

Functioneel DSR onderzoek: van meso naar macro, vice versa?

Salil Mohan & Robbert Naus
Dura Vermeer Infrastructuur

Samenvatting

Over de potentie van de Dynamic Shear Rheometer (DSR) in de wegenbouw bestaan er anno 2016 geen twijfels. Met het apparaat bestaat de mogelijkheid om op relatief eenvoudige wijze inzicht te verkrijgen over de interactie tussen verschillende componenten van een asfaltmengsel in de vorm van mortels en mastieken (meso). Door de prestaties van mortels en mastieken te vergelijken met de prestaties van asfaltmengsels (macro), kan een relatie tussen meso en macro worden gelegd. Deze relatie kan leiden tot optimalisaties in asfaltmengsels op basis van functioneel DSR onderzoek op mastieken: ‘van meso naar macro’. Op basis van empirische ervaring met asfaltmengsels kan zo op basis van DSR metingen een te verwachten praktijkgedrag worden afgeleid. De vraag blijft open of het feitelijke praktijkgedrag zich ook laat terugvertalen naar resultaten uit functioneel DSR onderzoek: ‘van macro naar meso’? Een andere mogelijkheid met functioneel DSR onderzoek is om bij variaties in bouwstoffen een minimale gelijkwaardigheid aan te tonen, bijvoorbeeld tussen twee verschillende vulstoffen.

Samenvattend dus een apparaat, een vorm van onderzoek, waarvan de potentie bekend is maar voor de meerwaarde nog een hele weg te gaan is. In deze paper wordt dit op basis van (een beperkt aantal) beproevingsresultaten verder toegelicht.

Steekwoorden

DSR, mastiek, vulstof, functionele eigenschappen

1. Inleiding

De toename van het aantal dynamic shear rheometers (DSR) in wegebouwlaboratoria getuigt van een brede verwachting en acceptatie over de potentie van het apparaat. Met DSR kan inzicht worden verkregen in de interactie tussen de verschillende componenten (meso niveau) van een asfaltmengsel. De resultaten van functioneel DSR onderzoek op meso niveau moeten worden gekoppeld aan prestaties van een asfaltmengsel (macro niveau) en omgekeerd:

- De inzet van de DSR kan leiden tot een optimalisatie van onderzoek op asfaltmengselniveau en daarmee een directe kostenbesparing. Het onderzoeken van de interactie tussen de componenten geeft inzicht waarmee keuzen op mengselniveau veel sneller en fundamenteeler onderbouwd kunnen worden: ‘van meso naar macro’;
- De inzet van de DSR biedt de mogelijkheid om een groot bereik van variabelen aan te houden in laboratoriumonderzoek. Zoals variaties in bouwstoffen of beproevingsomstandigheden afgeleid uit praktijkomstandigheden. Een bepaald praktijkgedrag van een asfaltmengsel kan mogelijk worden verklaard door met de DSR naar de interactie tussen de componenten te kijken: ‘van macro naar meso’.

Of resultaten van functioneel DSR onderzoek kunnen worden gerelateerd aan het functioneel gedrag van asfaltmengsels, is logischerwijs afhankelijk van type mengsel en specifieke eigenschap. Voor een AC mengsel zou de mastiektijfheid kunnen worden gecorreleerd aan de mengselstijfheid bepaald met de vierpunts buigproef. Of de mastiektijfheid correleert aan de indirecte treksterkte, de huidige functionele beproeving voor steenskeletmengsels in deklagen (SMA en ZOAB), moet nog blijken. Een belangrijk gegeven in het zoeken naar correlaties en voorspellend vermogen, is het kwantificeren van verschillen tussen proefresultaten. Wanneer is sprake van gelijkwaardigheid en bij welk verschil is er sprake van een significante verbetering in praktijkgedrag of een verhoogd risico op voortijdige schade.

→ Periodiek onderzoek met het DSR apparaat is een eerste stap richting het vinden van antwoord op deze vragen (van meso naar macro). Aandacht gedurende de productie en verwerking om DSR resultaten een fysische betekenis te geven is een tweede (van macro naar meso).

Een ander voorbeeld waarbij de meerwaarde van het apparaat sterk tot uiting zou kunnen komen is artikel 1, lid d uit proef 62 van de Standaard RAW bepalingen 2015. Artikel 1 bepaalt wanneer een nieuw typeonderzoek moet worden uitgevoerd bij wijziging van bouwstoffen en lid d geeft de invulling voor vulstoffen. In eerder onderzoek [1] is al op asfaltmengsel niveau aangetoond dat bij relatief lage aandelen fabrieksvulstof de invloed van wijzigingen in type en merk valt binnen de van nature aanwezig spreiding binnen proefresultaten in wegebouwlaboratoria. Anno 2016 kan gesteld worden dat de AC 22 Base 50% PR het landelijk meest toegepaste onderlaag mengsel is. Bij de productie van dit mengsel wordt nauwelijks tot geen fabrieksvulstof gedoseerd vanwege het relatief hoog aandeel fijne fractie uit de stroom asfaltgranulaat. Gesteld wordt dat het aantonen van gelijkwaardigheid van twee verschillende fabrieksvulstoffen voor onderhavig mengsel geen toegevoegde waarde heeft, mits er gestreefd zou worden naar een specifiek gedrag in het laboratorium. Dit laatste is alleen mogelijk wanneer het gedrag op laboratorium niveau één op één te relateren is aan het gedrag in de weg welke op haar beurt weer afhankelijk is van de diepteligging in de constructie. Voor deklagen mengsels is het aandeel nieuw te doseren fabrieksvulstof relatief hoog en kan met behulp van DSR onderzoek geoptimaliseerd worden. Maar in tegenstelling tot de tussen- en onderlagen is het verbeteren van de weerstand tegen spoorvorming van minder belang voor steenskelet deklagen zoals SMA en ZOAB.

→ Dus afhankelijk van welk gedrag moet worden verbeterd, kan een DSR beproevingsmethodiek worden gekozen die haar eigen mate van variatie kent en waarbij mogelijkserwijs variaties in de bouwstoffen meer of minder tot uiting komen in beproevingsresultaten.

Uit bovenstaande kan worden afgeleid dat functioneel DSR onderzoek veel mogelijkheden biedt. Elke keuze vraagt echter om de stap te maken naar mengselniveau, het toepassingsgebied, de functie van die laag in de verhardingsconstructie, de al opgebouwde empirie met het mengsel en als belangrijkste: inzicht en inkadering van productie en verwerkingsomstandigheden van het mengsel. Het vertalen van de hierboven beschreven potentie van de DSR naar daadwerkelijke meerwaarde is een discussie waar onderhavig artikel aan wenst bij te dragen.

Doel van het artikel is om op basis van proefresultaten de potentie van functioneel DSR onderzoek verder te illustreren. Hiermee wordt getracht een discussie (verder) aan te wakkeren over de meerwaarde van de DSR voor Wegenvoerwerk Nederland.

2. Onderzoek

2.1 Algemeen

Zoals beschreven in de introductie bestaat er over de potentie van de DSR geen twijfel. Het realiseren en/of valideren van (optimale) meerwaarde, buiten het laboratorium, is afhankelijk van meerdere aspecten waar materiaalgedrag één van is. Het direct vertalen van mengselgedrag (macro) in het laboratorium naar te verwachten praktijkgedrag kent de nodige ervaring (empirie). Het direct vertalen van mastiekgedrag (meso) naar een te verwachten praktijkgedrag vraagt voorlopig eerst nog om een vertaalslag van mastiekgedrag naar mengselgedrag als tussenstap.

2.2 Materialen en testmethoden

Om de benodigde vertaalslag van mastiekgedrag naar mengselgedrag te illustreren, zijn verschillende mastieken vervaardigd en beproefd uitgaande van verschillende belasting scenario's. In onderhavig artikel wordt onder mastiek verstaan: een mengsel van bitumen, zand en vulstof. In het onderzoek is uitgegaan van een duurzaam ZOAB mengsel (DZOAB 16). Op basis van de bij dit mengsel horende doelsamenstelling, is de samenstelling van de mastiek bepaald. Hiervoor is een inweegstaat uitgerekend voor de mastiek, zie tabel 1. In het onderzoek zijn verder de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Alle mastieken zijn vervaardigd met 100% brekerzand
- Bij het vervaardigen van de mastieken is het aandeel eigenstof weggelaten
- Definitie zand: fractie 0,063 – 2 mm
- Definitie vulstof: fractie < 0,063 mm

Tabel 1: Berekende mastieksamenstelling o.b.v. doelsamenstelling mengsel

	DZOAB 16
bitumengehalte (m/m % in)	5,2
vulstof / zand ratio (m/m)	0,43
bitumen / vulstof ratio (m/m)	1,16

Alle mastieken in onderhavig onderzoek zijn handmatig gemengd. De verschillende bouwstoffen zijn ingewogen en opgewarmd bij een temperatuur van 165°C (minimaal twee uur). De zand en vulstof fracties zijn vooraf met elkaar gemengd en gedoseerd toegevoegd aan het bitumen gedurende het mengen. Een mengtijd van drie minuten is aangehouden. Hierna zijn de zogenoemde mortelkolommen vervaardigd en opgeslagen bij een gemiddelde temperatuur van 7°C voor minimaal één dag alvorens te zijn beproefd. Een overzicht van de gekozen beproevingsmethoden is samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 2: Aangehouden proefcondities per te bepalen eigenschap

Eigenschap	Schadebeeld	Belasting	Temperatuur
Stijfheid	rafeling en scheurvorming	$\varepsilon = 0,1 \%$	-10 tot +40°C
Relaxatie	rafeling in de winter	$\varepsilon = 0,1 \%$	-10°C
Vermoeiing	rafeling en scheurvorming	$\tau = 0,8 \text{ MPa}$, 10 Hz	10°C
Kruip	spoorvorming	$\tau = 100 \text{ kPa}$, $\tau = 3200 \text{ kPa}$	40°C
Viscositeit	spoorvorming, vetslaan	Brookfield: 5 - 80 rpm	135°C, 165°C

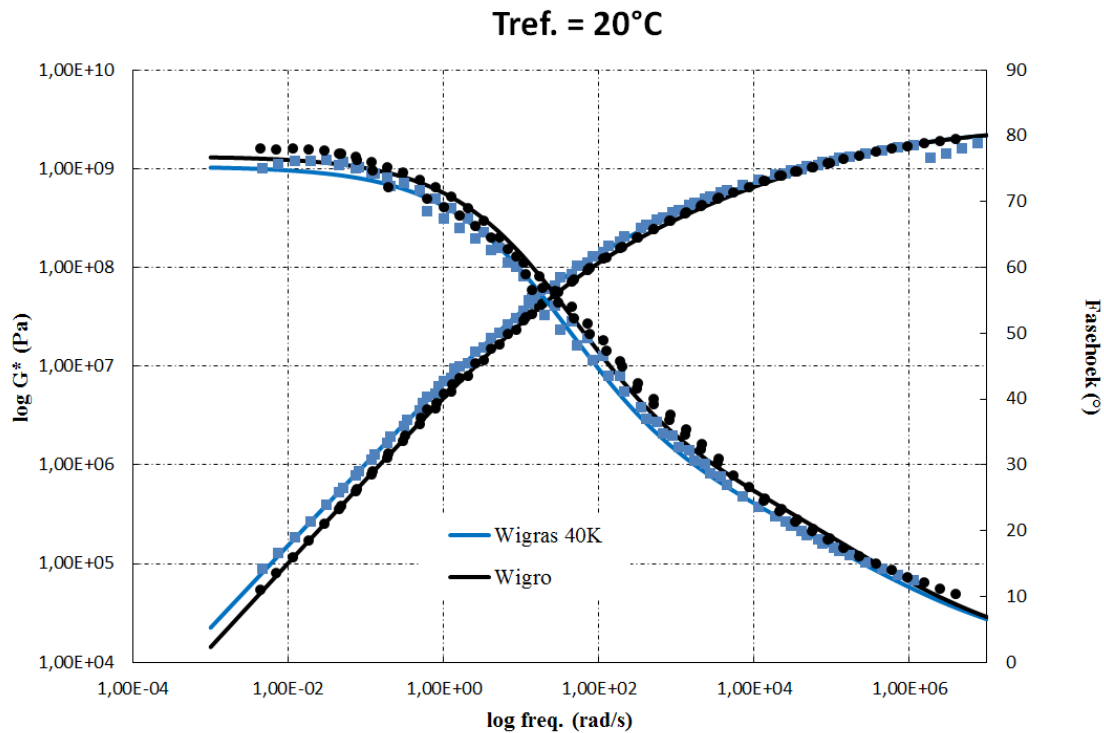
Voor zover als mogelijk zijn alle metingen in duplo uitgevoerd. Op basis van al aanwezige voorkennis zijn hierin arbitraire keuzen gemaakt. Dat inzicht in de van nature aanwezige variatie bij mastiekonderzoek cruciaal is, is onderdeel van de discussie waar onderhavig artikel aan wenst bij te dragen.

3. Resultaten en discussie

3.1 Resultaten

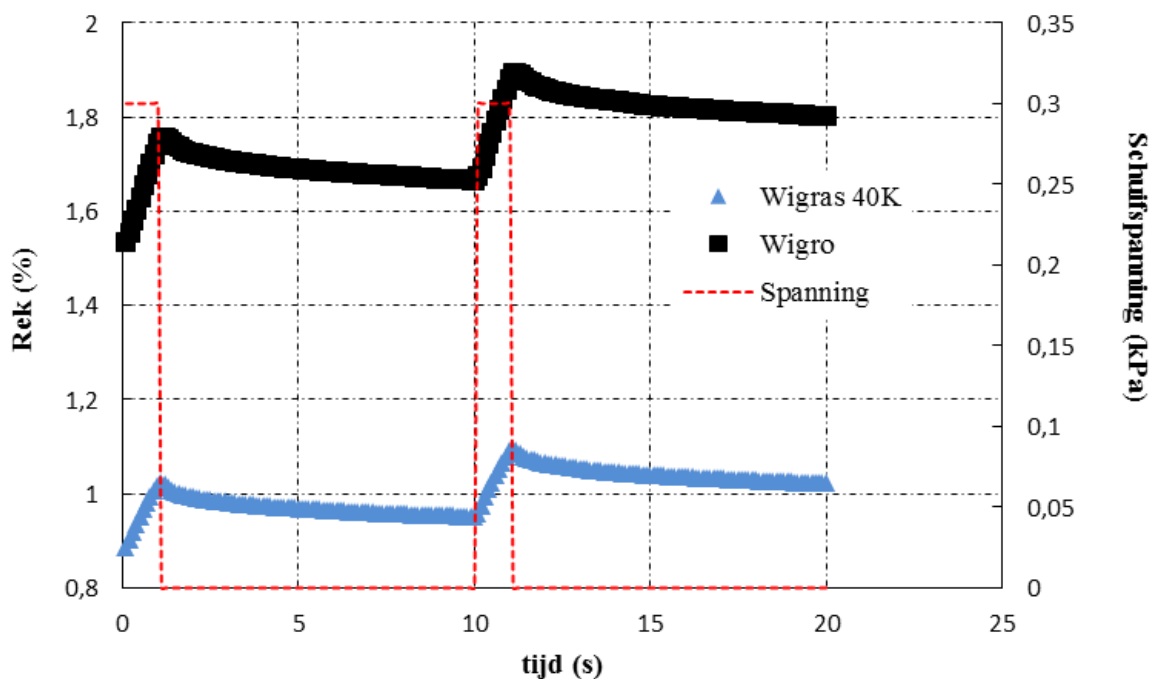
In dit hoofdstuk worden twee verschillende mastieken op diverse eigenschappen met elkaar vergeleken. De samenstelling voor beide mastieken is zoals weergegeven in tabel 1, ze verschillen alleen in de toegepaste vulstof. De twee verschillende vulstoffen zijn Wigras 40K (composietvulstof met kalkhydraat) en Wigro (kalksteenvulstof), beide zijn zwakke vulstoffen. Per onderzochte eigenschap wordt getracht de verkregen resultaten te vertalen naar een te verwachten mengselgedrag voor zover al mogelijk aanvullend onderbouwd met waarnemingen uit het laboratorium gedurende mengen en beproeven.

Wigras 40K bevat een hoger aandeel holle ruimte Rigden ten opzichte van de Wigro. In eerder onderzoek [2] is de relatie tussen holle ruimte Rigden en het verstijvend effect van de vulstof al aangetoond. In figuur 1 wordt dit gedrag bevestigd op basis van beproevingen op mastiekniveau.



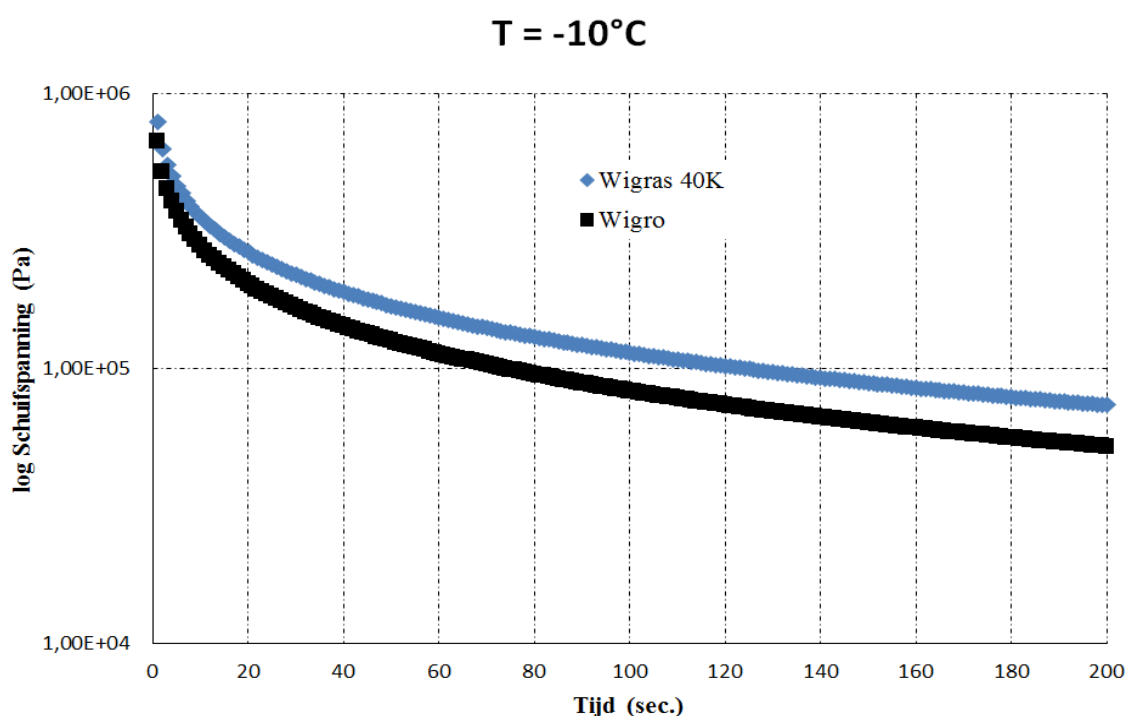
Figuur 1: Vergelijking mastiekstijfheid (G^) als functie van belastingduur*

Als een hoge weerstand tegen permanente vervorming belangrijk is, zou op basis van figuur 1 kunnen worden gesteld dat Wigras 40K de voorkeur geniet. De herhaalde kruipproef (MCSR) is uitgevoerd om te onderzoeken of het kruipgedrag inderdaad verschillend is. De beproevingstemperatuur bij de MCSR is identiek aan de beproevingstemperatuur van triaxiaalonderzoek op asfaltmengsels. Figuur 2 laat zien dat na een opgelegde spanning de resulterende vervormingen lager zijn in de mastiek met hogere stijfheid (Wigras 40K).



Figuur 2: Vergelijking resulterende rekken als functie van herhaalde belasting

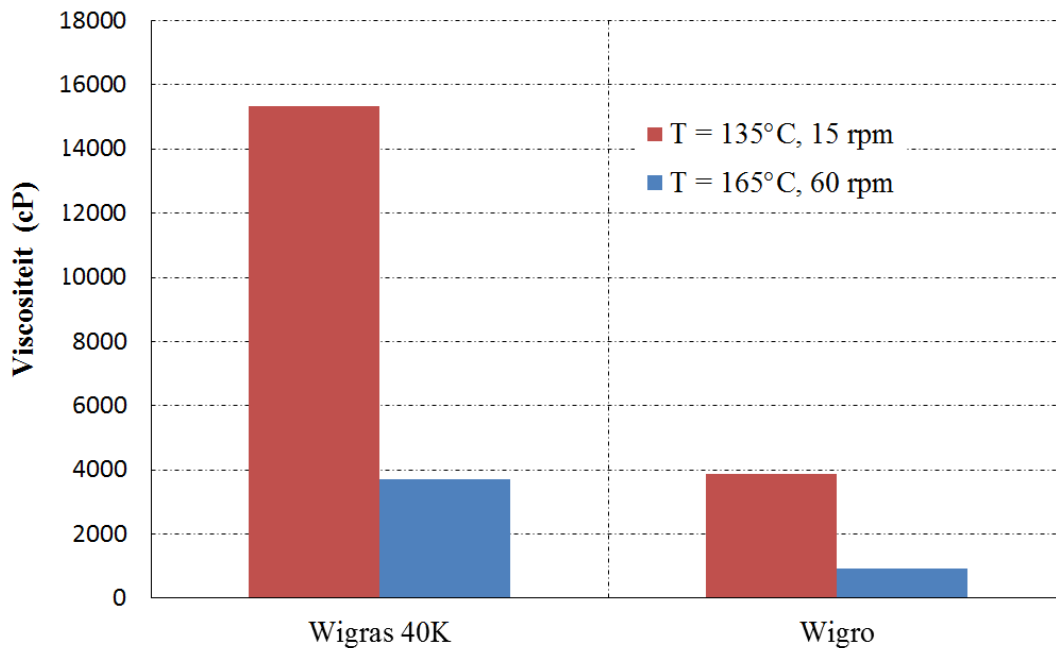
Vervolgens is het relaxatiegedrag van de beide DZOAB 16 mastieken vergeleken bij lage temperatuur. In wintercondities resulteren lage temperaturen in de opbouw van trekspanningen in de deklaag. Is de mate van spanningsafname (relaxerend vermogen) veel langzamer, bijvoorbeeld als gevolg van veroudering in de tijd, dan de mate van spanningsopbouw dan kan dit leiden tot een verhoogd risico op rafeling in de winter [3]. Uit figuur 3 wordt afgeleid dat de restspanningen in de mastiek met Wigras 40K hoger zijn dan de mastiek met Wigro. Of de toepassing van Wigras 40K zou resulteren in een verhoogd risico op voortijdige schade in de praktijk is voornamelijk onbekend aangezien niet bekend is in welke mate verschillen zoals zichtbaar in figuur 3, verwaarloosbaar worden na productie en verwerking.



Figuur 3: Vergelijking relaxatie gedrag

Afgeleid wordt dat de drie uitgevoerde proeven met de DSR resulteren in identiek inzicht. Op basis van de deze resultaten zou Wigras 40K vanwege zijn verstijvend effect geen voorkeur genieten voor toepassing als fabrieksvulstof in een zeer open deklaag. Het verstijvend effect resulteert echter ook in een hogere viscositeit, zie figuur 4, wat zeker in het geval van open deklagen gunstig kan zijn om afdruppen te voorkomen. De hogere viscositeit kan op een warme zomerdag ook gunstig uitpakken gedurende verwerking maar kan nadelig zijn bij minder gunstige verwerkingsomstandigheden (de invloed van materieelinzet nog buiten beschouwing gelaten).

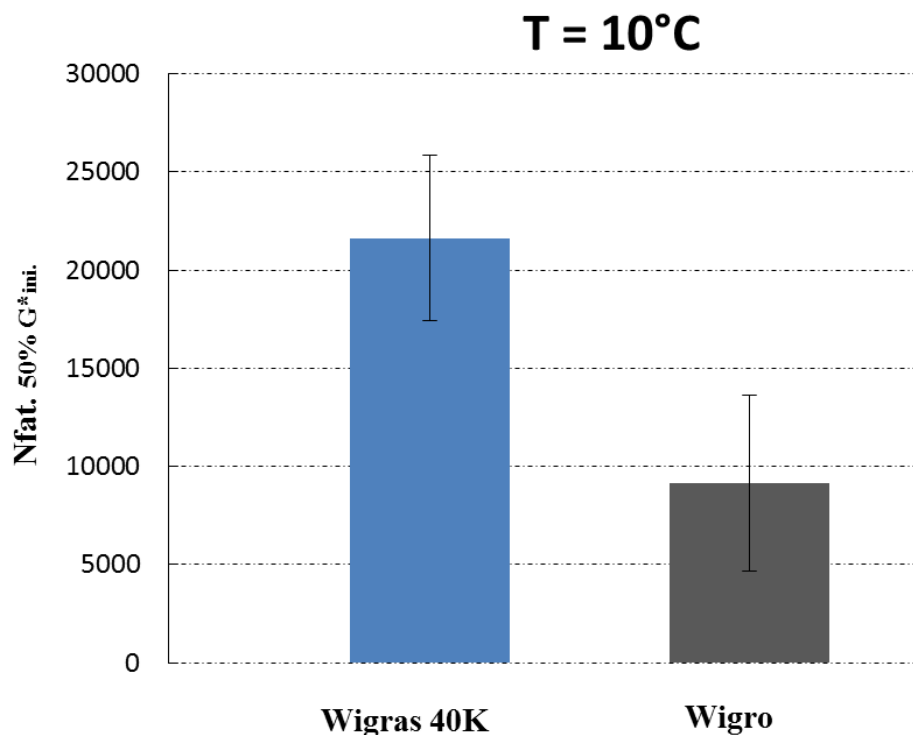
Brookfield viscosity



Figuur 4: Vergelijking viscositeit resultaten (Brookfield viscometer)

Op basis van de vergelijking in figuur 4 wordt verondersteld dat bij identieke materieel inzet en verwerkingsomstandigheden de streefdichtheid met Wigro mogelijk sneller gerealiseerd kan worden. Er is nog relatief beperkt (empirische) ervaring aanwezig op het vlak van mastiekonderzoek om dergelijke verwachtingen te valideren. Als gevolg hiervan wordt het optimaliseren naar een bepaalde referentiewaarde/gedrag in het laboratorium complex omdat de fysische verwachting op basis van het resultaat uit de DSR proef nog een hoge mate van onnauwkeurigheid kent. Dit laatste vanwege de nu nog geringe aandacht voor het vastleggen van de kritische factoren, gedurende productie en verwerking, die de praktijkperformance maatgevend beïnvloeden.

Als laatste beproevingsmethode zijn vermoeiingsproeven uitgevoerd op de verschillende mastieken. In tegenstelling tot de geaccepteerde gedachtegang dat minder stijve materialen een veel langere levensduur hebben, laten deze proefresultaten het tegenovergestelde zien. Figuur 5 laat zien dat het aantal lastherhalingen tot bezwijken, hier gedefinieerd als 50% reductie van de initiële stijfheid, veel hoger is voor de mastiek met Wigras 40K. Aanvullend onderzoek moet bevestigen of het verkregen beeld ongewijzigd blijft.



Figuur 5: Vergelijking vermoeiingssterkte mastiek combinaties

3.2 Discussie

Vrijwel alle proefresultaten bevestigen het extra ‘verstijvend effect’ van de Wigras 40K wat afhankelijk van het type mengsel en gewenst gedrag, gunstig of ongunstig kan zijn in de praktijk. Er is echter maar beperkt informatie beschikbaar welke verschillen op laboratorium niveau resulteren in een verhoogd risico in de praktijk. Als gevolg hiervan wordt het vaststellen van een optimalisatie-richting in de verschillende beproevingsmethodieken complex en kan met relatief weinig zekerheid een uitspraak worden gedaan over het te verwachten mengselgedrag.

De proeven zijn uitgevoerd op mastiek met een penetratiebitumen 70/100. Bij herhaling met bijvoorbeeld een polymeer gemodificeerd bindmiddel bestaat de kans dat verwachtingen en/of eerder gevonden correlaties tussen beproevingsmethodieken anders uitvallen. Bij het vergelijken van producten op laboratorium niveau blijft dit een kritisch aandachtspunt.

4. Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de gepresenteerde bevindingen worden de volgende conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan:

- Functioneel DSR onderzoek biedt mogelijkheden tot optimalisatie en voorspelbaarheid;
- De mate van voorspelbaarheid op mengselniveau is primair afhankelijk van praktijk validatiestudies;
- Uitvoeren van praktijk validatiestudies moeten resulteren in kaders waarnaar geoptimaliseerd kan worden in het laboratorium;

- Praktijkvalidatie studies vragen om het gericht vastleggen van kritische performance indicatoren gedurende productie en verwerking. Dit om waargenomen verschillen op laboratorium niveau te kunnen kwantificeren;
- Functioneel DSR onderzoek op meso niveau (interactie componenten) gaat gepaard met monitoring praktijkgedrag op macro niveau (mengsel) en vice versa;
- Uniformiteit in proefcondities bij de verschillende wegebouwlaboratoria helpt om de potentie, acceptatie en meerwaarde van de DSR in beeld te brengen.

Referenties

- 1) S. Mohan, A. van de Wall, *De invloed van type vulstof op de mechanische eigenschappen van asfalt*, CROW Infradagen 2012
- 2) A. Faheem et.al., *Influence of filler fractional voids on mastic and mixture performance*, Transport Research Board 2012
- 3) M. Huurman et.al., *Porous Asphalt ravelling in cold weather conditions*, ENVIROAD 2009