal allereerst moeten aantonen dat het werkingsprincipe van het alternatieve product gelijk is aan het bij een techniek toegepaste product zoals beschreven in deze richtlijn. De werking en de samenstelling

zijn dus belangrijk. In de door de producent / leverancier aan te leveren onderbouwing zijn ervaringsgegevens essentieel. Het moet meerjarige ervaring betreffen, dit mag ook buitenlandse ervaring zijn. De ervaringen moeten wel toepassingen in vergelijkbare mengsels en in soortgelijke gebruiksomstandigheden (klimaat, verkeer, ...) betreffen. De vereiste documentatie omvat ten minste:

- Werkingsprincipe;
- Vergelijking met reeds geaccepteerd product in de richtlijn;
- Productspecifieke documentatie;
- Overzicht uitgevoerde onderzoeken;
- Referentielijst praktijktoepassingen (met mengsel-, productie- en verwerkingsinformatie, inclusief jaartallen van aanleg);
- Toepassingsdocumentatie;
- Veiligheidsblad (MSDS);
- Technisch datablad (TDS).

Aanvullend moet het Infrarood Spectrum of een GC-analyse worden bepaald. Deze spectra worden bepaald op ofwel de pure producten (indien het een alternatief in additievorm betreft), ofwel op bindmideelniveau op het moment dat het een preblend alternatief betreft.

De exacte invulling van de onderbouwing van de werking en de samenstelling wordt overgelaten aan de producent / leverancier. Op basis van dit document zou het team van onafhankelijke deskundigen al een kwalitatieve beoordeling van de geschiktheid moeten kunnen maken.

#### *Stap 2. Functioneel gedrag*

Naast de kwalitatieve onderbouwing uit stap 1 moet ook een onderbouwing van het functionele gedrag worden aangeboden. Het onderzoek omvat ten minste:

- Onderzoek op bindmiddel- en asfaltmengselniveau;
- Onderzoek op/met zowel bitumen met het alternatief (waarvan gelijkwaardigheid moet worden aangetoond) (preblend of laboratorium-gemengd), als bitumen met het overeenkomstig product uit de richtlijn;
- Typeonderzoeken uitgevoerd bij de beoogde productietemperatuur.

#### *Stap 3. Acceptatievak*

Het aanleggen van acceptatievakken vindt plaats conform de actuele procedure zoals beschreven op de website voor acceptatievakken: <https://www.crow.nl/Onderwerpen/civiele-constructies/innovatieloketten/warm-mix-asfalt/>

Het aantal benodigde vakken evenals het soort (of de soorten) asfaltmengsel(s) hangt af van de resultaten uit stap 1 en 2 en de afwijkingen ten opzichte van producten toegepast in de reeds geaccepteerde technieken (ten opzichte waarvan een verklaring van gelijkwaardigheid wordt aangevraagd).

### **3. Beoordeling**

Op basis van de resultaten uit de drie stappen kan worden vastgesteld of het alternatieve product voldoende vertrouwen biedt om onder de richtlijn te vallen. Omdat de richtlijn in principe uit gaat van generieke oplossingsrichtingen, is 1-op-1 gelijkheid van een alternatief product niet het doel. Het werkingsprincipe van een alternatief product moet gelijk zijn aan het product beschreven in de overeenkomstige techniek uit de richtlijn. Het onderzoek moet voldoende zekerheid geven dat het alternatieve product hetzelfde effect bewerkstelligt zonder dat het gedrag van het asfalt en bindmiddel na verwerking heel anders (negatief beïnvloed) wordt.

De producent/verwerker stelt een rapportage op met de onderbouwing van de geschiktheid. In deze rapportage is ook opgenomen of er, en zo ja welke, relevante afwijkingen er zijn qua productie en of verwerking van het asfalt ten opzichte van hetgeen in de richtlijn staat. Deze rapportage wordt onafhankelijk beoordeeld en vastgelegd in een beoordelingsverslag. CROW begeleidt de beoordeling door een team van onafhankelijk deskundigen. Dit team wordt eventueel aangevuld met leden van de werkgroep WMA. Daarna volgt opname in de richtlijn of er wordt nadere onderbouwing gevraagd. Zowel de rapportage als de beoordeling worden centraal bewaard en aan de markt ter beschikking gesteld via een website beheerd door CROW.

Naast deze route van gelijkwaardigheid en geschiktheid, is de route van validatie via het AKL op TRL-8 en -9 vanzelfsprekend ook altijd een mogelijkheid.

## Bijlage 3 Regelgeving over productietemperatuur en temperatuur voor type-onderzoek van asfaltmengsels

WMA-versies van conventionele mengsels moeten hun eigen typeonderzoek ondergaan, met de aangepaste meng- en verdichtingstemperatuur en met de aangepaste receptuur (bv. additieven) indien van toepassing. Daarbij moet de minimumtemperatuur van het asfaltmengsel (bij aflevering door de centrale in de vrachtauto) worden verklaard op de CE-markering. Typeonderzoeken voor HMA-mengsels zijn dus niet geldig voor de overeenkomstige WMA-mengsels. Dit blijkt uit onderstaande RAW-artikelen en NEN-EN normen.

RAW Proef 62 artikel 2.5 stelt:

*"2.5 Heet, warm of halfwarm geproduceerde asfaltmengsels*

*De productie van asfalt voor het maken van de proefstukken ten behoeve van het typeonderzoek in het lab moet zoveel mogelijk overeenkomen met de productie van deze asfaltmengsels in een asfaltcentrale. Voor het bepalen van de eigenschappen van asfaltmengsels die geproduceerd worden bij lagere temperatuur (bijvoorbeeld ten behoeve van energie- of CO<sub>2</sub>-reductie) moet tijdens het typeonderzoek dezelfde procedure en proeven gevolgd worden als in deze proef (proef 62) is aangegeven."*

Dit artikel specificeert echter niet verder wat wordt bedoeld met "zoveel mogelijk overeenkomen", qua mengmethode, mengvolgorde, mengtijd, mengtemperatuur, eventuele schuimtechnieken, enz.

Maar RAW Proef 62 artikel 3.1 stelt verder:

*"Proefstukken ten behoeve van het typeonderzoek moeten in het laboratorium vervaardigd worden overeenkomstig onderdeel 6.5.2 van NEN-EN 13108-20<sup>18</sup>. [...] Het asfalt ten behoeve van het maken van proefstukken voor het typeonderzoek moet gemengd worden overeenkomstig NEN-EN 12697-35."*

Daarbij verwijst NEN-EN 13108-20 voor de meng- en verdichtingstemperatuur voor het typeonderzoek naar NEN-EN 12697-35. Die (versie 2016) stelt in artikel 6.1:

*"[...] the reference compaction temperature shall be [...]"*

*- for asphalts designed to be produced at lower temperatures, the temperature at which compaction is intended for the asphalt during normal production.*

*"[...] The target laboratory mixing temperature shall be selected so that the mixture will have cooled to the reference compaction temperature  $\pm 5$  °C when compaction is due to commence [...]"*

Verder stelt NEN-EN 13108-20:2016:

*"7 Type Test Report*

*[...]"*

*7.4 Temperatures*

*The temperature of the mixture used to prepare test specimens shall be declared."*

Dus de proefstukken voor het type-onderzoek van WMA-mengsels moeten worden vervaardigd bij de WMA-verwerkingstemperatuur en die temperatuur moet worden verklaard in het rapport van het type-onderzoek. Omdat het rapport van het typeonderzoek niet openbaar is, is in de voorliggende richtlijn de verplichting opgenomen om de relevante temperaturen te vermelden in een bijlage bij het verkort verslag.

18) In zowel de papieren versie van 2020 als de digitale versie van 2023 van de Standaard RAW Bepalingen wordt in Proef 62 uitsluitend verwezen naar ongedateerde NEN-EN normen. Dus is altijd de meest recente versie geldig.

## Bijlage 4 Beoordelingsaspecten

In het voortraject naar het opstellen van deze Richtlijn WMA v1.0 heeft de "Werkgroep Uitsmeren Hot Mix Asphalt – fase 1", een lijst opgesteld met aspecten, die zouden moeten worden meegewogen voor deze richtlijn. Dit zijn de volgende aspecten:

- Toekomstbestendig (geen belemmering voor verdere ontwikkeling, bij voorkeur door-ontwikkelbaar naar <110 °C, maar mogelijk slechts tijdelijke oplossing)
- Praktijkervaring
  - a) TRL-ervaringsniveau voor de verschillende asfaltlagen: onder, tussen en bovenlagen
- Productietechniek
  - a) Geschiktheid van de installatie
  - b) Vergunbaarheid
  - c) Beschikbaarheid van de techniek (i.h.k.v. Intellectual Property)
- Verwerking & aanleg
  - a) Verwerkingstijd: tijd tussen asfaltproductie tot aan locaties, houdbaarheid transport, verwerking op locatie
  - b) Opslagmogelijkheid van het asfalt
  - c) Machinale mate van aanbrengen
  - d) Inzet van materieel
- Kwaliteit
  - a) Kwaliteit voor verwerking
  - b) Product na verwerking
  - c) Kwaliteit op termijn (levensduur)
- Levensduur
- Hergebruik
  - a) Horizontaal of gelijkwaardig hergebruik van eindproduct.
  - b) Horizontaal hergebruik in het product zelf.
  - c) Compatibiliteit: Techniek toepasbaar met alle varianten die komende 15 jaar vrijkomen
- Emissies
- Milieu impact
- Kosten (investering/ kosten per ton)
  - a) Kosten voor de maker/leverancier
  - b) Kosten voor de opdrachtgever/gebruiker
  - c) Investeringskosten in o.a. nieuwe productietechniek, bijv. pomp en slangen
  - d) Kosten bij reparatie of hergebruik van het materiaal
- Veiligheid menskant
  - a) Effect op duurzame inzetbaarheid
  - b) Effect op persoonlijke gezondheid bij productie en verwerking
  - c) Geur en beleving ten opzichte van andere productietechnieken
- Impact op onderhoud
  - a) Compatibel met bestaande onderhoudstechnieken
  - b) Compatibel met reparatietechnieken
  - c) Compatibel met het onderhoudsregime

## Bijlage 5 Beschouwde risico's

De risico's bij aanpassingen van mengsels/ productietechnieken kunnen verschillen per oplossingsrichting. Daarom is onderstaande lijst opgesteld van risico's, die zijn beschouwd bij het opstellen van de richtlijn. Hierbij zijn enkele noten van toepassing.

- Risico's zijn willekeurig positief of negatief geformuleerd. Bij positieve formuleringen (gewenste eigenschappen) is het risico vanzelfsprekend dat deze onvoldoende worden behaald.
- De lijst is opgesteld voor alle oplossingsrichtingen, dus zowel voor (indirect of direct) verschuimen als voor eventuele additieven. Genoemde risico's van verschuimen of additieven zijn echter alleen relevant voor zover van toepassing.
- Veel risico's zijn niet exclusief voor WMA, maar gelden ook bij HMA, en worden als zodanig in de praktijk van HMA ook al (meer of minder effectief) beheerst. Wel kan WMA de bestaande risico's vergroten, door het opstapelen van risicofactoren.

### Wegontwerp

- Is OIA 2.0 nog toepasbaar, of worden andere bezwijkmechanismen maatgevend?
- Is de healingfactor van mengsels met WMA-additieven gelijk aan 1,0, zoals gesteld in de RWS Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen [4] en het daarnaar verwijzende CROW Infoblad 473, of mogen hogere waarden worden aangehouden, o.b.v. de meng-penetratie?

### Mengselontwerp en Type Test

- Hoe wordt het juiste additief gekozen (gewenste werking, eigenschappen, samenstelling, HSE, re-re-re-cycling)?
- Is elke viscositeitverlager of oppervlaktespanningverlager geschikt? Hoe aantonen geschiktheid van product X?
- Is een additief compatibel met alle gangbare bitumina<sup>19</sup> (inclusief blends met o.a. REOBs)<sup>20</sup> en fossielvrije bio-circulaire bindmiddelen?
- Hebben verschillende additieven invloed op elkaar (bijv. schuimverbeteraars, viscositeitverlagers, oppervlaktespanningverlagers, hechtverbeteraars)?
- Is calciumhydroxide nog actief als hechtverbeteraar in ZOAB?
- Moet RAW proef 62 (Typeonderzoek) worden aangepast? (bv. andere bestervingstijd?)
- Is aanvullend onderzoek naast type-onderzoek nodig en zo ja welk?
- SMA-NL: is er invloed van WMA-techniek op volumetrisch ontwerp?
- Kan de oplossingsrichting ook voor nieuw PmB bij maximaal 140 °C? Voor alle PmB en alle mengsels en alle omstandigheden? Welke beperkingen zijn hier?
- Kan de oplossingsrichting ook met PmB-asfaltgranulaat bij maximaal 140 °C?
- Hoe moet de toegepaste techniek/additief vermeld worden op CE-blad of (bijlage bij) Verkort Verslag?

### Productie

- Wordt het juiste WMA-additief/bitumen geleverd? Hoe wordt gecontroleerd of product X is ontvangen?
- Is er prijsstijging van additieven bij vergrote vraag of (tijdelijk) monopolie?
- Technische storingen in de WMA-onderdelen van de asfaltcentrale?
- Is de installatie al volledig op temperatuur?
- Temperatuurafwijkingen bij variaties in vochtgehalte van grondstoffen en bij variaties in gewenste mengseltemperatuur (schakelen tussen verschillende mengsels met verschillende temperaturen)?
- Is het juiste additief en de juiste hoeveelheid gedoseerd? Controle?
- HSE-aspecten van additieven (ook bij abusief hoge temperaturen), ook eventuele extra emissies door/vanuit het additief?
- Juiste kwaliteit van het bitumenschuim (volume/viscositeit/standtijd)?
- Goede omhulling van asfaltgranulaat en nieuw aggregaat door bitumen (o.a. risico van te veel vocht in aggregaat of asfaltgranulaat)?
- Voldoende verjonging/revitalisering van bitumen in asfaltgranulaat<sup>21</sup>?
  - Menging met verjonger (risico alleen zachte omhulling van black rock)?
  - Dichtvloeiende van microscheuren in bitumen van asfaltgranulaat?
  - Omkering "physical hardening" ("kristallijne veroudering") van bitumen in asfaltgranulaat?
- Compatibiliteit van WMA-additieven met alle overige ingrediënten (ook bij variaties in die ingrediënten)? Specifiek: compatibel met PmB (vers of uit asfaltgranulaat)?

19) Er zijn grote variaties in samenstelling en eigenschappen binnen de bitumina die (kunnen en mogen) worden geleverd binnen de grenzen van de NEN-EN normen voor wegebouwbitumen.

20) Re-refined Engine Oil Bottoms, gedestilleerde fracties uit afgewerkte motorolie, soms (in de EU legaal) toegevoegd aan bitumen als secundaire grondstof, in de EU zonder juridische verplichting om deze toevoeging te vermelden.

21) Er is een uitdaging om het resulterend bindmiddel (uit asfaltgranulaat, plus verjonger, plus nieuw, evt. verschuimd) te beoordelen. Terugwinnen homogeniseert namelijk alle eventuele inhomogeniteiten (bv een lagenstructuur zoals "uierenrokken") en repareert microscheuren / kristallijne veroudering. Dus een proef na terugwinning is blind voor veel fenomenen.



- Robuustheid voor variaties in mengcondities, vooral temperatuur (en evt. mengtijd), bijv. door omschakelingen tussen verschillende mengsels in de asfaltcentrale (risico op afdruipt of juist te stug mengsel)?
- Robuustheid van het productieproces voor variatie in de hoeveelheid additief (risico op afdruipt of juist te stug mengsel)?
- Te lange opslag: ontmenging en/of te veel afkoelen en/of te veel opstijven door verdamping van schuim-water. Gevolgen enerzijds voor de kwaliteit van het asfalt en anderzijds voor eventueel vastlopen van opslagsilo's.
- Condensatie in doekfilters van de asfaltcentrale (en daardoor vastlopen van de installatie) als de temperatuur van de afvoergassen beneden het dauwpunt komt? Bij lagere temperaturen moet er minder vocht in de gassen zitten om aan deze eis te voldoen.
- Eventuele overschrijding van de vergunde/toelaatbare concentratie van vluchtige organische stoffen in de afvoergassen?

#### Transport en verwerking

- Ontmenging?
- Juiste temperatuur bij aankomst (voorschriften voor transporttijd en/of eind-temperatuur en homogeniteit)?
- Voldoen aan verwerkingsvoorschrift?
- Restvocht op hechtvlak?
- Voldoende verwerkbaar (vooral niet te stug): verwerkingsvenster in graden Celsius, benodigde aantal walsovergangen bij verschillende temperatuurbereiken?
- Start werk: is de asfaltspreider op de goede temperatuur?
- Juiste verwerking bij juiste temperatuur. Handwerk en machinaal (spreiden en walsen)?
- Te snel of juist te langzaam afkoelen tijdens walsen?
- Risicovolle omstandigheden / locaties / toepassingen (lage temperaturen lucht en ondergrond, wind, vochtigheid, neerslag / aanzetten, handwerk, randen en naden / dunne lagen, geluidreducerend asfalt, PR)<sup>22</sup>?
- Mogelijk problemen bij zeer stug mengsel?
- Bereik verwerkingstemperaturen (walsen) anders dan gebruikelijk, dus mogelijk fouten?
- Voldoende bestervingstijd?
- Restvocht in nieuwe WMA?

#### Eindproduct in de weg

- Juiste en homogene kwaliteit (laagdikte, samenstelling, verdichtingsgraad en Holle Ruimte, niet verbrijzelen, plus eventueel aanvullende aspecten specifiek voor WMA (functionele eisen?), ook bij naden / aansluitingen / handwerk?
- Heeft een additief nog invloed op eigenschappen na aanleg, bv:
  - Heeft viscositeitverlager nog invloed op vervormingsweerstand?
  - Als een viscositeitverlager tegelijkertijd fungeert als verjonger en als WMA-additief, wat gebeurt er met het verjongende effect als de viscositeitverlager uithardt in de praktijk?
  - Effecten van oppervlaktespanningverlager?,
- Voldoende natte aanvangstroefheid (en droge remvertraging)? Afstrooien bij de juiste temperatuur?
- Kan (aangevulde) opleveringscontrole alle eventuele gebreken ontdekken? Zijn verdichtingsgraad en Holle Ruimte voldoende controle?
- Kan aanwezigheid van (voldoende) additief worden aangetoond? (Of is aantonen overbodig/zinloos als het zijn werk goed gedaan heeft, dus verdichtingsgraad en Holle Ruimte goed zijn? Of (bij voorkeur) kan de werking van het additief / goede kwaliteit worden aangetoond met functioneel opleveren?)

#### Kwaliteit tijdens levensduur

- Versnelde vervorming / rafeling / veroudering / verbrossing / stripping / vermoeiing / vorst(/dooi)gevoeligheid, vooral bij hoge<sup>23</sup> en lage temperaturen? (uitdaging: het lange-termijn gedrag is slecht/niet toetsbaar bij oplevering, o.a. omdat bezwijkmechanismen in de praktijk interacteren.)
- Heeft een additief invloed op de uitzettingscoëfficiënt van het bindmiddel?
- Heeft een additief effect op de hechting van markeringen?
- Heeft een additief effect op de (aanvangs)stroefheid?

#### Levensduur

- Kortere levensduur?
- Onderhoudbaarheid (o.a. LVO-v, ZOEAB, bakvriezen + inlage)?

#### Hergebruik

- Zijn ongewone/kritische grondstoffen detecteerbaar in boorkernen? (vergelijkbaar met CROW-publicatie 210 Richtlijn omgaan met vrijgekomen asfalt)
- HSE-effecten bij opwarming van asfaltgranulaat met additief (ook bij hogere temperaturen dan 140 °C)?
- Compatibiliteit met verse bitumen / additieven (polymeren, verjongers, waxen, oliën, harsen, hechtverbetersaars)?
- Compatibiliteit met bitumen / additieven uit asfaltgranulaat (zie boven)?

<sup>22</sup> De genoemde risicovolle omstandigheden, locaties en toepassingen zijn van toepassing op al het asfalt, niet alleen WMA. Maar als de verwerkbaarheid van WMA slechter is dan van HMA, worden de 'normale' risico's versterkt, door de opstapeling van risico's.

<sup>23</sup> Door klimaatverandering kunnen hogere asfalttemperaturen optreden over langere tijd.

# Bijlage A – Direct verschuimen, standaard schuimbalk

1 Inleiding	40
1.1 Werkingsprincipe	41
1.2 Historie en ervaring	42
1.3 Scope van deze oplossingsrichting	42
2. Mengselontwerp en specifieke aspecten t.b.v. typetest	42
2.1 Differentiatie naar mengseltype	42
2.2 Typeonderzoek	43
2.3 Additioneel onderzoek op typetest niveau	44
2.4 Rapportage	44
3. Productie	44
3.1 Bouwstoffen en vereiste kenmerken	44
3.2 Aanpassing in asfalt centrale	45
3.3 Plaats van invoegen	45
3.4 Droge menging basis bouwstoffen en randvoorwaarden	45
3.5 Menging totaal mengsel	45
3.6 Controle methoden	46
3.7 Bijsturing van de productie op grond van analyseresultaten (FPC bij WMA)	46
3.8 Opslag van het eindproduct en randvoorwaarden	46
4. Transport en verwerking	46
4.1 Transport	46
4.2 Materieel en verwerkingsprotocol	46
4.3 Weer	47
4.4 Controle methoden / opleveringscontrole (indien afwijkend van regulier)	47
4.5 Eventuele bestervingstijd voor openstellen of overlagen?	47
5. Beheer en onderhoud	47
5.1 Aandachtpunten bij onderhoudswerkzaamheden in de gebruik periode	47
5.2 Mengsel specifiek onderhoud	47
5.3 Schade en schadeherstel	47
6. Vervanging en hergebruik	47
6.1 Algemeen	47
6.2 Toekomstig Hergebruik	47
6.3 Verhoogde duurzaamheid	47
7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten	48
7.1 Emissies en Milieu	48
7.2 ARBO	48
7.3 Kosten	48
8. Voor de opdrachtgever	48
8.1 Mogelijke risico's en hoe deze zijn weggenomen	48
8.2 MKI-voordeel	48
8.3 Garantie	49
8.4 Uitvragen en accepteren	49
Referenties	49

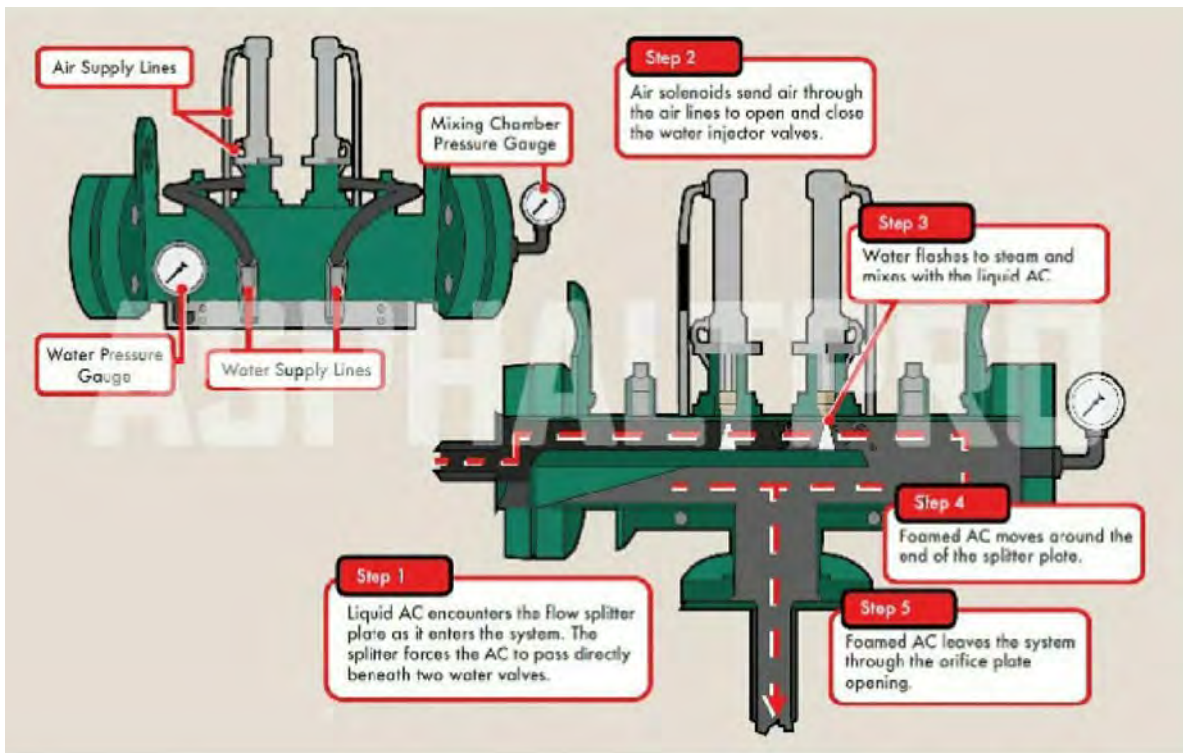
## 1 Inleiding

Een van de belangrijkste redenen waarom het verhogen van de temperatuur noodzakelijk is bij traditionele heet asfaltproductie (HMA), is om tijdens het mengproces de minerale aggregaten en vulstoffen volledig te omhullen. Wanneer de productietemperatuur wordt verlaagd, krijgt het bitumen niet de vereiste viscositeit om alle mineralen en vulstoffen goed te omhullen. Als de minerale aggregaten niet volledig omhuld zijn, kan er tijdens de gebruikersfase van de wegen water binnendringen tussen de bitumen-steen interface, wat leidt tot stripping en vroegtijdige schade aan de weg. Om deze beperking van omhulling te voorkomen bij het verlagen van de productietemperatuur, zijn speciale technieken nodig. Verschillende wetenschappelijk bewezen technieken zijn beschikbaar, waaronder

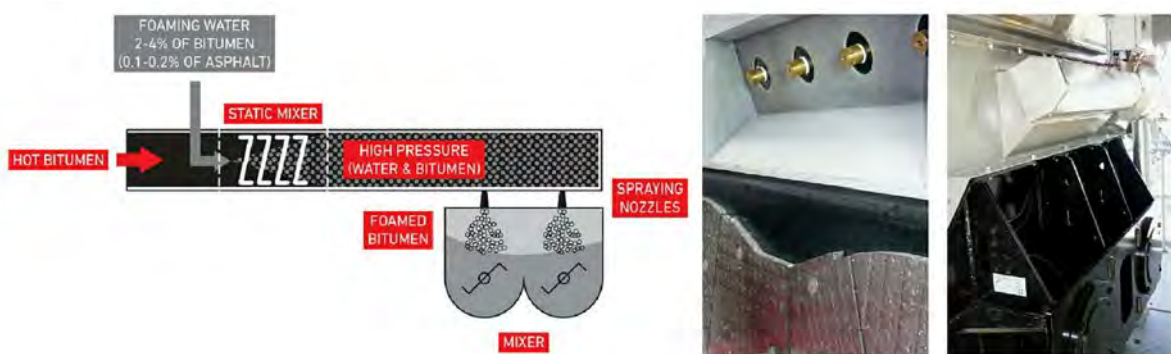
schuimtechniek, viscositeitverlagers en oppervlaktespanningverlagers. Dit onderdeel van de richtlijn richt zich specifiek op directe schuimtechniek.

### 1.1 Werkingsprincipe

Het verschuimen van bitumen is één van de beschikbare technieken die kan worden gebruikt om de mengtemperatuur van asfaltmengsels te verlagen. Bij direct verschuimen wordt een kleine hoeveelheid water (ongeveer 2 à 4 procent van de bitumenmassa) in het hete bitumen gebracht. Het water verandert in stoom, vergroot het volume van het bitumen tot bitumenschuim en verlaagt de viscositeit. Het schuimbitumen wordt in de menger van de asfaltmenginstallatie aan de vaste bestanddelen toegevoegd. Door het grotere volume van het bitumen kunnen de mineraalagregaten bij lagere temperaturen toch goed worden omhuld. De mate van expansie hangt af van een aantal factoren, waaronder de hoeveelheid toegevoegd water en de temperatuur van het bindmiddel. In onderstaande twee afbeeldingen zijn voorbeelden van de werking van een schuimunit afgebeeld.



Figuur 1. Voorbeeld Astec Warm Mix System



Figuur 2. Voorbeeld Ammann Foam systeem

Het schuimeffect is na productie grotendeels weg maar het resterende vocht draagt nog wel positief bij aan verwerking en verdichting. Na productie en transport blijft er namelijk een kleine hoeveelheid vocht in het bitumen achter, waardoor de effectieve viscositeit afneemt en de verdichting wordt vergemakkelijkt. Bij afkoeling keert het bindmiddel terug naar normaal, aangezien de resterende hoeveelheid water zeer laag is. Het vocht van het schuimbitumen verdwijnt dus in de loop van het productie- en aanlegproces. Het schuim zakt een keer na productie in, het vocht verdwijnt al een beetje tijdens productie, nog een beetje tijdens transport, nog een beetje tijdens verwerking en na verdichting is het zo goed als helemaal verdwenen.

## 1.2 Historie en ervaring

Ongeveer 25 jaar geleden zijn diverse partijen de toepassing van schuimbitumen gaan onderzoeken om de productietemperatuur van asfalt te verlagen. Dit is één van de mogelijkheden om de asfaltproductie te verduurzamen. Vanaf die tijd hebben BAM en LT-Asfalt vof het direct verschuimen onderzocht en verder ontwikkeld. LT-Asfalt vof (opgericht in 2002) was een samenwerkingsverband tussen Dura Vermeer, Janssen de Jong, KWS en Rasenberg. Er is een (semi-mobiele) schuimbalk ontworpen en gebouwd, deze is destijds bij een paar asfaltcentrales ingebouwd. In samenwerking met het Innovatie Test Centrum van Rijkswaterstaat is vervolgens uitgebreid onderzoek verricht naar de mengseleigenschappen en de praktijkprestaties, er zijn diverse proefvakken aangelegd [3]. Met subsidie van Senter Novem (tegenwoordig RvO Nederland) is de technische haalbaarheid onderzocht waarbij het accent op een lagere milieu-impact lag [4]. In de opvolgende jaren zijn wel diverse proefvakken aangebracht maar is er geen grote vraag naar asfalt met lagere productietemperatuur ontstaan. De CROW publicatie 319 'Laagtemperatuurasfalt (lta) voor een duurzame verharding' uit 2012 [5] heeft ook geen grotere vraag gecreëerd. Diverse producenten van asfaltmenginstallaties zijn wel verder gegaan met het ontwikkelen van een schuimbalk waardoor inmiddels een aantal 'standaard schuimbalken' op de markt beschikbaar zijn. De afgelopen jaren hebben diverse asfaltproducenten een dergelijk systeem (standaard schuimbalk) aangeschaft en zijn er inmiddels vele tienduizenden tonnen asfalt mee geproduceerd. Deze toepassingen betreffen vooral onder- en tussenlagen. Vrijwel alle producenten van asfaltmenginstallaties hebben een schuimunit als optie in hun programma en deze ook wereldwijd succesvol ingebouwd.

## 1.3 Scope van deze oplossingsrichting

Met het direct verschuimen van bitumen is in principe een temperatuurreductie van 70°C mogelijk waarmee een mengtemperatuur van rond de 100°C resteert. Deze bijlage A beschrijft echter de toepassing (en ervaring) met een beperkte temperatuurreductie van ongeveer 25 à 30°C waarmee een mengtemperatuur van 110-140°C wordt bereikt. In het algemeen zijn er bij deze temperatuur geen additieven of hulpstoffen nodig. De zeer kleine hoeveelheid water die wordt gedoseerd, dit verdwijnt grotendeels in de loop van het proces van productie naar verdichting, is dan de enige afwijking ten opzichte van heet asfalt. De potentie van verdere temperatuurreductie (mengtemperatuur onder 110°C) is onderzocht en zowel in binnen- als buitenland aangetoond. Dit is echter nog niet grootschalig in Nederland in de praktijk getoetst; dit maakt dan ook geen onderdeel uit van deze richtlijn.

## 2. Mengselontwerp en specifieke aspecten t.b.v. typetest

Schuimbitumen is een mengsel van bitumen en water dat wordt geproduceerd door kleine hoeveelheden water in heet bitumen te injecteren. Dit proces creëert een schuimig en geëxpandeerd mengsel met verbeterde verwerkbaarheid en bindende eigenschappen. Het water speelt een cruciale rol bij de vorming en stabiliteit van het schuim, en het daaropvolgende gedrag hangt af van de specifieke toepassing [4, 5, 6].

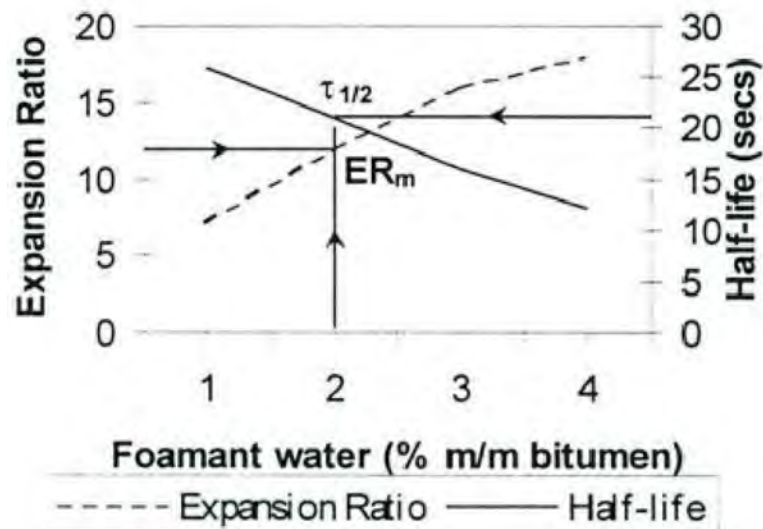
Het algemene proces is als volgt:

- 1 Vorming van het schuim: Het water wordt onder hoge druk in het hete bitumen geïnjecteerd. De combinatie van hoge temperatuur en druk zorgt ervoor dat het water verdampt, waardoor kleine bubbels in het bitumen ontstaan. Deze bubbels resulteren in schuimbitumen.
- 2 Expansie: De expansie van de waterdamp in het bitumen creëert een groter volume van het bitumen, wat leidt tot goede omhulling bij vermenging met aggregaten en een effectievere benetting, wat resulteert in een betere hechting en verbeterde verwerkbaarheid.
- 3 Koeling en Condensatie: Naarmate het asfaltmengsel afkoelt, begint de waterdamp terug te condenseren naar de vloeibare vorm. Het condensatieproces verloopt geleidelijk en het vocht wordt verspreid in het hele bitumen. Gezien de minimale hoeveelheden restvocht na verwerking (veelal < 0,1 % [m/m]) heeft dit geen significante invloed op het asfaltgedrag.

### 2.1 Differentiatie naar mengseltype

Het mengselontwerp van een asfaltmengsel waarbij het bitumen wordt geschuimd, is onafhankelijk van de productietemperatuur. De samenstelling kan gelijk blijven omdat het enige verschil de tijdelijke en schijnbare viscositeit van het bindmiddel betreft, dit geldt voor alle mengseltypes.

Voor deze techniek is het van belang dat de bitumen tot schuimvorming in staat is. Informatie hierover wordt eventueel gegeven door de leverancier en kan geverifieerd worden met schuimtesten in het laboratorium met behulp van een schuimunit. Hierbij wordt zowel de expansiefactor als de halfwaardetijd bepaald. Met deze test wordt ook het optimum watergehalte bepaald voor het schuimen. Dit is weer de input voor de procesparameters tijdens zowel het typeonderzoek als de productie. Twee vergelijkbare voorbeelden van bepaling van het optimale watergehalte zijn hieronder weergegeven:



**Figuur 3.** Example of Foam Characteristics Relative to Amount of Foamant Water Added (Jenkins, 2000 [7,8])

## 2.2 Typeonderzoek

Het typeonderzoek dient plaats te vinden conform de actueel geldende NEN-EN 13108 normen, inclusief daaraan gerelateerde normen uit de NEN-EN 12697 serie (proeven). Deze normen zijn opgesteld voor zowel heet bereid asfalt als warm bereid asfalt, ongeacht de wijze waarop tot warm bereid asfalt wordt gekomen. De normen geven ook aan hoe met schuimbitumen moet worden omgegaan (o.a. NEN EN 12697-35). Het volgen van de bovengenoemde normen is een wettelijke verplichting in het kader van de CPR.

In het laboratorium kan bitumen worden geschuimd, bijvoorbeeld met de Wirtgen WLB 10S laboratorium schuimunit, zie onderstaande afbeelding.



**Figuur 4.** Wirtgen WLB 10S laboratorium schuimunit

Koud water wordt door middel van luchtdruk geïnjecteerd in (heet) bitumen. De injectie van water in het bitumen vindt plaats in een expansieruimte van de lab schuimunit. Door de lucht- en waterdruk wordt het bitumen-water mengsel vervolgens uit een nozzle gespoten, zie onderstaande afbeelding.





**Figuur 5.** Schuimbitumen uit laboratorium schuimunit

De waterdruppels zitten in luchtbellens verspreid in het bitumen. Vanwege het enorm temperatuurverschil tussen het water en bitumen vindt er direct een stoomreactie plaats. De waterdruppels zullen gaan verdampen, waardoor de grootte van de luchtbellens zal toenemen. Dit resulteert in een volumevergroting van het bitumen. De volumevergroting die het geschuimd bitumen ondervindt, wordt aangeduid als de expansie. De expansie is feitelijk een factor die wordt gedefinieerd als het volume van het (schuim)bitumen op een bepaald tijdstip, gedeeld door het oorspronkelijk volume van het bitumen. De spanning in de luchtbellens neemt toe tot een bepaald punt, waarbij de maximale expansie wordt bereikt. De luchtbellens vallen daarna uit elkaar waardoor het bitumen langzamerhand terugkeert naar zijn oorspronkelijk volume. De benodigde tijd voor het bitumen om van zijn maximale expansie terug te vallen naar de helft daarvan, wordt aangeduid als de half-waarde, gemeten in seconden. De expansie en half-waarde zijn de meest gebruikte eigenschappen om de schuimbaarheid van bitumen te beoordelen. In het algemeen geldt hierbij:

- Hoe hoger de maximale expansie, des te groter de viscositeitsverlaging wordt;
- Hoe langer de half-waarde, des te langer de viscositeitsverlaging in stand wordt gehouden.

Het is dus mogelijk om in het laboratorium bitumen direct te verschuimen en hiermee een laboratoriumbereid asfaltmengsel te vervaardigen. Vanwege het verschil in mengintensiteit van de van de menger in een asfaltcentrale en een menger in het laboratorium is het effect op de asfalteigenschappen bij warm mix asfalt wellicht groter dan bij heet asfalt. Dit verschil komt vaker voor bij aanpassingen in het mengsel of productieproces.

### 2.3 Additioneel onderzoek op typetest niveau

Ondanks de lagere productietemperatuur dient de benatting (omhulling) van de mineralen voldoende te zijn om optimale hechting te bewerkstelligen. Deze vertaalt zich in zowel vermoeiingsgedrag als de watergevoeligheid die al onderdeel zijn van het standaard typeonderzoek. Additieven die gebruikt kunnen worden om de schuimkarakteristieken en/of verwerkbaarheid van het mengsel te verbeteren, zijn normaliter van het type dat de oppervlaktespanning beïnvloedt. Ook zijn alcoholgebaseerde additieven beschikbaar. Beiden hebben tevens een hechtingsverbeterende werking en zijn daarmee geen risico dat in aanvullend onderzoek moet worden geëvalueerd.

### 2.4 Rapportage

Het verkort verslag dient te voldoen aan de standaard RAW bepalingen. Hiermee is ook zeker gesteld dat alle hulpstoffen, inclusief mogelijke schuimadditieven, bekend zijn.

## 3. Productie

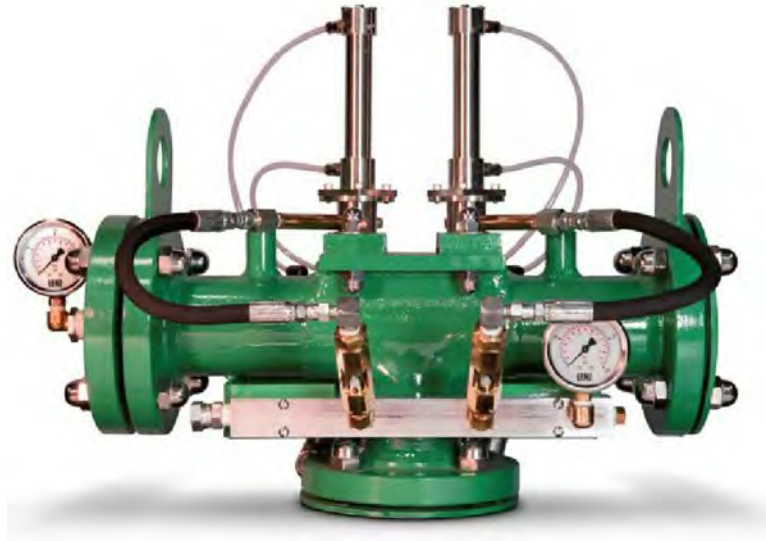
### 3.1 Bouwstoffen en vereiste kenmerken

Net zoals de mengtijd bij de huidige mengtemperaturen afhankelijk is van het specifieke type asfaltinstallatie, de staat van de schoepen in de menger en het asfaltmengsel, is dat ook het geval voor mengsels met schuimbitumen. De mengtijd moet rekening houden met het type menger, de duur van de injectie uit de nozzles, het type schuimbalk, etc.

### 3.2 Aanpassing in asfalt centrale

Het structureel toepassen van schuimbitumen vereist een aantal aanpassingen en overwegingen:

- Installatie schuimunit, zie voorbeeld in onderstaande afbeelding. Deze worden geleverd door de meeste producenten van asfaltmenginstallaties en deze units hebben een bewezen track record. Schuimunits zijn zowel in nieuwbouw als retrofit beschikbaar.



Figuur 6. Voorbeeld Astec schuimunit voor asfaltmenginstallatie

- Installatie opslagsilo schuimadditieven.
- Aanpassing besturingssysteem asfaltinstallatie t.b.v. schuimunits en schuimadditieven. Watersilo's, afhankelijk van beschikbaar aanbod kan het mogelijk zijn dat het verbruik aan water groter is dan via de waterleiding geleverd kan worden.
- Steunbranders: de lage productietemperatuur kan tot gevolg hebben dat de afgastemperatuur zo laag is dat condensatie bij het doekenfilter ontstaat. Om dit te voorkomen is in het rookgaskanaal een steunbrander wenselijk om problemen met het doekenfilter en daarmee de emissies te voorkomen.
- Het verlagen van de productietemperatuur heeft invloed op de verhouding afgassen uit de paralleltrommel en de primaire trommel. Dit heeft daardoor ook impact op de emissies. Meting hiervan na installatie van een WMA-oplossing, ongeacht welke techniek, is aan te bevelen in verband met lokale eisen aan deze emissies.

### 3.3 Plaats van invoegen

Het doseren van schuimbitumen vindt plaats in de mengbak via een daarvoor geschikte schuimbalk. Deze kan meerdere nozzles bevatten, afhankelijk van de specifieke menger die in de installatie aanwezig is. De dosering is geïntegreerd in de besturingssoftware van de asfaltinstallatie waarmee een gecontroleerd en stuurbaar proces is geborgd. Hoewel elke producent van asfaltinstallaties hun eigen specificaties aanhouden, werken alle schuimunits volgens hetzelfde principe.

### 3.4 Droge menging basis bouwstoffen en randvoorwaarden

Het gebruik van schuimbitumen heeft geen impact op de droge mengtijd van de mineralen. Deze wordt bepaald door de specifieke configuratie van de asfaltinstallatie en het type primaire en secundaire droog- en verwarmings-trommel. Of de mengtijd en mengvolgorde correct zijn, volgt uit de FPC-controle, zoals vastgelegd in de NEN-EN 13108-21 die ook rekening houdt met de toepassing van warm mix asfalt.

### 3.5 Menging totaal mengsel

De mengtijd bij het gebruik van schuimbitumen hangt af van het specifieke type asfaltinstallatie, het type menger en de staat van bijvoorbeeld de mengschoepen. De mengtemperatuur wordt gestuurd op een maximum van 140 °C. Bij lagere productietemperaturen in combinatie met slechtere weersomstandigheden is het beheersen van de temperaturen in de verwarmingstrommels een expliciet punt van aandacht. Het kan zijn dat het vermogen van de branders moet worden opgevoerd om voldoende capaciteit te leveren.



### 3.6 Controle methoden

In lijn met de bestaande wet- en regelgeving wordt de productiecontrole uitgevoerd conform NEN-EN 13108-21. Aanvullend wordt regelmatig (FPC-frequentie) het percentage restvocht in het asfaltmengsel bepaald, dit mag maximaal 0,5% bedragen. Deze grens is afgestemd op richtlijnen zoals die elders in de wereld worden gehanteerd [9, 10]. Het restvochtgehalte na productie is uiteraard iets anders dan het restvochtgehalte na verwerking.

### 3.7 Bijsturing van de productie op grond van analyseresultaten (FPC bij WMA)

De NEN-EN 13108-21 geeft aan hoe te handelen bij afwijkend gedrag of afwijkingen in het productieproces. Het gebruik van warm mix asfalt geeft geen aanleiding tot aanvullingen op de FPC in relatie tot de borging van de productiekwaliteit.

### 3.8 Opslag van het eindproduct en randvoorwaarden

Het gebruik van schuimbitumen heeft tot gevolg dat de maximale opslagtijd beperkt kan zijn tot ongeveer vier uur, afhankelijk van het mengseltype en type eindsilo. Het toepassen van verwerkbaarheidsadditieven kan de opslagtijd beïnvloeden. Dit is ook afhankelijk van de geometrie en situatie, deze wisselt per installatie.

## 4. Transport en verwerking

Warm mix asfalt op basis van schuimbitumen is met betrekking tot transport en verwerking in grote lijnen gelijk aan heet asfalt. De verschillen worden in de volgende paragrafen toegelicht.

### 4.1 Transport

Het transport vereist geen specifieke aanpassingen ten opzichte van regulier asfalt. Er moet rekening gehouden worden met de temperatuurdaling gedurende het transport. Bij langere transporttijden kan het nodig zijn de productietemperatuur enkele graden te verhogen binnen het WMA productietemperatuurvenster, afhankelijk van de isolatiegraad van de vrachtwagens. Het gebruik van digitale systemen zodat de verwerkingsnelheid kan worden afgestemd met de transportlogistiek is aan te raden. Dit voorkomt stilstand van de spreidmachine.

### 4.2 Materieel en verwerkingsprotocol

Bij de verwerking moet gestreefd worden (net als bij heet asfalt) naar:

- Een constante snelheid van de spreidmachine;
- Geen stilstand van de spreidmachine;
- Homogeen verdichtingspatroon achter de balk;
- Kortere afstand van de walsen ten opzichte van de afwerkbalk;
- Minder lange slagen van de walsen;
- Eventuele aanpassing van walsinzet, keuze voor bijvoorbeeld een bandenwals of zwaardere wals;
- Tijdig contact met de asfaltinstallatie als de weersomstandigheden verslechteren;
- Naden en aanzetten met prioriteit verdichten;
- Koude naden voorkomen;
- Voorkomen ophoping van het asfaltmengsel vóór de balk.

Het toepassen van WMA vraagt extra aandacht waar het gaat om de mogelijke risico's van een lagere aanvangstemperatuur bij het spreiden en verdichten. De lagere temperatuur kan bij sommige mengselsamenstellingen of verwerkingsomstandigheden een risico geven op onvoldoende verdichting. Met het opstellen van interne richtlijnen, bijvoorbeeld gericht op in te zetten materieel, kan hier op geanticipeerd worden. Voor de opdrachtgever geldt dat de reguliere opleveringseisen voldoende zekerheid bieden voor de op te leveren kwaliteit, waarmee de risico's bij de verwerker liggen.

Warm mix asfalt heeft een lagere warmte inhoud dan heet asfalt. Met name bij dunne deklagen moet extra aandacht worden besteed aan de verwerkingsomstandigheden. Het zogenaamde verwerkingsvenster is kleiner en kan betekenen dat bij slechte weersomstandigheden moet worden teruggevallen op een hogere temperatuur (maar nog wel onder 140 °C) als het werk ondanks de ongunstige weersomstandigheden toch moet worden uitgevoerd.

In geval er moet worden afgestrooid, is het van belang dit te doen voordat het asfalt te ver is afgekoeld. Omdat het asfaltoppervlak bij aanvang van de verwerking al kouder is dan bij heet geproduceerd asfalt vraagt het tijdig afstrooien (bij voorkeur direct na eerste walsgang) extra aandacht.

Het grootste risico met warm mix asfalt in het algemeen is een onvoldoende verdichting bij mengsels met een hoger PR gehalte (>50%). Dit vanwege het stuggere karakter bij hogere PR gehalten. Het inzetten van specifiek materieel om dit, stugger dan normaal, asfalt goed aan te brengen is van belang. Zo heeft het inzetten van een voorlader voordeel boven een shuttlebuggy omdat deze laatste soms te weinig vermogen heeft. Walsen dienen een voldoende hoge walsfactor te hebben en ook de inzet van een bandenwals kan bij warm mix asfalt in combinatie met hogere

PR gehaltes wenselijk zijn. Walsprotocollen, al dan niet in combinatie met digitale walsondersteuningssystemen, dragen bij aan (aantoonbare) kwaliteitsbeheersing.

Zoals hierboven beschreven, kan machinale verwerking van warm mix asfalt op basis van schuimbitumen met eventuele kleine aanpassingen in het uitvoeringsproces goed worden uitgevoerd. Handmatige verwerking blijkt iets lastiger omdat het mengsel bij de lagere temperatuur iets stugger is. Kleine werkvakken met (veel) handwerk zijn momenteel minder geschikt voor het toepassen van warm mix asfalt. Dit zal per situatie moeten worden beoordeeld en wordt mede bepaald door het aan te brengen type asfalt en de laagdikte. Hiervoor zijn mogelijk aanpassingen in het gehele proces nodig: van het ontwerp op de tekentafel tot en met de verwerking met eventueel additioneel aangepast materieel.

### **4.3 Weer**

Bij slechte weersomstandigheden (regen, wind etc.) moet rekening gehouden worden met een verminderd vermogen om het vocht dat op het wegdek aanwezig is, te kunnen verdampen. Dit speelt met name bij dunne deklagen. Interne richtlijnen kunnen hierbij een goed handvat bieden. Dit generieke aspect is onafhankelijk van de techniek die wordt gebruikt en derhalve geen onderdeel van deze bijlage.

### **4.4 Controle methoden / opleveringscontrole (indien afwijkend van regulier)**

Het opleveren van warm mix asfalt op basis van schuimbitumen heeft qua kwaliteit geen andere eisen dan aan regulier asfalt en kan aan dezelfde oplevereisen worden onderworpen (laagdikte, verdichtingsgraad, holle ruimte etc.).

### **4.5 Eventuele bestervingstijd voor openstellen of overlagen?**

De lagere temperatuur heeft de potentie om het mogelijk te maken eerder te overlagen omdat de temperatuur eerder voldoende laag is dan bij heet asfalt. De openstellingsvoorwaarden, en daarmee de openstellingstijd, voor warm mix asfalt op basis van schuimbitumen is niet anders dan voor heet bereid asfalt. Bepalend hierbij is de temperatuur van het asfalt.

## **5. Beheer en onderhoud**

### **5.1 Aandachtspunten bij onderhoudswerkzaamheden in de gebruik periode**

Er zijn geen extra aandachtspunten voor het onderhoud van warm mix asfalt verhardingen die zijn geproduceerd en verwerkt op basis van schuimbitumen. Mogelijk toegepaste additieven zijn per definitie compatibel met nieuw asfalt. Dit omdat deze als doel hebben de hechting dan wel stabiliteit van damp- en vochtbelletjes te verbeteren. Dit werkt op basis van oppervlaktespanning. Dit karakter verandert niet. Er is geen reden dat verschillende merken van hetzelfde type additief elkaar tegen zullen werken.

### **5.2 Mengsel specifiek onderhoud**

Er geldt geen mengsel specifiek onderhoud voor warm mix asfalt op basis van schuimbitumen.

### **5.3 Schade en schadeherstel**

Schades aan wegconstructies met warm mix asfalt op basis van schuimbitumen stellen geen andere randvoorwaarden aan herstellmethodes dan bij heet bereid asfalt.

## **6. Vervanging en hergebruik**

### **6.1 Algemeen**

Voor warm bereid asfalt op basis van schuimbitumen zijn geen aanpassingen nodig bij vervanging en hergebruik. De standaard voorschriften en werkwijzen zoals die bij heet asfalt gelden, worden hier ook gehanteerd.

### **6.2 Toekomstig Hergebruik**

Warm bereid asfalt op basis van schuimbitumen hoeft niet gescheiden te worden gehouden bij frezen en hergebruik. Gangbare additieven ten behoeve van de verwerkbaarheid zijn geen belemmering.

### **6.3 Verhoogde duurzaamheid**

Het toepassen van schuimbitumen kan leiden tot een besparing op de hoeveelheid primaire brandstof. De uiteindelijk benodigde brandstof en de daadwerkelijke besparing zal afhangen van het totale productieprogramma, de weersomstandigheden en het vochtgehalte in de bouwstoffen. Ook het percentage hergebruikt asfalt is hier van invloed. Asfaltgranulaat wordt in standaard asfaltinstallaties verwarmd tot een temperatuur van 110 à 120 °C. Dit verandert normaliter niet bij warm mix asfalt, ongeacht de gebruikte techniek. Reden is de benodigde droging en

opwarming van het asfaltgranulaat. De combinatie met nieuwe technieken die een hogere temperatuur van het asfaltgranulaat mogelijk maken, hebben hierbij ook een aanzienlijke positieve invloed.

De lagere mengtemperatuur van maximaal 140°C kan een positieve bijdrage hebben op de levensduur van het asfalt omdat bitumen minder verouderd bij een lagere temperatuur.

## 7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten

### 7.1 Emissies en Milieu

Het produceren van asfalt bij een lagere temperatuur heeft een potentieel positieve invloed op de emissies van een asfaltcentrale. Een lager gasverbruik betekent een lagere CO<sub>2</sub>-emissie. Voor wat betreft andere emissies is de impact centrale specifiek.

Het volume en de samenstelling van de rookgassen uit de parallel trommel zal niet significant wijzigen bij warm bereid asfalt. Het volume uit de primaire trommel zal lager worden omdat deze minder ver hoeft te worden verhit om de gewenste eindtemperatuur te halen. Netto resultaat is dat de samenstelling van de rookgassen in de schoorsteen voor een groter deel wordt bepaald door de paralleltrommel die mogelijk meer onwenselijke componenten bevatten. Tegelijkertijd is het zo dat de bijdrage van de rookgassen die vrijkomen uit de menger (weliswaar een beperkt aandeel van het totaal) minder groot zal zijn omdat hier lagere temperaturen heersen.

Omdat er wet- en regelgeving is die grenzen stelt aan de toelaatbare emissies is dit voor deze richtlijn verder niet relevant.

### 7.2 ARBO

Vanwege de lagere temperatuur van het asfalt zullen er bij de verwerking minder dampen vrij komen wat een gunstige invloed kan hebben op de arbeidsomstandigheden. In geval gebruik wordt gemaakt van additieven om de verwerkbaarheid te verbeteren, moeten de bijbehorende instructies in acht te worden genomen (uit werkinstructiekaarten en veiligheidsinformatiebladen).

### 7.3 Kosten

Het gebruik van schuimbitumen vereist aanpassing van de installatie. Dit vergt eenmalige investeringskosten, zoals voor:

- Installatie schuimunit;
- Aanpassing capaciteit watertoevoer of installeren watersilo;
- Installatie opslag en doseersysteem additieven;
- Aanpassing besturingssoftware asfaltinstallatie;
- Aanpassing eindsilo's afhankelijk van type (mogelijk problemen met lossen, isolatie etc.);
- Aanpassen opslagcapaciteit in tussenopslag dan wel eindsilo's.

Deze afschrijvingskosten leiden tot een verhoging van de vaste kosten.

De maximale opslagtijd van warm mix asfalt op basis van schuimbitumen, zeker zonder additieven is korter dan regulier asfalt. Dat betekent dat minder asfalt in voorraad gezet kan worden. Het gevolg is dat productiepersoneel mogelijk langer op de installatie aanwezig zal moeten zijn of dat de dagelijkse productiecapaciteit afneemt. Dit leidt dan tot hogere variabele kosten.

## 8. Voor de opdrachtgever

### 8.1 Mogelijke risico's en hoe deze zijn weggenomen

Asfalt dat bij lagere temperaturen wordt geproduceerd, heeft als belangrijkste risico een onvoldoende verdichting. Zaken als vermoeiingsgedrag, stijfheid, watergevoeligheid en weerstand tegen vervorming zijn in het typeonderzoek gedekt. Deze zekerheid is gerelateerd aan de bereikte verdichting in het werk. De opleveringscontrole zoals vastgelegd in de Standaard RAW Bepalingen borgt dat de verdichtingsgraad voldoende is.

### 8.2 MKI-voordeel

Het MKI-voordeel moet te allen tijde worden gerelateerd aan de samenstelling van het mengsel. Bij een gelijke samenstelling heeft warm bereid asfalt een MKI-voordeel omdat minder primaire energie wordt gebruikt. De MKI-systematiek leidt er toe dat als het gebruik van een lagere productietemperatuur het hergebruik van oud asfalt negatief beïnvloedt, de meerwaarde van de lagere temperatuur te niet wordt gedaan door het verlies van het duurzaamheidsvoordeel van de circulariteit.

### 8.3 Garantie

Voor warm bereid asfalt gelden dezelfde garantie eisen en voorwaarden als voor heet bereid asfalt. Dit is geregeld via de Standaard RAW Bepalingen.

### 8.4 Uitvragen en accepteren

Uitvragen kan op basis van het stellen van een maximale productietemperatuur, het stellen van MKI-eisen of een maximale CO<sub>2</sub>-footprint van de asfaltinstallatie en de verwerking. Het voordeel van eisen aan CO<sub>2</sub>-uitstoot of MKI is dat de uitvraag functioneel is en ruimte laat voor innovatie van de opdrachtnemer. Nadeel is dat oplossingen geboden kunnen worden die op functioneel niveau meer impact hebben, maar niet het gevolg zijn van de lagere productietemperatuur.

#### Referenties

- [1] Eindrapportage LT-A ITC, 2007, LT-Asfalt vof, RWS ITC
- [2] Eindrapportage Programma Energiebesparing, 2005, LT-Asfalt vof, Senter Novem
- [3] Laagtemperatuurafalt (lta) voor een duurzame verharding, publicatie 319, 2012, CROW
- [4] Warm Mix Asphalts, Tips and tricks developed by professionals for professionals, DAV 2009
- [5] Merkblatt für Temperaturabsenkung von Asphalt (M TA), 2011, FGSV-Verlag, Köln
- [6] Best practise guideline for warm mix asphalt, Manual 32, 2011, Sabita
- [7] Mix Design Considerations for Cold and Half-Warm Bituminous Mixes with Emphasis on Foamed Bitumen, Kim Jenkins, Doctoral Dissertation, 2000, Stellenbosch University
- [8] Optimisation And Application Of Foamed Bitumen In Road Building, 2000, Jenkins et al
- [9] The use of Warm Mix Asphalt, EAPA Position Paper, 2009, 2010 en 2014
- [10] Warm-Mix Asphalt: Best Practices, Quality Improvement Publication 125, 3rd Edition, NAPA

# Bijlage B – Direct verschuimen, aangepaste schuimbalk LEAB

<b>1. Inleiding</b>	<b>50</b>
1.1 Werkingsprincipe	51
1.2 Historie en ervaring	52
<b>2. Mengselontwerp en specifieke aspecten t.b.v. typetest</b>	<b>53</b>
2.1 Mengseltypes en hergebruik	53
2.2 Type Onderzoek	54
2.3 Additioneel onderzoek	56
2.4 Proefomschrijving en condities	56
2.5 Eisen en bepalingen	57
2.6 Rapportage (Verkort verslag)	57
<b>3. Productie (inrichting productieproces oplossingsrichting specifiek)</b>	<b>58</b>
3.1 Bouwstoffen en vereiste kenmerken	58
3.2 Aanpassingen in de asfaltcentrale	58
3.3 Plaats van invoegen	59
3.4 Droge menging basis bouwstoffen en randvoorwaarden	60
3.5 Menging totaal mengsel	60
3.6 Controle methoden	60
3.7 Bijsturing van de productie op grond van analyseresultaten	60
3.8 Opslag van het eindproduct en randvoorwaarden	60
<b>4. Transport en verwerking</b>	<b>61</b>
4.1 Transport	61
4.2 Verwerkingstemperatuur	61
4.3 Verdichting	61
4.4 Materieel en verwerkingsprotocol	62
4.5 Weer	63
4.6 Controle methoden/ opleveringscontrole	63
<b>5. Beheer en onderhoud</b>	<b>63</b>
5.1 Aandachtpunten bij onderhoudswerkzaamheden in de gebruikperiode	63
5.2 Mengselspecifiek onderhoud	63
5.3 Schade en schadeherstel	63
<b>6. Vervanging en hergebruik</b>	<b>64</b>
6.1 Algemeen	64
6.2 Toekomstig hergebruik	64
6.3 Verhoogde duurzaamheid	64
<b>7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten</b>	<b>65</b>
7.1 Emissies en Milieu	65
7.2 ARBO	65
7.3 Kosten	66
<b>8. Voor de opdrachtgever</b>	<b>66</b>
8.1 Mogelijke risico's en hoe deze zijn weggenomen (TRL-niveaus en risico)	66
8.2 MKI voordeel	67
8.3 Garantie	67
8.4 (Kwaliteits)eisen, condities en voorwaarden	67
8.5 Uitvragen en accepteren	68

## 1. Inleiding

Een van de belangrijkste redenen waarom het verhogen van de temperatuur noodzakelijk is bij traditionele heet asfaltproductie (HMA), is om tijdens het mengproces de minerale aggregaten en vulstoffen volledig te omhullen. Wanneer de productietemperatuur wordt verlaagd, krijgt het bitumen niet de vereiste viscositeit om alle mineralen en vulstoffen goed te omhullen. Als de minerale aggregaten niet volledig omhuld zijn, kan er tijdens de gebruikersfase van de wegen water binnendringen tussen de bitumen-steen interface, wat leidt tot stripping en vroegtijdige schade aan de weg. Om deze beperking van omhulling te voorkomen bij het verlagen van de productietemperatuur, zijn

speciale technieken nodig. Verschillende wetenschappelijk bewezen technieken zijn beschikbaar, waaronder schuimtechniek, viscositeitverlagers en oppervlaktespanningverlagers. Dit onderdeel van de richtlijn richt zich specifiek op direct verschuimingstechniek LEAB.

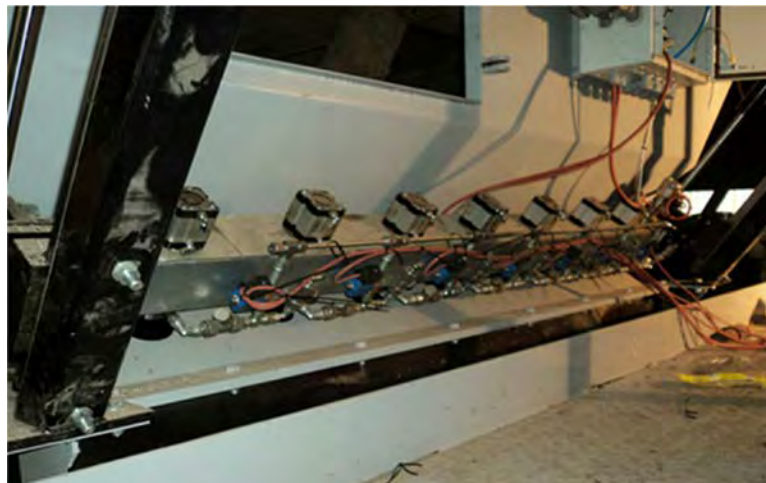
## 1.1 Werkingsprincipe

LEAB maakt gebruik van een verschuimingstechniek die erop gebaseerd is om tijdens het mengen van een mengsel een hoogwaardig schuimdeken over het wervelbed van de mineraalfractionen te vormen. Hierbij maakt de LEAB-productietechniek gebruik van een geoptimaliseerde schuimunit met een groot aantal nozzles (inspuitpunten) die samen de vorming van de beoogde schuimdeken mogelijk maken.

De LEAB-productietechniek heeft geen beperkingen wat het percentage hergebruik betreft. Naast hergebruik en circulariteit zijn ook kwaliteit en daarmee levensduur belangrijke aandachtspunten van publieke opdrachtgevers. Daarom zijn kwaliteit en levensduur bij circulaire productie belangrijke aandachtspunten. Om immers met oud asfalt een hoogwaardig nieuw asfalt te kunnen produceren zal het bitumen in het oude asfalt moeten worden gereactiveerd zodat het een integraal deel kan vormen van het nieuw geproduceerde asfalt. Alleen door het oude asfalt te verwarmen tot de oorspronkelijke mengtemperatuur van 165°C (of hoger i.v.m. veroudering) kan het oude bitumen weer volledig gereactiveerd worden. Bij de productie van WMA worden dergelijke temperaturen echter niet bereikt. Om het oude bitumen in asfaltgranulaat bij ca. 115°C volledig te reactiveren wordt gebruik gemaakt van een verjongingslans waarmee een verjongingsproduct wordt aangebracht op het warme asfaltgranulaat. Op deze wijze wordt het oude bitumen in het asfaltgranulaat bij ca. 115°C toch volledig gereactiveerd waardoor de kwaliteit en de levensduur van LEAB-mengsels met PR hoog blijft. Het verjongingsproduct werkt bovendien als een viscositeitverlager (verhoging van de mengpenetratie) waardoor de verwerkbaarheid van de asfaltspecie verbetert.

Met het oplopen van het aandeel hergebruik neemt de hoeveelheid in te brengen nieuw bitumen af. Dit is gunstig voor de milieu-impact van een asfaltmengsel. Nadeel is echter wel dat het steeds lastiger wordt om kleinere hoeveelheden nieuw bitumen nog homogeen te mengen met het hogere aandeel oud asfalt. Bitumen verschuimingsnozzles functioneren alleen goed wanneer de bitumenstroom binnen nauwe grenzen valt. Om ook bij een geringe hoeveelheid toe te voegen bitumen over een voldoende lange periode een mooie schuimdeken over het minerale wervelbed te kunnen creëren kunnen de LEAB-nozzles boven de menger individueel in- en uitgeschakeld worden. Door slechts een beperkt aantal nozzles in te schakelen kan de inspuittijd ook bij hogere percentages hergebruik (en lagere percentages nieuw bindmiddel) worden gehandhaafd terwijl de bitumenstroom per nozzle binnen nauwe grenzen blijft vallen en de kwaliteit van het bitumenschuim gegarandeerd blijft. Door deze techniek blijft het schuimdeken, ook bij lagere percentages nieuw bindmiddel, voldoende lang in stand om een goede menging van het nieuwe bindmiddel met de minerale fracties te garanderen. Bij mengsels met een hoge bitumenvraag worden juist veel nozzles ingeschakeld, zodat de dosering van het bitumen het productieproces niet verstoort.

Gecombineerd maken de verjongingslans en de individueel aan te sturen verschuimingsnozzles het mogelijk om met de LEAB-productietechniek ook bij verlaagde productietemperatuur hoogwaardige asfaltmengsels te produceren met een lange ontwerplevensduur.



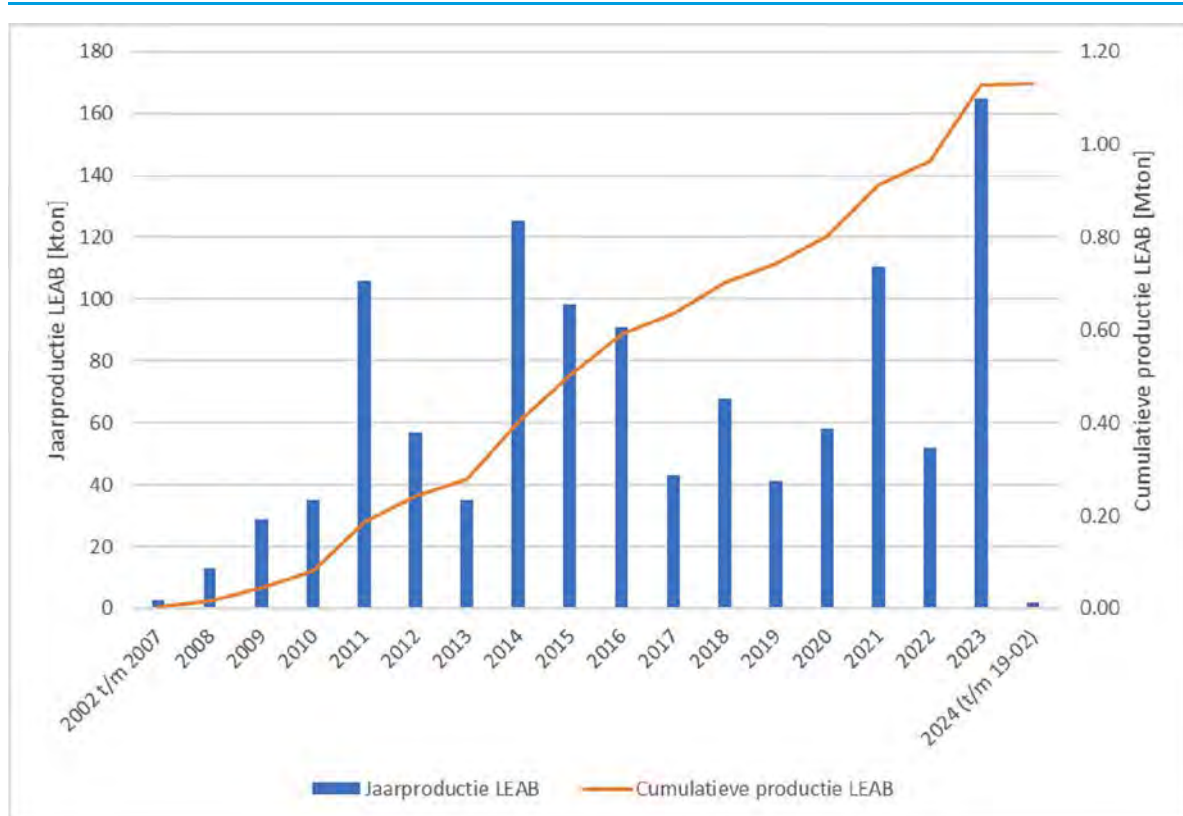
**Figuur 1.** Menger met 16 LEAB schuim-nozzles. Zichtbaar is de LEAB-balk met 8 nozzles aan één zijde van een menger, aan de tegenoverliggende zijde van de menger is eenzelfde LEAB-balk gemonteerd.

LEAB-mengsels zijn in termen van kwaliteit en levensduur daarom minimaal gelijk aan hun heet geproduceerde equivalenten. Doordat korte termijn veroudering tijdens productie van LEAB-mengsels minder omvangrijk is blijft er, vooral bij LEAB-deklagen (ZOAB, AC surf, SMA), meer verouderingsruimte over voor lange termijn veroudering tijdens de gebruiksfase van de asfaltverharding. De levensduur van LEAB-deklagen neemt hierdoor naar verwachting toe.

## 1.2 Historie en ervaring

Duurzaamheid, temperatuurverlaging en CO<sub>2</sub>-reductie zijn bij BAM en Heijmans één van de belangrijkste aandachtspunten in de afgelopen 25 jaar geweest. Zo heeft BAM veel tijd in de ontwikkeling van bitumen-verschuimingstechnieken gestoken. Met deze technieken wordt het mogelijk om bij verlaagde temperatuur asfalt te produceren. Ook Heijmans ontwikkelde technieken om met behulp van bitumen-verschuiming bij verlaagde temperatuur asfalt te produceren. Heijmans concentreerde zich hierbij juist op de reactivering en verjonging van het oude bitumen aan asfaltfrees bij verlaagde temperatuur.

Beide ontwikkelingen zijn nu volledig geïntegreerd en vormen samen het product LEAB. LEAB is een afkorting van Laag Energie AsfaltBeton. De ontwikkeling van LEAB is eind vorige eeuw gestart met als doel asfaltmengsels voor onder- en tussenlagen (AC bin/base mengsels) te produceren bij lagere temperatuur (tussen 115 en 130°C in plaats van ±165°C). LEAB is sinds het einde van de vorige eeuw doorontwikkeld tot een asfaltproductiemethode, waarmee inmiddels bijna 1.200.000 ton van verschillende asfaltsoorten voor de wegenbouw bij een lagere temperatuur geproduceerd en verwerkt zijn. Figuur 2 geeft een beeld van de productie en toepassing van LEAB-mengsels sinds 2002.



**Figuur 2.** De ontwikkeling van LEAB productie en verwerking sinds 2002.

Doordat LEAB WMA, Warm Mix Asfalt, bij een lagere temperatuur wordt geproduceerd dan regulier heet asfalt HMA, Hot Mix Asfalt, wordt afhankelijk van het geproduceerde mengsel 15-28% energie bespaard. Omdat beschikbare asfaltcentrales gebruik maken van fossiele brandstof (aardgas) vertaalt deze energiebesparing zich nagenoeg direct in de reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot met gemiddeld ca. 20%.

Daarnaast zal een asfaltcentrale die ca. 20% minder energie verbruikt eerder kunnen overschakelen op niet fossiele vormen van energie zoals groene stroom, groen gas of waterstof. LEAB asfaltcentrales maken het dus eerder mogelijk om de overstap naar een volledig klimaatneutrale productie van asfalt te maken. LEAB is een belangrijke stap in de juiste richting als het gaat om de energietransitie. De ontwikkelaars zijn ervan overtuigd dat met deze techniek verdere temperatuurverlaging mogelijk is. Naast minder energieverbruik en reductie van emissies heeft LEAB nog een aantal voordelen. Zo is de veroudering van het bitumen tijdens de LEAB-productie minder dan bij hete producties en is LEAB sneller beschikbaar voor het verkeer.



## 2. Mengselontwerp en specifieke aspecten t.b.v. typetest

### 2.1 Mengseltypes en hergebruik

#### 2.1.1 Algemeen

De LEAB-mengsels voldoen aan de eisen die in de Standaard RAW Bepalingen en de NEN-EN-13018-serie staan. Met LEAB wordt niet een asfaltmengsel bedoeld, maar een productieproces. Asfaltmengsels (bv. RAW-mengsels) worden met het LEAB-procedé geproduceerd bij een lagere productietemperatuur (warm in plaats van heet). De LEAB-techniek is toepasbaar op mengsels mét en zónder PR (Partiële Recycling).

Bij LEAB wordt het hete bitumen verschuimd waardoor het een aanzienlijke volumevergroting en viscositeitsverlaging krijgt. De overige granulaire materialen en het PR hoeven daardoor tot een veel lagere temperatuur te worden opgewarmd om volledig homogeen omhuld te worden met bitumen. De resulterende mengtemperatuur is afhankelijk van het te produceren mengsel: 110-130°C. Hiermee wordt een significante reductie in gasverbruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot gerealiseerd (afhankelijk van mengseltype en samenstelling 10 tot 30% CO<sub>2</sub>-reductie).

De kwaliteit van het verschuimde bitumen is essentieel voor de kwaliteit van het geproduceerde LEAB-mengsel. Om de schuimeigenschappen van het toegepaste bitumen te optimaliseren wordt een additief aan het bitumen toegevoegd. Met toepassing van dit additief neemt de expansie van het schuim toe (volumevergroting) en neemt de halfwaardetijd van het schuim af (tragere afname van het volume na verschuimen).

#### 2.1.2 Hergebruik

Het LEAB-procedé levert geen beperkingen op voor de toepassing van PR:

- 1 De LEAB-mengsels hebben dezelfde samenstelling als heet geproduceerde mengsels en zijn daarom ook na einde levensduur gewoon herbruikbaar.
- 2 Het LEAB-productieproces levert geen beperkingen op voor de toepassing van PR in het asfaltmengsel.

In AC bin/base mengsels is toepassing van 60 tot 70% asfaltgranulaat gebruikelijk. Voor deklaagmengsels is het percentage hergebruik in de Standaard RAW Bepalingen gelimiteerd (30% voor deklaagmengsels en 0% voor SMA- en ZOAB-mengsels). Al deze RAW-mengsels kunnen met het LEAB-procedé worden geproduceerd en verwerkt.

In asfaltgranulaat zit oud bitumen. Om te voorkomen dat dit oude bitumen tijdens het hergebruikproces onnodig verder wordt verouderd en om extreme emissies te voorkomen, wordt het asfaltgranulaat maar opgewarmd tot ca. 115°C. Bij heet geproduceerde asfaltmengsels wordt de gewenste mengtemperatuur van ca. 170°C bereikt door de schone 'witte' granulaire materialen veel warmer te maken. Bij het LEAB-procedé is die extreme opwarming veel minder nodig. In onderstaande tabel zijn de indicatieve temperaturen van de bouwstoffen op het moment van doseren in de menger weergegeven voor een onderlaagmengsel met 60%PR. Nadat de witte mineralen en de PR zijn opgewarmd in de paralleltrommels treedt nog warmteverlies op bij het uitzeven en de opslag in bunkers voordat het materiaal wordt gedoseerd in de menger. Dit geldt vooral voor de witte mineralen. Dit wordt verdisconteerd door de witte mineralen tot een hogere temperatuur op te warmen dan in onderstaande tabel is weergegeven.

Tabel 1. Temperaturen HMA en LEAB

		HMA	LEAB
Bouwstoffen	Fractie [%m/m]	Temperatuur [°C]	
Witte mineralen (Verse stof, zand en steenslag)	38,5	256	125
PR	60,0	115	115
Bitumen	1,5	170	170
Mengsel	100,0	170	120

Warmte, oxidatie, migratie en UV zorgen ervoor dat bitumen in de loop van de levensduur gaat verouderen (brosser wordt) waardoor het haar flexibiliteit verliest en steeds glasachtiger wordt. Als asfalt wordt gefreesd en vervolgens onbewerkt als bouwstof wordt hergebruikt in een nieuw asfaltmengsel, resulteert dit in een mengsel met een mastiek die veel minder flexibel is dan wanneer nieuwe bouwstoffen worden gebruikt. Om te voorkomen dat door toepassing van PR hele stijve, weinig flexibele asfaltmengsels worden geproduceerd, wordt het verwarmde asfaltgranulaat ingeweekt met een verjongingsproduct. Zo wordt het oude bitumen in de PR gereactiveerd en wordt bovendien voorkomen dat er schilvorming van oude, harde en nieuwe, flexibele mastiek rond het grove mineraal aggregaat ontstaat.

Alle ontwikkelde LEAB-mengsels voldoen aan de corresponderende eisen uit de Standaard RAW Bepalingen 2020. De eigenschappen van de LEAB-mengsels (stijfheid, vermoeiing, spoorvormingsweerstand en watergevoeligheid



voor AC-mengsels en watergevoeligheid voor SMA en ZOAB) worden op dezelfde wijze in een type-onderzoek conform proef 62 van de Standaard RAW Bepalingen bepaald. Van belang is dat er in het lab schuim- en mengapparaat beschikbaar zijn die zo goed mogelijk het schuim- en mengproces in de asfaltcentrale nabootsen. AsfaltNu heeft hiervoor de beschikking over een schuimunit van dezelfde fabrikant als de schuimunits in de asfaltcentrales en met hetzelfde procedé (zie paragraaf 1.2.1). Daarnaast beschikt AsfaltNu over een dwangmenger met een hoge mengintensiteit.

De mengselsamenstelling van LEAB-mengsels is gelijk aan die van hete mengsels. Behalve het schuimadditief bevatten de LEAB-mengsels geen asfaltvreemde stoffen. De hoeveelheid schuimadditief is dermate beperkt ('één vingerhoedje op een ton asfaltmengsel') dat het niet aantoonbaar is in het geproduceerde LEAB-mengsel. Bovendien zijn de bestanddelen in het additief zo gekozen dat ze normaal hergebruik niet belemmeren. LEAB-mengsels kunnen net als het geproduceerde asfaltmengsels na einde levensduur weer hergebruikt worden in hete of warme asfaltmengsels.

Geconcludeerd wordt dat hergebruik van asfaltgranulaat in LEAB-mengsels en toekomstig hergebruik van LEAB-mengsels geen belemmeringen oplevert.

### **2.1.3 LEAB en Polymeerbitumen PmB**

Het produceren van asfalt met PmB met het LEAB-procedé is op dit moment niet mogelijk. Dit kan worden onderzocht door gebruik van polyacrylonitril vezels in het asfaltmengsel. Ervaringen tot nu toe hebben aangetoond dat vervanging van een PmB door penetratiebitumen en polyacrylonitril vezels geen gevolgen heeft voor de levensduur van een deklaag.

Verlagen van de productietemperatuur heeft als aanvullende voordeel dat er minder veroudering bij productie en verwerking optreedt (Short Term Aging) en er daardoor na aanleg een grotere buffer tegen veroudering tijdens het gebruik in situ (Long Term Aging) beschikbaar is. Bij monitoring van de penetratie van het bitumen in meerdere LEAB ZOAB proefvakken is dit bevestigd.

Ook de toepassing van asfaltgranulaat, waarin een PmB is gebruikt, is in LEAB-mengsels niet mogelijk omdat de menging tussen het schuimbitumen en het verouderde PmB nauwelijks plaatsvindt, zelfs niet na toevoeging van een verjongingsmiddel. Voor de recyclebaarheid van asfalt is het daarom van belang de toepassing van PmB in asfaltmengsels te voorkomen. Het is dus ook zaak om vóór het vrijkomen van asfalt na te gaan of het desbetreffende asfalt PmB's bevat.

## **2.2 Type Onderzoek**

### **2.2.1 Algemeen**

Het typeonderzoek verloopt bij LEAB-mengsels niet anders dan bij hete mengsels. De noodzakelijke proefstukken worden vervaardigd en de proeven worden uitgevoerd conform proef 62 van de Standaard RAW Bepalingen. Doordat er in het LEAB-procedé geen mengwater wordt gebruikt is het restvochtpercentage in LEAB-mengsels niet hoger dan dat bij HMA-mengsels en kunnen LEAB-proefstukken, zonder curing, tussen 2 en 6 weken na vervaardiging beproefd worden. De functionele eigenschappen van de AC-mengsels (bin/base/surf) zijn vergelijkbaar met de corresponderende hete variant. Op basis van de gemeten stijfheid- en vermoeiingseigenschappen worden OIA-parameters berekend die op de reguliere wijze kunnen worden toegepast in een OIA-berekening voor een wegontwerp.

Voor de productie van LEAB-mengsels in het laboratorium is een schuimunit en een krachtige dwangmenger nodig. AsfaltNu heeft hiervoor een mini-asfaltcentrale nagebouwd die bestaat uit een losse menger en een mobiele schuimbitumenunit die aan elkaar gekoppeld kunnen worden (zie foto). De schuimunit is een zo goed mogelijke kopie van de schuimunit in de asfaltcentrale. In tegenstelling tot de unit in de asfaltcentrale heeft de laboratoriumunit maar één nozzle met dezelfde specificaties als de nozzles op de schuimbalk in de asfaltcentrale. Op het moment dat er schuimbitumen moet worden gedoseerd wordt er onder druk bitumen, water en additief in de expansiekamer voor de nozzle gespoten. In de expansiekamer wordt water omgezet in stoom, wordt de druk in de expansiekamer nog groter en wordt het bitumen door de nozzle naar buiten gespoten in de vorm van schuimbitumen. Hierdoor kan het bitumen een enorme volumevergroting ondergaan (tot wel een factor 30 à 40).

De nozzle van de lab-schuimunit kan boven de opening van de menger worden gepositioneerd. Het mineraal aggregaat wordt eerst droog gemengd. Daarna wordt de gewenste hoeveelheid schuimbitumen als een nevel over het granulaire materiaal in de menger gespreid.

Vervolgens wordt het mengsel gemengd. De specie kan worden gebruikt om proefplaten of gyratorproefstukken te maken, die noodzakelijk zijn voor het type-onderzoek van het asfaltmengsel.



Figuur 3. LEAB productie-unit in het laboratorium (blauw = menger, rood is schuimunit)

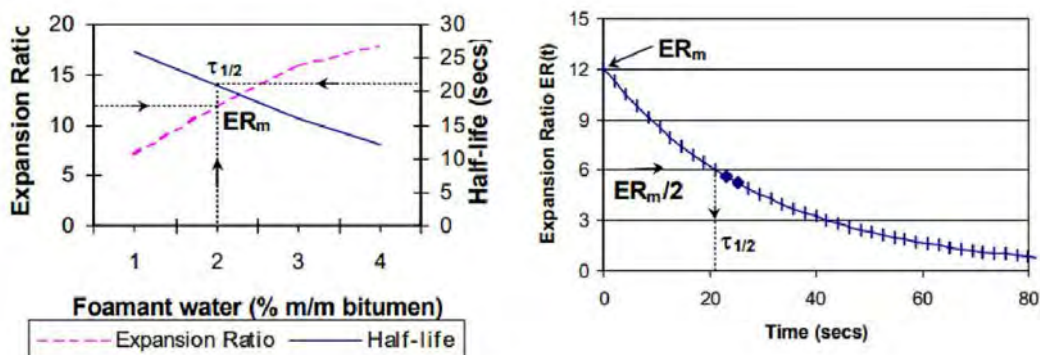
## 2.2.2 Schuimkwaliteit

Om bij verlaagde mengtemperatuur (110-130°C) een voldoende lage viscositeit van het bitumen te garanderen, zodat een goede omhulling van het mineraal aggregaat mogelijk is, wordt het hete bitumen in de vorm van schuimbitumen gedoseerd. Om de kwaliteit van LEAB-mengsels gelijkwaardig te krijgen ten opzichte van hete mengsels is het essentieel de kwaliteit van het schuimbitumen te optimaliseren. Bij de productie van sommige typen asfalt vraagt dit om de dosering van een zeer geringe hoeveelheid dope om het verschuimingsproces optimaal robuust en beheersbaar te maken. Deze dope heeft geen invloed op het gedrag van het geproduceerde mengsels noch op het gedrag van de daarin gebruikte bitumen. In die gevallen dat het LEAB-proces vraagt om toepassing van een additief in het recept wordt dit conform regelgeving benoemd in het VV.

Er zijn voor LEAB eisen gesteld aan de schuimbitumenkwaliteit, zie ook Figuur 4:

- de expansiefactor  $ER_m$  (= volume schuimbitumen ten opzichte van volume bitumen) moet groter zijn dan een bepaalde waarde;
- ook de halfwaardetijd  $\tau_{1/2}$  (= de tijd in seconden tussen het maximale schuimvolume en halvering van het maximale schuimvolume) moet groter zijn dan een bepaalde waarde;
- tenslotte moet ook de Foam Index FI (= het oppervlak onder de  $ER_m(t)$ -curve) moet groter zijn dan een bepaalde waarde.

Om aan de gewenste halfwaardetijd, expansiefactor en Foam Index te voldoen wordt de juiste hoeveelheid water en additief in het lab bepaald. Periodiek worden de schuimeigenschappen van de aangeleverde bitumina gecontroleerd (ingangscontrole).



Figuur 4. Schuimgedrag bitumen (Jenkins)

## 2.3 Additioneel onderzoek

Van de AC-mengsels worden in een type onderzoek de functionele eigenschappen bepaald conform proef 62 van de Standaard RAW Bepalingen. Voor LEAB-mengsels wordt dezelfde procedure als voor HMA-mengsels gebruikt. Additioneel onderzoek is voor deze mengsels niet noodzakelijk.

Voor de mengsels met een verhoogd risico op rafeling (vooral ZOAB-mengsels, maar ook SMA) kunnen behalve het reguliere type-onderzoek nog aanvullende proeven worden uitgevoerd. Opgemerkt wordt dat deze aanvullende proeven niet specifiek voor LEAB-mengsels relevant zijn, maar voor alle deklagen met rafeling als maatgevende schadebeeld:

- Om de initiële rafelingsgevoeligheid te bepalen worden RSAT- of ARTe-proeven uitgevoerd op niet-verouderde proefplaten. De RSAT en ARTe zijn krachtgestuurde sterkteproeven. Door veroudering worden deklagen in de praktijk met de tijd steeds stijver, sterker en minder flexibel. Direct na aanleg is de deklaag het minst sterk. Met de RSAT of ARTe wordt gecontroleerd of de initiële sterkte van de deklaag voldoende is. Het is dus een toets op korte termijn rafeling;
- Incidenteel wordt mastiek teruggewonnen uit geproduceerde specie. Van deze mastiek worden DSR-mastiekkolommen vervaardigd waarvan de mastercurve (frequency sweep) en/of het relaxatiegedrag wordt bepaald. Hiermee wordt de mate van flexibiliteit (kauwgomgedrag) van de mastiek na productieveroudering (short term ageing) bepaald. Hiermee kan ook aangetoond worden dat mastieken van heet geproduceerde asfaltmengsels na productie stijver en brosser zijn dan mastieken in LEAB-mengsels met als gevolg dat bij hete asfaltmengsels een kleinere buffer tegen veroudering in de gebruiksfase beschikbaar is.
- Om ook een uitspraak te kunnen doen over het verouderingsgedrag in de gebruiksfase (long term aging) wordt de geproduceerde specie in het laboratorium verouderd middels het "Mandela-protocol". Ook van deze mastiek worden DSR-mastiekkolommen vervaardigd waarvan de mastercurve (frequency sweep) en/of het relaxatiegedrag wordt bepaald. Door te vergelijken met de DSR-resultaten van de vers geproduceerde specie wordt de verouderingsgevoeligheid van de specie/mastiek vastgesteld.
- Hetzelfde onderzoek kan uitgevoerd worden op mastiek, dat teruggewonnen wordt uit boorkernen van wegvakken die een paar jaar oud zijn. Ook hiervan wordt de mastercurve en het relaxatiegedrag bepaald. Gecombineerd met de resultaten op de verse specie levert dit inzicht in de verouderingstoename van de mastiek in de tijd en de potentiële levensduur van de deklaag. Zo zijn voor ZOAB- en SMA-deklagen criteria beschikbaar die de kans op rafelingschade bij een strenge winter kunnen voorspellen.
- In het typeonderzoek wordt van ieder proefstuk voor de ITSr-bepaling behalve de maximale kracht (F) ook de optredende vervorming (u) vastgelegd. Deze resultaten geven inzicht in de breukenergie en zijn een indicatie van de sterkte en flexibiliteit van de deklaag direct na aanleg.

In paragraaf 2.4 worden de verschillende aanvullende proeven nader beschreven.

## 2.4 Proefomschrijving en condities

### 2.4.1 Toetsing op sterkte: RSAT of ARTe

Voor ZOAB en SMA is rafeling in de meeste gevallen het maatgevende schadebeeld. Daarom is er behoefte aan een proef waarmee de rafelingsweerstand van asfaltmengsels in de praktijk kan worden bepaald. Deze proef kan ook gebruikt worden bij de ontwikkeling van beter presterende deklaagmengsels. Met een rafelingsproef wordt vastgesteld of het steenslag in een asfaltmengsel onderling goed met elkaar verbonden is. In een proef wordt de sterkte van de hechting getest. Is de hechting voldoende, dan blijven de steentjes netjes aan het wegoppervlak liggen; als de hechting onvoldoende is, worden steentjes uit het wegoppervlak gewipt en treedt er materiaalverlies op. Er worden in Nederland 2 rafelingsproeven uit de Europese norm NEN-TS 12697-50 gebruikt om de rafelingsweerstand van deklagen te voorspellen:

- de RSAT. Deze proefconfiguratie wordt vaak door Rijkswaterstaat gebruikt;
- de ARTe.

Beide proeven zijn in het centraal laboratorium van AsphaltNu beschikbaar. Toetsing vindt plaats op basis van vergelijkend onderzoek. Een LEAB-deklaag (bv ZOAB) wordt onderzocht en als referentie wordt een heet mengsel met gelijke samenstelling meegenomen. Door onderling vergelijk wordt beoordeeld in hoeverre het LEAB-productieproces van invloed is op de rafelingsgevoeligheid van het deklaagmengsel.

### 2.4.2 Toetsing op flexibiliteit

Door oxidatie, UV-straling en de inwerking van water, zout, vetten en oliën wordt vooral de mastiek in een deklaag steeds brosser (minder flexibel). Door de afname van de flexibiliteit zullen opgelegde vervormingen (temperatuurkrimp in een koude winternacht en doorbuiging van de wegconstructie onder een wiellast) trekspanningen in de mastiek van de deklaag introduceren die, door gebrek aan flexibiliteit van de mastiek, steeds langzamer relaxeren en een deel van de sterkte van de mastiek opsouperen. De verbrossing van de mastiek heeft uiteindelijk tot gevolg dat er te weinig sterkte in de mastiek beschikbaar is voor het opnemen van schuifspanningen ten gevolge van een wiellast waardoor de eerste rafeling in de wielsporen gaat ontstaan.

De mate van veroudering van de mastiek, x jaar na aanleg, is de sommatie van korte (STA) en lange termijn veroudering (LTA). Om flexibiliteit (kauwgomgedrag) van de mastiek in een SMA of ZOAB te kunnen toetsen wordt mastiek teruggewonnen uit specie (na productie) en/of uit boorkernen (na x jaar in de weg). De procedure is in beide gevallen dezelfde:

- Terugwinnen van de mastiek uit de specie of boorkern met behulp van de granulator- of de spatelmethode;
- Vervaardigen van DSR-mastiekkolommen van de teruggewonnen mastiek;
- Het bepalen van de mastercurve van de stijfheid  $G^*$  van de mastiek met behulp van een temperatuur-frekuensijsweep en/of het bepalen van het relaxatiegedrag van de mastiekspecie door het uitvoeren van een relaxatieproef;

Toetsing vindt plaats op basis van vergelijkend onderzoek. Een LEAB-deklaag (bv ZOAB) wordt onderzocht en als referentie wordt een heet mengsel met gelijke samenstelling meegenomen. Door onderling vergelijk wordt beoordeeld in hoeverre het LEAB-productieproces van invloed is op de rafelingsgevoeligheid van het deklaagmengsel.

### 2.4.3 Toetsing op breukenergie

Toetsing van de sterkte/flexibiliteit van het geproduceerde asfalt kan worden uitgevoerd op basis van indirecte trekproeven. Door behalve de maximale kracht  $F$  (kN) ook de vervorming  $u$  (mm) te registreren, kan een inschatting van de sterkte en de flexibiliteit van het mengsel op basis van breukenergie worden gemaakt.

Toetsing vindt plaats op basis van vergelijkend onderzoek. Een LEAB-deklaag (bv ZOAB) wordt onderzocht en als referentie wordt een heet mengsel met gelijke samenstelling meegenomen. Door onderling vergelijk wordt beoordeeld in hoeverre het LEAB-productieproces van invloed is op de rafelingsgevoeligheid van het deklaagmengsel.

## 2.5 Eisen en bepalingen

LEAB is geen mengsel maar een productietechniek. Er kunnen met deze productietechniek dezelfde mengsels, op basis van dezelfde bouwstoffen en in dezelfde mengverhoudingen, worden vervaardigd als heet geproduceerde asfaltmengsels. De eisen voor de toe te passen bouwstoffen, voor de (functionele) mengseleigenschappen en voor toetsing bij oplevering zijn daarom niet anders dan bij heet geproduceerde mengsels. De eisen per mengseltype staan verwoord in Hoofdstuk 81 van de Standaard RAW Bepalingen.

De minimale mengseltemperatuur van een asfaltmengsel is sinds 2008 uit de Europese productnormen in de NEN-EN 13108-serie verdwenen. Dat betekent dat er in de regelgeving geen beperkingen zijn voor de toepassing van het LEAB-procedé. Bijna alle mengsels (behalve PmA's) kunnen bij lage temperatuur worden geproduceerd, er kan een type-onderzoek op worden uitgevoerd, kan worden geproduceerd, verwerkt en middels een bedrijfscontrole worden gecontroleerd. Hierbij wordt de minimum temperatuur bij levering vermeld op de CE-verklaring en de DoP.

Dit impliceert dat verlaging van de productietemperatuur door gebruik te maken van de LEAB-techniek altijd zonder risico's op kwaliteitsverlies kunnen worden toegepast. Dit is niet juist! Het betreft geen regulier mengproces. De kwaliteit van het geproduceerde asfalt is in belangrijke mate afhankelijk van de kwaliteit van de schuimbitumendeken waarmee een optimale omhulling van het mineraal aggregaat kan worden bereikt. De kwaliteit van de schuimbitumendeken is afhankelijk van de schuimeigenschappen van het bitumen (niet ieder bitumen is goed verschuimbaar), de kwaliteit/geometrie van de schuimunit, de instellingen van de schuimunit (waterdruk, luchtdruk, watergehalte) en de inspuittijd. Het uitvoeren van alleen een type onderzoek is zeker niet voldoende om de kwaliteit van asfalt met verschuimd bitumen te garanderen. Het is belangrijk de productietechniek in het lab zoveel mogelijk identiek te maken aan de productie in een asfaltcentrale. Hoe representatief is een type onderzoek voor geproduceerd asfalt bij een asfaltcentrale? En levert een centrale met bijvoorbeeld een chargemenger dezelfde kwaliteit als met een continuumenger? De producent zal moeten investeren in een laboratorium schuimunit, die de praktijk bij een asfaltcentrale zo goed mogelijk benadert. Bovendien zal de producent voor verschillende warm geproduceerde mengsels validatieprocessen (van laboratoriumniveau/TRL4 via proefvakken/TRL7 tot grootschalig in de praktijk/TRL9) moeten doorlopen. Aan al deze voorwaarden wordt bij de maken van warm asfalt middels het LEAB-procedé voldaan. Uiteindelijk resulteert dit in gelijkwaardige hete en warme asfaltmengsels.

## 2.6 Rapportage (Verkort verslag)

Ieder asfaltmengsel moet overeenkomstig hoofdstuk 7 van NEN-EN 13108-20 worden voorzien van een rapportage van het type-onderzoek. Naast deze rapportage wordt conform proef 62 van de Standaard RAW Bepalingen een verkort verslag gemaakt ten behoeve van de afnemer en directie. Aanpassing van het productieproces (van heet naar warm/LEAB) verandert niets aan deze rapportageverplichtingen. Voor LEAB AC surf/bin/base mengsels kan hiermee wat onderzoek betreft worden volstaan.

Voor mengsels met rafeling als maatgevende schadebeeld (ZOAB en SMA) zal de asfaltproducent aanvullend op deze standaardrapportages moeten kunnen aantonen dat het LEAB-productieproces geen negatieve invloed heeft op de levensduur. Een vergelijkend onderzoek tussen heet en LEAB geproduceerde ZOAB en SMA moet zijn uitgevoerd. Dit onderzoek moet minimaal omvatten (zie ook paragraaf 1.4):

- RSAT- of ARTE-onderzoek op laboratorium geproduceerde asfaltplaten. Hiermee wordt de aanvangsterkte van het deklaagmengsel en daarmee het risico op korte termijn rafeling beoordeeld;

- DSR-mastiekonderzoek op teruggewonnen mastiek van laboratorium gemengde asfaltspecie. Hiermee kan worden vastgesteld wat de invloed van het productieproces op de initiële eigenschappen van de mastiek in de deklaag is;
- DSR-mastiekonderzoek op teruggewonnen mastiek van laboratorium gemengde asfaltspecie en verouderde specie. Het onderzoek is erop gericht om de rafelingsgevoeligheid van een mengsel na veroudering vast te stellen. Het gebruikte protocol om specie te verouderen is ontwikkeld door de TU Delft, Development of a laboratory aging method for bitumen in porous asphalt, Y. Jerome, 2010 en omvat 42 uur stoomveroudering op 135°C
- Vergelijk met de DSR-proeven op niet verouderde mastiek geeft een indicatie van de verouderingsgevoeligheid van de specie/mastiek en daarmee van de rafelingsgevoeligheid op termijn (indicatie levensduur).
- Onderzoek naar de breukenergie.

Het vergelijkende onderzoek tussen hete en LEAB-mengsels hoeft niet voor ieder mengsel te worden uitgevoerd maar mag na uitvoering generiek voor alle ZOAB- en SMA-deklagen van toepassing worden verklaard.

### 3. Productie (inrichting productieproces oplossingsrichting specifiek)

#### 3.1 Bouwstoffen en vereiste kenmerken

De productie van asfalt conform het LEAB-procedé gaat uit van het verschuimen van het bitumen, waarbij het schuimproces is geoptimaliseerd. In het procedé wordt het volume van het bindmiddel vergroot en de viscositeit verlaagd. Op deze manier wordt het mogelijk om ook bij de verlaagde productietemperatuur het nieuwe mineraal aggregaat goed te omhullen.

Het verschuimen van het bitumen wordt gerealiseerd door de toevoeging van een kleine hoeveelheid water. Tevens wordt een additief gebruikt om de schuimeigenschappen van het bitumen te optimaliseren. De belangrijkste reden om dit additief te doseren is om het antischuimmiddel, dat bitumenproducenten aan het bitumen toevoegen om schuimen van het bitumen tijdens transport en het verpompen te voorkómen, te neutraliseren. Bovendien zorgt dit additief voor een verbetering van de hechting tussen bitumen en steenslag én voor een verlaging van de viscositeit van het bitumen zodat de verwerking van het asfalt verbetert. De dosering van water en additief zijn zodanig geoptimaliseerd dat een optimale expansie en halfwaardetijd van het schuim wordt verkregen. In Paragraaf 2.2.2 is hier al dieper op ingegaan.

Het toegevoegde water heeft geen milieu-impact. Overigens gaat het om een kleine hoeveelheid water, die tijdens het schuim- en productieproces vrijwel volledig verdampt. Het toegevoegde additief staat op de OPWA-lijst. De zeer geringe dosering ervan maakt dat er geen sporen van dit additief in het asfaltmengsel zijn terug te vinden. De toepassing van het additief vormt géén belemmering voor het hergebruik van het asfaltmengsel.

In LEAB-mengsels waar asfaltgranulaat wordt toegepast, wordt naast het schuimproces ook een bio-based verjongingsmiddel gebruikt om het oude bindmiddel uit het asfaltgranulaat te reactiveren. De hoeveelheid te doseren verjongingsproduct wordt bepaald op basis van de penetratie en het bindmiddelgehalte van de toegepaste asfaltgranulaat en het nieuw te doseren bitumen. Er wordt dus gestuurd op de penetratie van het mengbitumen. De uiteindelijk te doseren hoeveelheid is beperkt. De toepassing van het verjongingsmiddel vormt géén belemmering voor het hergebruik van het asfaltmengsel.

De technische werking van dit verjongingsmiddel is op meerdere manieren aangetoond, onder meer door de vermenging van oud- en nieuw bindmiddel te beoordelen middels een afpelonderzoek bij TNO.

#### 3.2 Aanpassingen in de asfaltcentrale

Voor de asfaltproductie met het LEAB-procedé is slechts een beperkt aantal aanpassingen nodig. De zwarte trommel wordt op de gebruikelijke manier ingezet en de temperatuur in de witte trommel wordt verlaagd. Het unieke van het procedé zit hem in de schuimbalk en (indien PR wordt toegepast) het inweekproces met het verjongingsmiddel.

##### 3.2.1 Schuimbalk

Het uiteindelijke doel is om het minerale aggregaat zo goed mogelijk te omhullen met bitumen. Asfaltcentrales van AsfaltNu zijn toegerust met een speciaal voor het doel ontwikkelde schuimunit met meerdere nozzles. Uitgangspunt bij de productie van LEAB is dat het mineraal aggregaat in de menger over een langere periode wordt bedekt door een schuimdeken zodat het te doseren bitumen zich voldoende homogeen over het mengsel kan verspreiden. Er wordt als het ware een schuimdeken over het mineraal aggregaat gelegd, waardoor het oppervlak van het granulaire materiaal homogeen wordt benat met bitumen. Voor mengsels met veel bitumen worden veel nozzles ingeschakeld. Voor mengsels met veel PR en weinig bitumen worden maar een paar nozzles gebruikt zodat de benattingstijd gehandhaafd kan blijven.

##### 3.2.2 Inweekproces

Door asfaltgranulaat te gebruiken bij de productie van nieuw asfalt wordt de MKI van dat nieuwe asfalt zeer effectief verlaagd. Dit geldt zowel voor HMA als WMA. Natuurlijk is het van groot belang dat de kwaliteit van nieuw asfalt met



PR niet onderdoet voor die van een equivalent asphalt met alleen nieuwe, verse grondstoffen. De kwaliteit van asphalt is immers gerelateerd aan de te verwachten levensduur, waarbij de levensduur weer gerelateerd is aan kosten per gebruiksjaar of MKI per gebruiksjaar.

De aandachtspunten kwaliteit en levensduur leiden bij circulaire productie tot een belangrijk punt van aandacht. Om immers met asphaltgranulaat een hoogwaardig nieuw asphalt te kunnen produceren zal het bitumen in het oude asphalt moeten worden gereactiveerd én volledig moeten vermengen met het nieuw toe te voegen bitumen zodat het mengbitumen een integraal onderdeel kan vormen van het nieuw geproduceerde asphalt. Door in een HMA het asphaltgranulaat te verwarmen tot de oorspronkelijke mengtemperatuur van 165°C (of hoger i.v.m. de EVT), kan het oude bitumen weer volledig gereactiveerd worden. Ook wordt dan een viscositeit bereikt waarbij een goede menging met het verse bindmiddel mogelijk wordt. Bij de productie van WMA worden dergelijke temperaturen echter niet bereikt.

Om het oude bitumen in hergebruikt asphalt bij ca. 115°C volledig te reactiveren wordt daarom gebruik gemaakt van een verjongingslans waarmee een verjongingsmiddel wordt aangebracht op warm asphaltgranulaat. Hierna krijgt het bitumen in het asphaltgranulaat de tijd om het verjongingsmiddel in zich op te nemen. Op deze wijze wordt het oude bitumen in het asphaltgranulaat bij ca. 115°C toch volledig gereactiveerd zodat de kwaliteit en de levensduur van LEAB-mengsels met hergebruik hoog blijft. Tevens wordt de viscositeit dermate verlaagd (en daarmee de meng- en penetratie verhoogd) dat de verwerkbaarheid van de asphaltspecie verbetert en homogene menging van oude en nieuwe bitumen wordt gegarandeerd. Tenslotte wordt op deze wijze, anders dan bij dosering van de verjonger in de menger, alleen het oude bindmiddel verjongd, terwijl verweking van nieuw bindmiddel wordt uitgesloten.

Dit inweekproces is zowel met asphaltgranulaat uit AC surf/bin/base lagen (met een penetratie van ca. 20 dmm) als met ZOAB-granulaat (met een penetratie van ca. 10 dmm) getoetst, in zowel hete als warme mengsels. Hierbij wordt gebruik gemaakt van onderzoeken op bindmideelniveau (o.a. aan de hand van appelonderzoek waarin wordt vastgesteld of het samengestelde bindmiddel goed gehomogeniseerd is en overeenkomt met de kwaliteit van een vers bindmiddel) én op mengselniveau (o.a. aan de hand van reguliere type-onderzoeken, vorst-dooi onderzoek en natuurlijk praktijkgedrag waarin vastgesteld wordt of het samengestelde bindmiddel naar behoren functioneert).

De hoeveelheid te doseren verjongingsmiddel is mengselafhankelijk en wordt bepaald door de diverse parameters, zoals de gewenste mengpenetratie, de hoeveelheid asphaltgranulaat en het bindmiddelgehalte en de penetratie van het freesmateriaal.

### **3.3 Plaats van invoegen**

Bij de productie van LEAB-mengsels kan de dosering van twee kleine hoeveelheden kwaliteit verhogende of kwaliteit herstellende middelen noodzakelijk zijn. Hieronder daarover meer informatie.

#### **3.3.1 Deklagen (additief t.b.v. verbetering schuimkwaliteit)**

Bij de productie van LEAB-deklagen wordt een additief gebruikt die primair bedoeld is om de schuimkarakteristieken van het bitumen te verbeteren (Paragraaf 2.2.2). Dit additief helpt bovendien de viscositeit van het bitumen tijdens productie en verwerking verder te verlagen en verbetert daarnaast de hechting tussen bitumen en mineraal. Het additief wordt zodanig in het productieproces ingebracht dat een optimale vermenging met het bindmiddel wordt gerealiseerd.

#### **3.3.2 Hergebruik (inweekproces met verjongingsmiddel)**

Zoals in Paragraaf 3.2.2 besproken is het noodzakelijk om bij de productie van hoogwaardige LEAB-mengsels met asphaltgranulaat een verjongingsmiddel in te brengen om het verouderde bitumen te reactiveren en goed te mengen met vers toegevoegd bitumen.

Het verjongingsmiddel heeft als taak het oude bitumen te reactiveren. Hiervoor is tijd en temperatuur nodig. Een directe menging van asphaltgranulaat met vers bindmiddel moet bij de productie van LEAB-mengsels worden vermeden om te voorkomen dat er een gelaagd systeem ontstaat waarbij oud hard bitumen rond het steenslag in het asphaltgranulaat omhuld wordt met het zachte nieuw ingebrachte bitumen).

AsfaltNu brengt de verjonger in aan het eind van de zwarte trommel met behulp van een inweeklans. De laatste 2-3 slagen die de trommel maakt zorgen samen met de vernevelde inspuiting voor een goede verdeling van het verjongingsproduct over het opgewarmde asphaltgranulaat. In het geval dat het verjongingsmiddel wordt ingebracht bij de uitstroom van de zwarte trommel is meer aandacht besteed aan een optimale verneveling zodat eveneens een goede verdeling over het asphaltgranulaat wordt bereikt. In beide gevallen heeft het verjongingsmiddel géén direct contact met de vlam, zodat verbranding en/of bovenmatige veroudering niet aan de orde is.

Het asphaltgranulaat met verjongingsmiddel wordt na de zwarte trommel opgeslagen in een tussenbunker. Hier krijgt het verjongingsmiddel de tijd om in te werken op het verouderde bitumen in het asphaltgranulaat. Het ingebrachte verjongingsmiddel reactiveert het oude bitumen. Het resulterende gemengde product heeft een viscositeit die beter overeenkomt met het te doseren verse bindmiddel, waardoor in de menger een betere vermenging tussen de 2

bitumina bereikt wordt. Door deze werkwijze wordt voorkomen dat een gelaagd bitumen- of mastieksysteem in het nieuwe asfaltmengsel ontstaat, wat een risico zou geven op voortijdig falen.

### 3.4 Droge menging basis bouwstoffen en randvoorwaarden

Het mengproces voor LEAB-mengsels is aangepast ten opzichte van hete mengsels. De drie belangrijkste verschillen zijn: de langere inspuittijd van het bitumen waardoor het wervelbed van mineralen in de menger langer wordt bedekt door een schuimdeken, het moment van doseren van het bitumen en het moment van doseren van de vulstof.

### 3.5 Menging totaal mengsel

Bij de LEAB-productie worden in de zwarte en de witte trommel temperaturen aangehouden boven de 100°C. Meer specifiek is dit uitgeschreven in onderstaande tabel.

Tabel 2. Productietemperaturen LEAB

Temperatuur	Base/bin			SMA/ZOAB		
	Wens	Min.	Max.	Wens	Min.	Max.
Witte trommel	var.	105°C	120°C	var.	105°C	140°C
Zwarte trommel	var.	110°C	130°C	var.	110°C	130°C
Mengsel	115°C	110°C	120°C	125°C	115°C	135°C

### 3.6 Controle methoden

De productiecontrole van LEAB-mengsels is hetzelfde als voor heet geproduceerde asfaltmengsels. Naast de gebruikelijke FPC-controle conform NEN-EN 13108-21, waarbij kleinere toleranties worden gehanteerd dan in de FPC worden toegestaan, wordt speciale aandacht besteed aan een visuele beoordeling van het LEAB-mengsel. Deze controle wordt uitgevoerd tijdens het laden van de vrachtauto's of bij de monsternamen van het LEAB-mengsel voor FPC-controle.

### 3.7 Bijsturing van de productie op grond van analyseresultaten

Als tijdens de FPC-controle blijkt dat de intern gehanteerde mengsel toleranties (die kleiner zijn dan de FPC-toleranties) worden overschreden, wordt het mengselrecept in de asfaltcentrale aangepast. Na aanpassing van het mengselrecept wordt gecontroleerd of het mengsel binnen de intern gedefinieerde toleranties wordt geproduceerd.

### 3.8 Opslag van het eindproduct en randvoorwaarden

LEAB-mengsels worden in een standaard asfaltcentrale, uitgerust met LEAB-schuimbalken en een verjongingslans, geproduceerd. Net als bij heet geproduceerde mengsels eindigt het productieproces ermee dat de geproduceerde specie met een kubeltje in een opslagsilo wordt gestort. Het betreft hier dezelfde geïsoleerde silo's als gebruikt bij de opslag van HMA-producten.

AsfaltNu hanteert een matrix "opslagtijd en maximale en minimale mengtemperatuur". Deze matrix geeft voor verschillende mengselgroepen aan hoe lang mengsels binnen deze groepen in de opslagsilo's mogen zijn opgeslagen en wat de maximale en minimale productietemperatuur van een dergelijk mengsel is. De volledige matrix valt buiten de scope van deze richtlijn maar ten aanzien van de opslagtijden van LEAB geproduceerde mengsels wordt het volgende gemeld:

- De toelaatbare opslagtijd van LEAB geproduceerde steenskelet deklaag mengsels is gelijk aan die van equivalente heet geproduceerde steenskelet deklaag mengsels.
- De toelaatbare opslagtijd van LEAB geproduceerde AC mengsels, zowel Surf als Bin/base, is in de vigerende matrix nog korter dan de opslagtijd van heet geproduceerde equivalenten.

De genoemde matrix is een levend document dat steeds wordt aangepast aan nieuwe inzichten en ontwikkelingen. Met toenemende ervaring neemt de toegestane opslagtijd van LEAB AC mengsels toe.

Ten aanzien van de maximale en minimale productietemperatuur meldt de matrix onder andere, maar niet uitsluitend:

- De intervallen in productietemperatuur voor LEAB-mengsels zijn mengsel-specifiek en hebben een intervalbreedte van maximaal 20°C ( $\pm 10^\circ\text{C}$ )
- De productie van LEAB bij een hogere temperatuur dan in de matrix aangegeven heeft geen gevolgen voor kwaliteit.
- Bij de productie-overgang van hete mengsels naar (warme) LEAB-mengsels mogen de eerste 50 ton LEAB warmer zijn dan de aangegeven maximale productietemperatuur van LEAB.
- Bij productie-overgang van (warme) LEAB naar hete mengsels mogen de laatste 50 ton LEAB warmer zijn dan de aangegeven.

Duidelijk moet zijn dat de laatstgenoemde punten vooral gericht zijn op het voorkomen van verspilling en beheersen van de kwaliteit van heet geproduceerde mengsels die vóór of na een LEAB-productie worden geproduceerd.

## 4. Transport en verwerking

In essentie is het asfalteren van LEAB-mengsels gelijk aan het asfalteren van conventionele hete asfaltmengsels. Diverse ASPARI-metingen hebben aangetoond dat het afkoelgedrag van een LEAB-mengsel gelijk is aan het afkoelgedrag van hot mix asfalt. Bij LEAB ligt het startpunt van de afkoeling alleen bij een lagere temperatuur.

De gevolgen voor transport, verwerking en verdichting zijn dus relatief beperkt. Wel zijn er enkele details waarvan men zich rekenschap moet geven.

In de volgende paragrafen wordt bij de afzonderlijke onderdelen van het verwerkingsproces bij deze details stilgestaan.

### 4.1 Transport

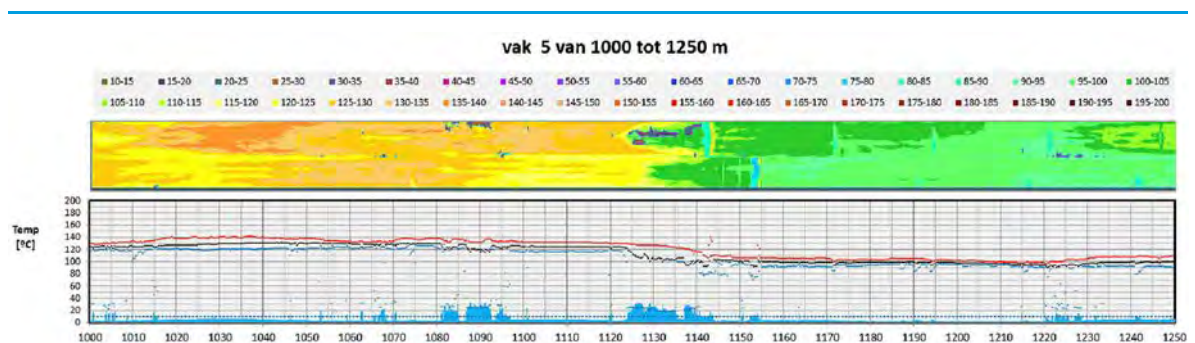
Het transport van LEAB-mengsels van de asfaltcentrale naar de verwerkingslocatie kan plaatsvinden met gebruikelijke vrachtwagens. Deze wagens dienen uiteraard goed geïsoleerd te zijn en alle kleppen van de vrachtauto moeten tijdens het transport dicht zitten.

Reden voor deze extra aandacht is dat de temperatuur van asfalt geproduceerd bij 110-130°C bij plaatselijke afkoeling natuurlijk nog lager wordt, waarna er koude brokken in het mengsel ontstaan.

Om het transport vloeiend (in een constante stroom) voor de asfaltspreidmachine te krijgen wordt het gebruik van een voorlader aangeraden.

### 4.2 Verwerkingstemperatuur

Het grote verschil bij de verwerking van LEAB-mengsels ten opzichte van conventioneel heet asfalt is de verwerkingstemperatuur. Met behulp van infrarood-camera's op de spreidmachine is dit verschil te visualiseren. Deze data kunnen direct op de spreidmachine worden gebruikt om bepaalde afkoeling te signaleren en kan achteraf worden gebruikt om te analyseren wat de daadwerkelijke asfalttemperatuur tijdens de verwerking is geweest.



Figuur 5. Verschil in gemeten oppervlaktetemperatuur tussen HMA (links) en LEAB (rechts) [IGO Oost A50N okt 2021]

### 4.3 Verdichting

De verdichting van LEAB-mengsels komt op dezelfde wijze tot stand als conventioneel heet asfalt. Dat wil zeggen dat normale asfaltwalsen worden ingezet. Net als bij HMA's dient de verdichting plaats te vinden in een bepaald verdichtingsvenster met een boven- en ondergrens.

Omdat het LEAB-mengsel met een temperatuur van ca. 115-95°C onder de afwerkbalk vandaan komt, kan direct met de verdichting worden begonnen. Feitelijk is er dus geen bovengrens.

De ervaring heeft geleerd dat LEAB-mengsels in het lage temperatuurgebied langer "smeuig" blijven. De ondergrens ligt dus lager dan bij conventioneel heet asfalt.

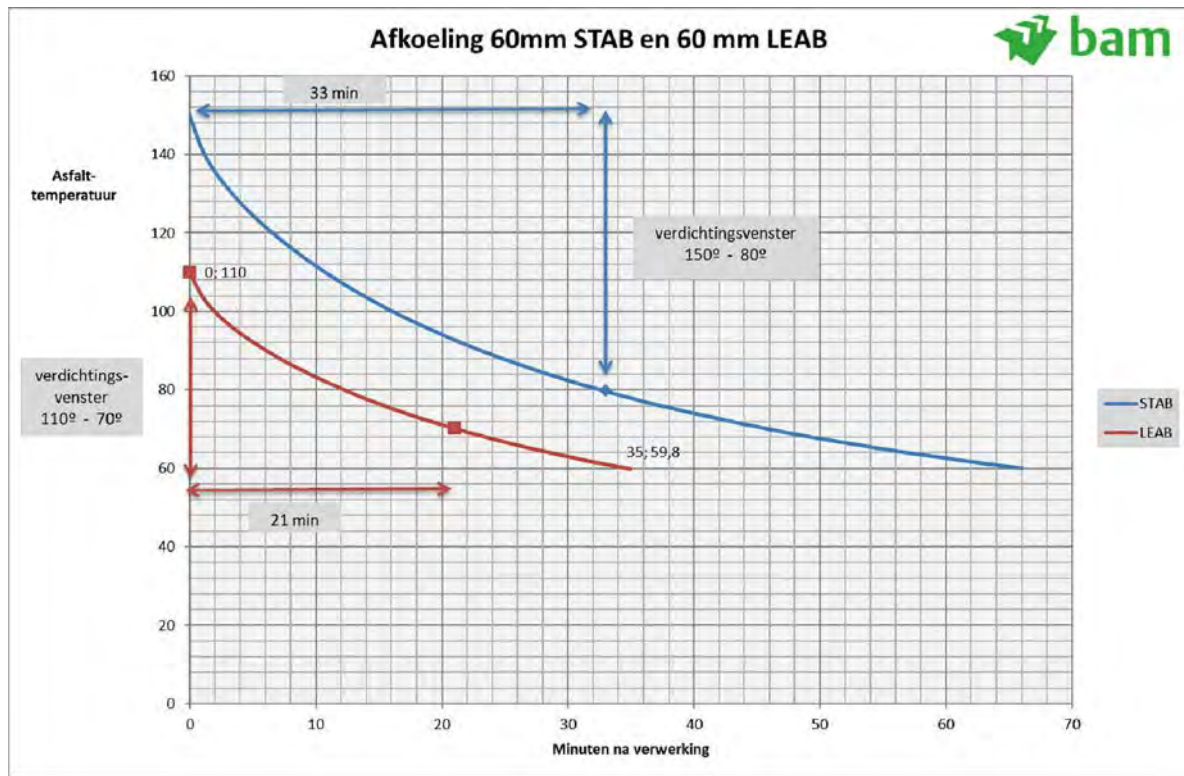
Tabel 3. Verwerkingstemperatuurvenster

	Ondergrens	Bovengrens
Conventioneel asfalt (HMA)	80°	150°
LEAB-mengsels (WMA)	70°	110°



Afhankelijk van de weersomstandigheden tijdens de uitvoering betekent dit verschil in verdichtingsvenster ook een verschil in tijd die de walsmachinisten hebben voor het voltooien van de verdichting.

Met behulp van tools zoals Pavecool of Multicool (zie <https://www.dot.state.mn.us/app/pavecool/>) kan vooraf worden voorspeld binnen welke tijd het verdichtingsproces voltooid moet zijn. Zoals in de onderstaande afkoelanalyse is weergegeven is er bij LEAB-mengsels ongeveer 12 minuten minder tijd beschikbaar om het verdichtingsproces te voltooien, figuur 6.



Figuur 6. Afkoelingscurve van heet geproduceerde en LEAB geproduceerde STAB (AC Bind).

## 4.4 Materieel en verwerkingsprotocol

LEAB-mengsels kunnen verwerkt worden met standaard asfaltspreiders, walsen en overig wegenbouwmaterieel. Natuurlijk vraagt ieder mengsel en situatie een eigen aanpak. Maar dat is bij heet te verwerken asfalt niet anders. Belangrijke toevoeging is dat er gewerkt dient te worden met oscillerende walsen omdat het standaard trillen niet werkt.

Het is niet mogelijk om voor alle producten in dit hoofdstuk zaken uit te schrijven. Vandaar dat we hieronder maar wat gemene delers vernoemen die in de verwerkingsadviezen voor LEAB te vinden zijn. Kleven en afstrooien vraagt niet om aangepaste werkwijze.

### 4.4.1 Aanvoer

Geïsoleerde laadbak, kleppen dicht, direct na laden naar het werk rijden.

### 4.4.2 Verwerken

Stopplekken vermijden, indien toch: niet leegdraaien, tunnel volhouden, hopperbak sluiten, balk optillen en las maken.

Gooi asfalt < 90°C weg. Koude brokken uit de hopper scheppen

4,5 – 6 meter per minuut

Gebruik de vastgestelde balkinstellingen

Bij verbreding balk ook wormen verbreden. Worm instellen op juiste diepte (laagdikte + 50 mm)

### 4.4.3 Lassen

(Mobiele) kraan inzetten met brede bak

Knikmop gebruiken bij veel handwerk.

Naadverwarmer gebruiken

#### 4.4.4 Vlakheid

Stopplekken voorkomen, bij wachten: asfalt voor de balk niet laten afkoelen < 95°C

Auto's met SNIP inzetten, geen trailers

Voorlader met inzetbak

#### 4.4.5 Overig

Indien gewenst een voorlader of achterlosser inzetten. Geen shuttlebuggy!

#### 4.5 Weer

Vanwege het kortere verdichtingsvenster is het zaak om scherp in de gaten te houden of de weersomstandigheden het mogelijk maken om, in de kortere tijd die er sowieso al is om de verdichting van LEAB-mengsels op niveau te brengen, het hele verdichtingsproces te voltooien. In andere woorden: als de weersomstandigheden niet gunstig genoeg zijn, kan het zijn dat (door snelle afkoeling) het verdichtingsvenster te klein wordt, waardoor het niet meer mogelijk is om op tijd het verdichtingsproces af te ronden. In dergelijke gevallen is het beter om het asfalteren uit te stellen naar een moment met beter weer of beheersmaatregelen te treffen waardoor het onder de gegeven omstandigheden wél lukt om voldoende verdichting te realiseren.

Beheersmaatregelen kunnen zijn:

- Het LEAB-mengsel iets warmer produceren dan gebruikelijk is, maar binnen het WMA productietemperatuurvenster;
- Extra wals-capaciteit organiseren.

#### 4.6 Controle methoden/ opleveringscontrole

Bij het bepalen van de kwaliteit van verwerkte LEAB-producten wordt dezelfde bedrijfscontrole of opleveringscontrole uitgevoerd als voor hete mengsels. Dus zowel de onderzoeksfrequentie als de gehanteerde onderzoeksmethoden en proeven zijn voor LEAB-mengsels en HMA's identiek.

### 5. Beheer en onderhoud

#### 5.1 Aandachtpunten bij onderhoudswerkzaamheden in de gebruiksperiode

In de gebruiksfase onderscheiden LEAB-mengsels zich niet van reguliere heet geproduceerde mengsels. Daarom zijn er geen specifieke aandachtspunten met betrekking tot onderhoudswerkzaamheden nodig.

LEAB-mengsels kunnen hierdoor eenvoudig worden ingepast in bestaande beheer- en onderhoudsystemen.

#### 5.2 Mengselspecifiek onderhoud

In de gebruiksfase onderscheiden LEAB-mengsels zich niet van reguliere heet geproduceerde mengsels. Er is hierdoor geen mengselspecifiek onderhoud voor LEAB-mengsels. LEAB is immers geen mengsel maar een productiemethode.

#### 5.3 Schade en schadeherstel

In de gebruiksfase onderscheiden LEAB-mengsels zich niet van reguliere heet geproduceerde mengsels. Net als in heet geproduceerde mengsels kan ook in LEAB-mengsels schade ontstaan. Herstel van deze schade zal zich op geen enkele wijze onderscheiden van herstel van vergelijkbare schade in heet geproduceerde mengsels.

LEAB-mengsels kunnen hierdoor eenvoudig worden ingepast in bestaande beheer- en onderhoudsystemen.

Op enig moment zal ook een verharding met LEAB-mengsels vragen om (deklaag-)vervanging of om reconstructie of versterking. De gedragsmodellen voor de ontwikkeling van oppervlakteschades (scheurvorming, spoorvorming, rafeling, langsvlakheid, stroefheid) zijn voor LEAB-mengsels niet anders dan voor hete mengsels. De beheerplanning voor deklaagvervanging kan daarom volgens de bestaande methodiek plaatsvinden. De analyses die worden gebruikt bij de planning van deklaagvervanging en het ontwerp van de reconstructie of versterking van de verharding met LEAB-mengsels is gelijk aan verhardingen met heet geproduceerde mengsels:

- Gedetailleerde visuele inspectie,
- FWD-metingen,
- Terugrekenen van stijfheden,
- Restlevensduurbepaling,
- Laagdiktebepaling versterkingslaag.

Het (her-)ontwerp van verhardingen met LEAB-mengsels kan hierdoor eenvoudig worden ingepast in bestaande wegontwerp of wegbeheertools als het Ontwerpinstrumentarium Asfaltverhardingen (OIA) of wegbeheersystemen als GBI, GeoVisia, Gisib of GB WegBeheer.

## 6. Vervanging en hergebruik

### 6.1 Algemeen

Verhardingen hebben niet het eeuwige leven en zullen op enig moment geheel of gedeeltelijk moeten worden vervangen. Dit geldt voor zowel verhardingen met LEAB of met heet geproduceerde mengsels. Dit gegeven leidt tot duurzaamheidsvragen die hieronder worden besproken.

### 6.2 Toekomstig hergebruik

De samenstelling van LEAB-mengsels is, met uitzondering van een zeer geringe hoeveelheid additief, identiek aan de samenstelling van equivalente heet geproduceerde mengsels. Vanuit het perspectief van hergebruik bevat 1 ton LEAB-granulaat dus dezelfde bouwstoffen als 1 ton HMA-granulaat. De mogelijkheden voor toekomstig hergebruik van LEAB-mengsels zijn hierdoor gelijk aan de mogelijkheden voor toekomstig hergebruik van heet geproduceerde mengsels.

### 6.3 Verhoogde duurzaamheid

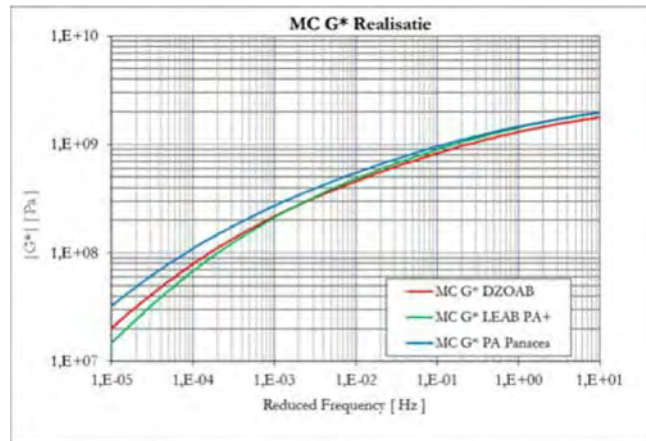
LEAB bin/base-mengsels voldoen aan de functionele eisen uit Tabel 81.2.8 uit de Standaard RAW Bepalingen 2020. De functionele eigenschappen (stijfheid, vermoeiing en vervormingsweerstand) zijn vergelijkbaar met hete mengsels waarmee de structurele levensduur van verhardingen met LEAB bin/base mengsels gewaarborgd blijven. Op basis van ongeveer 10 jaar monitoring van proefvakken heeft Rijkswaterstaat in 2014 LEAB bin/base beoordeeld als gelijkwaardig aan hete AC bin/base-mengsels. LEAB bin/base kon daardoor op RWS-werken worden toegepast als alternatief voor de hete AC bin/base-mengsels.

Het AKL heeft het LEAB-productieproces in 2020 gevalideerd op TRL9. LEAB-mengsels hebben dezelfde civieltechnische eigenschappen als heet geproduceerde mengsels, zowel initieel als op termijn. TRL9 geldt voor alle mengsels uit de Standaard RAW Bepalingen 2020 met dien verstande dat zij bij een warme productietemperatuur worden geproduceerd (dus ook voor Surf, SMA, ZOAB). Op basis van langjarige monitoring, ARTe-onderzoek en vorst-dooi-onderzoek van LEAB ZOAB-deklagen is LEAB ZOAB (zonder PR) ook door Rijkswaterstaat op TRL9 gevalideerd.

Veroudering van het bitumen (en daarmee de mastiek) heeft bij deklagen een grote invloed op de te bereiken levensduur. In deklagen plakt de mastiek de steentjes aan elkaar. Wanneer de mastiek verouderd (verbrost), verliest het zijn flexibiliteit en verhoogt het risico op het ontstaan van rafeling. Veroudering treedt op tijdens het productieproces door opwarming van de bouwstoffen (Short Term Aging, STA) en na aanleg in de weg door zonlicht en UV (Long Term Aging, LTA). Omdat de mengtemperatuur bij WMA veel lager is dan bij HMA resulteert dit in minder STA. In Tabel 1 is het verloop van de penetratie van het teruggewonnen bitumen op verschillende tijdstippen na aanleg van de LEAB ZOAB weergegeven en vergeleken met de penetratie van het bitumen van een heet referentievak en van een heet referentievak met polyacrylonitril vezel. Het verschil in STA neemt weliswaar met de leeftijd af, maar is na 74 maanden nog duidelijk zichtbaar. Ook uit de mastercurve van de mastiek (Figuur ) is het effect van minder productieveroudering na 6 jaar nog steeds waarneembaar. Geconcludeerd wordt dat lagere productietemperaturen leiden tot een mastiek die langer flexibel blijft wat een positieve invloed heeft op de weerstand tegen rafeling, zie ook figuur 7.

Tabel 4. Verloop penetratie van het bitumen, proefvak A18

Mengsel	Gem. penetratie [x 0,1 mm]			
	0 mnd	12 mnd	36 mnd	74 mnd
DZOAB (heet)	-	35	19	18
LEAB-PA	-	51	23	20
DZOAB Panacea	-	36	16	16



Figuur 7. Mastercurve mastiek bij -10°C, proefvakken A18 6 jaar na aanleg

## 7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten

### 7.1 Emissies en Milieu

- Door asfalt bij verlaagde temperatuur te produceren neemt het energieverbruik af. Bij gebruik van fossiele brandstoffen vertaalt dit zich in verminderde uitstoot van gemiddeld 30% CO<sub>2</sub>.
- Bij hergebruik van oud asfalt wordt het asfaltgranulaat in de zwarte trommel in korte tijd opgewarmd tot ca. 115°C. Ook bij de productie van LEAB-mengsels met PR is dit het geval. Omdat de emissies van schadelijke stoffen anders dan CO<sub>2</sub> vooral ontstaan in de zwarte trommel zijn de absolute emissies die ontstaan bij de LEAB-productie met hergebruik niet wezenlijk anders dan die bij HMA-productie met hergebruik.
- Met de uitstroom temperatuur van de witte trommel wordt, afhankelijk van het percentage asfaltgranulaat in het nieuwe mengsel, de temperatuur van het eindproduct op het gewenste niveau gebracht. Hierbij kan worden uitgegaan van de volgende temperaturen.

Tabel 5. Temperatuur witte trommel van verschillende productiesystemen

Productiesysteem		LEAB	WMA	HMA
Temp. eindproduct		115	140	165
Percentage hergebruik	40%	115	157	198
	50%	115	165	215
	60%	115	178	240
	70%	115	198	282

- In wet- en regelgeving vertaalt zich dit in een nadeel voor LEAB. In de witte trommel ontstaan immers geen emissies anders dan CO<sub>2</sub>. De afgassen van de witte trommel komen samen met de afgassen van de zwarte trommel en verdunnen daardoor de concentratie van emissies uit de zwarte trommel. Dus hoe hoger de temperatuur in de witte trommel, hoe meer schone (CO<sub>2</sub> zonder verdere emissies) lucht effectief bij de afgassen van de zwarte trommel wordt bijgemengd. De concentratie aan vervuiling in de afgassen neemt hierdoor toe met het afnemen van de productie-temperatuur. De absolute uitstoot die in de zwarte trommel ontstaat verandert echter niet. In de praktijk worden emissieconcentraties gemeten en worden hieraan eisen gesteld.
- LEAB en andere vormen van WMA kunnen hierdoor binnen de regelgeving emissie-technisch negatief uit de verf komen, maar zijn daarentegen voor het milieu (absolute emissies) te prefereren boven HMA.
- Door het bijmengen van oververhitte witte steen wordt het bitumen in de hergebruikte fractie oververhit en daardoor beschadigd. Deze beschadiging vertaalt zich in emissies. Bij LEAB is oververhitting van de witte fractie niet noodzakelijk waardoor deze emissies niet optreden. Dit leidt vooral tot verminderde uitstoot bij de verwerking, zie hiervoor paragraaf 6.2 ARBO.

Resumerend kan gesteld worden dat de productie van LEAB-mengsels nauwelijks effect heeft op de emissies van een asfaltcentrale.

### 7.2 ARBO

ARBO voordelen hebben vooral betrekking op emissies tijdens verwerking. Deze zijn lager dan bij heet geproduceerde asfaltmengsel, simpelweg omdat de temperatuur van het asfalt lager is. Dus de verwerkingsploegen zullen minder

blootgesteld worden aan bitumendampen bij het verdichten van LEAB-mengsels. Inmiddels zijn er blootstellingsmetingen die dit bevestigen.

### 7.3 Kosten

- Om LEAB te kunnen produceren moet een asfaltcentrale worden uitgerust met schuimbalken en een verjongingslans. De kosten hiervan variëren. Deze investeringen verhogen de kostprijs van LEAB-mengsels;
- Bij de productie van deklagen wordt een zeer geringe hoeveelheid additief gedoseerd. Dit additief verhoogt de mengselprijs;
- Bij de productie van LEAB-mengsels met asfaltgranulaat wordt een verjongingsmiddel aan het asfaltgranulaat toegevoegd om de menging tussen oud en nieuw bitumen en de verwerkbaarheid te verbeteren. Dit verjongingsmiddel verhoogt de kosten van een LEAB-mengsel;
- Met de productie bij 115°C wordt gemiddeld ongeveer 30% energie bespaard. Dit verlaagt de kostprijs.

De effecten van het voorgaande op de kostprijs van LEAB zijn afhankelijk van zaken als rente, prijs van de dope en prijs van gas. Sinds 2000 (eerste introductie van LEAB) heeft de kostprijs van LEAB nooit significant afgeweken van de van HMA-equivalenten.

## 8. Voor de opdrachtgever

### 8.1 Mogelijke risico's en hoe deze zijn weggenomen (TRL-niveaus en risico)

#### 8.1.1 Samenstelling, grondstof-kwaliteit en productie en verwerking

De kwaliteit en daarmee de levensduur van asfalt is afhankelijk van de mengselsamenstelling (het mengselrecept), de kwaliteit van de gebruikte bouwstoffen en de kwaliteit van productie en verwerking. Zoals al vaker aangegeven is LEAB geen mengsel, maar een productiemethode. De samenstelling van LEAB-mengsels is niet wezenlijk anders dan heet geproduceerde mengsels.

De kwaliteit van LEAB-mengsels wordt daarmee, net als de kwaliteit van heet geproduceerde mengsels, in hoge mate bepaald door de samenstelling en de kwaliteit van gebruikte bouwstoffen en de kwaliteit van menging. Toetsing hierop vindt bij de productie van LEAB-mengsels op exact dezelfde wijze plaats als bij heet geproduceerde mengsels. Ook de te toetsen grootheden en de daaraan gestelde eisen wijken niet af van die van heet geproduceerde mengsels. Ook ten aanzien van verwerking geldt dat de te toetsen grootheden van verwerkte LEAB-mengsels gelijk zijn aan de te toetsen grootheden bij verwerkte hete mengsels. Ook de gestelde eisen zijn identiek. Tenslotte zijn de eisen aan eigenschappen uit het type-onderzoek van LEAB-mengsels identiek aan die van heet geproduceerde mengsels.

Het voorgaande geeft aan dat er geen reden zijn om te veronderstellen dat de kwaliteit van LEAB geproduceerde mengsels, die ten aanzien van samenstelling, gebruikte bouwstoffen en verwerking voldoen aan reguliere eisen, afwijkt van de kwaliteit van vergelijkbare heet geproduceerde mengsels. Door reguliere productiecontrole en opleveringscontrole wordt aldus gegarandeerd dat LEAB-mengsels minimaal dezelfde kwaliteit en levensduur hebben als heet geproduceerde equivalenten. Jarenlange ervaringen in de praktijk bevestigen deze veronderstelling.

#### 8.1.2 Bewezen performance en TRL

Asfalt is een complex product. De levensduur en daarmee de praktische kwaliteit van deklagen laat zich moeilijk voorspellen. Vooral bij de introductie van nieuwe, innovatieve, duurzame asfaltmengsels is het van groot belang de te verwachten levensduur te kennen.

Sinds 2008 vindt de specificatie van eigenschappen van AC-mengsels plaats volgens de functionele benadering waarbij resultaten van mengsel-ontwerp en type-onderzoek worden samengevat in het CE-blad. De functionele benadering van vooral deklagen is vaak onvoldoende om uitsluiting geven over kwaliteit in de praktijk ofwel levensduur van vooral nieuwe innovatieve asfaltmengsels. Voor SMA- en ZOAB-deklagen, die empirisch gespecificeerd worden, is een aanvullende karakterisering met extra onderzoek zelfs noodzakelijk.

Om deze tekortkoming op te vangen doet AsphaltNu vooral bij de ontwikkeling van innovatieve steenskelet deklagen naast standaard type-onderzoek vaak aanvullend onderzoek. Het aanvullende onderzoek omvat dan:

- Controle van het aandeel actieve bitumen door de vergelijking van de breukenergie van het innovatieve mengsel met de breukenergie van een vergelijkbaar mengsel met bekende levensduur en praktijkgedrag.
- Controle van de initiële weerstand tegen rafeling. Met een ARTe- of RSAT-proef wordt de weerstand tegen rafeling van het niet verouderde mengsel vastgesteld en vergeleken met vergelijkbare mengsels met bekende levensduur en praktijkgedrag.
- Controle van de weerstand tegen rafeling op langere termijn. Door DSR responsproeven op verouderde en niet-verouderde mastiek van de innovatieve deklaag uit te voeren wordt gecontroleerd of de mastiek voldoende lang flexibel zal blijven zodat de weerstand tegen rafeling ook op langere termijn voldoende groot zal blijven.

Door de uitbreiding van standaard type-onderzoek met de voorgaande proefnemingen worden veel risico's ten aanzien van levensduur weggenomen. Ook bij de ontwikkeling van LEAB deklaagmengsels met hergebruik zijn deze

extra proefnemingen uitgevoerd en risico's weggenomen. Toch blijft het zo dat absolute zekerheid over de levensduur van asfalt alleen kan worden vastgesteld uit waarneming van het gedrag in de praktijk.

NASA introduceerde in de jaren 1970 de Technology Readiness Level (TRL). TRL is een schaal van 1 tot 9 die wordt gebruikt om de mate van volwassenheid van een technologie te beoordelen.

TRL wordt ook in de wegenbouw gebruikt om de volwassenheid van een product mee aan te geven. De TRL van een asfaltproduct is hierbij natuurlijk vooral van belang als de TRL-classificatie door een onafhankelijk orgaan wordt afgegeven. Op dit moment is het AsfaltKwaliteitsLoket, AKL, gefaciliteerd door CROW, dat is opgericht als onderdeel van het programma Asfalt-Impuls het aangewezen orgaan.

Heijmans, BAM en AsfaltNu laten de TRL van hun innovatieve producten bij voorkeur toetsen door onafhankelijke organen als het AsfaltKwaliteitsLoket of Rijkswaterstaat. Voor LEAB heeft dit geresulteerd in de volgende productvolwassenheid uitgedrukt in TRL.

- LEAB is als mengseloverstijgende productietechniek begin 2020 door het AKL beoordeeld op TRL9.;
- LEAB AC bin/base mengsels zijn door RWS in 2014 met een vrijgavebrief beoordeeld op TRL9.
- LEAB Surf 40/60 en LEAB DZOAB 16 zijn door RWS respectievelijk 2020 en 2023 met een vrijgavebrief beoordeeld op TRL9

Naast deze onafhankelijke mengsel-overstijgende duiding van de productvolwassenheid van LEAB zijn ook een mengselspecifieke onafhankelijke verklaringen van LEAB-producten afgegeven. Deze meer mengselspecifieke beoordelingen hebben vooral te maken met het toepassen van asfaltgranulaat in deklagen waarvan de Standaard RAW Bepalingen de toepassing uitsluit:

- Rijkswaterstaat heeft de productvolwassenheid van LEAB (D)ZOAB 16 en 2L-ZOAB 16 met asfaltgranulaat beoordeeld op TRL9;
- De productvolwassenheid van LEAB SMA met tot 60% asfaltgranulaat is door het AKL beoordeeld op TRL7.

De risico's van toepassing van de voorgenoemde producten met TRL9 zijn in validatietrajecten met beoordeling van het gedrag in de praktijk volledig weggenomen mits producten voldoen aan reguliere en gecontroleerde eisen met betrekking tot productie en verwerking.

Aan de toepassing van voornoemde LEAB-mengsels zijn dus geen risico's verbonden anders dan de risico's die ook bij toepassing van heet geproduceerde mengsels optreden.

## 8.2 MKI voordeel

Een belangrijke factor in de MKI van een asfaltmengsel, fase A1 t/m A3, is direct gerelateerd aan het verlaagde gebruik van fossiele brandstoffen en de daaraan gekoppelde verlaagde uitstoot van CO<sub>2</sub>. Zoals geverifieerd door het AsfaltKwaliteitsLoket via CROW is de gemiddelde reductie van het gasverbruik bij de productie van LEAB-mengsel 30% ten opzichte van heet geproduceerde mengsels waarmee ook de CO<sub>2</sub>-uitstoot met 30% afneemt. Dit leidt in module A3, productieproces, tot een gemiddelde verlaging van de MKI met 21%.

## 8.3 Garantie

LEAB-mengsels gedragen zich hetzelfde als hun heet geproduceerde equivalenten. Zoals in 7.1 is behandeld is de productvolwassenheid van LEAB voor een groot aantal mengsels door onafhankelijke instanties beoordeeld op TRL9.

De risico's van het toepassen van LEAB-mengsels zijn hiermee gelijk aan die van het toepassen van heet geproduceerde mengsels. Hieruit kan geconcludeerd worden dat LEAB-mengsels tegen dezelfde garantievoorwaarden geleverd worden als hun heet geproduceerde equivalenten, dus artikel 81.24.09, lid 03 van de Standaard RAW Bepalingen is ook voor LEAB-mengsels van toepassing.

## 8.4 (Kwaliteits)eisen, condities en voorwaarden

LEAB-mengsels passen in de standaard categorie-indeling van asfalteigenschappen conform Tabel 81.2.8 van de Standaard RAW Bepalingen (bijvoorbeeld OL-B). Voor verhardingen die worden ontworpen met ontwerptools als OIA worden van LEAB-mengsels, net als voor hun heet geproduceerde equivalenten, op basis van de resultaten van het type-onderzoek de benodigde OIA-parameters bepaald.

LEAB bevat geen of zeer weinig restvocht. LEAB is een ontwikkeling van eind vorige eeuw. De eisen aan het percentage restvocht zijn nog gebaseerd op de standaard RAW-bepalingen 2005. In die bepalingen is opgenomen: Het productieproces moet zodanig zijn ingericht, dat: Het vochtgehalte van asfalt (proef 71) direct na menging ten hoogste 0,1% (m/m) is. Om ook bij productie bij verlaagde temperatuur het percentage restvocht laag te houden worden eisen gesteld aan het maximum percentage vocht in het gebruikte asfaltgranulaat.

## 8. 5 Uitvragen en accepteren

Omdat LEAB geen mengsel maar een productiemethode is en dat de daarmee geproduceerde mengsels niet afwijken van heet geproduceerde equivalenten kan LEAB op dezelfde wijze worden uitgevraagd en geaccepteerd. Kwaliteitsborging en opleveringscontroles vinden plaats conform bestaande procedures.

Omdat LEAB volledig op TRL9 is gevalideerd door het AsphaltKwaliteitsLoket staat de technische "volwassenheid" van het product niet ter discussie. CROW is bij het schrijven van deze richtlijn bezig om vanuit de RAW-Systematiek een koppeling te leggen met de validaties door het AKL voor het uitvragen van innovatieve mengsels door opdrachtgevers/bestekschrijvers. In de 'Catalogus Bepalingen' zijn aanvullende H81-teksten te vinden die het uitvragen van TRL7, TRL8 en TRL9 AKL-gevalideerde producten makkelijk maken. Deze teksten zijn zeker op LEAB van toepassing.



# Bijlage C – Additieven, oppervlaktespanningverlager, Evotherm DAT-7 en Evotherm WM-30

<b>1. Inleiding</b>	<b>69</b>
1.1 Werkingsprincipe	70
1.2 Geen invloed op de reologische eigenschappen	71
<b>2. Mengselontwerp</b>	<b>73</b>
2.1 Mengseltypen	73
2.2 Hergebruik	73
2.3 Type onderzoek	75
2.4 Additioneel onderzoek	77
2.5 Eisen en bepalingen	77
2.6 Rapportage (Verkort verslag+)	77
<b>3. Productie (voor batch en continu menger)</b>	<b>77</b>
3.1 Bouwstoffen en vereiste kenmerken (technisch als ook hygiëne/gezondheid/milieu)	77
3.2 Aanpassing in asfalt centrale	78
3.3 Plaats van invoegen	79
3.4 Droge menging basis bouwstoffen en randvoorwaarden (waaronder temp)	79
3.5 Menging totaal mengsel	80
3.6 Controlemethoden	80
3.7 Bijsturing van de productie op grond van analyseresultaten (FPC bij WMA)	80
3.8 Opslag van het eindproduct en randvoorwaarden	80
<b>4. Transport en verwerking</b>	<b>80</b>
4.1. Transport	80
4.2. Verwerkingstemperatuur en verdichting	80
4.3. Materieel en verwerkingsprotocol	82
4.4. Weer	82
4.5. Controlemethoden/ opleveringscontrole (indien afwijkend van regulier)	82
<b>5. Beheer en onderhoud</b>	<b>83</b>
<b>6. Vervanging en hergebruik</b>	<b>83</b>
6.1 Algemeen	83
6.2 Toekomstig Hergebruik	83
6.3 Verhoogde duurzaamheid	83
<b>7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten</b>	<b>83</b>
7.1 Emissies en Milieu (nog wel verder uitwerken waar en wat gemeten moet worden)	83
7.2 ARBO	85
7.3 Kosten	85
<b>8. Voor de opdrachtgever</b>	<b>85</b>
8.1 Mogelijke risico's en hoe deze zijn weggenomen	85
8.2 MKI voordeel	85
8.3 Garantie	86
8.4 (Kwaliteits)eisen, condities en voorwaarden	86
8.5 Uitvragen en accepteren	86
<b>Links en interessante literatuur</b>	<b>86</b>

## 1. Inleiding

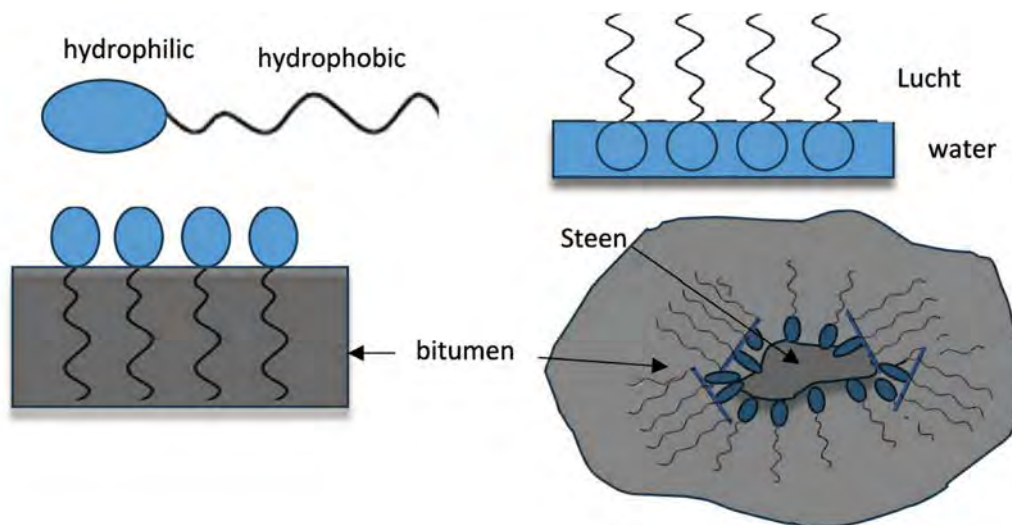
Een van de belangrijkste redenen waarom het verhogen van de temperatuur noodzakelijk is bij traditionele heet asfaltproductie (HMA), is om tijdens het mengproces de minerale aggregaten en vulstoffen volledig te omhullen. Wanneer de productietemperatuur wordt verlaagd, krijgt het bitumen niet de vereiste viscositeit om alle mineralen en vulstoffen goed te omhullen. Als de minerale aggregaten niet volledig omhuld zijn, kan er tijdens de gebruikersfase van de wegen water binnendringen tussen de bitumen-steen interface, wat leidt tot stripping en vroegtijdige schade aan de weg. Om deze beperking van omhulling te voorkomen bij het verlagen van de productietemperatuur, zijn

speciale technieken nodig. Verschillende wetenschappelijk bewezen technieken zijn beschikbaar, waaronder schuimtechniek, viscositeitverlagers en oppervlaktespanningverlagers. Dit onderdeel van de richtlijn richt zich specifiek op oppervlaktespanningverlagers Evotherm WM30 en Evotherm DAT-7.

## 1.1 Werkingsprincipe

### 1.1.1 Oppervlaktespanningverlagers algemeen

Oppervlaktespanningverlagers spelen een cruciale rol in tal van industrieën, waaronder de productie van asfaltmengsels. De middelen bevatten speciale moleculen die oppervlakte-actieve stoffen worden genoemd. Deze moleculen hebben ketens met zowel polaire als niet-polair einden, waardoor het mogelijk is om de oppervlaktespanning van een vloeistof te verlagen. Door de polaire (hydrofiële) en non-polair (hydrofobe) einden zijn de moleculen in staat om op unieke wijze met verschillende materialen interactie te bevorderen. De polaire uiteinden hebben affiniteit met andere polaire stoffen, terwijl de niet-polair einden zich richten op niet-polair materiaal. Deze eigenschappen bevorderen de hechting en omhulling van aggregaat materialen, wat van cruciaal belang is tijdens de productie van asfaltmengsels op lagere temperaturen. De schematische illustratie van de oppervlakte-actieve stof met een lange keten van hydrofobe molecuul bevestigd aan een hydrofiële molecuul is weergegeven in Figuur 1 (linksboven). In Figuur 1 (rechtsboven en onder)) wordt de oriëntatie en werking van oppervlakte-actieve stoffen met verschillende materialen; onder andere water, bitumen en het bitumen-steen mengsel geïllustreerd.

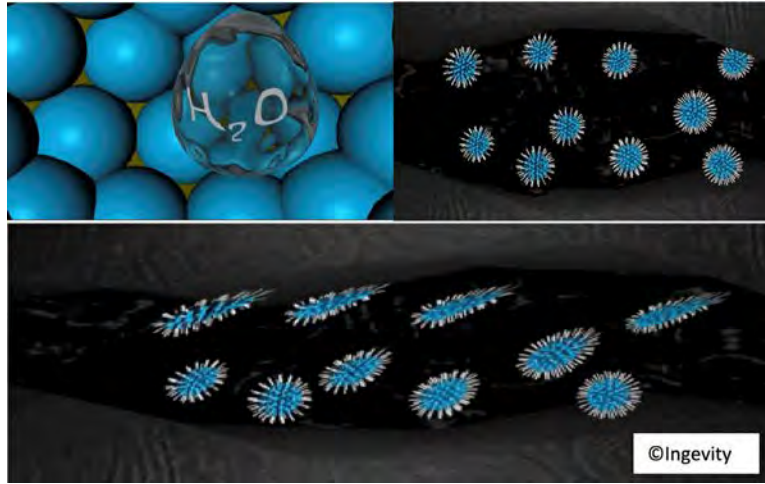


Figuur 1. Illustratie van de oppervlakte actief stoffen en hun oriëntatie tijdens interactie met verschillende materialen

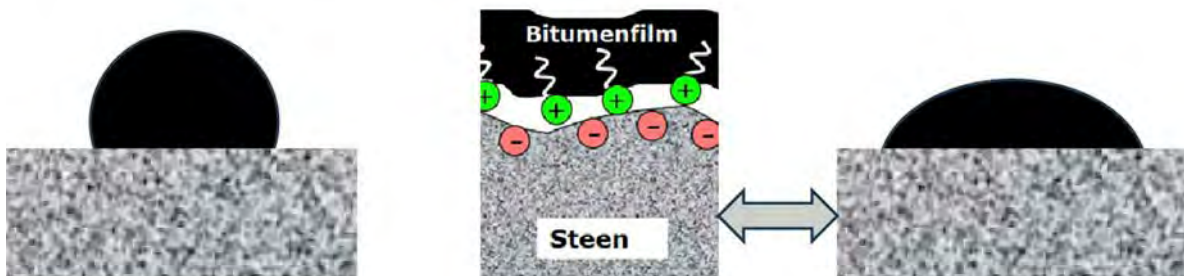
### 1.1.2 Oppervlaktespanningverlagers in asfalt

Het technische werkingsprincipe van de oppervlaktespanningverlager berust op het verminderen van de oppervlaktespanning tussen het aggregaat en het bindmiddel, zodat het bitumen het aggregaat effectief kan omhullen bij lagere temperaturen. Het essentiële kenmerk van deze aanpak is dat het geen invloed heeft op de reologische eigenschappen van het bitumen. De verlaging van de productietemperatuur wordt enkel bereikt door de positieve invloed van de oppervlakte-actieve stoffen op de steen-bitumen interfacezones. Het gebruik van oppervlaktespanningverlagers in de asfaltproductie resulteert gemiddeld in een temperatuurreductie van 30°C. Dit betekent dat voor asfaltmengsels die met conventionele penetratie-grade of licht-gemodificeerd bitumina worden geproduceerd, productietemperaturen van 110-140°C kunnen worden bereikt, terwijl voor mengsels met zwaar-gemodificeerd bitumen productietemperaturen van 120-150°C kunnen worden bereikt. Enkele beschikbare producten op de markt voor deze toepassing zijn onder andere Evotherm WM-30, Evotherm DAT-7 of vergelijkbare producten.

Sommige producten in deze categorie, zoals Evotherm DAT-7, zijn beschikbaar als een oplossing van water en oppervlaktespanningverlagers. Wanneer deze producten gedoseerd worden als een combinatie van water en oppervlaktespanningverlagers, kan een grotere temperatuurreductie worden bereikt (40°-60°C). Dit wordt mogelijk gemaakt door het complementaire effect van indirect schuim (veroorzaakt door het dampend water) en de oppervlaktespanningverlager. Vocht (water) dat aanwezig is in het mengsel tijdens de productie- en verwerkingsprocessen, wordt op vergelijkbare wijze met de stenen omhuld door de oppervlakte-actieve stoffen en vormt zogenaamde micellen. Figuur 2 illustreert hoe de polaire eind van de oppervlaktespanning actief stoffen verbindt met de waterdruppel in het mengsel om micellen te vormen. Dit fenomeen is ook een inverse (omgekeerde) emulsie. Bij een standaard bitumenemulsie is water de continue fase met gedispergeerd bitumen, bij een inverse emulsie is bitumen de continue fase met gedispergeerd water in de vorm van micellen. De aanwezigheid van micellen, omhuld vocht, bevordert ook het verwerkings- en verdichtingsproces.



**Figuur 2.** Illustratie van omgekeerd emulsie: Micellen bevorderen het verdichtingsproces (Ingevity)

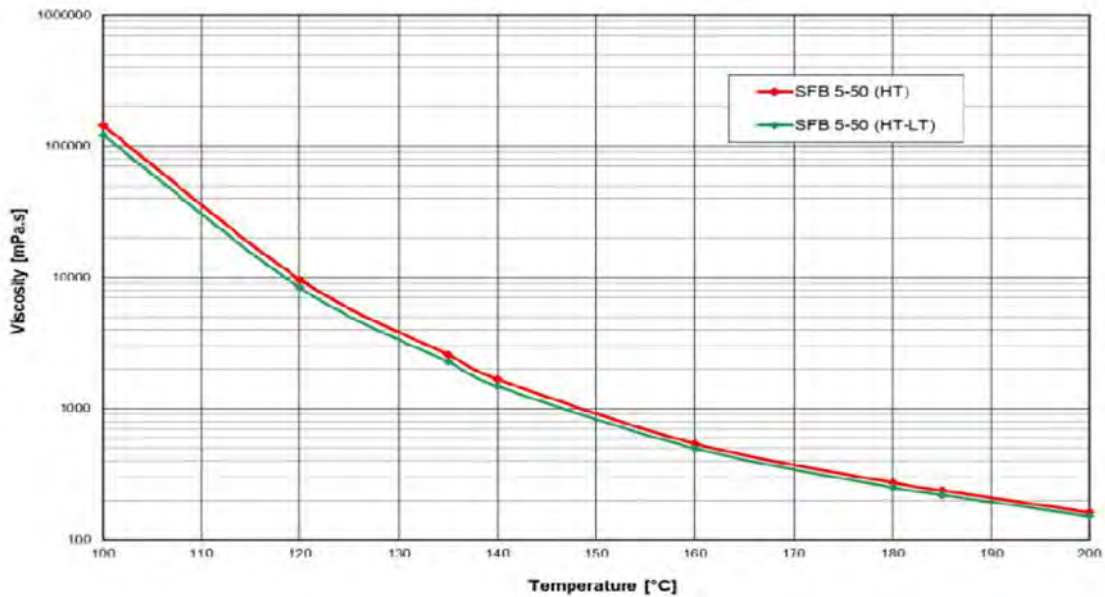


**Figuur 3.** Illustratie; contact-hoek tussen aggregaten en bitumen met en zonder additief.

## 1.2 Geen invloed op de reologische eigenschappen

Zoals eerder vermeld, hebben oppervlaktespanningverlagers geen invloed op de reologische eigenschappen van het bitumen. Dit betekent ook dat de invloed van de oppervlaktespanning op de productietemperatuur niet kan worden gemeten met traditionele mechanische testen zoals viscositeitsmetingen. In Figuur 4 wordt de vergelijking van viscositeiten tussen twee bindmiddelen weergegeven. Het ene bindmiddel bevat de oppervlaktespanningverlager die in de DAT-7-oplossing wordt gebruikt, terwijl het andere bindmiddel dit niet bevat. Deze resultaten geven aan dat er geen verschil in viscositeit wordt gemeten.

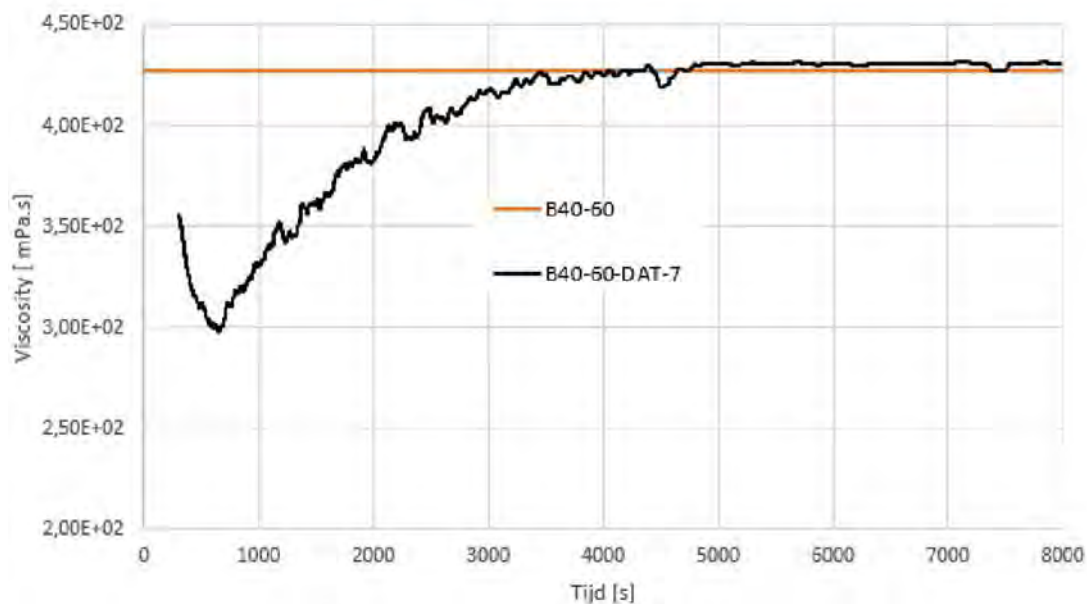
### Viscosity binder (Brookfield)



Figuur 4. Gelijke viscositeit met en zonder toevoeging van oppervlaktespanningverlager

In Figuur 5 wordt de invloed van de DAT-7-oplossing op de viscositeit bij 140°C weergegeven tijdens een bindmiddelviscositeitsproef in de DSR. De initiële verlaging van de viscositeit wordt veroorzaakt door het schuimeffect van het water. Na verloop van tijd verdampt het aanwezige vocht, wat zichtbaar is in de viscositeitsresultaten. Na ongeveer 30 minuten is al het vocht volledig verdampt, waardoor de viscositeit van het bitumen met DAT-7 gelijk wordt aan die van de B40/60 zonder additief. Het feit dat de oppervlaktespanningverlagers geen invloed op reologische eigenschappen hebben, geldt op alle temperatuur bereiken. Dit is ook een goed onderbouwd feit bevestigd door vele wetenschappelijke studies in de literatuur.

Conclusie: Tijdens de benattings-/coatingsfase tijdens de productie is de invloed van indirect schuim (tijdelijke verlaging van de viscositeit) een positief effect. Dit effect is complementair aan de werking van de oppervlaktespanningverlager omdat het de goede omhulling bevordert. Na productie en verwerking zal het water volledig verdampen en behoudt het bindmiddel zijn reologische eigenschappen. Tijdens de gebruiksfase zijn dus de oorspronkelijke eigenschappen van het bitumen van kracht.



Figuur 5. Invloed van oppervlaktespanningverlager in het eerste uur tijdens de omhullingsfase en daarna gelijke viscositeit

Belangrijke kenmerken over de oppervlaktespanningverlager Evotherm DAT-7:

- Minimale Evotherm-concentratie in ton asfaltmengsel (<0,03% - niet detecteerbaar in dampen op basis van geavanceerd labonderzoek).
- Productietemperatuur van Evotherm bij de leverancier is > 280 °C (het additief is niet vluchtig noch thermisch afbreekbaar).
- Vanwege de chemische structuur is Evotherm onomkeerbaar gebonden in de bitumenstructuur.
- INERIS Studie – Franse Instantie voor de evaluatie van risico's in industriële omgevingen
  - Met Evotherm verrijkte WMA vermindert de asfaltemissies (VOS's, PAK's)
  - Ook als Evotherm bij conventionele HMA wordt toegepast is geconcludeerd dat Evotherm geen gezondheidsrisico vormt.
- Analyse van aminedamp van het mengsel in gesloten ruimte bij 150 – 170 °C
  - Meting en analyse van dampen gedaan door derden – geen amine gedetecteerd boven de limieten van kwantificering (5 µg)
  - Uit de GCMS-analyse uitgevoerd door Q8 op asfaltgranulaat met DAT-7 additief is er ook geen amine gedetecteerd.
- Deze conclusies worden ook ondersteund door verschillende studies (CHESAR-analyserapport voor het Europees Agentschap voor Chemische Stoffen, INERIS-analyserapport, "Chemische emissies van asfaltemulsie toepassingen").

## 2. Mengselontwerp

### 2.1 Mengseltypen

Oppervlaktespanningverlagers kunnen worden toegepast in alle soorten asfaltmengsels, waaronder AC-mengsels (bin/base/surf), SMA-mengsels en ZOAB-mengsels. Naast dat een temperatuurreductie van de temperatuur wordt bereikt, wordt ook de verwerkbaarheid verbeterd. De AC-base/bin mengsels mogen zowel met penetratiebitumen als met polymeerbitumen worden toegepast.

De toepassing van PmB-deklaagmengsels in combinatie met oppervlaktespanningsverlagers is wel mogelijk, maar hier is nog minder lange-termijn ervaring mee. Bovendien worden er in Nederland veel verschillende typen PmB's gebruikt (verschillende typen polymeren in verschillende verhoudingen). Daarom wordt brede toepassing van oppervlaktespanningsverlagers in PmB-deklagen nog niet algemeen toegestaan in deze richtlijn.

### 2.2 Hergebruik

Vanwege circulariteit is het toepassen van hoog-PR mengsels in Nederland gebruikelijk. Voor onderlaag is mengsels is al gebruikelijk om PR gehalten boven 60% en AC deklaagmengsels tot 30% toe te passen. Sommige marktpartijen hebben zelfs deklaag-mengsels met meer dan 50% PR gevalideerd. De transitie van heet naar warm asfaltproductie moet deze vooruitgang in circulariteit niet belemmeren. Het toepassen van oppervlaktespanningverlagers voor het produceren van asfalt met PR op lage temperatuur is mogelijk en ook niet belemmerend voor hergebruik in de toekomst.

#### 2.2.1 Aspecten voor recycleren

In het productieproces van asfaltmengsels met PR, worden de witte mineralen en de PR in verschillende trommels gedroogd, respectievelijk in de witte en de zwarte trommel. Het verhitten van de zwarte trommel tot hoge temperaturen is niet wenselijk, aangezien dit kan leiden tot verbranding van het bitumendeel op de steentjes. Daarom wordt het PR-materiaal in de zwarte trommel verwarmd tot een temperatuur van 120-140°C. Tijdens de productie van heet-asfalt wordt de witte trommel tot hoge temperatuur gestookt (vaak ook boven 250°C). Voor warm asfalt wordt het materiaal in de witte trommel verwarmd tot een veel lagere temperatuur (ongeveer 140-170°C). Dit proces verschilt nauwelijks met verschillende oplossingen. Oppervlaktespanningverlagers worden toegevoegd na dit droogproces en heeft dus geen impact op het droogproces in de trommels.

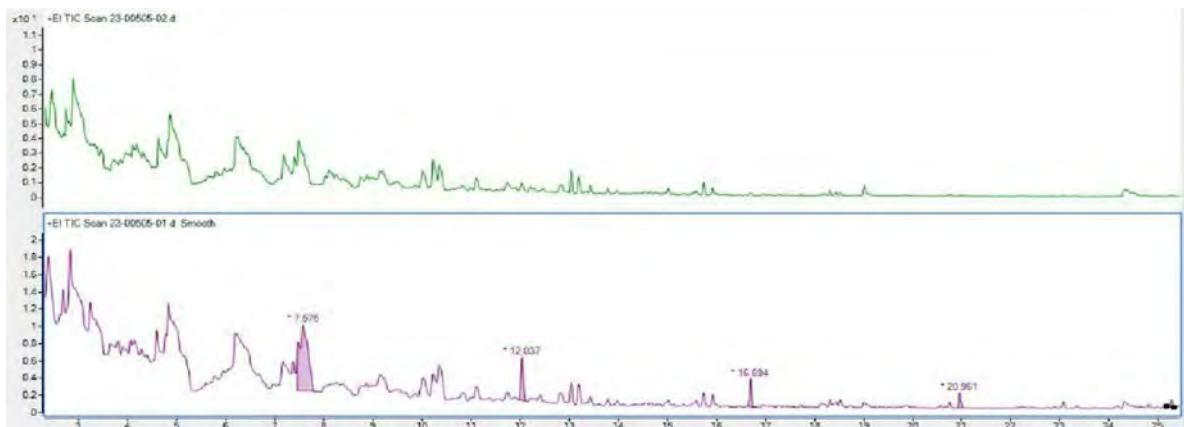
Om het oude bitumen op te weken, worden verjongingsmiddelen toegevoegd. Hiervoor worden verschillende technieken gebruikt. Sommige producten worden vooraf gemengd met het bitumen, andere worden direct gedoseerd in de menger, en sommige worden aan het einde van de zwarte trommel toegevoegd. Al deze technieken zijn gericht op het activeren van het oude bitumen in het PR (verwarmd tot gemiddeld 100-140°C). Temperatuur en tijd hebben invloed op de mate van de blending tussen het nieuwe en oude bitumen. Het verlagen van productietemperatuur heeft dus in principe een indirecte invloed op dit blending proces. Echter, de theoretisch berekende 100% vermenging tussen het oude en nieuwe bitumen is in de praktijk nauwelijks haalbaar, en recente studies bevelen aan om de mate van blending, vooral voor warm asfalt, te beoordelen op basis van functionele tests op het niveau van het asfaltmengsel, zoals ITS-R. In dit kader omvatten de Nederlandse type tests meer functionele eisen op het niveau van het mengsel om de invloed van de blending op de functionele eigenschappen te beoordelen. Het uitgangspunt voor alle warmasfalt mengsels zijn functionele eigenschappen gelijkwaardig met het hete mengsel. Producten met oppervlaktespanningverlagers voldoen ruim aan deze eigenschappen.

#### 2.2.2 Toekomstig hergebruik

Naast de compatibiliteit van de producten bij de productie van mengsels met een hoog PR-gehalte, is ook de toekomstige herbruikbaarheid van de producten cruciaal. Het gehalte aan oppervlaktespanningverlagers dat aan het



mengsel wordt toegevoegd, ligt in de orde van 0,5-0,6% (m/m) op het bitumen. Afhankelijk van het PR-gehalte in het mengsel komt dit neer op ongeveer 0,01% tot 0,02% (m/m) in het asfaltmengsel. De kans dat dit gehalte tijdens hergebruik in het freesmateriaal wordt aangetroffen, is zeer laag. Desalniettemin is er onderzoek verricht naar de invloed van DAT-7 op hergebruik. Op basis van kunstmatige veroudering van een warm ZOAB-mengsel (veroudering in de oven volgens de Mandela-methode om het equivalent van 10 jaar praktijkveroudering te simuleren), is kunstmatig freesmateriaal in het laboratorium geproduceerd. De gegraneerde mastiek uit deze mengsels en een referentie heet mengsel zijn naar een extern laboratorium gebracht voor GC-MS-analyse. Uit de analyse blijkt dat het spectrum veel op elkaar lijkt (Fig.6) en er geen vreemde moleculen aangetroffen worden in het DAT-7 mengsel die niet in het standaardmengsel aangetroffen wordt. In het referentie mengsel waren stoffen zoals octanal, nonanal, n-nonanal-1, undecaan en dodecaan aangetroffen, terwijl undecaan, dodecaan, tridecaan en undecanal zijn aangetroffen in het mengsel met DAT-7. Het ontbreken van stoffen zoals octanal, nonanal en n-nonanal-1 in het DAT-7-mengsel, en tridecaan en undecanal in het referentiemengsel, blijkt een veelvoorkomend detectieprobleem bij GC-MS-metingen, en al deze ontbrekende stoffen zijn geen vreemde stoffen in standaard asfaltmengsels. Uit deze studie blijkt dat het additief geen specifiek karakteristieke piek vertoont in de GC-MS-analyse, wat bevestigt dat het geen invloed heeft op de herbruikbaarheid van het materiaal.



Figuur 6. GCMS result; Counts(%) vs acquisition time (min) (groen:DAT-7 frees, rose: referentiemengsel)

NB: De gemarkeerde pieken in het standaard mengsel zonder DAT-7 zijn afkomstig van de silica van de kolom en niet van de sample.

Uit onderzoek op de teruggewonnen bitumina blijkt verder dat er geen significant verschil zit tussen de heet en warm geproduceerde DZOAB mengsels – zie onderstaande tabel.

Tabel 1. teruggewonnen bitumina uit verouderd DZOAB mengsel (70/100), met en zonder DAT-7

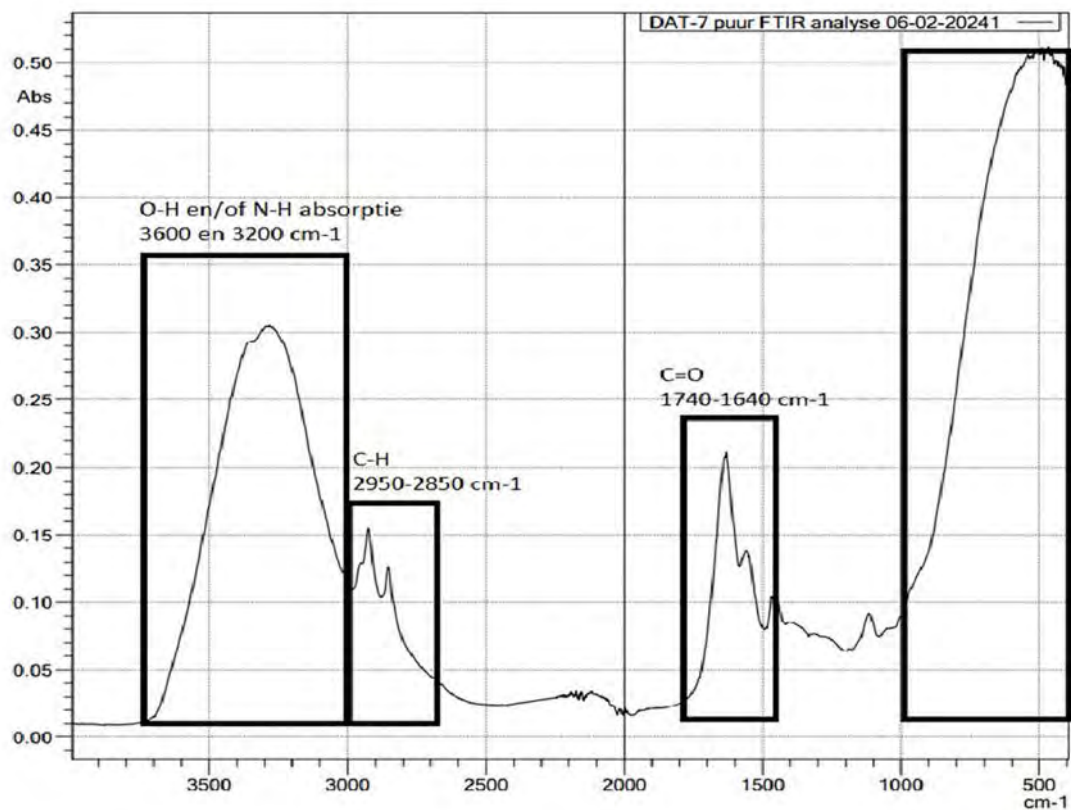
Pen proef 25°C	Referentie DZOAB	DZOAB met DAT-7
Penetratie 1	18	19
Penetratie 2	18	18
Penetratie 3	18	18
Gemiddelde	18	18
<b>T ring en kogel</b>		
Verwekingspunt 1	77,0	74,0
Verwekingspunt 2	77,4	74,0
Gemiddelde	77,2	74,0
Penetratie Index	1,6	1,2

Naast het emissieonderzoek met GCMS en de bindmiddel-eigenschappen (voor en na veroudering) die zijn onderzocht, zijn ook mechanische proeven op het niveau van de mengsels uitgevoerd. Hiervoor zijn zeer kritische mengsels, DZOAB met 60% PR, vervaardigd. Voor de vervaardiging van de DZOAB met 60% PR werd voor het referentiemengsel het kunstmatig verouderde PR gebruikt. Voor de DAT-7 mengsels werd het kunstmatig verouderde materiaal dat DAT-7 bevat gebruikt. Uit de resultaten blijkt dat beide mengsels dezelfde ITSR-waarde (ITSR=90%) hebben, wat bevestigt dat DAT-7 geen invloed heeft op de mechanische eigenschappen van het gerecyclede mengsel.

Het is ook bevestigd dat de oppervlaktespanningverlager in de DAT-7 oplossing (i.e., de Evotherm DAT-7) opgesloten blijft in de uiteindelijke matrix van het asfaltmengsel op de oppervlakte van bitumen-steeninteractievlak, en hier een chemische brug vormt. Tijdens verwerking en gedurende de levensduur van het asfalt kan het niet in het milieu terecht komen (gebaseerd op milieukundig REACH, CHESAR en INERIS onderzoek).

### 2.3 Type onderzoek

In algemene zin is het mengselontwerp en typeonderzoek hetzelfde als bij hete asfaltmengsels. In het mengsel ontwerp is het toe te voegen percentage additief zeer laag. Gerekend op het bitumen wordt dat 0,3-0,6% (m/m). De dosering varieert afhankelijk van soort additief en bitumen gehalte. Deze wordt verklaard op het typeonderzoek en het verkort verslag. Het terugberekenen van het additief tijdens extractie proces is niet mogelijk vanwege het geringe gehalte van het additief in het mengsel (circa 0,01%-0,02%). De moleculaire samenstelling van DAT-7 bevat vergelijkbare componenten als die te vinden zijn in bitumen, zoals de C-H en C=O verbindingen. Zoals in onderstaande figuur wordt weergegeven, bevat DAT-7 ook de O-H en N-H verbindingen. De O-H verbindingen zijn het water in het DAT-7 additief. De N-H groep zijn mogelijk de amines en polaire componenten die het omhullingsproces van de stenen bevorderen. Al deze stoffen lossen op tijdens terugwinning met het bitumen. Vanwege het geringe gehalte is de hoeveelheid niet nauwkeurig te bepalen met de huidige extractiemethoden.



Figuur 7. FT-IR analyse van puur DAT-7

#### 2.3.1 Manier van dosering in het laboratorium

De manier van dosering van het additief moet gelijk zijn zoals in de betreffende asfaltcentrale. Zo wordt de kwaliteit van het mengsel die in het laboratorium bepaald wordt in praktijk bij de asfalt centrale bewerkstelligd.

Wat de oppervlaktespanningverlagers betreft moet het toevoegen van het additief in het laboratorium gelijktijdig met het toevoegen van het bitumen plaatsvinden (net zoals in de asfaltcentrale). Mogelijke manieren van dosering in het lab toepasbaar voor alle producten in deze categorie zijn:

- 1 in de bitumenleiding (dus in het lab vooraf mengen);
- 2 tegeliktijd met het bitumen in de menger (dus in het lab gelijktijdig doseren);
- 3 tijdens schuimen, in het geval van toepassing bij de schuimbalk (dus in de lab-schuimunit)

#### 2.3.2 Productie, proefstukvervaardiging en beproeving in het lab

Uit de ervaring met Evotherm-WM-30 en DAT-7 blijkt dat de benodigde energie voor het mengen binnen de huidige regelgeving van het typeonderzoek valt. Na de productie (mengen) van het mengsel wordt het materiaal op dezelfde manier behandeld als bij de hete mengsels.



De vervaardiging van proefstukken, het zagen, polijsten, conditioneren en testen volgt exact hetzelfde schema als bij de hete variant. Zoals vermeld in de inleiding, hebben oppervlaktespanningverlagers geen invloed op de bindmiddel-eigenschappen, zoals penetratie, R&K, DSR en viscositeit. Hierdoor is er wat betreft functionele eisen geen aanleiding om extra onderzoek voor te stellen dan wat in het standaard type testonderzoek staat.

Algemene procedure voor het maken van de DAT-soapoplossing, namelijk het mengen van water met het additief Evotherm DAT-7 in het laboratorium:

- Bereken de benodigde hoeveelheid DAT-7 zeepoplossing die nodig is voor de productie van het mengsel. De dosering van DAT-7 zeepoplossing is 5,00% (in) of 5,26% (op) het totaal bindmiddelgehalte in het asfaltmengsel.
- Giet de vereiste hoeveelheid water bij kamertemperatuur in een container (voor het maken van DAT-7 zeepoplossing moet rekening worden gehouden met de verdunningsratio van 12% Evotherm DAT-7 additief en 88% water).
- Voeg de vereiste hoeveelheid van Evotherm DAT-7 toe aan het water.
- Roer 30 – 60 seconden tot het additief volledig is opgelost in het water.
- De DAT-7 zeepoplossing is klaar voor het gebruik.

Procedure voor de productie van het asfaltmengsel met DAT-7 in het laboratorium:

- Verhit de aggregaten (en asfaltgranulaat indien van toepassing) tot de juiste temperatuur verlaagd is met 40 – 60 °C ten opzichte van de gebruikelijke productietemperatuur en plaats ze in de mixer voorverwarmd op de gewenste productietemperatuur (onder 140 °C).
- Voeg het bindmiddel toe op de voorgeschreven mengtemperatuur.
- Giet de vereiste hoeveelheid Evotherm DAT-7 oplossing op het bitumen (hiermee zal het bitumen al gaan schuimen door het water). De laboratoriumschuimkit kan ook gebruikt worden indien beschikbaar om de DAT-7 zeep in plaats van water te introduceren.
- Meng alle componenten volgens proef 62 (RAW Bepalingen).
- Het asfaltmengsel met DAT-7 is gereed voor verdichting en beproeving.
- Voor alle tests die daarna uitgevoerd worden, zijn de procedures dezelfde als HMA.
- Indien een verjongingsmiddel wordt toegepast, is het advies om eerst het verjongingsmiddel bij het bitumen toe te voegen en dan de oppervlaktespanningverlager (Evotherm WM-30 of DAT-7).

De dosering van alleen de oppervlaktespanningsverlager Evotherm WM-30 is 0,4% (in) op het totaal bindmiddelgehalte.

De volgende tabellen laten zien dat bindmiddel-eigenschappen en mengsel-eigenschappen WMA-oppervlaktespanningverlager en HMA gelijkwaardig zijn:

Tabel 2. Typische eigenschappen SFB 5-50 (HT-LT) versus SFB 5-50 (HT)

Eigenschap		SFB 5-50 (HT-LT)	SFB 5-50 (HT)
Verwekingspunt R&K	[°C]	100,0	103,5
Penetratie	[dmm]	77	82
Breekpunt van Fraaß	[°C]	-19	-19
Elastische terugvering	[%]	97	997
Mengtemperatuur	[°C]	160	190

Gelijke asfalt-eigenschappen AC surf:

Tabel 3. Spletteigenschappen (ITS) AC 16 surf

Spletteigenschappen	[%]	SFB 5-50 (HT-LT)	SFB 5-50 (HT)
Spletsterkte bij 5 °C			
Laagste waarde	[MPa]	2,0	2,2
Gemiddelde	[MPa]	2,2	2,4
Scheurtaaiheid bij 5 °C			
Laagste waarde	[Nmm/mm <sup>2</sup> ]	12,4	12,0
Gemiddelde	[Nmm/mm <sup>2</sup> ]	13,9	13,1

Ook zijn er reeds meerdere typetesten uitgevoerd met DAT-7 – zie onderstaande tabel voor enkele resultaten. Hieruit blijken minimaal gelijke asfalt-eigenschappen.

Tabel 4. Enkele uitgevoerde typetesten met DAT-7

Mengsel	ITSR	Stijfheid	$f_c$	E6
AC 22 bin/base 50% PR PmB	83%	9176	0,18	137
AC 16 bin/base 60% PR PmB Eco	82%	8752	0,08	153
AC 22 bin/base 60% PR	73%	8894	0,11	104
AC 16 bin/base 50% PR PmB	79%	8399	0,13	119
AC 16 bin/base 35% PR	90%	9601	0,12	118
AC 11 Surf	80%	6562	0,19	118
AC 16 Surf 60% PR	85%	5594	0,24	150
PA 16	88%			

## 2.4 Additioneel onderzoek

De beschikbare warm asfalttechnologieën zijn niet nieuw en er zijn de afgelopen twee decennia talloze onderzoeken uitgevoerd naar de prestaties van warm asfalt in de praktijk en in het laboratorium. Over het algemeen worden de volgende prestatieproblemen genoemd voor alle warmasfalt producten:

- Stripping (gevoeligheid voor water) als gevolg van aanwezig restvocht of niet toereikend omhulling.
- Brosheid bij lage temperaturen vanwege verandering in bindmiddel eigenschappen.
- Mogelijk minder goede blending tussen oud en nieuw bitumen vanwege de lagere productietemperatuur.

Op basis van deze risico's kunnen aanvullende onderzoeken worden voorgesteld. (1) De brosheid van het mengsel is niet van toepassing voor oppervlaktespanningverlagers, omdat de eigenschappen van het basis bitumen niet wordt veranderd. (2) Wat betreft de stripping en mogelijke minder blending tussen oud en nieuw bitumen, zijn er ook recente onderzoeken in de literatuur uitgevoerd. Het hanteren van een theoretische 100% blending is zelfs met hete productie niet haalbaar. Aanbevolen methode voor warmasfalt toepassing is om de functionele eigenschappen van het mengsel te beoordelen, dus standaard typetesten en functioneel opleveren. In dit kader kunnen zowel de gevoeligheid voor water als de blending risico's gelijktijdig worden beoordeeld.

Als er evt. rest-vocht in het mengsel aanwezig is, dan is dit direct in de ITSR zichtbaar en zal de watergevoeligheid niet voldoen. In de praktijk zal dit rest-vochtgehalte na productie en verwerking gecontroleerd moeten worden.

Voor dunne deklagen op lage temperatuur is er aanvullend onderzoek voor rafeling noodzakelijk.

Voor deklaagmengsels met veel PR (> 30% PR) op lage temperatuur zal er aanvullend onderzoek uitgevoerd moeten worden op (1) FTIR asfaltgranulaat en mengbitumen, (2) mastercurve stijfheid en fasehoek mengbitumen en bij open deklagen (4) weerstand tegen rafeling.

## 2.5 Eisen en bepalingen

Zoals bij HMA: Deel 81 Standaard RAW Bepalingen en NEN-EN 13108 en NEN-EN 12697.

## 2.6 Rapportage (Verkort verslag+)

Zoals bij HMA: Typetest-rapport (geauditeerd bij productie), Verkort Verslag en aanvullend onderzoek zoals rafeling en DSR-onderzoek, wanneer noodzakelijk (rafeling bij dunne deklagen en DSR-onderzoek bij deklaag-mengsels met hoge percentages PR) - zoals beschreven in paragraaf 4.3.

## 3. Productie (voor batch en continu menger)

### 3.1 Bouwstoffen en vereiste kenmerken (technisch als ook hygiëne/gezondheid/milieu)

Om de technische toepasbaarheid van een oppervlaktespanningverlager te beoordelen, moet er ten minste voldoende bewijs; lokaal of internationaal ervaring, of voldoende wetenschappelijk bewijs beschikbaar zijn. Daarnaast zijn er voor de toepassing in Nederland een aantal belangrijke eisen, met name met betrekking tot lokale emissie- en gezondheidseisen. In dit kader moet een geschikte oppervlaktespanningverlager voor asfalt minimaal de volgende kenmerken ter beschikking hebben:

- Product datasheet (PDS) en Safety datasheet (SDS) moeten aangeven dat het voor asfalt toegepast mag en kan worden.

- OPWA-lijst: Uitlogingsonderzoek.
- GCMS-onderzoek: Herbruikbaar einde levensduur (na LTO, Mandela-methode, veroudering) - zie ook paragraaf 4.1.2.

Evt. Aanvullend onderzoek beschikbaar:

- Exposure-onderzoek volgens REACH, CHESAR.
- Aanvullend qua emissies: TPA-protocol (dampen lab-menging en bepaling hoeveelheid aerosolen en dampen in filter door extern lab).

### 3.2 Aanpassing in asfalt centrale

Er zijn aanpassingen in de asfaltcentrale nodig om het additief te kunnen doseren. En als er gekozen wordt voor de combinatie-oplossing zal het water en het additief gemengd moeten kunnen worden. Ook zal dit opgenomen moeten zijn in de molenregistratie, zodat de dosering altijd gecontroleerd kan worden bij een audit. Dit kan zowel bij een charge-installatie als een continu-installatie gerealiseerd worden.

Dit soort aanpassingen dienen vanzelfsprekend wel gemeld worden bij de omgevingsdienst, echter een milieu-neutrale aanvraag blijkt voldoende (is voor enkele asfaltcentrales reeds aangevraagd en goedgekeurd).

Een voorbeeld hoe dit gerealiseerd kan worden is hieronder in enkele foto's weergegeven. De integratie van het additiefdoseringssysteem van cruciaal belang voor het waarborgen van kwaliteit en veiligheid. De opslagtank voor additieven biedt een veilige omgeving voor opslag. Het buffervat voor het materiaal speelt een cruciale rol in het handhaven van een continue productie, waardoor de productiecapaciteit van de molen optimaal wordt benut. Nauwkeurige besturing van het additief zorgt voor een consistent mengproces, wat resulteert in een asfaltmengsel van constant kwaliteit. De verschillende onderdelen van de aanpassingen zijn hieronder weergegeven.



**Figuur 8.** Tank met additief (links) en Menging water en additief (rechts)



Figuur 9. Buffervat gemengd materiaal (links) en besturing hoeveelheid additief en water (rechts)



Figuur 10. Doseerinstallatie bij de menger

### 3.3 Plaats van invoegen

Verschillende manieren van dosering zijn mogelijk:

- in de bitumenleiding (dan is de expansie in de bitumenleiding wel een (veiligheids)aandachtspunt);
- tegelijkertijd inspuiten met het bitumen in de menger;
- tijdens schuimen, in het geval van toepassing bij de schuimbalk.

### 3.4 Droge menging basis bouwstoffen en randvoorwaarden (waaronder temp)

De droge en natte mengtijd is hetzelfde als bij HMA, zolang de bitumen en het additief ofwel vooraf gemengd worden ofwel gelijktijdig in de menger toegevoegd worden. Ook bij HMA heeft de leverancier een vrije keuze van mengvolg-  
orde en mengtijden, afhankelijk van de asfaltmenginstallatie en de precieze asfaltmengsamenstellingen en dit geldt ook voor WMA met oppervlaktespanningverlagers. Kwaliteitscontrole van deze mengtijden en –volgordes vinden plaats door de productiecontroles, inclusief mengselproductietemperatuur en de gerealiseerde mengselkwaliteit.

### 3.5 Menging totaal mengsel

Het asfaltmeng-temperatuurgebied voor mengsel met oppervlaktespanningverlager is 110°C-140°C. Afhankelijk van de mengselsoort, percentage PR en type bitumen, wordt in PIM voor elk mengsel een advies-mengtemperatuur vastgelegd.

Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

- Bitumen: Normale EVT-temperatuur voor productie;
- Witte en zwarte trommel: Sturen op mengtemperatuur en vochtgehalte van de bouwstoffen. In het algemeen zijn de temperaturen in de zwarte trommel 100-140 °C en de witte trommel 140-180 °C voor het beoogde asfaltmeng-temperatuurgebied. Dit kan echter wat variëren afhankelijk van de soort en dimensionering van de asfaltmenginstallatie.

### 3.6 Controlemethoden

De volgende controlemethoden zijn van toepassing (net zoals bij HMA):

- PIM: advies-mengtemperatuur per mengsel;
- Molenregistratie legt elke batchtemperatuur vast en de temperaturen van de trommels en bitumen;
- Productiecontrole: mengtemperatuur (+gradering en bitumengehalte) wordt gecontroleerd bij iedere monstername.

Aanvullend bij de combinatie met schuimen: De bovengrens in productie is 0,5%, in lijn met de internationale ervaringsregels. Restvochtgehalte na verwerking is bij alle technieken < 0,15%.

### 3.7 Bijsturing van de productie op grond van analyseresultaten (FPC bij WMA)

De productiecontrole van is hetzelfde als voor heet geproduceerde asfaltmengsels. Naast de gebruikelijke FPC-controle conform NEN-EN 13108-21, wordt speciale aandacht besteed aan een visuele beoordeling van het asfaltmengsel, tijdens het laden van de vrachtauto's of bij de monstername. Hierbij wordt onder andere gelet op de homogeniteit, consistentie en omhulling van het mengsel.

### 3.8 Opslag van het eindproduct en randvoorwaarden

Mengsels met oppervlaktespanningverlagers kunnen in opslag, maar is afhankelijk van het type mengsel, weersomstandigheden en project-eisen en afhankelijk van het type asfalt-installatie (zoals dimensies van de silo's en standaard opslag silo's vs. long-term silo's).

Totaal is er ca. 200.000 ton geproduceerd over alle mengseltypes met oppervlaktespanningverlagers, waarbij tot nu toe geen verandering in opslag is geconstateerd ten opzichte van de HMA-mengsels.

## 4. Transport en verwerking

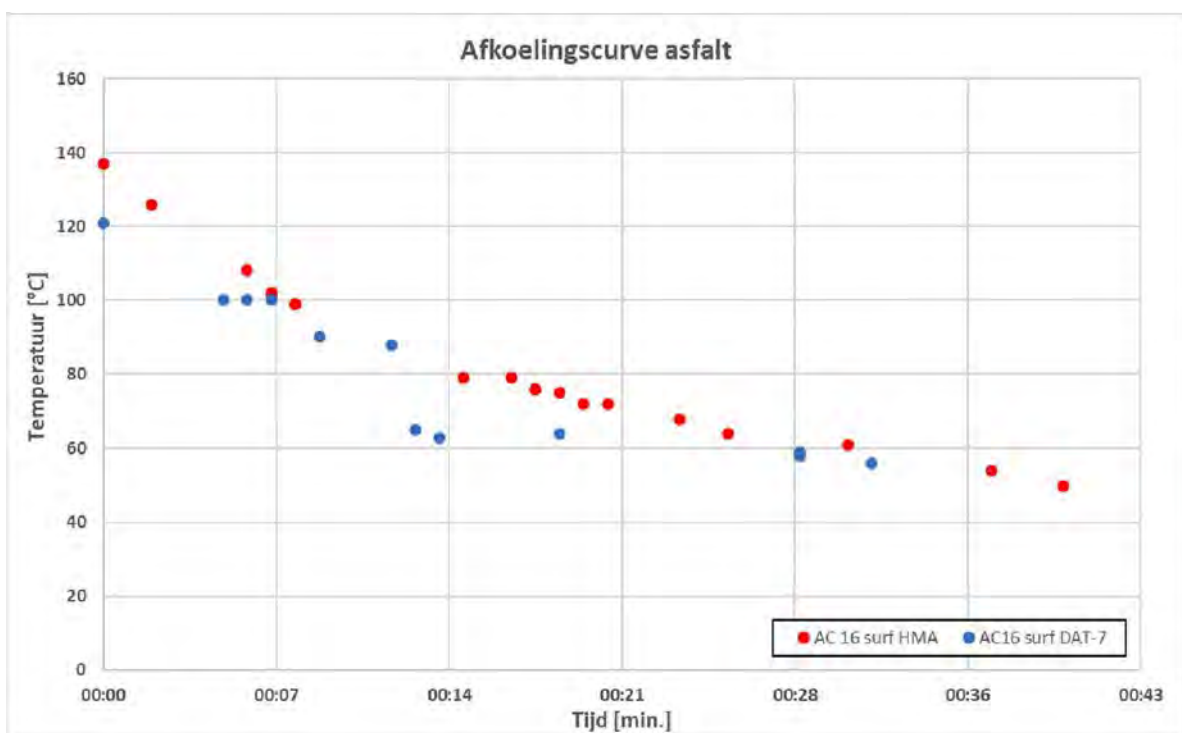
### 4.1. Transport

Het transport van warm asfalt kent enkele specifieke overwegingen. Door het kleinere temperatuurverschil met de omgeving is er mogelijk relatief minder afkoeling, wat resulteert in een minder kritische verblijftijd in het transportvoertuig in vergelijking met HMA. Daarmee is er minder risico op grote temperatuurverschillen in de hoeken van de vrachtauto. Dit biedt een zekere flexibiliteit in de logistiek. Echter, net als bij HMA, afhankelijk van het weer en de omstandigheden, blijft lokale afkoeling een risico, wat kan leiden tot de vorming van koude brokken in het asfalt. Daarom is goed geïsoleerd transport van cruciaal belang, net zoals bij HMA.

### 4.2. Verwerkingstemperatuur en verdichting

Minimum verwerkingstemperatuur (aankomst op de bouwplaats) is 100 °C.

- Middels meerdere afkoelingscurven en verdichtingsprogressie (ASPARi) is aangetoond dat eenzelfde afkoelingsproces als bij HMA zichtbaar is – zie hieronder een voorbeeld (HMA koelt altijd heel snel op de bouwplaats af van 165 °C naar ca. 140 °C).



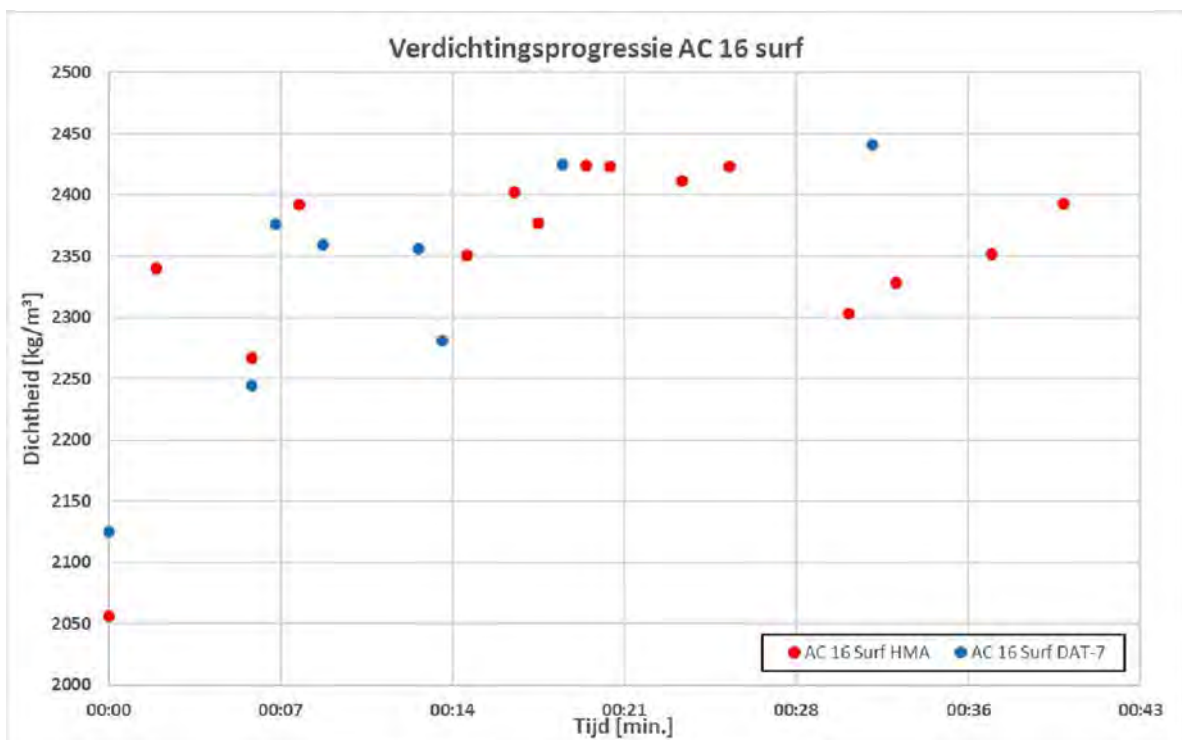
Figuur 11. Voorbeeld afkoelingscurve HMA en WMA met oppervlaktespanningverlager

Pavecool kan ook goed gebruikt worden om vooraf een inschatting te maken van de afkoeling op basis van weersomstandigheden, mengsel en laagdikte en daarmee hoeveel tijd er beschikbaar is voor verdichting.

Er kan tot 50-60 °C worden doorgewalst (bij HMA is dit 60-70 °C). Hiermee is er totaal iets minder tijd beschikbaar dan bij HMA voor de eerste walsfase, maar door de oppervlaktespanningverlager kan er wel iets langer worden doorgewalst en kan de benodigde dichtheidsprogressie bereikt worden. De totale verdichtingstijd is iets langer, maar specifiek voor de eerste walsfase is de tijd iets korter. De precieze verdichtingsvensters zijn afhankelijk van het mengsel, de laagdikte, de ondergrond en de weersomstandigheden.

Ook de dichtheidsprogressie ziet er gelijkwaardig uit als bij HMA, een eerste walsfase; tweede walsfase en afwalsen. Ook de snelheid waarmee dichtheidsprogressie wordt bereikt is net als bij HMA – zie figuur 12.





Figuur 12. Voorbeeld gelijkwaardige dichtheidsprogressie op de bouwplaats

### 4.3. Materieel en verwerkingsprotocol

Verwerking kan plaatsvinden middels standaard wegebouwmaterieel, standaard asfaltafwerkmachines, tandemwalsen, drierolwalsen, bandenwalsen (zowel diesel als elektrisch aangedreven materieel).

Handwerk dient altijd (ook bij HMA) zoveel mogelijk geminimaliseerd te worden. Ook stopplaatsen van de afwerkmaschine dienen zoveel mogelijk voorkomen te worden, waarbij deze afkoeling bij WMA minder snel gaat dan bij HMA (dus WMA is minder gevoelig voor stopplaatsen dan HMA).

Een voorlader (zonder voorraadmaterieel) kan toegepast worden in combinatie met oppervlaktetemperatuurverlagers. Het is nog onduidelijk of en onder welke condities een shuttle-buggy toegepast kan worden. Mogelijk kunnen hier de acceptatievakken voor gebruikt worden om dit te onderzoeken.

### 4.4. Weer

Bij WMA in combinatie met slechtere weersomstandigheden is verwerking altijd een extra aandachtspunt, voornamelijk als er handwerk verwacht wordt.

Bij meer handwerk of geometrisch moeilijke verwerkingsomstandigheden of slechtere weersomstandigheden kan er beter voor worden gekozen om niet te asfalteren of toch bij een iets hogere productietemperatuur te produceren (bv. als de advies-mengtemperatuur van een asfaltmengsel 125 °C is, kan bij echt slechtere weersomstandigheden beter gekozen worden voor een productietemperatuur van 140 °C). Dit past binnen de huidige regelgeving en gaat op dit moment ook zo bij HMA.

Deze hogere temperaturen geven geen problemen qua afdruipt, immers de mengtemperatuur is alsnog lager dan bij HMA en de oppervlaktetemperatuur wordt verlaagd tijdens coating/benatting/omhulling en heeft geen invloed op de viscositeit (i.t.t. de viscositeitverlagers). Ook worden oppervlaktetemperatuurverlagers namelijk gebruikt om de verwerkbaarheid bij HMA te verbeteren.

Aanvullend is de combinatie van dunne deklagen (<30 mm) en slechte weersomstandigheden/ verwerkingsomstandigheden onwenselijk (net zoals bij HMA).

### 4.5. Controlemethoden/ opleveringscontrole (indien afwijkend van regulier)

Normale standaard bedrijfscontrole is voldoende dekkend voor de risico's bij WMA met oppervlaktetemperatuurverlagers.

Aanvullend bij de combinatie met schuimen: De bovengrens in productie is 0,5%, in lijn met de internationale ervaringsregels. Restvochtgehalte na verwerking is bij alle technieken < 0,15%.



## 5. Beheer en onderhoud

Er is geen specifiek onderhoud nodig voor WMA met oppervlaktespanningverlagers. Het pure additief wordt toegevoegd in een concentratie van 0,01-0,04% en na verdichting/ begin van de gebruiksfase is het eigenlijk niet terugvindbaar en omdat het de bindmiddel- en asfalt-civieltechnische eigenschappen niet beïnvloedt, is het niet aanmerkelijk dat bestaande onderhoudstechnieken en LVO-maatregelen niet mogelijk zouden zijn.

Schadeherstel met bv. koud asfalt is nog geen ervaring mee. Er is geen argument, en gezien de lage concentratie, om te verwachten dat reparaties anders uitgevoerd moeten worden. Het product in de weg is namelijk hetzelfde als bij HMA. Wel zal er ook een warm alternatief voor de hot-box moeten worden gemaakt. Dit "probleem" bestaat bij de overgang naar WMA ook voor reparaties aan bestaande deklagen geproduceerd als HMA.

## 6. Vervanging en hergebruik

### 6.1 Algemeen

Het vervangen en hergebruiken van WMA-asfalt vereist niet meer aandacht dan de hete variant.

Op basis van AASHTO-onderzoek (American Association of State Highway and Transportation Officials) is ook aangetoond dat Evotherm DAT-7 opgesloten blijft in de uiteindelijke matrix van het asfaltmengsel op de oppervlakte van bitumen-steen en dat Evotherm DAT-7 hier een chemische brug vormt. Tijdens verwerking en gedurende de levensduur van het asfalt kan het niet in het milieu terecht komen (dit is met verschillende concentraties getest, ook met aanzienlijk hogere concentraties, tot 1,0 massaprocent op het totale bindmiddelgehalte).

### 6.2 Toekomstig Hergebruik

De samenstelling van WMA-mengsels met oppervlaktespanningverlagers is, met uitzondering van een zeer geringe hoeveelheid additief, identiek aan de samenstelling van equivalente heet geproduceerde mengsels en is niet belemmerend voor hergebruik in de toekomst.

### 6.3 Verhoogde duurzaamheid

Het toepassen van oppervlaktespanningsverlagers kan leiden tot een besparing op de hoeveelheid primaire brandstof. De uiteindelijk benodigde brandstof en de daadwerkelijke besparing zal afhangen van het totale productieprogramma, de weersomstandigheden en het vochtgehalte in de bouwstoffen. Ook het percentage hergebruikt asfalt is hier van invloed. Asfaltgranulaat wordt in standaard asfaltinstallaties verwarmd tot een temperatuur van 110 à 120 °C. Dit verandert normaliter niet bij warm mix asfalt, ongeacht de gebruikte techniek. Reden is de benodigde droging van het asfaltgranulaat. De combinatie met nieuwe technieken die een hogere temperatuur van het asfaltgranulaat mogelijk maken hebben hierbij ook een significant positieve invloed.

De lagere mengtemperatuur van maximaal 140°C kan een positieve bijdrage hebben op de levensduur van het asfalt omdat bitumen minder verouderd bij een lagere temperatuur.

## 7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten

### 7.1 Emissies en Milieu (nog wel verder uitwerken waar en wat gemeten moet worden)

De lagere productietemperatuur leidt tot minder rook, dampen en emissie bij de productielocatie en bij het personeel op de bouwplaats (en de omgeving).

Dit is ook middels het TPA-protocol (Duits emissieprotocol) in het lab onderbouwd, waarbij een reductie in mengtemperatuur van 160 °C naar 130 °C een reductie van 44% in aerosolen oplevert en een reductie van 160 °C naar 100 °C levert zelfs een reductie in aerosolen van 72% op. NB. In dit protocol wordt er 30 kg asfalt gemengd in een afgesloten menger voor 5 uur met een luchtdoorvoer van 3,5 l/min waarbij de aerosolen en emissies in een filter worden opgenomen en onderzocht door een extern lab.

Een temperatuurreductie van 30 graden Celsius (oppervlaktespanningverlagers) leidt tot een gasreductie van ca. 15%. Een temperatuurreductie van gemiddeld 50 graden (combinatie water/schuimen en oppervlaktespanningverlager) leidt tot ca. 20-25% aardgasreductie. De CO<sub>2</sub>-reductie ligt in dezelfde orde-grootte. De voorwaarde is echter wel dat het grootste deel van de asfaltproductie naar een lagere productietemperatuur gaat, anders wordt de gasreductie tenietgedaan door op- en afschakelen qua temperatuur.

Verder is er uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar dampen en emissies die mogelijk vrij zouden kunnen komen met de volgende conclusies:

- Minimale Evotherm DAT-7-concentratie in ton asfaltmengsel (<0,02% - niet detecteerbaar in dampen op basis van geavanceerd labonderzoek).
- Productietemperatuur van Evotherm DAT-7 bij de leverancier is > 280 °C (het additief is niet vluchtig noch thermisch afbreekbaar).

- Vanwege de chemische structuur is Evotherm DAT-7 onomkeerbaar gebonden in de bitumenstructuur.
- INERIS Studie – Franse Instantie voor de evaluatie van risico's in industriële omgevingen
  - Met Evotherm DAT-7 verrijkte WMA vermindert de asfaltemissies (VOS's, PAK's)
  - Ook als Evotherm DAT-7 bij conventionele HMA wordt toegepast is geconcludeerd dat Evotherm DAT-7 geen gezondheidsrisico vormt.
- Analyse van aminedamp van het mengsel in gesloten ruimte bij 150 – 170 °C
  - Meting en analyse van dampen gedaan door derden – geen amine gedetecteerd boven de limieten van kwantificering (5 µg)
  - Uit de GCMS-analyse uitgevoerd door Q8 op asfaltgranulaat met DAT-7 additief is er ook geen amine gedetecteerd.
- Deze eigenschappen worden ondersteund door verschillende studies (CHESAR-analyserapport voor het Europees Agentschap voor Chemische Stoffen, INERIS-analyserapport, "Chemische emissies van asfatemulsie toepassingen").

Op basis van AASHTO-onderzoek (American Association of State Highway and Transportation Officials) is ook aangetoond dat Evotherm DAT-7 opgesloten blijft in de uiteindelijke matrix van het asfaltmengsel op de oppervlakte van bitumen-steen en dat EvothermDAT-7 hier een chemische brug vormt. Tijdens verwerking en gedurende de levensduur van het asfalt kan het niet in het milieu terecht komen (dit is met verschillende concentraties getest, ook met aanzienlijk hogere concentraties, tot 1,0 massaprocent op het totale bindmiddelgehalte).

De belangrijkste conclusies van het REACH en CHESAR onderzoek qua emissies voor de omgeving, voor de bewoners en voor het werkpersoneel zijn als volgt:

**Type of risk characterization required for the environment**

Protection target	Type of risk characterization	Hazard conclusion
Freshwater	Quantitative	PNEC aqua (freshwater) = 30.7 µg/L
Sediment (freshwater)	Quantitative	PNEC sediment (freshwater) = 119.8 mg/kg sediment dw
Marine water	Quantitative	PNEC aqua (marine water) = 3.07 µg/L
Sediment (marine water)	Quantitative	PNEC sediment (marine water) = 11.98 mg/kg sediment dw
Sewage treatment plant	Quantitative	PNEC STP = 2.3 mg/L
Agricultural soil	Quantitative	PNEC soil = 9.44 mg/kg soil dw
Predator	Quantitative	PNEC oral = 20 mg/kg food

**Type of risk characterisation required for man via the environment**

Route of exposure and type of effects	Type of risk characterization	Hazard conclusion
Inhalation: Systemic Long Term	Quantitative	DNEL (Derived No Effect Level) = 8.7 mg/m <sup>3</sup>
Oral: Systemic Long Term	Quantitative	DNEL (Derived No Effect Level) = 2.5 mg/kg bw/day

**Type of risk characterization required for workers**

Route	Type of effect	Type of risk characterization	Hazard conclusion
Inhalation	Systemic Long Term	Quantitative	DNEL (Derived No Effect Level) = 29 mg/m <sup>3</sup>
	Systemic Acute	Qualitative	Low hazard (no threshold derived)
	Local Long Term	Qualitative	Hazard unknown (no further information necessary)
	Local Acute	Qualitative	Hazard unknown (no further information necessary)
Dermal	Systemic Long Term	Quantitative	DNEL (Derived No Effect Level) = 4.2 mg/kg bw/day
	Systemic Acute	Not needed	No hazard identified
	Local Long Term	Qualitative	High hazard (no threshold derived)
	Local Acute	Qualitative	High hazard (no threshold derived)
Eye	Local	Qualitative	Medium hazard (no threshold derived)

## 7.2 ARBO

Qua ARBO is het handwerk bij WMA fysiek wel zwaarder dan bij HMA en asfaltploegen zullen beter ondersteund moeten worden met handwerk.

## 7.3 Kosten

De kosten voor het additief zijn ca. 0,50-1,50 Euro per asfaltton. Deze zullen grotendeels worden opgeheven door de gasreductie (afhankelijk van de gasprijs).

## 8. Voor de opdrachtgever

### 8.1 Mogelijke risico's en hoe deze zijn weggenomen

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste mogelijke risico's opgesomd en of dit een risico is bij WMA met oppervlaktespanningverlagers is en hoe deze evt. beheerst worden.

Belangrijkste risico's voor de wegbeheerder	Risicobeheersing
Het product heeft niet dezelfde civieltechnische kwaliteit en daarmee levensduur	De bindmiddel-eigenschappen worden niet beïnvloed en de typetextonen tonen gelijkwaardigheid aan
Het product is niet aan het einde van de levensduur herbruikbaar	Er is asfaltgranulaat met oppervlaktespanningverlager gemaakt en verouderd, waarna hiermee nieuw asfalt gemaakt is. Daarbij waren geen schadelijke emissies zichtbaar (gelijk aan HMA) en was er civieltechnisch geen impact
Het additief leidt tot schadelijke emissies	Op basis van GC-MS, PAK, Benzeen onderzoek zijn er geen schadelijke emissies zichtbaar
Het additief kan in de omgeving terecht komen en daar schadelijke effecten hebben	Het additief blijft opgesloten in het asfaltmengsel en komt niet in het milieu en de omgeving terecht
Het additief kan schadelijk zijn voor het personeel	Er zijn geen schadelijke effecten via de luchtwegen, op de huid of via de ogen
Het product belemmert overige duurzaamheid, zoals PmB-levensduur of PR-circulariteit	WMA met oppervlaktespanningverlagers kan toegepast worden in combinatie met PmB en tot zeker 70% PR (recycling)
Het product is niet toekomstbestendig (half-warm)	Het additief is zeer geschikt om ook de transitie naar half-warm asfalt te maken
Het product is niet produceerbaar of voor de aanpassingen kan geen vergunning worden verkregen	Het product is goed produceerbaar in de huidige asfaltcentrales en er is geen bijzondere vergunning benodigd voor de aanpassingen (milieu-neutrale vergunning)
Het product is niet goed verwerkbaar meer	Het product is verwerkbaar met standaard wegebouwmaterieel. Aandachtspunt blijft wel handwerk, zeker in combinatie met PmB of veel PR (net zoals bij HMA)

Conclusie: Op basis van alle onderzoeksresultaten en informatie die er is, zijn de risico's voor WMA met oppervlaktespanningverlagers goed beheerst.

Belangrijkste resterende risico is, net zoals bij andere WMA-varianten, bij deze oplossingsrichtingen de verwerkbaarheid. Maar als eisen aan het eindproduct gelijk blijven ligt dit risico wel volledig bij de producent en verwerker. De verwerkbaarheid in handwerk kan wel aanleiding zijn om andere keuzes in het ontwerp te maken (denk aan banden/middengeleiders) of machines te ontwikkelen waardoor traditioneel handwerk wordt vermeden. Maar ook hier geldt dat dit vanuit ARBO-oogpunt en het verminderende aantal vaklieden ook voor HMA (en vooral HMA met PmB) eigenlijk hard nodig is. En tot slot gaan asfaltploegen er in het kader van emissies en dampen er aanzienlijk op vooruit qua gezondheid.

### 8.2 MKI voordeel

Additieven berekenen volgens de huidige PCR2.0. Het additief zal tot verhoging van de MKI in het asfalt leiden en de gasreductie zal tot verlaging van de asfalt-MKI leiden. Gezamenlijk zal het tot een reductie in de asfalt-MKI leiden. Van enkele producten zijn al de MKI volgens PCR2.0 berekend.

### 8.3 Garantie

WMA-mengsels worden tegen dezelfde garantievoorwaarden geleverd als hun heet geproduceerde equivalenten. Hiernaast kan de garantie projectafhankelijk zijn.

### 8.4 (Kwaliteits)eisen, condities en voorwaarden

Geen verschil met HMA.

### 8.5 Uitvragen en accepteren

Asfalt volgens de WMA-richtlijn uitvragen, waarbij oplossingsrichting "Oppervlaktetspanningverlagers" wordt toegestaan.

#### Links en interessante literatuur

- [1] Introduction to Evotherm: <https://youtu.be/Flii1fp76NY?feature=shared>
- [2] Veiligheidsinformatieblad Evotherm WM-30
- [3] Veiligheidsinformatieblad Evotherm DAT-7
- [4] Ingevity, Reducing plant emissions with Evotherm
- [5] Ingevity, Additional exposure assessment
- [6] Ingevity, Compendium of emissions and fumes
- [7] BituNed bv; Evotherm DAT-7, Environmental Product Declaration.
- [8] G.C. Hurley, B.D. Prowell (2006); Evaluation of Evotherm for use in warm mix asphalt, NCAT Report 06-02, National Center for Asphalt Technology, USA
- [9] W.S. Mogawer, A. Austerman (2018); Low Temperature and Moisture Susceptibility of RAP Mixtures with Warm Mix Technology, NETCR103, The New England Transportation consortium, USA
- [10] H.Y. Zhen, Z. Dong et al. (2018); Workability and mechanical property characterization of asphalt rubber mixtures modified with various warm mix asphalt additives, Construction and Building Materials.

# Bijlage D – Additieven, viscositeitverlager, LynPave

1. Inleiding	87
1.1 Werkingsprincipe	88
1.2 Effect LynPave op bindmiddel reologie	89
1.3 LynPave olie in asfaltmengsel	90
1.4 Eigenschappen LynPave-mengsels	91
2. Mengselontwerp	91
2.1 Mengseltypen	91
2.2 Verlaging van de productie temperatuur bij mengsel zonder PR	91
2.3 Hergebruik	92
2.4 Type Onderzoek	93
2.5 Additioneel onderzoek	93
2.6 Eisen en bepalingen	94
2.7 Rapportage (Verkort verslag)	94
3. Productie (voor batch en continu menger)	94
3.1 Bouwstoffen en vereiste kenmerken	94
3.2 Aanpassing in asfaltcentrale	95
3.3 Plaats van doseren	96
3.4 Droge menging basis bouwstoffen en randvoorwaarden	96
3.5 Menging totaal mengsel	96
3.6 Controle methoden	96
3.7 Bijsturing van de productie op grond van analyseresultaten	96
3.8 Opslag van het eindproduct en randvoorwaarden	96
4. Transport en verwerking	97
4.1 Transport	97
4.2 Materieel en verwerkingsprotocol	97
4.3 Weer	98
4.4 Controle methoden / opleveringscontrole	99
5. Beheer en onderhoud	99
5.1 Aandachtspunten bij onderhoudswerkzaamheden in de gebruikperiode	99
5.2 Mengsel specifiek onderhoud	100
5.3 Schade en schadeherstel	100
6. Vervanging en hergebruik	100
6.1 Algemeen	100
6.2 Toekomstig hergebruik	101
7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten	101
7.1 Emissies en Milieu	101
7.2 ARBO	101
7.3 Kosten	101
8. Voor de opdrachtgever	101
8.1 Mogelijke risico's en hoe deze zijn weggenomen	101
8.2 MKI voordeel	101
8.3 Garantie	101
8.4 (Kwaliteits)eisen, condities en voorwaarden	101
8.5 Uitvragen en accepteren	102
Referenties	102

## 1. Inleiding

Een van de belangrijkste redenen waarom het verhogen van de temperatuur noodzakelijk is bij traditionele heet asfaltproductie (HMA), is om tijdens het mengproces de minerale aggregaten en vulstoffen volledig te omhullen. Wanneer de productietemperatuur wordt verlaagd, krijgt het bitumen niet de vereiste viscositeit om alle mineralen en vulstoffen goed te omhullen. Als de minerale aggregaten niet volledig omhuld zijn, kan er tijdens de gebruikersfase

van de wegen water binnendringen tussen de bitumen-steen interface, wat leidt tot stripping en vroegtijdige schade aan de weg. Om deze beperking van omhulling te voorkomen bij het verlagen van de productietemperatuur, zijn speciale technieken nodig. Verschillende wetenschappelijk bewezen technieken zijn beschikbaar, waaronder schuimtechniek, viscositeitverlagers en oppervlaktespanningverlagers. Dit onderdeel van de richtlijn richt zich specifiek op viscositeitverlager LynPave.

LynPave is de naam voor de verzameling van asfaltmengsels waarin LynPave-olie, een bewerkte lijnzaadolie, aan het bitumen is toegevoegd. Het effect hiervan is dat de productie- en verwerkingstemperaturen van het asfalt tussen de 30 en 55 graden lager liggen dan bij conventionele hete asfaltmengsels, terwijl de mechanische eigenschappen van de asfaltlagen vergelijkbaar blijven met reguliere hete asfaltmengsels.

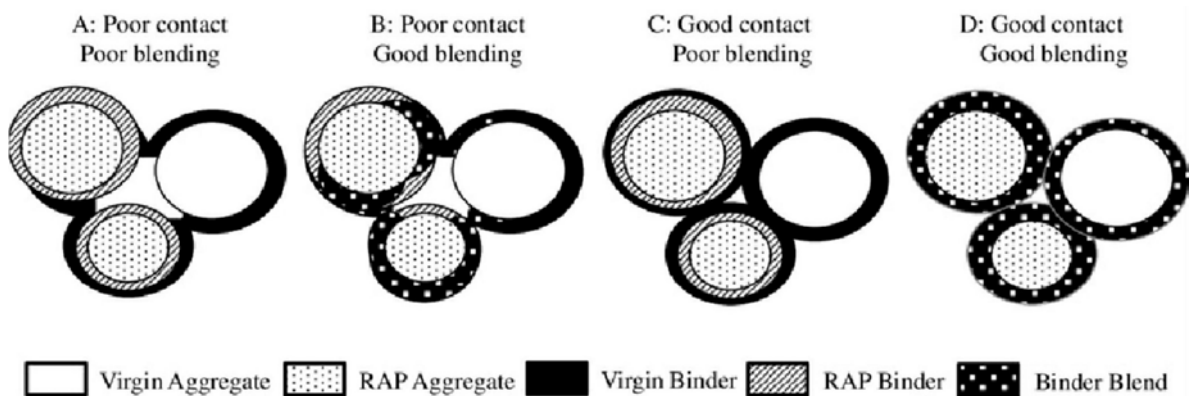
### 1.1 Werkingsprincipe

LynPave is sinds 2010 gebruikt om de viscositeit van het bindmiddel in asfaltgranulaat te verlagen. In 2012 werd het verder ontwikkeld als een additief voor warm mix asfalt (WMA) om de productie en verwerkingstemperatuur te verlagen. Sindsdien is in Nederland ervaring opgedaan met LynPave in verschillende WMA-mengsels, door 11 asfaltproducenten en diverse verwerkers. Afhankelijk van de weersomstandigheden en het type mengsel kan de asfaltproductietemperatuur met LynPave variëren tussen 110°C en 135°C.

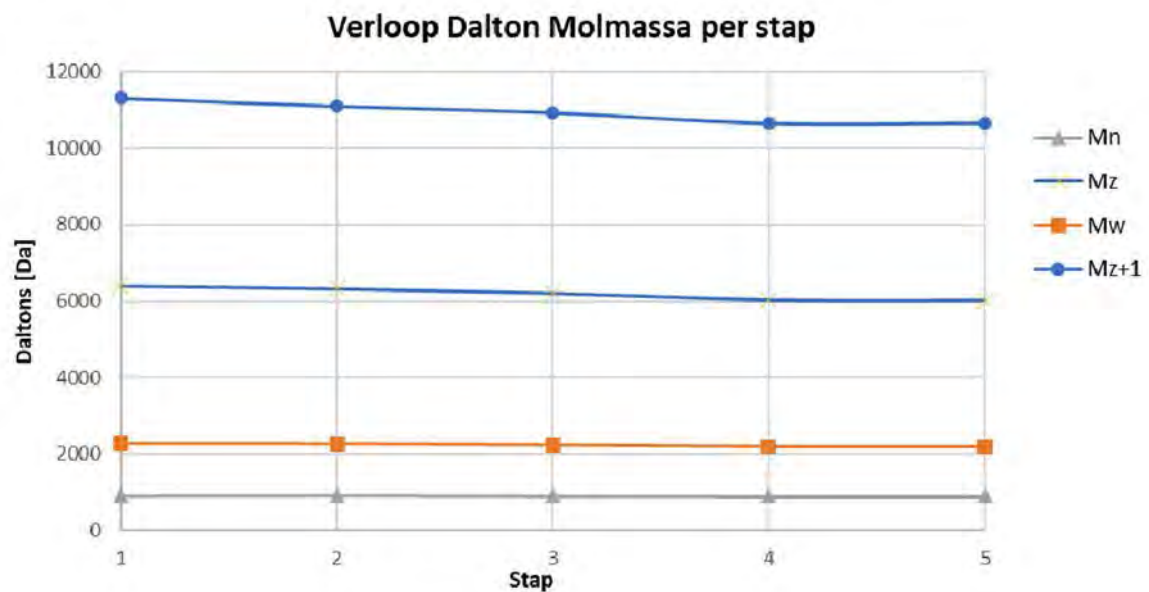
Bij hete asfaltmengsels (HMA) is de dynamische viscositeit van het bitumen bij 170°C ruwweg 200 mPa.s, voldoende vloeibaar om alle steenslag goed te benatten en een goede menging te waarborgen. De viscositeit van bitumen blijft constant gedurende de tijd dat het mengsel in de menger zit.

In tegenstelling tot HMA vereist de toevoeging van een WMA-additief enige tijd voordat de viscositeit stabiel wordt. Gedurende deze tijd vindt de benatting van de steenslag en de menging tussen de olie en het verse bitumen plaats, eventueel in combinatie met het oude bitumen uit het asfaltgranulaat.

Een van de risico's van een niet-optimaal mengproces bij WMA-mengsels tijdens de productie, is dat het verse en oude bitumen niet goed mengen, zoals weergegeven in figuur 1 A tot en met C. De ervaring van de afgelopen twaalf jaar met LynPave wijst echter uit dat het mengproces leidt tot een goede vermenging van het verse en oude bitumen uit het asfaltgranulaat. Dit wordt bevestigd door afpelproeven, waarbij bitumenlagen worden teruggewonnen uit LynPave-mengsels en de moleculaire massaverdeling van de bitumenlagen wordt onderzocht, zoals weergegeven in figuur 2. Een constante massaverdeling tussen deze bitumenlagen duidt op een homogene menging van oud en nieuw bitumen tijdens de productie, zie figuur 1D, "Good contact/Good blending".



Figuur 1. Overzicht slechte menging van verse, oude en bitumen A, B en C en goede menging D. [Bron: [1]]



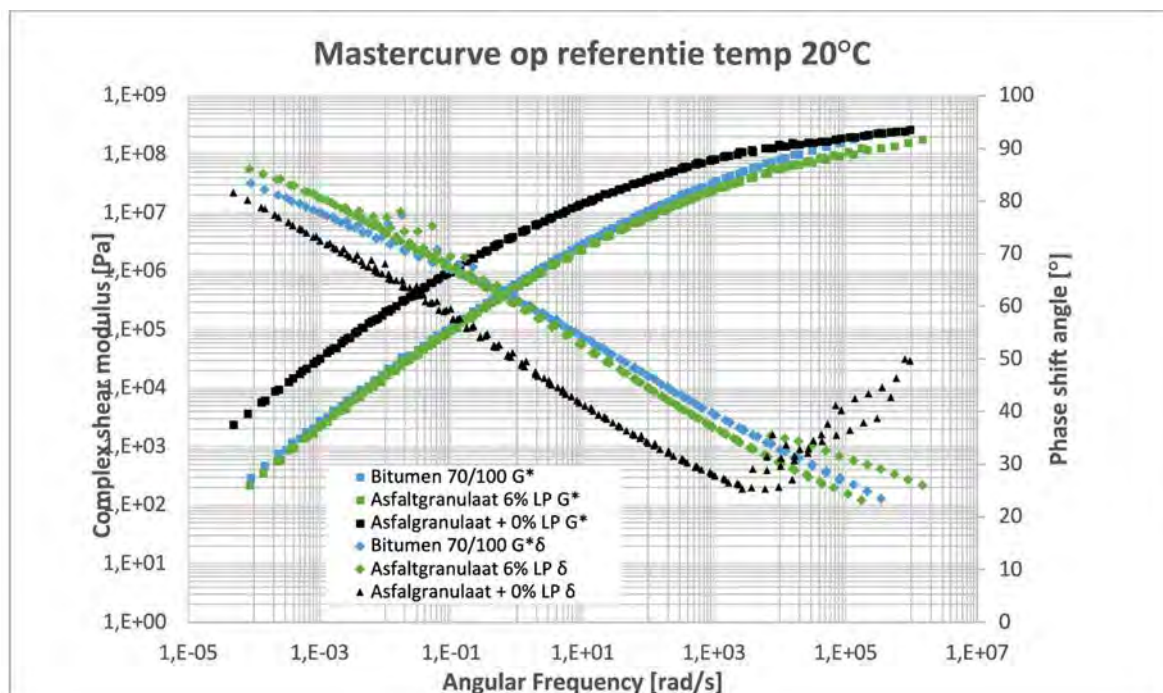
Figuur 2. Verloop Dalton molmassa per stap/laag.

## 1.2 Effect LynPave op bindmiddel reologie

Gedurende de levensduur van een asfaltmengsel ligt het bloot aan bepaalde fysicochemische en mechanische invloeden die de prestaties van het mengsel verminderen. 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 mogelijk 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) [7], zie het reologische gedrag van het bindmiddel uit het asfaltgranulaat, weergegeven met zwarte punten in figuur 3.

De werking van lijnzaadolie in bitumen is beschreven in de literatuur [2,3,4,5,6]. Ook in Nederland zijn er interne onderzoeken door Asphalt Kenniscentrum (AKC) gedaan naar de effecten van deze olie in asfalttoepassingen. In figuur 3 is het reologische gedrag van het bindmiddel weergegeven bij een (gebruiks-) temperatuur van 20°C. Na toevoeging van 6% LynPave-olie in massa verhouding aan het bindmiddel uit het asfaltgranulaat is te zien dat het reologische gedrag identiek wordt aan het verse penetratie bitumen 70/100. De groene en blauwe lijnen liggen nagenoeg op elkaar.





Figuur 3. Reologische gedrag van bindmiddel uit een asfaltgranulaat

### 1.3 LynPave olie in asfaltmengsel

Lijnzaad- of vlasolie wordt gewonnen uit vlaszaad en bestaat als vele plantaardige oliën voornamelijk uit koolwaterstofverbindingen met dubbele bindingen tussen de koolstoffen (zie figuur 4 (met pijltje aangegeven) en tabel 1 voor lijnzaadolie). Dit maakt dat lijnzaadolie gemakkelijk verbindingen aangaat met o.a. zuurstof, maar ook met andere koolwaterstoffen, zoals bestanddelen in bitumen [2].

Naast de verlaging van productie- en verwerkingstemperatuur biedt lijnzaadolie ook voordelen op het mengsel niveau, namelijk goede weerstand bieden tegen veroudering en goede vermoeiing [5]. Allemaal eigenschapsverbeteringen die in grote mate bijdragen aan de levensduur van een mengsel.

J.B. Król et al./Construction and Building Materials 114 (2016) 194-203

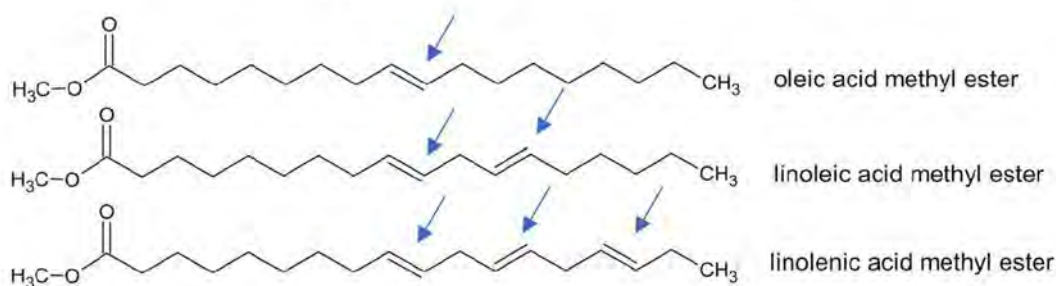


Fig. 1. Structural formula of vegetable oil methyl ester molecules.

Figuur 4. Onverzadigde verbindingen in de vetzuren van plantaardige oliën [J.B. Krol et al: 2016]

Tabel 1. Mate van onverzadigde bindingen en de samenstelling van plantaardige oliën [J.B. Krol et al: 2016].

Number of double bonds in the aliphatic chain	Fatty acid content, %wt.			
	Rapeseed oil	Soybean oil	Sunflower oil	Linseed oil
0	7	20	15	7
1	63	20	17	18
2, 3	30	60	68	75

## 1.4 Eigenschappen LynPave-mengsels

Uit diverse onderzoeken verricht door AKC, typeonderzoeken (conform Standaard RAW 2020 en EN 13108-series), publicaties [8] en de praktijkervaring van de afgelopen 14 jaar met ruim een miljoen ton LynPave-asfaltmengsels in Nederland kunnen de volgende zorgen met betrekking tot de volgende eigenschappen worden uitgesloten:

- weerstand tegen vermoeiing;
- weerstand tegen spoorvorming;
- weerstand tegen rafeling;
- weerstand tegen bitumen veroudering/verbrossing;
- weerstand tegen stripping (watergevoeligheid);
- ontmenging vers en oud bitumen .

### 1.4.1 Kenmerken van LynPave-olie

- Minimale LynPave-olie concentratie in één ton asfaltmengsel (vaak ligt het aandeel LynPave-olie op 0,06-0,12 % in massa t.o.v. het hele mengsel, afhankelijk van het mengselontwerp).
- LynPave is een compositie van oxidatief drogende plantaardige oliën, die na droging een vernetting maakt met de bitumen structuur waarbij het materiaal flexibel blijft [2,3 en 4].
- Herbruikbaarheid LynPave mengsels is middels GCMS meting aangetoond en voldoet aan de eis BRL 9320 en staat in de OPWA-Lijst als geschikte bouwstof voor asfaltmengsels.
- Kinematische viscositeit bij 25°C 63-95 mm<sup>2</sup>/s. - Het product is conform Preparaten Richtlijn 99/45/EG geclassificeerd als niet gevaarlijk.

## 2. Mengselontwerp

### 2.1 Mengseltypen

In tabel 2 zijn de LynPave-mengsels weergegeven welke momenteel verkrijgbaar zijn op de Nederlandse markt als WMA geproduceerd en vallen onder deze richtlijn. Deze mengsels voldoen aan de eisen en bepalingen in standaard RAW 2020 en de Europese normen NEN-EN 13108-series voor asfalt.

Tabel 2. Overzicht LynPave-mengsel met en zonder asfaltgranulaat

Mengsels	LynPave-mengsels	Voldoet aan RAW 2020 en NEN-EN 13108-serie	Productietemperatuur [°C]
<i>AC Base/Bin</i>	AC base / bin 0% PR	Ja	110-135
	AC base / bin 0-50 % PR	Ja	110-135
	AC base / bin 51-85 % PR	Ja	110-135
<i>AC Surf</i>	AC surf 0% PR	Ja	110-135
	AC surf 30 % PR	Ja	110-135
<i>SMA</i>	SMA 8/11 0% PR	Ja	110-135

### 2.2 Verlaging van de productie temperatuur bij mengsel zonder PR

Uit de jarenlange ervaring en laboratorium onderzoeken is gebleken dat LynPave-olie ook geschikt is als een WMA-additief in mengsels waarin geen PR is toegevoegd aan het mengsel. De dosering van LynPave-olie, bepaald in het typeonderzoek, ligt tussen 0,050-0,075 % op het totale asfalt mengsel niveau. Dit is vooral relevant voor deklagen uit de RAW-mengsels, zoals Surf en SMA die geen gerecycled materiaal (PR) bevatten.

Een van de zorgen in mengsel zonder asfaltgranulaat kan zijn dat het bindmiddel te zacht wordt waardoor risico's ontstaan voor:

- Spoorvorming in AC-mengsels.

- Vetslaan in SMA-mengsels.
- roegtijdige rafeling in SMA-mengsels.

Echter, deze risico's zijn zorgwekkend als het bindmiddel zacht blijft, maar uit de ervaringen met LynPave-mengsels waarin geen PR is verwerkt, blijken deze risico's echter niet prominent aanwezig te zijn. Er zijn publicaties waarin wordt vastgesteld dat lijnzaadolie kan uitdrogen en tegelijkertijd een netwerk vormt met de bitumenstructuur, wat leidt tot verstijving in de tijd die vergelijkbaar is met conventionele bitumenverstijving [2,3,4].

Sinds 2015 zijn er SMA proefvakken zonder asfaltgranulaat met en zonder PmB bindmiddel geproduceerd met LynPave op 130°C, en deze proefvakken zien er nog steeds goed uit [bron: interne Monitoringsrapporten Roelofs 2022 en NTP 2023].

## 2.3 Hergebruik

### 2.3.1 Asfaltgranulaat in LynPave

De eerste toepassing in 2010 van LynPave-olie in asfaltmengsels had het doel om reologische en mechanische eigenschappen van het bindmiddel uit het asfaltgranulaat terug te brengen op het niveau van verse bitumen. Een bijkomend voordeel was dat met het toepassen van LynPave-olie, naast het verhoogde percentage asfaltgranulaat, ook de productie en verwerkingstemperatuur kon worden verlaagd. Bij de eerste toepassing als WMA in 2012 had LynPave vergelijkbare functionele eigenschappen als de HMA-mengsels. Sindsdien zijn LynPave-mengsels vrijwel altijd met asfaltgranulaat geproduceerd door verschillende asfaltproducenten binnen Nederland.

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de LynPave-mengsels met het percentage asfaltgranulaat, aangeduid als % PR. In bin/base-mengsels is toepassing van 50 tot 85% hergebruik normaal, voor AC surf 30% PR. De overgang van HMA naar WMA mag de vooruitgang in circulariteit niet belemmeren. LynPave is zeer geschikt voor het produceren van asfalt met PR op lage temperatuur en vormt geen belemmering voor hergebruik in de toekomst.

### 2.3.2 LynPave als asfaltgranulaat

Het hergebruik van LynPave-mengsels als asfaltgranulaat kent geen beperkingen bij het hergebruik in nieuwe mengsels. Verschillende asfaltcentrales, ACB, ACOB, ACT, APW, APK, APH, ZVAC, ACE, ACT, APRR, APA en APM hebben met succes LynPave-asfaltgranulaat in het verleden hergebruikt in nieuwe mengsels zonder enige complicatie gerelateerd met LynPave mengsels. Daarnaast zijn door deze asfaltcentrales regelmatig tijdelijke deklagen aangebracht waarbij een LynPave mengsel is toegepast. Deze zijn na verloop van tijd weer hergebruikt als LynPave asfaltgranulaat.

Om de hergebruiksmogelijkheden van LynPave-mengsels te evalueren aan de hand van functionele eigenschappen, heeft H4A in 2015 LynPave freesmateriaal van een tijdelijke deklaag bemonsterd. Deze deklaag lag circa 5 jaar op de weg. Dit freesmateriaal is in een verhouding van 1:1 gemengd met normaal asfaltgranulaat en vervolgens toegepast in een 50% PR AC Base mengsel. Het mengsel werd onderworpen aan een type-onderzoek, waarvan de resultaten zijn samengevat in tabel 3.

Tabel 3. Overzicht functionele eigenschappen hergebruikt LynPave mengsel

LynPave Mengsel	Streef Dichtheid [kg/m <sup>3</sup> ]	Holle ruimte [%]	ITSR [%]	Tri-axiaal Fc	Stijfheid @ 20°C & 8 Hz [MPa]	4 PB vermoeiing [µm/m]
AC 16 Base 50% PR	2382	4,3	84	0,12	8086	104

Bij de productie van dit asfalt is naast het evalueren van de functionele eigenschappen ook een emissiemeting uitgevoerd op formaldehyde, een stof die kan ontstaan bij gebruik van biologische materialen en waar bitumen ook op kan reageren. De gemeten waarde met < 0,02 ppm bleef onder de toegestane ARBO-grenswaarde van 0,12 ppm [bron: *Interne rapportage van AKC*].

### 2.3.3 Hergebruik in asfaltmolen

Bij de productie van asfaltmengsels met asfaltgranulaat worden de witte mineralen en PR apart verwarmd. De temperaturen van bitumen (170 °C) en asfaltgranulaat (120 °C) blijven zowel bij HMA als WMA identiek. Door de temperatuur van de witte mineralen te variëren, afhankelijk van het percentage PR in het mengsel, kan men op productietemperatuur sturen. Voor HMA zijn de nieuwe mineralen vaak opgewarmd tot boven de 230 °C, en voor WMA is dit vaak onder de 200 °C.

De PR wordt niet warmer dan 120°C om twee redenen:

- Het bitumen in de PR niet verder te verouderen .
- De uitstoot van schadelijkstoffen als PAK's en Benzeen te beperken.

Het bitumen uit het asfaltgranulaat is tijdens zijn vorige leven, vanaf productie tot eindlevensduur, verouderd. Dit komt door de productiewarmte, zuurstofveroudering en Uv-straling tijdens het gebruik. Hierdoor wordt het bitumen minder flexibel en gevoelig voor allerlei schadebeelden, zoals stripping, rafeling en scheurvorming.

Echter, naast het verlagen van de productie- en verwerkingstemperatuur, draagt LynPave-olie ook bij aan het herstellen van de flexibiliteit van het bitumen uit het asfaltgranulaat, zoals beschreven in paragraaf 1.3, en toont het herstel van het reologisch gedrag, zoals weergegeven in figuur 3. De olie wordt bij de asfaltinstallatie tijdens het mengproces toegevoegd. De dosering van deze olie is vastgesteld in het typeonderzoek en is afhankelijk van de samenstelling van het mengsel. Nadat de LynPave-olie in de menger is toegevoegd, wordt deze vrijwel onmiddellijk opgenomen in zowel het bitumen van het asfaltgranulaat als het verse bitumen. Daarom wordt de mengtijd verlengd van 7 seconden naar 14 seconden.

## 2.4 Type Onderzoek

Het proces van typeonderzoek bij LynPave-mengsels volgt dezelfde procedures als bij conventionele hete mengsels. In tegenstelling tot bij HMA wordt bij een WMA LynPave-mengsel eerst de dosering van LynPave-olie bepaald aan de hand van percentage PR en de bindmiddel eigenschappen uit het asfaltgranulaat, zoals de penetratie en ring & kogel temperatuur. De grondstoffen worden verwarmd in een stoof op 130°C en gemengd in een krachtige dwangmenger om een representatieve asfaltspecie te verkrijgen. Eerst worden de grondstoffen droog gemengd zonder vulstof, vervolgens wordt het asfaltgranulaat toegevoegd, gevolgd door het bitumen en de LynPave-olie, en tot slot wordt de vulstof toegevoegd.

De benodigde proefstukken worden vervaardigd en onderworpen aan testen volgens proef 62 van de Standaard RAW Bepalingen 2020. Deze proefstukken worden vervolgens binnen een periode van 2 tot 6 weken na fabricage beproefd. De functionele eigenschappen van de AC-mengsels (bin/base/surf) zijn vergelijkbaar met de overeenkomstige hete mengsels. Op basis van de gemeten stijfheid- en vermoeiingseigenschappen worden OIA-parameters berekend die op standaard wijze worden toegepast in een OIA-berekening voor wegontwerp.

## 2.5 Additioneel onderzoek

De functionele eigenschappen, zoals vastgesteld in het typeonderzoek volgens de vereisten van proef 62 uit de Standaard RAW Bepalingen 2020, zijn eveneens van toepassing op LynPave-mengsels. Deze eigenschappen belichten de voornaamste risico's van AC-mengsels, zoals samenstelling, watergevoeligheid, vermoeiing, spoorvorming en stijfheid. Voor deklagen zoals SMA is proef 62 echter beperkt tot de samenstelling en empirische eigenschappen, zoals verdichtingsgraad, holle ruimte en watergevoeligheid. Voor deze mengsels zijn er op de Nederlandse markt aanvullende onderzoeksmethoden beschikbaar, zoals de RSAT en vorst- en dooitest. In de onderstaande tabel worden enkele risico's benoemd waarmee in het algemeen rekening moet worden gehouden bij het toevoegen van een LynPave-olie aan het betreffende mengsel.

Tabel 4. Risico's per mengseltype

Risico	Risico bij mengsel type	Gedekt in
Weerstand tegen spoorvorming	AC Mengsels	RAW 2020 Proef 62 en DSR MSCRT test
Rafeling	SMA Mengsels	RSAT

## Proefomschrijving en condities

### Weerstand tegen spoorvorming $f_c$ waarden en MSCRT test (AC mengsels)

Hoewel Nederland naast de vereisten van RAW geen specifieke normen hanteert voor permanente vervorming, blijft het van cruciaal belang om het gedrag van het bindmiddel met LynPave tijdens weggebruik te begrijpen. In de praktijk wordt spoorvormingsgevoeligheid inzichtelijk gemaakt door middel van twee veelgebruikte testmethoden in Nederland, namelijk de tri-axiale test op het mengsel volgens NEN-EN 12697-25 en de test op het bindmiddel de MSCRT volgens NEN-EN 16659.

De  $f_c$ -waarde afgeleid uit het Tri-axiaal onderzoek biedt een goed beeld van de weerstand tegen spoorvorming. Een aanvullende onderzoeksmethode om grondig inzicht te verkrijgen in permanente vervorming op het bindmiddel niveau, is de Multiple Stress Creep Recovery Test (MSCRT), uitgevoerd met behulp van de Dynamic Shear Rheometer (DSR). Deze gestandaardiseerde testmethode, zoals beschreven in NEN-EN-16659, biedt de mogelijkheid om bitumen te evalueren met betrekking tot de weerstand tegen permanente vervorming en de elastische terugvering ervan.

### Weerstand tegen rafeling (RSAT) (Deklaag mengsels SMA)

De rafelingsweerstand van LynPave deklaagmengsels, zoals SMA, wordt beoordeeld met behulp van de RSAT. Deze testmethode wordt eveneens door Rijkswaterstaat toegepast om de rafelingsweerstand van deklaagmengsels te beoordelen.

De RSAT-test simuleert de afschuif-belasting die op de weg kan optreden. Deze schuifspanningen manifesteren zich in het contactgebied tussen banden en het wegdekoppervlak. Deze spanningen kunnen leiden tot steenverlies aan het oppervlak van de deklaag, wat rafeling wordt genoemd.

De evaluatie van de rafelingsweerstand van LynPave-mengsels vindt plaats op basis van vergelijkend onderzoek. Hierbij wordt een LynPave-deklaag geanalyseerd en vergeleken met een referentiemengsel met identieke samenstelling (afgezien van de LynPave-olie), geproduceerd op traditionele wijze. Door middel van deze vergelijking kan worden beoordeeld in hoeverre het productieproces van het LynPave-mengsel van invloed is op de rafelingsweerstand in vergelijking met een traditioneel HMA-mengsel.

## 2.6 Eisen en bepalingen

Vrijwel alle wegbeheerders passen voor asfalt de RAW 2020 toe met daarin omschreven de functionele eisen voor asfaltmengsels. De bovenliggende normatieve en wettelijke eisen zijn vastgelegd in de EN 13108 reeks en in de CE systematiek. In de EN 13108 reeks is sinds 2008 geen sprake meer van een minimale asfalt productie temperatuur, daarmee is dit ook geen eis meer vanuit de RAW welke enkel functionele eisen beschrijft. De verlaging van de asfalt productietemperatuur kan probleemloos worden gerealiseerd middels de toepassing van (bio)additieven hetgeen in de EN 13108 onder artikel 4.1 nader beschreven wordt. Relevante eis in EN 13108 art 4.1 is wel dat de producent dit dient te onderbouwen middels bewijs. Specifiek voor Nederland is dit bewijs het doorlopen van de typetest plicht onder CE waarvoor Rijkswaterstaat als aanvulling het ringonderzoek via het CROW tot plicht heeft gesteld. De typetest gegevens zijn daarmee een sluitend bewijs dat het specifiek aangeboden asfaltmengsel aan de functionele eisen van de RAW 2020 voldoet. Dit geldt ook voor LynPave asfaltmengsels.

De techniek achter LynPave-mengsels is niet specifiek voor een bepaald mengsel, maar betreft een productietechniek. Met deze productietechniek kunnen dezelfde mengsels worden vervaardigd als bij hete productie, met dezelfde bouwstoffen en in dezelfde verhoudingen, met uitzondering van de LynPave-olie dosering. De geringe toevoeging van LynPave-olie vormt een fractie van het bitumen.

Dit betekent dat het verlagen van de productietemperatuur door gebruik te maken van LynPave-olie altijd zonder risico op kwaliteitsverlies kan worden toegepast. Het betreft een regulier productieproces op de productietemperatuur na.

## 2.7 Rapportage (Verkort verslag)

Conform de voorschriften van NEN-EN 13108-20 dient elk asfaltmengsel te worden onderworpen aan een type-onderzoek, zoals beschreven in onderdeel 7. Daarnaast vereist proef 62 van de Standaard RAW Bepalingen 2020 een verkort verslag. Voor AC LynPave-mengsels gelden dezelfde rapportagevereisten als voor de HMA-varianten, met als enige toevoeging de vermelding van de dosering van de LynPave-olie en de productietemperatuur van LynPave.

Om de zorgen zoals in paragraaf 3.1 benoemd weg te nemen, voor AC en SMA mengsels, dient de asfaltproducent van LynPave aan te tonen dat de productie ervan geen negatieve invloed heeft op de spoorvorming en rafeling, dit om de duurzaamheid van het mengsel te waarborgen.

Het uitvoeren van een vergelijkend onderzoek tussen HMA-mengsels en LynPave-mengsels hoeft niet voor elk individueel mengsel te geschieden. Na uitvoering van dit onderzoek kunnen de bevindingen ervan generiek worden toegepast op alle AC en SMA mengsels, mits deze voldoen aan de vastgestelde criteria.

## 3. Productie (voor batch en continu menger)

### 3.1 Bouwstoffen en vereiste kenmerken

De technische toepasbaarheid van LynPave-olie is bewezen door onderzoek en ruime ervaring (11 verschillende asfaltcentrales), tientallen asfaltploegen (1Mton tot 2024). Daarbij is uiteraard voldaan aan de eisen met betrekking tot technische toepasbaarheid, maar ook met betrekking tot emissies en gezondheid.

Om te kunnen voldoen aan de eisen volgens de BRL9320 is het noodzakelijk dat alle in asfalt toegepaste bouwstoffen op de OPWA-lijst zijn vermeld. LynPave-olie staat op deze OPWA-lijst. Daarnaast is met behulp van GCMS-onderzoek de herbruikbaarheid van LynPave na einde levensduur aangetoond. Op basis van de BRL9320 is LynPave volledig herbruikbaar in warm bereid asfalt.

Daarnaast is LynPave voorzien van o.a. een veiligheidsblad en voldoet het aan alle wettelijke eisen met betrekking tot ARBO- en milieuwetgeving.

Uit onderzoek is gebleken dat LynPave-olie naast de viscositeitverlaging van het bindmiddel ook het oude bitumen uit de PR reactiveert. Zo heeft onderzoek op bindmiddelniveau middels apelononderzoek door TNO aangetoond, dat het bindmiddel in het mengsel bestaande uit LynPave-olie en het nieuwe en oude bitumen uit de PR goed gehomo-



geniseerd zijn. Op mengselniveau is de werking van LynPave aangetoond middels reguliere typetesting en aanvullende onderzoeken zoals vorst-dooi en RSAT, maar natuurlijk ook het praktijkgedrag.

### 3.2 Aanpassing in asfaltcentrale

De aanpassing van de asfalt centrale is gering, alleen een (puls)pompinrichting is vereist en eventueel een weegvat. De dosering van LynPave-olie dient daarbij in het besturingsprogramma geïntegreerd te worden (zie foto).

LynPave-olie wordt geleverd als kant en klaar product. Om de nauwkeurigheid van de dosering middels pulsen te waarborgen, wordt er per puls 0,029 liter gedoseerd. Of anders gezegd 35 pulsen is 1 liter (= 0,95 kg) LynPave. Dat betekent dat voor bijvoorbeeld een charge van 2.000 kg asfalt en een dosering van bijvoorbeeld 0,06% LynPave-olie in het mengsel, er 44 pulsen worden afgegeven.

Zowel de dosering middels pulsen als de weegbak dienen periodiek gekalibreerd te worden. De installatie heeft nagenoeg geen onderhoud nodig. Door de eenvoud van de installatie zijn de risico's op storingen nihil.



Figuur 5. Illustratie van besturingssysteem bij asfaltmenginstallatie

De asfalt centrales die ervaring hebben met LynPave zijn:

- ACOB, Asfalt Centrale Over Betuwe, Huissen;
- ACB, Asfalt Centrale Bovenveld, Stegeren;
- ACT, Asfalt Centrale Twenthe, Hengelo;
- APW, Asfalt Productie Westerbroek;
- APK, Asfalt Productie Kootsterille;
- APH, Asfalt Productie Hoogblokland;
- ZVAC, Sluiskil (Gesloten per 1-1-2024);
- ACE Asfalt Centrale Eindhoven;
- APT, Asfalt Productie Tiel;
- APRR, Asfalt Productie Rotterdam Rijnmond;
- APA, Asfalt Productie Amsterdam;
- APM, Bergen op Zoom.

LynPave-olie wordt nu geleverd in IBC (Intermediate Bulk Container) van 1.000 liter en van daaruit gedoseerd. Wanneer LynPave in grotere hoeveelheden toegepast gaat worden, ligt het voor de hand om voor de opslag een speciale tank te gaan gebruiken.

### 3.3 Plaats van doseren

LynPave-olie wordt direct in de menger gedoseerd, gelijktijdig met bitumen. Door middel van een (puls)pomp wordt LynPave-olie tijdens het mengproces in de menginstallatie gespoten, waarna de LynPave-olie en het bitumen door het mineraal worden gemengd.

Een andere toegepaste manier van doseren van LynPave-olie is door middel van een weegvat. In dat geval wordt de LynPave-olie in een weegvat gespoten, waarna de weegvat in de menger wordt gelost.

Beiden methoden van dosering geven eenzelfde resultaat.

### 3.4 Droge menging basis bouwstoffen en randvoorwaarden

Met betrekking tot de droge mengtijd van het asfaltmengsel (minus het bindmiddel) is er geen verschil met HMA. Ook de mengvolgorde verschilt niet. De mengvolgorde is als vanouds slechts afhankelijk van de asfaltmenginstallatie en de samenstelling van het geproduceerde asfaltmengsel. Het verschil is alleen dat het materiaal uit de witte trommel (mineraal) en eventueel uit de paralleltrommel (asfaltgranulaat) tot een lagere temperatuur wordt opgewarmd. Deze temperatuur wordt zo gestuurd dat de eindtemperatuur op het gewenste niveau is. Dit sturen op de juiste eindtemperatuur werkt bij WMA hetzelfde als bij HMA, alleen nu binnen een temperatuurgebied tussen 110°C tot 140°C. Om de kwaliteit van de mengtijd en -volgorde te controleren wordt er bij de productiecontroles ook gekeken naar de mengselproductietemperatuur en de gerealiseerde mengkwaliteit.

### 3.5 Menging totaal mengsel

Het produceren van asfalt met een eindtemperatuur van maximaal 140 °C heeft productietechnisch geen belemmeringen. Bij het opstarten van het productieproces is het asfalt eerder op de juiste temperatuur. Hierdoor kan de operator de productiesnelheid in de opstartfase eerder opvoeren naar de maximum productiecapaciteit.

De productietemperatuur van LynPave-asfalt ligt in het gebied tussen 110°C – 140°C. Afhankelijk van het soort asfalt, percentage PR en het type bitumen, wordt een mengtemperatuur vastgelegd.

De opslag van bitumen verandert niet, het bitumen wordt opgeslagen bij gebruikelijke opslagtemperatuur van penetratiebitumen.

Bij de productie van LynPave-asfalt worden voor zowel de zwarte als de witte trommel temperaturen aangehouden boven de 100°C. De temperatuur in de zwarte en witte trommel wordt gestuurd op de gewenste eindtemperatuur en het vochtgehalte van de bouwstoffen.

### 3.6 Controle methoden

De dosering van LynPave-olie wordt in de molenregistratie meegenomen, zodat voor elke batch ook de gedoseerde hoeveelheid LynPave-olie wordt vastgelegd. Tijdens de productie worden de standaard productcontroles uitgevoerd. Dat betekent dat temperatuur en samenstelling (korrelgradering + bindmiddelgehalte) worden gecontroleerd. Hiermee past het toepassen van LynPave binnen de huidige FPC. Tijdens de audits van de afgelopen jaren zijn er ook LynPave-mengsels meegenomen in de beoordeling door de certificatie instelling. Hierbij zijn geen NCN's (Non-conformance notification) vastgesteld.

### 3.7 Bijsturing van de productie op grond van analyseresultaten

Op basis van de gebruikelijke controles wordt het productieproces gemonitord en op basis van de resultaten van deze productiecontrole wordt indien nodig bijgestuurd. Dit werkt voor WMA hetzelfde als voor HMA (NEN-EN 13108-21).

Uit de ervaring met de productiecontroles van LynPave-asfalt zijn dezelfde afwijkingen vastgesteld als bij HMA. Hiermee vallen de producties van de verschillende LynPave-mengsels ruim binnen de bandbreedtes vanuit de FPC.

### 3.8 Opslag van het eindproduct en randvoorwaarden

De tijd die LynPave-mengsels opgeslagen kunnen worden, is afhankelijk van de kwaliteit van de voorraad silo's (isolatie en klepverwarming) en mengseltype. Een LynPave-mengsel kan even lang in de voorraadsilo's worden opgeslagen als hetzelfde HMA-mengsel. Dit blijkt uit de ervaring die vanaf 2010 is opgedaan met de productie van LynPave-asfalt en dit is door middel van onderzoek bevestigd.



## 4. Transport en verwerking

### 4.1 Transport

Het transport van WMA kan op dezelfde wijze als bij HMA. Door toevoeging van LynPave wordt het mengsel niet otmengingsgevoeliger. Daarbij geldt voor LynPave-mengsels dat de opslag- en vervoerstijd niet korter wordt dan bij HMA. Hierdoor is het vooraf in voorraad draaien van LynPave-asfalt geen probleem, waardoor de productie goed op de verwerkingssnelheid kan worden afgestemd.

Doordat het temperatuurverschil van LynPave-asfalt ten opzichte van de omgevingstemperatuur kleiner is, is de relatieve afkoeling tijdens transport minder dan bij HMA. Daarmee is het transport minder kritisch dan bij HMA. Neemt niet weg dat afhankelijk van de weersomstandigheden er een risico bestaat van lokale afkoeling binnen een vracht. Daarom is, ook bij LynPave-mengsels, een goed geïsoleerde vrachtauto van groot belang.

### 4.2 Materieel en verwerkingsprotocol

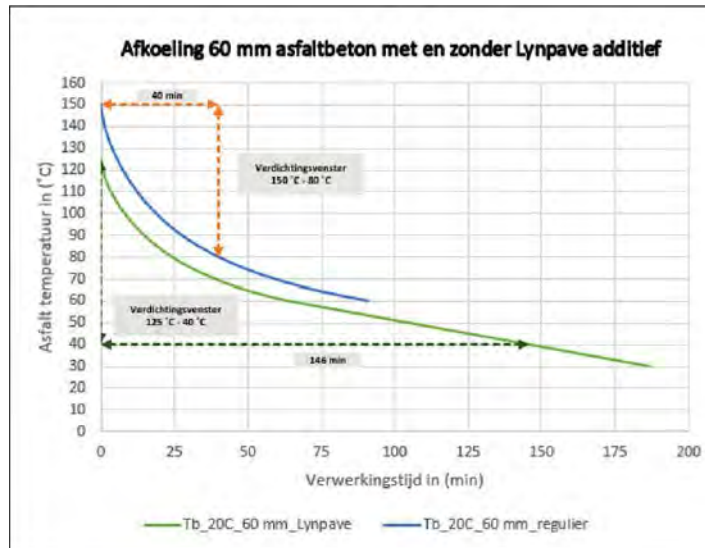
LynPave-mengsel wordt verwerkt met het standaard materieel waarmee ook HMA wordt aangebracht. Voor machinale verwerking zijn geen aanpassingen noodzakelijk. Stopplekken dienen ook met LynPave zo veel mogelijk voorkomen te worden, al verloopt het afkoelen bij LynPave-asfalt minder snel dan bij HMA. Handmatig verwerken wordt in het algemeen bij LynPave-mengsel als zwaarder ervaren, terwijl het eindresultaat kwalitatief geen verschil maakt met HMA. Doordat het zwaarder is, is het dus wel noodzakelijk goed te kijken naar de uitvoering. De uitvoering moet zo worden ingestoken dat zoveel mogelijk machinaal aangebracht kan worden. Bij handwerk moet gekeken worden naar machinale hulp in de vorm van een kraantje en/of knikmops.

Voor het verdichten van LynPave-asfalt worden dezelfde walsen ingezet. Het grote verschil met HMA is echter de temperatuur en het verloop van het walsproces. Daar waar HMA verdicht wordt bij een temperatuur tussen 150°C tot 80°C, is dit voor LynPave vanaf 125°C tot ca. 50 / 40°C. Dit geeft, met name onder slechte omstandigheden, een ruimere tijd om de verdichting te halen. Dat er meer tijd is komt omdat het afkoelingsproces van 125°C naar 40°C langer duurt dan de afkoeling van 150°C tot 80°C. In onderstaande tabel is de boven en ondergrens van het verwerkingsproces weergegeven.

Tabel 5. Boven en ondergrens van het verwerkingsproces

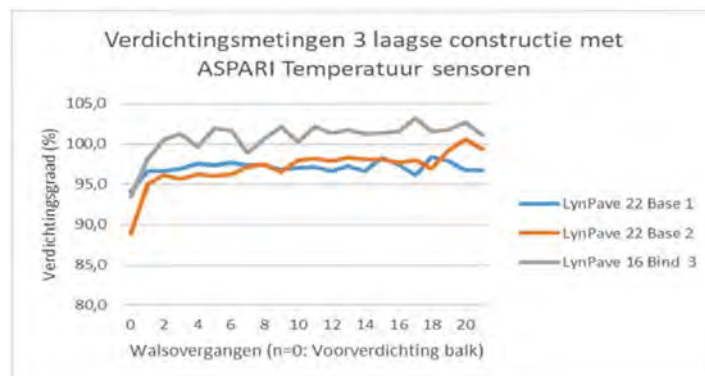
	Ondergrens	Bovengrens
HMA	80 °C	150 °C
LynPave	40 °C	125 °C

Met behulp van de tool Pavecool (zie <http://www.dot.state.mn.us/app/pavecool/>) kan vooraf worden voorspeld binnen welke tijd het verdichtingsproces voltooid moet zijn. Pavecool is gemaakt voor HMA. Met behulp van metingen in de praktijk is de betrouwbaarheid van Pavecool ten aanzien van WMA gecheckt. Uit deze check is gebleken dat wanneer in Pavecool een lagere begin en eind temperatuur wordt aangehouden, de door Pavecool berekende verdichtingstijd correct wordt weergegeven. Een uitwerking van een afkoelingsscenario is in de onderstaande grafiek weergegeven. Hier wordt een vergelijk gemaakt tussen de beschikbare verdichtingstijd voor HMA en LynPave-asfalt.

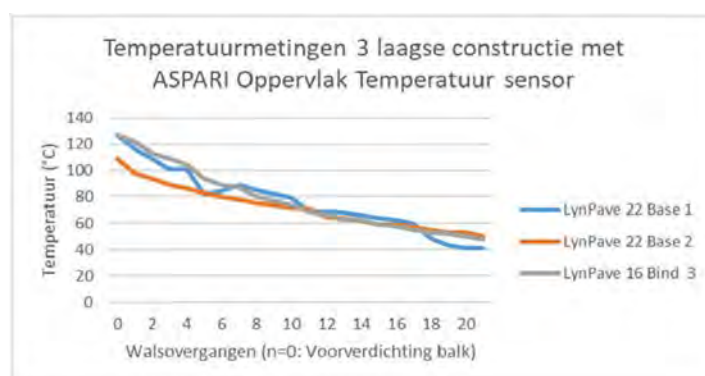


Figuur 6. Afkoeling asfalt met en zonder LynPave

Ook is er met behulp van ASPARi onderzoek uitgevoerd naar het verdichtingsproces (verdichting in relatie met walsovergangen) en het temperatuurverloop (temperatuur ten opzichte van walsovergangen). In onderstaande grafieken zijn de resultaten van dit onderzoek weergegeven.



Figuur 7. Verdichting versus walsovergangen



Figuur 8. Temperatuur versus walsovergangen

### 4.3 Weer

Het verdichtingsproces van LynPave-mengsel kan doorgezet worden tot een lagere temperatuur dan bij HMA. Dat betekent dat het afkoelingsproces naar een niet meer verdichtbare temperatuur langzamer verloopt dan bij HMA. Concreet betekent dit dat er, ook bij koudere omstandigheden, meer tijd voor het verdichten is dan bij HMA. Daarmee is het risico dat de vereiste verdichting niet gehaald wordt tijdens ongunstige weersomstandigheden veel kleiner dan bij HMA. Daar staat tegenover dat op dagen met heel hoge buitentemperaturen het afkoelen van het asfalt wat

langer duurt dan bij HMA. Dit geldt echter alleen voor heel warme dagen waarbij het afkoelingsproces van HMA ook al langer duurt. In die gevallen kan het noodzakelijk zijn om de weg iets langer dicht te laten, totdat de buitentemperatuur 's avonds voldoende is afgekoeld waardoor de asfalttemperatuur dan ook voldoende afgekoeld is.

#### 4.4 Controle methoden / opleveringscontrole

De beoordeling van de kwaliteit van het geleverde werk, verschilt voor de toepassing van LynPave niet van die van HMA. Dezelfde onderzoeksmethoden en beoordeling van de resultaten zijn van toepassing.

Uit vergelijkend boorkernonderzoek blijkt dat de spreiding en het gemiddelde van metingen aan boorkernen met LynPave gelijkwaardig zijn aan de resultaten van de referentievakken met HMA.

In onderstaande tabellen zijn de resultaten van twee wegvakken weergegeven waar zowel LynPave-asfalt als reguliere HMA is toegepast.

Tabel 6. Gemiddelde resultaten WMA met LynPave

Project	Aantal BK	LynPave				
		Dichtheid proefstuk	Streef dichtheid	Dichtheid mengsel	VG	HR
West invalsweg Leeuwarden		<i>in kg/m<sup>3</sup></i>	<i>in kg/m<sup>3</sup></i>	<i>in kg/m<sup>3</sup></i>	<i>in %</i>	<i>in %(V/V)</i>
Gemiddelde LynPave	19	2383	2388	2502	99,8	4,7
St. Afw. LynPave		36,2	0,0	0,0	1,5	1,4

Tabel 7. Gemiddelde resultaten referentie HMA

Project	Aantal BK	Referentie HMA				
		Dichtheid proefstuk	Streef dichtheid	Dichtheid mengsel	VG	HR
West invalsweg Leeuwarden		<i>in kg/m<sup>3</sup></i>	<i>in kg/m<sup>3</sup></i>	<i>in kg/m<sup>3</sup></i>	<i>in %</i>	<i>in %(V/V)</i>
Gemiddelde HMA	8	2364	2374	2480	99,6	4,7
St. Afw. HMA		31,7	6,8	3,4	1,5	1,4

## 5. Beheer en onderhoud

### 5.1 Aandachtspunten bij onderhoudswerkzaamheden in de gebruikperiode

De toepassing van LynPave heeft geen consequenties voor onderhoud in de gebruiksfase. Uit de monitoring van diverse projecten, waar een LynPave-mengsel is toegepast in de deklaag, is gebleken dat de veroudering door weersinvloeden en het verkeer eenzelfde beeld vertoont als bij HMA.

Zo blijkt de langdurige monitoring van twee proefvakken met SMA LynPave (beide zonder PR) geen afwijkend beeld te geven ten opzichte van HMA. Zo is er 2015 in Sneek een proefvak aangelegd en in 2017 een vak op de N351 in Overijssel. Beide vakken zijn beoordeeld op de schadebeelden rafeling, dwarsonvlakheid, vetslaan, randschade en scheurvorming.



**Figuur 9.** Controle dwarsvlakheid SMA-NL 11B LynPave na 6,5 jaar

---



**Figuur 10.** Oppervlaktetextuur SMA-NL 11B LynPave na 6,5 jaar

---

Aan de hand van deze monitoring en verdere ervaringen met LynPave-deklagen is vast komen te staan dat LynPave-deklagen geen andere schadeontwikkelingen kennen dan HMA. Hiermee kan dezelfde onderhoud systematiek gehanteerd worden die ook voor HMA geldt.

## **5.2 Mengsel specifiek onderhoud**

Er is geen onderscheid tussen mengsel specifiek onderhoud met LynPave ten opzichte van dezelfde HMA-mengsels.

## **5.3 Schade en schadeherstel**

Net als HMA kan er bij LynPave-mengsels ook schade ontstaan die met dezelfde onderhoud technieken hersteld kan worden. Het vullen van gaten (boorgaten, mechanische schades) in LynPave-deklagen kan goed met Rephalt koud asfalt van Vialit worden uitgevoerd.

## **6. Vervanging en hergebruik**

### **6.1 Algemeen**

Bij de productie van LynPave-mengsels wordt gestuurd op de meng-pen (penetratie) van het nieuwe bitumen eventueel in combinatie met de pen van de PR, de zogenaamde log-pen-regel.

Gedurende de gebruiksfase verandert de penetratie van LynPave-mengsels zoals ook de penetratie van HMA verandert. Ten tijde van vervanging, is bij LynPave-mengsel de penetratie van het bindmiddel op eenzelfde niveau als bij HMA.

Voordat een LynPave-mengsel hergebruikt kan worden, zal net als bij HMA o.a. de penetratie moeten worden bepaald.

## 6.2 Toekomstig hergebruik

De samenstelling van LynPave-mengsels is, met uitzondering van een zeer geringe hoeveelheid LynPave, identiek aan eenzelfde HMA-mengsel. Doordat 1 ton LynPave-asfalt uit dezelfde grondstoffen bestaat als HMA, zijn de mogelijkheden voor toekomstig hergebruik gelijk.

## 7. Emissies en Milieu, Arbo en Kosten

### 7.1 Emissies en Milieu

De lagere productietemperatuur van LynPave-mengsel leidt tot minder emissies op de productie- en verwerkingslocatie. Een reductie van de productietemperatuur van 30 graden leidt tot een verlaging van het gasverbruik van ca. 15%. Wanneer de productietemperatuur met 50 graden wordt verlaagd, dan neemt het gasverbruik ca. 30-40% af. Hiermee ligt de CO<sub>2</sub>-reductie in dezelfde orde van grootte.

### 7.2 ARBO

Uit de ervaringen die recentelijk zijn opgedaan tijdens de verwerking van asfalt, blijkt dat met name het aandeel nieuwe bitumen bepalend is voor de hoogte van de gemeten emissies. Maar naast het aandeel nieuwe bitumen, speelt de temperatuur ook een rol. Lagere temperatuur betekent minder emissies.

Handmatig verwerken van WMA in het algemeen wordt als zwaarder ervaren. LynPave-mengsel is hier geen uitzondering op. Het is daarom van belang om het werk zo in te richten dat WMA zoveel mogelijk machinaal verwerkt kan worden. Daarnaast dienen asfaltploegen beter ondersteund te worden in die gevallen waar handwerk noodzakelijk is.

### 7.3 Kosten

De meerkosten voor LynPave-mengsels zijn per ton asfalt beperkt. Deze extra kosten worden, afhankelijk van de gasprijs, grotendeels opgeheven door de reductie in het gasverbruik.

Daarnaast zijn de kosten voor de doseerinrichting en de onderhoudskosten (afschrijving) van deze doseerinrichting nihil. Deze kosten hebben dan ook geen invloed op de asfaltkostprijs.

## 8. Voor de opdrachtgever

### 8.1 Mogelijke risico's en hoe deze zijn weggenomen

Op basis van de 13 jaar ervaring (onderzoek en praktijk) met LynPave in asfalt kan geconcludeerd worden dat LynPave-asfalt geen extra risico's met zich meebrengt voor de opdrachtgever/wegbeheerder.

Om de zorgen van de opdrachtgevers en wegbeheerders weg te nemen zijn LynPave mengsels gevalideerd door AsfaltKwaliteitsLoket (AKL), zie figuur 11. Voor LynPave mengsel zijn door het AKL de volgende certificaten afgegeven:

- AC 16 Base/Bin en AC 22 Base/Bin mengsel met LynPave tot max 60% PR, beoordeeld op TRL 9.
- AC 11 Surf, AC 16 Surf, SMA 8 en SMA 11 mengsel met LynPave tot max 30% PR, beoordeeld op TRL 8.

### 8.2 MKI voordeel

Bij de berekening van MKI volgens de huidige PCR 2.0, leidt de toevoeging van een additief tot een verhoging van de MKI. Dit geldt ook voor de toevoeging van LynPave. Echter zal de reductie in het gasverbruik een verlaging van de MKI teweegbrengen. Per saldo leiden deze twee effecten tot een verlaging van de MKI.

Naast een verlaging van de MKI, heeft het verlagen van de productietemperatuur direct effect op de uitstoot van CO<sub>2</sub> ten gevolge van het verlagen van het gasverbruik.

### 8.3 Garantie

Asfalt met LynPave valt binnen de regels van de RAW en daarmee is ook de garantie vanuit de RAW van toepassing. Dit verschilt niet met HMA. Indien in het contract andere garantieafspraken gemaakt worden, is het contract hierin leidend.

### 8.4 (Kwaliteits)eisen, condities en voorwaarden

Dezelfde eisen aanhouden zoals deze in RAW-bestekken worden gehanteerd.

## 8.5 Uitvragen en accepteren

De opdrachtgever kan dezelfde systematiek aanhouden, zoals nu in RAW-bestekken wordt gehanteerd. Schrijf als opdrachtgever het gewenste mengsel voor (AC base, bind, surf SMA enz.) en geef daarbij voor AC-mengsels aan welke categorie gewenst is (OL-B, OL-C enz.).

### Referenties

[1] Reclaimed Asphalt Pavement - Virgin Binder Diffusion in Asphalt Mixes November 2014 Conference: Canadian Technical Asphalt Association At: Winnipeg, MB, Canada.

[2] Jan B. Król 1 ID , Łukasz Niczke 2 and Karol J. Kowalski 1,\* ID 1 Towards Understanding the Polymerization Process in Bitumen Bio-Fluxes Faculty of Civil Engineering, Warsaw University of Technology, 00-637 Warsaw.

[3] Jan B. Król a, Karol J. Kowalski a Łukasz Niczke b, Piotr Radziszewski, ] Effect of bitumen fluxing using a bio-origin additive The Faculty of Civil Engineering, Warsaw University of Technology, Al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warsaw, Poland.

[4] Languri, G. M. (2004). Molecular studies of Asphalt, Mummy and Kassel earth pigments: their characterisation, identification and effect on the drying of traditional oil paint. [, Universiteit van Amsterdam].

[5] Conrado Cesar Vitorino Pereira da Silva<sup>1</sup> , Osires de Medeiros Melo Neto<sup>1</sup> , John Kennedy Guedes Rodrigues<sup>1</sup> , Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça<sup>1</sup> , Sonaly Mendes Arruda<sup>1</sup> , Robson Kel Batista de Lima Evaluation of the rheological effect of asphalt binder modification using *Linum usitatissimum* oil Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Engenharia de Pavimentos. Rua Aprígio Veloso, 882, 58428-830, Campina Grande, PB, Brasil.

[6] IR. Gawel, J. Pilat, P. Radziszewskim, L. Niczke, J. Krol, M. Sarnowski, Bitumen fluxes of vegetable origin, POLIMERY 2010, 55, nr 1.

[7] Luc De Bock, Nathalie Pierard, Stefan Vansteenkiste, Ann Vanelstraete, "Classificatie en analyse van verjongingsmiddelen voor asfaltrecycling" Dossier 21.

[8] Tanghe, Tine, Vansteenkiste, Stefan, Vanelstraete, Ann, "ITT-standaardprotocol voor asfaltmengsels met verjongers.", publicatie CROW infradagen 2020.



# Colofon

CROW Richtlijn Warm Mix Asfalt v1.01

[uitgave](#)

CROW, Ede

[artikelnummer](#)

604

[auteurs technische bijlagen](#)

Bijlage A: Alex van de Wall, Robbert Naus e.a.

Bijlage B: Rien Hurman, Remy van den Beemt e.a.

Bijlage C: Frank Bijleveld, Milliyon Woldekidan e.a.

Bijlage D: Farhad Helmand, Jeroen Buijs e.a.

[\(eind\)redactie](#)

Jacob Groenendijk en Radjan Khedoe

[foto omslag](#)

Jacques van den Hoorn

[vormgeving cover](#)

Inpladi bv, Cuijk

[POD](#)

Impress, Woerden

[productie](#)

CROW

