

# Bijlage B – Direct verschuimen, aangepaste schuimbalk LEAB

## Inhoud

<b>1.</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Mengselontwerp en specifieke aspecten tbv typetest.....</b>	<b>9</b>
2.1	Mengseltypes en hergebruik.....	9
2.1.1	Algemeen .....	9
2.1.2	Hergebruik.....	10
2.1.3	LEAB en Polymeerbitumen PmB .....	11
2.2	Type Onderzoek .....	12
2.2.1	Algemeen .....	12
2.2.2	Schuimkwaliteit .....	13
2.3	Additioneel onderzoek .....	14
2.4	Proefomschrijving en condities .....	15
2.4.1	Toetsing op sterkte : RSAT of ARTe .....	15
2.4.2	Toetsing op flexibiliteit.....	15
2.4.3	Toetsing op breukenergie .....	16
2.5	Eisen en bepalingen .....	16
2.6	Rapportage (Verkort verslag +) .....	17
<b>3.</b>	<b>Productie (inrichting productieproces oplossingsrichting specifiek) .....</b>	<b>18</b>
3.1	Bouwstoffen en vereiste kenmerken .....	18
3.2	Aanpassingen in de asfaltcentrale .....	18
3.2.1	Schuimbalk .....	19
3.2.2	Inweekproces .....	19
3.3	Plaats van invoegen.....	20
3.3.1	Deklagen (additief t.b.v. verbetering schuimkwaliteit).....	20
3.3.2	Hergebruik (inweekproces met verjongingsmiddel).....	20
3.4	Droge menging basis bouwstoffen + randvoorwaarden.....	21
3.5	Menging totaal mengsel.....	21
3.6	Controle methoden .....	21
3.7	Bijsturing van de productie op grond van analyseresultaten .....	21
3.8	Opslag van het eindproduct + randvoorwaarden .....	22
<b>4.</b>	<b>Transport &amp; verwerking .....</b>	<b>23</b>
4.1	Transport.....	23
4.2	Verwerkingstemperatuur .....	23
4.3	Verdichting .....	23
4.4	Materieel en verwerkingsprotocol.....	25
4.4.1	Aanvoer .....	25
4.4.2	Verwerken .....	25
4.4.3	Lassen .....	25
4.4.4	Vlakheid.....	25
4.4.5	Overig .....	25
4.5	Weer .....	26
4.6	Controle methoden / opleveringscontrole .....	26
<b>5.</b>	<b>Beheer en onderhoud .....</b>	<b>27</b>
5.1	Aandachtpunten bij onderhoudswerkzaamheden in de gebruikperiode. ....	27
5.2	Mengselspecifiek onderhoud.....	27

5.3 Schade & schadeherstel .....	27
<b>6. Vervanging en hergebruik .....</b>	<b>28</b>
6.1 Algemeen .....	28
6.2 Toekomstig hergebruik .....	28
6.3 Verhoogde duurzaamheid.....	28
<b>7. Emissies &amp; Milieu, Arbo en Kosten .....</b>	<b>30</b>
7.1 Emissies & Milieu .....	30
7.2 ARBO .....	31
7.3 Kosten .....	31
<b>8. Voor de opdrachtgever .....</b>	<b>32</b>
8.1 Mogelijke risico's en hoe deze zijn weggenomen (TRL-niveaus en risico).....	32
8.1.1 Samenstelling, grondstof-kwaliteit en productie en verwerking.....	32
8.1.2 Bewezen performance en TRL.....	32
8.2 MKI voordeel .....	35
8.3 Garantie .....	35
8.4 (Kwaliteits)eisen, condities en voorwaarden .....	35
8.5 Uitvragen en accepteren .....	35

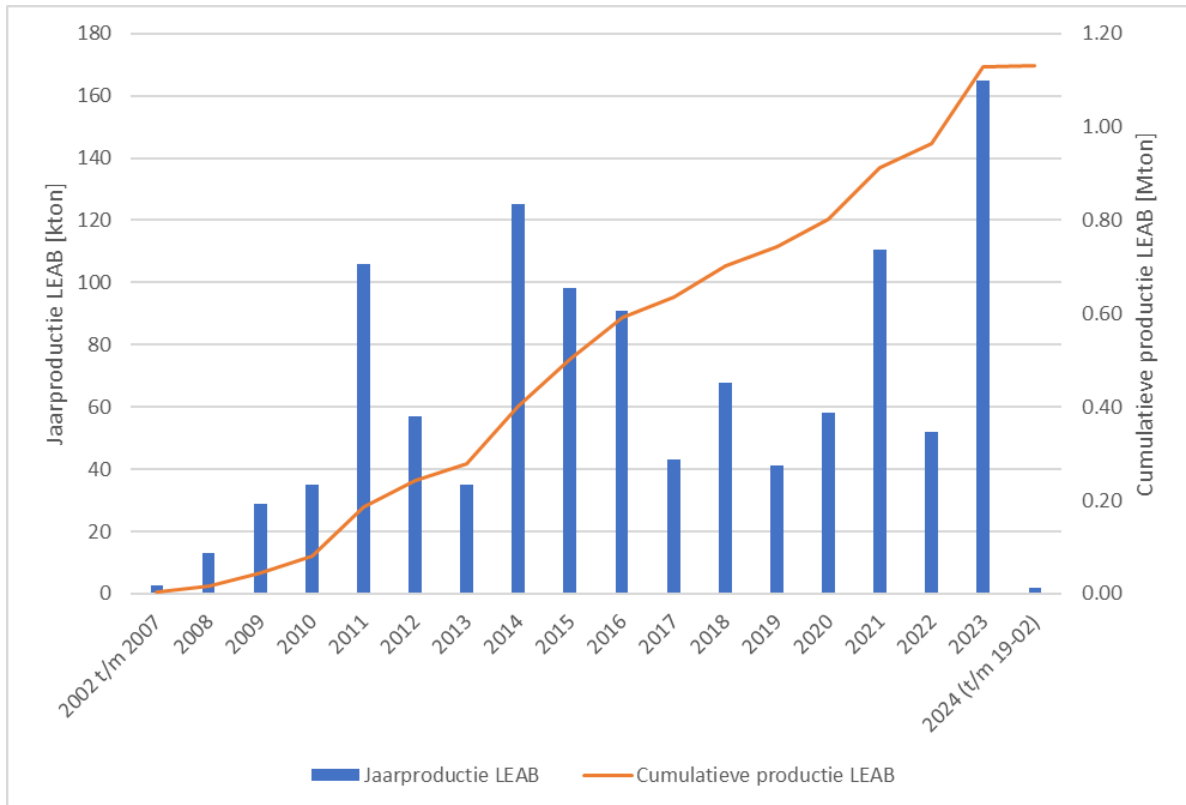
## 1. Inleiding

In 2015 is op de klimaattop in Parijs een akkoord opgesteld dat door 195 landen werd ondertekend. De opwarming van de aarde moet volgens dit akkoord worden beperkt tot maximaal 2°C ten opzichte van het pre-industriële tijdperk, maar mag bij voorkeur niet hoger zijn dan 1,5°C. Dit akkoord heeft klimaatverandering en milieubescherming internationaal op de agenda's gezet en tot veel initiatieven geleid. Direct na ondertekening van het akkoord stelde het toenmalige ministerie van Infrastructuur en Milieu dat het ministerie in 2030 volledig energie- en klimaatneutraal, circulair en duurzaam zou werken. Direct daarna stelde Rijkswaterstaat, als onderdeel van dat ministerie, dat ze in 2030 in de hele asfaltketen klimaatneutraal en circulair zou werken. In de jaren daarna volgden lagere overheden met soortgelijke doelstellingen.

Sinds die eerste jaren na de ondertekening van het akkoord van Parijs zijn deze doelstellingen in grote lijnen niet veranderd. Wel is de focus wat verscherpt. De meeste publieke opdrachtgevers in de asfaltketen focussen nu op.

- Klimaatneutraliteit
- Circulariteit
- Kwaliteit (levensduur)

Duurzaamheid, temperatuurverlaging en CO<sub>2</sub>-reductie zijn ook 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 de 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 AsphaltBeton. 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 1 geeft een beeld van de productie en toepassing van LEAB-mengsels sinds 2002.



Figuur 1: De ontwikkeling van LEAB productie en verwerking sinds 2002.

Doordat LEAB WMA, Warm Mix Asphalt, bij een lagere temperatuur wordt geproduceerd dan regulier heet asfalt HMA, Hot Mix Asphalt, wordt afhankelijk van het geproduceerde mengsel 15-28% energie bespaard (zie AsfaltKwaliteitsLoket, AKL TRL9-validatie LEAB). 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.

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 mineraalfracties 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.

Bij openbare aanbestedingen wordt de milieukostenindicator (MKI) steeds vaker gebruikt als belangrijk criterium om de uiteindelijke winnende offerte te bepalen. Een MKI geeft de duurzaamheid van een product weer op basis van een levenscyclusanalyse (LCA). De LCA/MKI neemt in totaal 11 milieueffecten mee, die verwerkt zijn in modules A1 tot en met D. De verschillende modules hebben betrekking op verschillende sub-fasen (van winning van grondstoffen, transport, productie, beeld van de daadwerkelijke milieu-impact. In module A3 worden de milieu-effecten van productie van asfalt verrekend. Verlaging van de productietemperatuur resulteert via LCA-module A3 tot een gunstigere MKI.

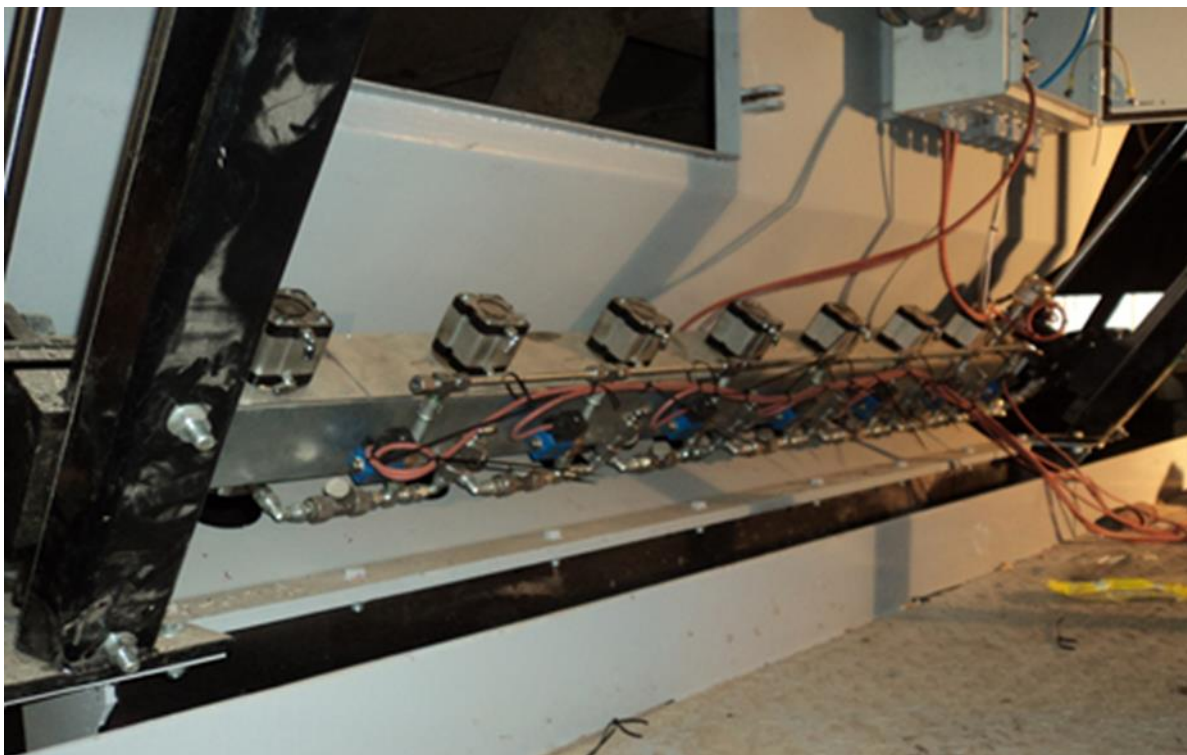
Zonder hergebruik van oud asfalt is het niet mogelijk om de MKI van nieuw asfalt significant te verlagen. Een WMA productiemethode kan dus alleen succesvol zijn als het mogelijk is om bij verlaagde temperatuur asfalt te produceren met een hoog percentage hergebruikt oud asfalt. Op dit moment is het praktisch maximale percentage hergebruik tijdens de hete asfaltproductie 70% in vooral onder- en tussenlagen. Natuurlijk worden ook mengsels geproduceerd met een hoger aandeel hergebruik, oplopend tot bijna 100%, maar daarbij gaat het om incidenten met weinig tot geen volume. Analyses op basis van grondstoffenbalans (Materiaalstromen in de bouw en infra, Materiaalstromen, milieu-impact en CO<sub>2</sub>-emissies in 2019, 2030 en 2050, Economisch Instituut voor de Bouw, 2022) laten zien dat er te weinig PR beschikbaar is om alle onder- en tussenlagen te kunnen produceren met 100% hergebruik. Met ongeveer 60-70% hergebruik wordt een optimum bereikt. 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 om de MKI van asfaltwegen per gebruiksjaar te reduceren. 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.

Bij de LEAB-productiemethode is deze uitdaging al vroeg herkend. 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 viscositeitsverlager (verhoging van de meng-penetratie) 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. Ook deze uitdaging is bij de ontwikkeling van de LEAB-productietechniek al vroeg herkend.

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 2: 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.

In het voor u liggende document wordt dieper ingegaan op de technische specificaties van LEAB. In hoofdstuk 1 wordt aangegeven dat de samenstelling van LEAB niet anders is dan die van heet asfalt, HMA. Hoofdstuk 2 beschrijft de productiemethode van LEAB, terwijl hoofdstuk 3 ingaat op de verwerking van LEAB. Hoofdstuk 4 gaat in op de kwaliteit van LEAB in de weg, hoe deze te controleren is en hoe LEAB te onderhouden is. Ook een LEAB-mengsel bereikt uiteindelijk het einde van haar levensduur. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de vervanging en hergebruik van LEAB. Hoofdstuk 6, Emissies & milieu, Arbo en kosten behandelt de zachtere kanten van LEAB. Tenslotte wordt in Hoofdstuk 7 aangegeven hoe opdrachtgevers LEAB kunnen uitvragen. Ook wordt hier ingegaan op de vrijwel volledige validatie van LEAB waardoor toepassing van dit type WMA vrijwel geen risico's kent.



## 2. Mengselontwerp en specifieke aspecten tbv typetest

### 2.1 Mengseltypes en hergebruik

#### 2.1.1 Algemeen

LEAB staat voor Laag Energie Asfalt Beton. LEAB en hete mengsels zijn qua samenstelling nagenoeg identiek, maar LEAB-mengsels worden op een andere manier geproduceerd. De LEAB-mengsels voldoen 'gewoon' 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). Het grote voordeel van de LEAB-techniek is dat het toepasbaar is op mengsels mét en zónder PR (Partiële Recycling).

Bitumen is bij kamertemperatuur stug en weinig vloeibaar. Om het bitumen voldoende vloeibaar (laag viskeus) te maken om alle granulaire materialen te kunnen omhullen, moet het worden opgewarmd tot ongeveer 170°C. Een asfaltmengsel bevat, afhankelijk van het gewenste asfaltmengsel, 1 tot 7 massaprocenten (gemiddeld 5%) bitumen; de overige 95% betreft steen, zand, vulstof en PR. Bij hete asfaltproductie moeten deze bouwstoffen voor het mengen ook worden verwarmd zodat het totale mengsel een gemiddelde temperatuur van ongeveer 170°C heeft. 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).

LEAB is geen specifiek asfaltmengsel maar een productiemethode. Met dit procedé is het mogelijk om alle conventionele hete asfaltmengsels ook warm te produceren. De kwaliteit van het verschuimde bitumen is essentieel voor de kwaliteit van het geproduceerde LEAB-mengsel. Om de schuimeigenschappen van de 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).

De ontwikkeling van LEAB is in 1998 bij BAM begonnen met LEAB bin/base-mengsels. Door Rijkswaterstaat is LEAB AC bin/base in 2014 als gelijkwaardig beoordeeld aan conventioneel heet geproduceerde bin/base-mengsels. Sindsdien mogen deze LEAB-mengsels regulier in RWS-werken worden toegepast.

De ontwikkeling is daarmee niet gestopt. Ook deklaagmengsels zijn met het LEAB-procedé ontwikkeld. Door het AsfaltKwaliteitsLoket (AKL) is de complete LEAB-systematiek in 2020 op TRL9 gevalideerd. Alle RAW-mengsels kunnen daarmee bij verlaagde temperatuur worden aangeboden met dezelfde kwaliteit als heet geproduceerde asfaltmengsels.

### 2.1.2 Hergebruik

Nederland is koploper als het gaat om het hergebruik van asfalt. Door besparing van primaire grondstoffen zoals steenslag en bitumen is hergebruik van oud asfalt van grote invloed op het milieuprofiel. Het verlagen van de productietemperatuur levert geen lagere MKI op als hergebruik dan niet meer tot de mogelijkheden behoort. 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. Er zijn inmiddels door diverse aannemers validatietrajecten doorlopen voor heet geproduceerde deklaagmengsels met een hoger percentage PR dan in de Standaard RAW Bepalingen is toegestaan. Ook AsphaltNu heeft AC surf-, SMA en ZOAB-mengsels in haar portfolio met tot maximaal 60% hergebruikte materialen. Asfaltgranulaat uit deklagen wordt daardoor niet gedowncycled in tussen- of onderlaagmengsels, maar wordt weer toegepast in nieuwe deklagen. Bij Rijkswaterstaat en het AKL is AsphaltNu in een vergevorderd stadium om deze deklagen met tot 60% PR ook in LEAB-vorm op TRL9 gevalideerd te krijgen.

In asfaltgranulaat zit oud bitumen. Om te voorkomen dat dit oude bitumen tijdens het hergebruikproces onnodig verder wordt verouderd en om extreme emissies te voorkómen, 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

Bouwstoffen	Fractie [%m/m]	HMA	LEAB
Witte mineralen	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 mengapparatuur 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 heet 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. Door het vervangen van PmB (in bijvoorbeeld 2L-ZOAB 8) door penetratiebitumen met vezel wordt warm mix asfalt voor deze mengsels ook mogelijk (en daardoor verlaging van de MKI, gasgebruik en CO<sub>2</sub>-uitstoot). Bovendien daalt het aandeel zeer zorgwekkende stoffen (ZZS) in de asfaltrook tijdens verwerking aanzienlijk door geen PmB maar een penetratiebitumen met vezels toe te passen. Overigens hebben ervaringen tot nu toe aangetoond dat vervanging van een PmB door penetratiebitumen en 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 vóórkomen. 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. AsphaltNu 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 laboratorium-unit 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 á 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)

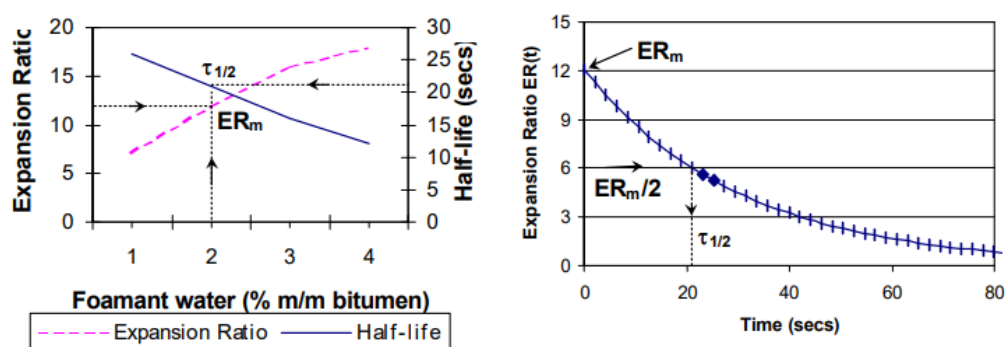
### 2.2.2 Schuimkwaliteit

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 de schuimbitumen te optimaliseren. Bij LEAB-mengsels wordt dit gerealiseerd door toevoeging van een additief aan het te doseren bitumen. Dit additief heeft 3 functies: hechtverbetering, neutralisatie van het anti-schuimmiddel in bitumen en viscositeitsverbeteraar. Overigens is de hoeveelheid additief in een LEAB mengsel extreem laag.

Er zijn voor LEAB eisen gesteld aan de schuimbitumenkwaliteit:

- 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 hete 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 1.4 worden de verschillende aanvullende proeven nader beschreven.

## **2.4 Proefomschrijving en condities**

### **2.4.1 Toetsing op sterkte : RSAT of ARTe**

Voor ZOAB, DGD 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 de 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 AsfaltNu 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-frequency sweep 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 deklaagemengsel.

#### 2.4.3 Toetsing op breukenergie

Toetsing van de sterkte/flexibiliteit van het geproduceerde asphalt 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 deklaagemengsel.

## 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 asphaltmengsels. 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 asphaltmengsel 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.

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 asphalt



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 asfaltcentrales? 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. 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 0 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 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 bio-based 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. Asphaltcentrales van AsphaltNu 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 asphaltgranulaat te gebruiken bij de productie van nieuw asphalt wordt de MKI van dat nieuwe asphalt zeer effectief verlaagd. Dit geldt zowel voor HMA als WMA. Natuurlijk is het van groot belang dat de kwaliteit van nieuw asphalt 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-penetratie verhoogd) dat de verwerkbaarheid van de asfaltspecie 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 asfaltgranulaat 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 afpelonderzoek 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 asfaltgranulaat 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 0). 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 0 besproken is het noodzakelijk om bij de productie van hoogwaardige LEAB-mengsels met asfaltgranulaat 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 asfaltgranulaat 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 de steenslag in het asfaltgranulaat omhuld wordt met het zachte nieuw ingebracht 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 insputting voor een goede verdeling van het verjongingsproduct over het opgewarmde asfaltgranulaat. 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 asfaltgranulaat 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 asfaltgranulaat 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 asfaltgranulaat. Het ingebrachte verjongingsmiddel activeert 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 + 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 + 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 & 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 mengselspecifiek 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 & 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

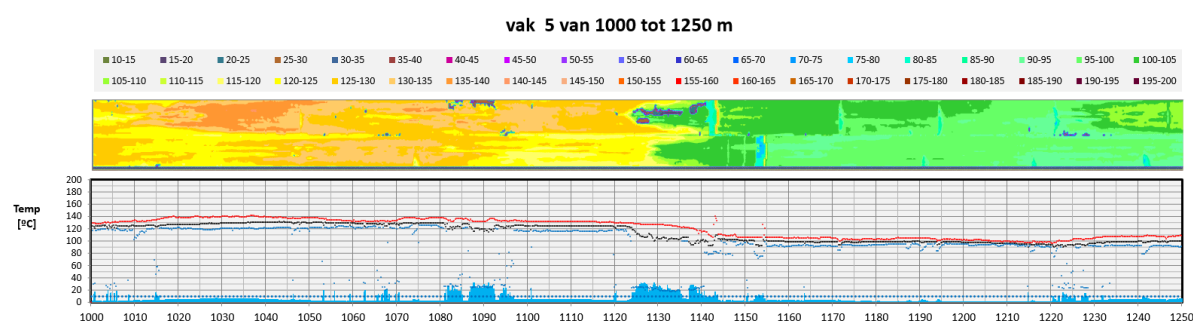
Het transport van LEAB-mengsels van de asfaltcentrale naar de verwerkingslocatie kan plaatsvinden met gebruikelijke vrachtwagens. Deze wagens dienen uiteraard goed geïsoleerd te zijn en alle kleppen van de vrachtauto moeten tijdens het transport dicht zitten.

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.

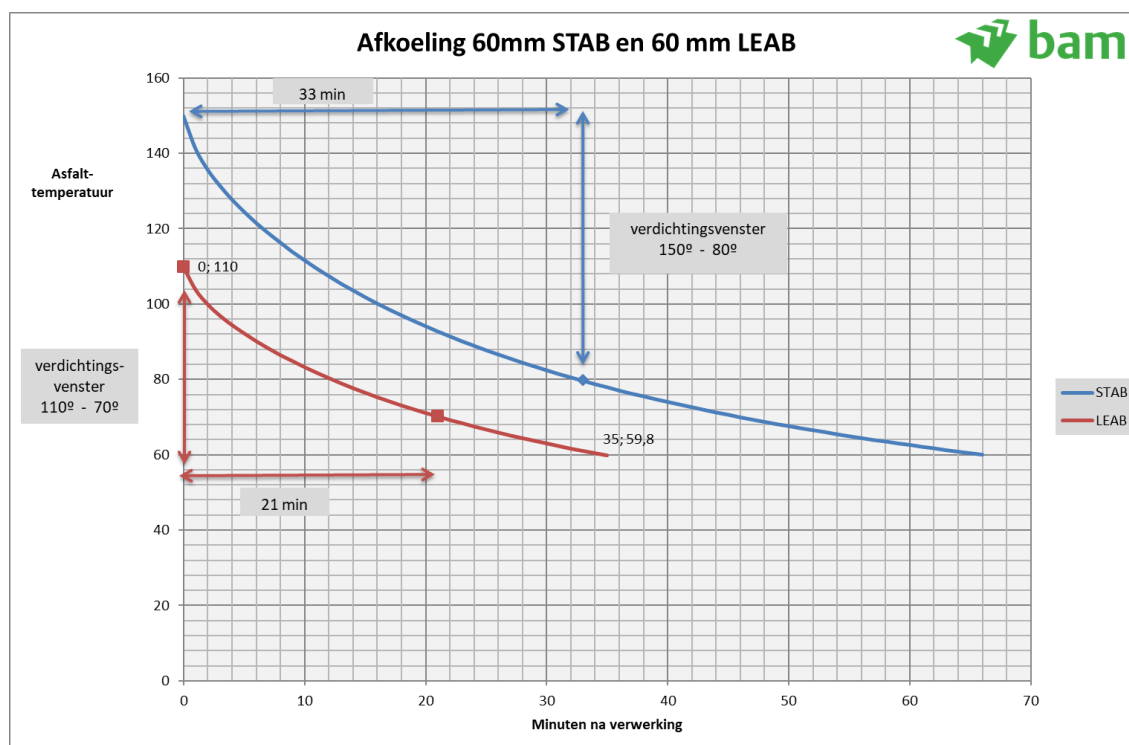
De ervaring heeft geleerd dat LEAB-mengsels in het lage temperatuurgebied langer “smeuig” blijven. De ondergrens ligt dus lager dan bij conventioneel heet asfalt.

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 Pavcool of Multicool (zie <https://www.dot.state.mn.us/app/pavcool/>) kan vooraf worden voorspeld binnen welke tijd het verdichtingsproces voltooid moet zijn. Zoals in de onderstaande afkoel-analyse 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 wegebouwmaterieel. 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;
- 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 Aandachtspunten bij onderhoudswerkzaamheden in de gebruikperiode.**

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 onderhoudssystemen.

### **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 & 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 onderhoudssystemen.

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,
- Terugreken 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 Asphaltverhardingen (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.

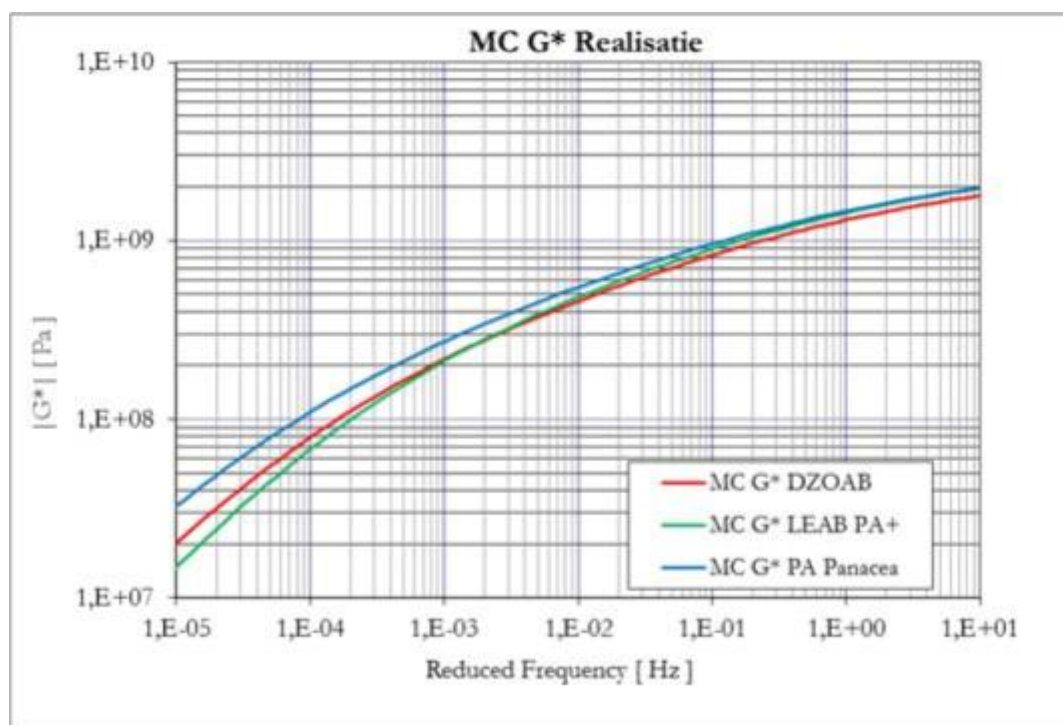
Ook LEAB-deklaagmengsels met PR zijn inmiddels in een vergevorderd stadium van validatie en hebben naar verwachting in Q1-2024 TRL9 bereikt. Deze validatie is gebaseerd op langjarige monitoring van proefvakken van onder andere LEAB ZOAB (60%PR), LEAB 2L-ZOAB 16 (60%PR), LEAB SMA (40%PR) en LEAB AC-surf (50%PR). Door toepassing van een inspuitslans wordt de PR aan het einde van de zwarte trommel met verjonger verneveld waarmee de oude bitumen in de PR wordt gereactiveerd en schilvorming wordt voorkomen.

Veroudering van de 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 veroudert (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 4 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 de bitumen van een heet referentievak en van een heet referentievak met Panacea. 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.

Tabel 4: Verloop penetratie van het bitumen, proefvak A18

Mengsel	Gem. penetratie [mm 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 & Milieu, Arbo en Kosten

### 7.1 Emissies & Milieu

- Door asfalt bij verlaagde temperatuur te produceren neemt het energieverbruik af. Bij gebruik van fossiele brandstoffen vertaalt dit zich in verminderde uitstoot van CO<sub>2</sub>. In de AKL LEAB TRL9-validatie is deze besparing vastgesteld op gemiddeld 30%.
- 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 emissie-concentraties 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 AsfaltNu 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, zie CROW AKL-certificaat (Figuur 8);
- LEAB AC bin/base mengsels zijn door RWS in 2014 met een vrijgavebrief beoordeeld op TRL9, zie vrijgavebrief RWS (Figuur 8).



Figuur 8: Beelden van de LEAB-validatie verklaringen afgegeven door het CROW en Rijkswaterstaat.

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 (DZOAB 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.

In aanvulling op het voorgaande geven Heijmans, BAM en AsfaltNu zelf TRL9 af voor de volgende specifieke LEAB-producten: LEAB SMA-NL 8B met PR, LEAB SMA-NL 11B met PR, LEAB ZOAB 11 en LEAB DGD type A.

## 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

Kwaliteitseisen

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. Om ook bij productie bij verlaagde temperatuur het percentage restvocht laag te houden worden eisen gesteld aan het maximum percentage vocht in de 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 AsfaltKwaliteitsLoket 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.