

**NIEUWE PROEVEN VOOR POLYMEERGEMODIFICEERDE
BINDMIDDELEN:
RESULTATEN BELGISCHE RINGANALYSE**

**JOËLLE DE VISSCHER, ALAIN LEURIDAN, NATHALIE PIÉRARD,
ELS SCHELKENS, STEFAN VANSTEENKISTE
OCW
PHILIPPE DU BUS DE WARNAFFE
COPRO**

Deze bijdrage handelt over een Belgische ringanalyse voor bindmiddelproeven, die in de loop van 2007 heeft plaatsgegrepen. Het hoofddoel van deze ringanalyse was om de reproduceerbaarheid te verifiëren van een aantal nieuwe, prestatie-gerichte proeven voor polymeergemodificeerde bindmiddelen (DSR, BBR, EVT2). Daarnaast werden ook de conventionele proeven “indringing” en “verwekingspunt ring & kogel” uitgevoerd. Op basis van een vergelijking met bestaande gegevens over de reproduceerbaarheid, kan men besluiten dat de reproduceerbaarheid behaald in deze Belgische ringanalyse bevredigend is. De noodzaak van de opvolging van een goed omschreven procedure voor monsterbereiding komt daarbij duidelijk tot uiting.

Cette contribution traite d'une analyse croisée belge des essais sur liants, qui a eu lieu en 2007. L'objectif principal de cette analyse était de vérifier la reproductibilité de plusieurs nouveaux essais performantiels pour les liants modifiés au polymère (DSR, BBR, EVT2). Parallèlement, les essais conventionnels «pénétration» et «point de ramollissement bille et anneau» ont été réalisés. Sur base d'une comparaison avec des données existantes sur la reproductibilité, on peut conclure que la reproductibilité obtenue lors de cette analyse croisée belge est satisfaisante. La nécessité d'un suivi d'une procédure bien décrite pour la préparation des éprouvettes est clairement exprimée.

1 Inleiding

In de loop van 2007 werd een uitgebreide Belgische ringanalyse voor bindmiddelproeven op touw gezet en uitgevoerd. Doel van deze ringanalyse was in eerste instantie om een schatting te maken van de reproduceerbaarheid van de nieuwe, prestatie-gerichte bindmiddelproeven voor polymeergemodificeerde bindmiddelen, zoals DSR (complexe modulus), BBR (lage temperatuur-gedrag) en EVT2 (gevoeligheid voor permanente vervorming).

Een voordien uitgevoerde beperkte ringanalyse op één enkel polymeergemodificeerd bindmiddel (PmB) had een zeer zwakke reproduceerbaarheid opgeleverd. Verschillen tussen de monsters, hetzij als gevolg van de bemonstering, hetzij als gevolg van de monstervoorbereiding in de individuele laboratoria, werden geopperd als mogelijke oorzaken van de grote spreiding.

Om dit nader te onderzoeken werd de huidige ringanalyse georganiseerd. Omdat bovenvermelde problemen van verschillen en heterogeniteit van proefmonsters mogelijk gerelateerd zijn aan de polymeermodificatie, werd als referentie ook een gewoon wegebitumen beschouwd. Daarnaast werden er twee polymeergemodificeerde bindmiddelen genomen, waarvan er één geproduceerd was met een zogenaamde “high shear” menger. Om verschillen als gevolg van de monstervoorbereiding in de deelnemende laboratoria zoveel mogelijk te beperken, werden er in het kader van de huidige ringanalyse bijkomende instructies opgesteld, aanvullend aan de betreffende norm EN 12594 voor de monstervoorbereiding.

Hoewel de ringanalyse in het bijzonder gericht was op de nieuwe prestatie-gerichte bindmiddelproeven, werden ook de conventionele kenmerken “indringing” en “verwekingspunt ring & kogel” opgenomen in het programma. De spreiding van de resultaten voor deze kenmerken zou naderhand een indicatie kunnen geven over eventuele verschillen tussen de proefmonsters.

Deze bijdrage behandelt de statistische analyse van de resultaten van de ringanalyse en leidt hieruit conclusies af betreffende de homogeniteit van de proefmonsters en de reproduceerbaarheid van de proefresultaten in verschillende laboratoria. De gerapporteerde data met betrekking tot de monsterbereiding en de testcondities worden gebruikt om eventuele verbanden met afwijkende resultaten te duiden.

De resultaten die volgen uit deze ringanalyse worden ook vergeleken met precisiegegevens van andere bronnen (andere ringanalyses of precisiegegevens opgenomen in de proefnormen).

2 Opzet van de ringanalyse

Tabel 1 toont een overzicht van de beproefde bindmiddelen. Naast een wegebitumen werden twee polymeergemodificeerde bitumina bemonsterd en verdeeld. De keuze voor twee PmB's werd interessant bevonden omdat er een verschil was op vlak van productie van beide bindmiddelen. BP1 werd geproduceerd met een “high shear” menger, wat een betere homogeniteit van het bindmiddel zou waarborgen. Om eventuele problemen met de homogeniteit van het andere PmB (BP2) op te sporen, werd gevraagd in een eerste fase enkel de kenmerken “indringing” en “verwekingspunt ring & kogel” te meten. Wanneer de reproduceerbaarheid voor deze proeven goed zou zijn, zou men mogen besluiten dat er zich geen probleem stelt op gebied van homogeniteit van de groep verdeelde monsters en in een tweede fase overgaan op de prestatie-gerichte proeven.

<i>code</i>	<i>type</i>	<i>opmerking</i>
B1	wegenbitumen	
BP1*	PmB	Productie met “high-shear mixer”
BP2*	PmB	Productie zonder “high-shear mixer”

Tabel 1: overzicht van de bindmiddelen

*: BP voor “Bitume Polymère”

In totaal hebben 25 Belgische laboratoria, waaronder zowel producenten, commerciële laboratoria als administraties, deelgenomen aan de ringanalyse. Niet elk laboratorium heeft de volledige reeks van proeven uitgevoerd op elk monster, omdat vele laboratoria niet (of nog niet) uitgerust zijn voor de nieuwe prestatieproeven. Tabel 2 geeft een overzicht van de proeven en het aantal deelnemers per proef.

<i>bindmiddelkenmerk</i>	<i>proefmethode</i>	<i># deelnemers</i>
indrining	EN 1426	25
verwekingspunt ring& kogel	EN 1427	25
DSR (complexe modulus)	EN 14770	7 (4 voor BP2)
BBR (lage temperatuursgedrag)	EN 14771	6 (5 voor BP1, 3 voor BP2)
EVT2 (weerstand tegen permanente vervorming)	prCEN/TS15324	4

Tabel 2: overzicht van de proeven en aantal deelnemers

Voor elke proef werd er een zogenaamde “checklist” opgesteld. Deze bood de operator een leidraad bij de uitvoering van de proeven en gaf aan welke data (testcondities, tussenresultaten, eindresultaten) relevant zijn voor de interpretatie en bijgevolg moesten gerapporteerd worden. Bovendien werden er bijkomende instructies voor de monstervoorbereiding opgesteld, die ervoor moesten zorgen dat in het bijzonder de aanbevolen temperaturen en de duur van opwarming, alsook de procedure van homogenisering, zo nauwkeurig mogelijk opgevolgd werden. Deze instructies zijn gebaseerd op een document van de Australian Asphalt Pavement Association “Code of practice: manufacture, storage and handling of polymer modified binders”,(ref.1) en op de eigen ervaringen van het OCW.

Om de betrouwbaarheid te garanderen werden de resultaten verzameld en statistisch geanalyseerd door de cel “Quality Management” van het OCW. Op die manier kon het laboratorium van het OCW ook als gewone partner deelnemen aan de ringanalyse. Voor de verdere analyse van de data werden de checklists (met de namen van de laboratoria gecodeerd) nader bekeken om verbanden tussen resultaten, werkwijzen en testcondities te detecteren en te zoeken naar verklaringen voor eventueel afwijkende resultaten.

Gezien het aantal te beproeven bindmiddelen en het aantal proeven een aanzienlijke inspanning vergden van de deelnemers, werd besloten om geen proeven in veelvoud te laten uitvoeren,

(d.w.z. geen herhaalde proeven). Daardoor was het niet mogelijk om de herhaalbaarheid te verifiëren, enkel de reproduceerbaarheid tussen de verschillende laboratoria. Voor de meeste proeven situeren de problemen zich echter vooral op vlak van reproduceerbaarheid tussen laboratoria, omdat verschillen in werkwijzen en apparatuur een grote rol kunnen spelen.

3 Resultaten

3.1 Indringing

De resultaten voor de indringing zijn geanalyseerd volgens [NBN ISO 5725-2:1996]. Deze norm steunt op een aantal statistische toetsen die toelaten om waarden te detecteren die niet coherent zijn met de groep van resultaten en die daarom moeten geweerd worden uit de bepaling van de statistische kenmerken van de proef.

De resultaten voor de indringing waren zeer coherent, in tegenstelling tot de voorgaande beperkte ringanalyse. Slechts sporadisch werd een “afwijkende” of “geïsoleerde” waarde in de zin van bovenstaande norm vastgesteld. Tabel 3 toont een overzicht. Een aantal van deze niet-coherente resultaten kon verklaard worden aan de hand van de gegevens op de checklists die bij de proefresultaten werden ingeleverd:

- Voor twee afwijkende proefresultaten (één op B1 en één op BP1) werd vastgesteld dat de monsters te lang waren blootgesteld aan de lucht alvorens beproefd te worden. In beide gevallen ziet men dat dit resulteerde in een veel te lage indringing, te verklaren door de veroudering.
- Voor één afwijkend proefresultaat (op BP2) werd vastgesteld dat de opwarmingstemperatuur onvoldoende hoog was, terwijl het bindmiddel niet meer geroerd werd alvorens de proefmonsters te gieten. Dit doet vermoeden dat de afwijking het gevolg is van een gebrekkige homogenisering.

Na eliminatie van deze resultaten kon de reproduceerbaarheid worden geschat. Tabel 4 toont de geschatte reproduceerbaarheid “R”, in vergelijking met de waarde die opgegeven is in de norm van de proefmethode. Men merkt op dat de precisie zelfs beter is voor de PmB's als voor het wegebitumen. Bovendien was de precisie voor BP2 dezelfde als voor BP1. Het enige probleem dat men vaststelt is dat de reproduceerbaarheid voor de indringing de waarde overschrijdt van de norm EN 1426. De waarde “R” opgegeven in de norm blijkt dus niet haalbaar, ondanks de zorg voor een reproduceerbare monsterbereiding. Gelijkaardige ervaringen werden echter reeds gerapporteerd in diverse Europese lidstaten (ref. 2). De in 2008 opgerichte werkgroep CEN TC336/WG1/TG9, belast met de evaluatie van de precisiedata in de normen aangaande de proefmethodes voor bindmiddelen, laat echter toe deze problematiek in een Europese context verder in detail te behandelen.

	# deelnemers	# afwijkende waarden	# geïsoleerde waarden
B1	25	3	1
BP1	25	1	2
BP2	25	2	0

Tabel 3: Aantal afwijkende of geïsoleerde waarden (indringing)

	B1	BP1	BP2	Volgens EN 1426
Globaal gemiddelde (in 0.1 mm)	53.0	62.4	67.9	
Reproduceerbaarheid "R" ($=2.8 \cdot s_R$) (in % van het gemiddelde)	12.2 %	8.9 %	9.0 %	6 %

Tabel 4: Reproduceerbaarheid indringing

3.2 Verwekingspunt ring & kogel

De resultaten voor het verwekingspunt zijn geanalyseerd op dezelfde wijze als hiervoor beschreven voor de indringing. Tabel 5 toont een overzicht van de aantallen "afwijkende" en "geïsoleerde" proefresultaten.

- Voor de twee afwijkende resultaten voor B1 is vastgesteld dat de monsters opgewarmd zijn tot een te hoge temperatuur (180 °C, terwijl voor het wegenbitumen 135 °C werd aanbevolen). De resultaten waren dan ook veel hoger dan het gemiddelde resultaat.
- Voor de twee andere afwijkende waarden (één voor BP1 en één voor BP2, beide gerapporteerd door dezelfde deelnemer) werd vastgesteld dat de minimale opwarmingstemperatuur (180 °C voor PmB's), waarschijnlijk niet werd bereikt.

Tabel 6 toont de geschatte reproduceerbaarheid "R", in vergelijking met de waarden die opgegeven zijn in de norm van de proefmethode. De precisie is voor de PmB's minder goed dan voor het wegenbitumen, maar dit is eigen aan de proefmethode, zoals ook blijkt uit het onderscheid in precisiewaarden opgegeven in de norm. Men stelt wel vast dat de precisie voor BP2 dezelfde is als voor BP1, waaruit blijkt dat er zich geen zichtbaar probleem stelde qua homogeniteit van dit bindmiddel. Op basis van deze conclusie werd dan beslist om ook BP2 verder aan te wenden voor de uitvoering van de prestatie-gerichte bindmiddelproeven.

	# deelnemers	# afwijkende waarden	# geïsoleerde waarden
B1	25	2	1
BP1	25	1	2
BP2	25	1	1

Tabel 5: Aantal afwijkende of geïsoleerde waarden (verwekingspunt ring & kogel)

	<i>B1</i>	<i>BP1</i>	<i>BP2</i>	<i>Volgens EN 1427</i>
Globale gemiddelde (in 0.1 mm)	49.7 °C	60.9 °C	50.9 °C	
Reproduceerbaarheid "R" (=2.8*s _R) (in % van het gemiddelde)	1.5 °C	2.5 °C	2.4 °C	2 °C (voor wegenbitumina) 3.5 °C (voor PmB's)

Tabel 6: Reproduceerbaarheid verwekingspunt T_{R&K} (°C)

3.3 DSR (complexe modulus bepaald met Dynamic Shear Rheometer)

De DSR-proeven werden uitgevoerd bij twee temperaturen (25 en 52 °C) en drie frequenties (0.1, 1.6 en 10 Hz). Bij elke combinatie (temperatuur, frequentie) werden telkens twee proefmonsters beproefd, wat een ruwe schatting van de herhaalbaarheid opleverde. Men dient op te merken dat men ook voor de reproduceerbaarheid slechts mag spreken van een ruwe schatting, omdat het aantal deelnemers onvoldoende is voor een correcte schatting van de reproduceerbaarheid van een proefmethode.

De resultaten werden, net zoals de indringing en het verwekingspunt ring & kogel, geanalyseerd volgens [NBN ISO 5725-2:1996]. Eén proefresultaat voor B1 (25 °C, 10 Hz) werd gedetecteerd als afwijkend en bijgevolg geëlimineerd. Een ander resultaat voor BP2 (52 °C, 0.1 Hz) werd eveneens geëlimineerd, niet op basis van de statistische toetsen, maar wel omdat de herhaalbaarheid, geschat op basis van het verschil tussen de beide herhaalde proeven, onaanvaardbaar groot was voor dit resultaat. Tabel 7 toont de resultaten.

Een aantal vaststellingen vormen een bevestiging van wat reeds gekend is:

- De precisie is het minst goed bij de combinatie van lage temperatuur en hoge frequentie;
- De herhaalbaarheid (geschat door s_r) is aanzienlijk beter dan de reproduceerbaarheid (s_R).

Interessanter is de toetsing van de reproduceerbaarheid aan de precisiedata die werden bepaald in de Europese RILEM ringanalyse voor DSR, waarvoor ook het OCW heeft meegewerkt aan de analyse van de data (ref.3). De conclusie is dat de standaardafwijking s_R in deze Belgische ringanalyse kleiner is, met uitzondering van het resultaat bij 25 °C en 10 Hz.

Bij de testcondities van 52 °C en 1.6 Hz (momenteel gehanteerd door de standaardbestekken in België), is de standaardafwijking s_R kleiner (maximaal 10 à 11 % voor G^* en 1.5 % voor δ). De spreiding is ook niet groter voor de PmB's dan voor het wegenbitumen.

<i>B1 (resultaten van 7 laboratoria)</i>							
G*					δ		
T	f	gem.	s _r	s _R	gem.	s _r	s _R
(°C)	(Hz)	(kPa)	(%)	(%)	(°)	(%)	(%)
25	0.1	149	2.6	26	76.5	0.2	1.6
25	1.6	1347	2.7	16	64.0	0.5	7.7
25	10	3963*	3.9*	35*	55.6*	1.2*	15.4*
52	0.1	0.66	3.5	11	88.4	0.2	0.4
52	1.6	9.58	2.8	11	85.1	0.1	0.3
52	10	52.10	1.7	10	82.1	0.2	0.6
<i>BP1 (resultaten van 7 laboratoria)</i>							
G*					δ		
T	f	gem.	s _r	s _R	gem.	s _r	s _R
(°C)	(Hz)	(kPa)	(%)	(%)	(°)	(%)	(%)
25	0.1	83	2.2	13	67.0	0.5	1.5
25	1.6	734	1.5	14	64.1	0.9	4.8
25	10	2640	2.1	25	56.5	1.0	12.4
52	0.1	1.53	2.6	6	68.8	0.3	0.9
52	1.6	12.43	2.2	6	68.3	0.2	0.3
52	10	49.46	2.4	5	69.7	0.2	0.6
<i>BP2 (resultaten van 4 laboratoria)</i>							
G*					δ		
T	f	gem.	s _r	s _R	gem.	s _r	s _R
(°C)	(Hz)	(kPa)	(%)	(%)	(°)	(%)	(%)
25	0.1	79	2.3	11	70.4	0.2	1.3
25	1.6	711	6.9	9	67.7	0.3	3.5
25	10	3152	3.6	23	59.5	0.4	11.9
52	0.1	0.69*	1.5*	9*	84.5*	0.3*	1.2*
52	1.6	8.76	2.5	10	77.3	0.2	1.5
52	10	39.26	2.3	8	73.0	0.2	0.2

Tabel 7: Statistische analyse DSR resultaten

*: berekend na eliminatie van één waarde

3.4 BBR (Lage temperatuurgedrag bepaald met Bending Beam Rheometer)

Er werd gevraagd de BBR proef uit te voeren bij drie temperaturen, telkens op twee proefmonsters per proeftemperatuur. De aanbevolen temperaturen waren -12 °C, -18 °C en -24 °C. Op basis van deze proeven moet men de stijfheid S en de helling m van het verloop van de stijfheid in functie van de tijd bepalen bij 60 seconden. Vervolgens moet men, door interpolatie in functie van de temperatuur, de volgende twee grootheden bepalen

- de temperatuur waarbij $S(60\text{ s})$ de waarde van 300 MPa zou bereiken: $T(S=300\text{ MPa})$
- de temperatuur waarbij $m(60\text{ s})$ de waarde 0.3 zou bereiken: $T(m=0.3)$

Tabel 8 toont de gerapporteerde resultaten, die statistisch werden geanalyseerd volgens [NBN ISO 5725-2:1996]. Slechts twee proefresultaten moesten worden geëlimineerd (één voor B1 en één voor BP1). Het eerste zou een gevolg kunnen zijn van twee afwijkingen in de procedure:

- de proeftemperaturen waren hoger dan de aanbevolen temperaturen, waardoor het geïnterpoleerde resultaat zeer dicht bij de laagste proeftemperatuur lag;
- de gerapporteerde resultaten waren slechts het resultaat van één proefmonster, niet het gemiddelde van twee.

Voor de tweede uitvaller stelt men vast dat dit laboratorium systematisch de laagste temperatuur vond. Dit kan wijzen op een systematische fout in de temperatuurmeting van de BBR-apparatuur.

	1	2	3	4	5	6	gem.	st.dev.
<i>B1</i>								
T(S=300 MPa)	-14.7	-14.6	-16.5	-15.9	-15.5	-16.3	-15.6	0.8
T(m=0.3)	-17.0	(-15.9)*	-18.4	-17.5	-17.7	-17.6	-17.6	0.5
<i>BP1</i>								
T(S=300 MPa)	/	-20.0	-20.8	-20.4	-19.7	-20.3	-20.2	0.4
T for m=0.3	/	-21.4	(-22.8)*	-22.2	-21.5	-21.4	-21.6	0.4
<i>BP2</i>								
T(S=300 MPa)	/	-17.3	/	/	-17.3	-19.5	-18.0	1.3
T for m=0.3	/	-17.9	/	/	-19.4	-19.7	-19.0	1.0

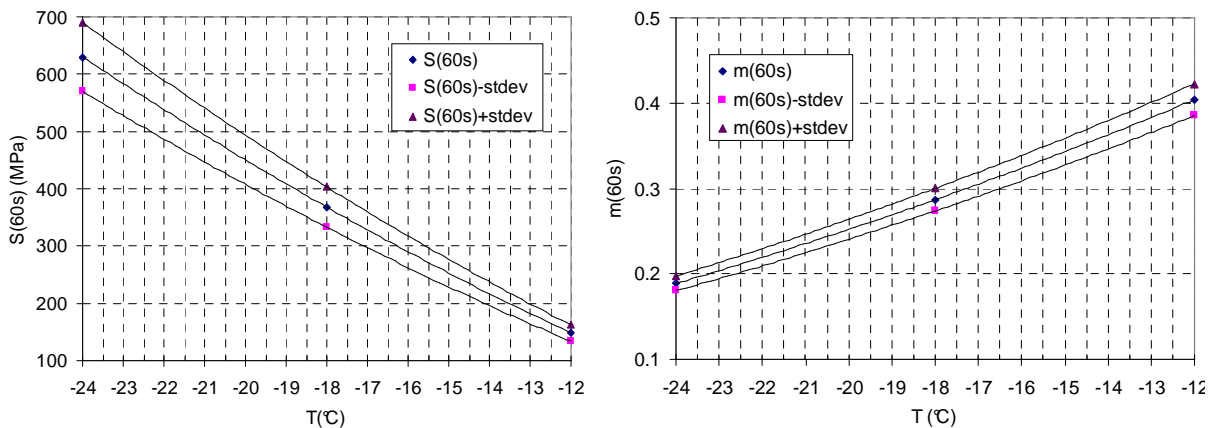
Tabel 8. Kritische temperaturen afgeleid uit BBR-proeven

*: afwijkende waarden, gemiddelde en standaarddeviatie berekend na eliminatie van deze twee waarden

De resultaten werden getoetst aan de precisiedata die werden bepaald in de Europese RILEM ringanalyse voor BBR (ref.3). De conclusie is dat de standaarddeviatie in de huidige Belgische ringanalyse vergelijkbaar is met de standaarddeviaties voor proeven onder reproduceerbaarheidscondities, zoals bepaald in de RILEM ringanalyse. Enkel voor de temperatuur waarbij $S=300\text{ MPa}$ werd er voor BP2 een grotere standaarddeviatie gevonden. Het

aantal deelnemers dat hiervoor een resultaat rapporteerde is echter te klein (slechts 3) om hier een besluit uit te trekken.

De Europese proefmethode EN 14771 geeft precisiedata voor de grootheden $S(60\text{ s})$ en $m(60\text{ s})$ in plaats van voor de temperaturen. Figuur 1 toont de band waarmee de standaarddeviatie s_R overeenstemt, voor het geval van de metingen voor B1. Grafisch ziet men dat dit zowel voor de temperatuur $T(S=300\text{ MPa})$ als voor $T(m=0.3)$ overeenstemt met een standaarddeviatie van ongeveer 0.7 à $0.8\text{ }^\circ\text{C}$. Men kan dus besluiten dat de standaarddeviaties van deze ringanalyse (tabel 8) hieraan voldoen, behalve het ene resultaat voor BP2.



Figuur 1: Standaarddeviatie op de BBR-temperaturen, afgeleid van de standaarddeviaties op S en m

3.5 EVT2 (Equiviscositeitstemperatuur voor low shear viscosity)

Deze proefmethode heeft tot doel de temperatuur te meten, waarbij de viscositeit onder zeer lage vervormingssnelheden een vaste waarde van $2\text{ kPa}\cdot\text{s}$ aanneemt. Deze temperatuur is een indicator voor de gevoeligheid voor blijvende vervorming. De proef gebeurt ook d.m.v. DSR.

Voor deze nieuwe proefmethode, waar nog geen Europese norm voor bestaat maar wel een technische beschrijving (prCEN/TS15324), hebben slechts vier laboratoria de proeven uitgevoerd. De standaarddeviaties bedroegen $0.5\text{ }^\circ\text{C}$ voor B1, $1.6\text{ }^\circ\text{C}$ voor BP1 en $1.8\text{ }^\circ\text{C}$ voor BP2.

De werkgroep CEN TC336/WG1/TG1, belast met de ontwikkeling van de proefmethode, heeft in de loop van 2004 een vrij uitgebreide ringanalyse georganiseerd met deze proef (zie prCEN/TS15324). De resultaten van de huidige Belgische ringanalyse voldoen, in vergelijking met de reproduceerbaarheid bepaald in de Europese ringanalyse.

4 Algemene conclusies

De resultaten voor de conventionele kenmerken “indringing” en “verwekingspunt ring & kogel”, hebben toegelaten om conclusies te trekken betreffende de homogeniteit van de monsters en de reproduceerbaarheid van de monsterbereiding.

- De reproduceerbaarheid van de proefresultaten is een goede indicatie dat de monsters vergelijkbaar waren, zowel voor de PmB's als voor het wegebitumen.
- Een verschil op vlak van homogeniteit tussen beide PmB's kon niet worden vastgesteld aan de hand van deze data.
- Vermoedelijk hadden de bijkomende instructies voor de monsterbereiding een positief effect op de reproduceerbaarheid. Gezien deze instructies de bereidingsprocedure niet onnodig compliceren, is het aan te bevelen om ze systematisch op te volgen.

Het aantal laboratoria dat de prestatie-gerichte proeven heeft uitgevoerd was te klein om tot een precieze beoordeling van de reproduceerbaarheid van de proefmethodes te komen. Toch lieten zij toe een aantal bemoedigende conclusies te trekken:

- Voor de complexe modulus en fasehoek, gemeten in DSR, voldoen de resultaten in vergelijking met de reproduceerbaarheid, zoals vastgesteld in de RILEM ringanalyse. Enkel voor de laagste temperatuur en de hoogste frequentie werd een grotere spreiding vastgesteld.
- Voor de temperaturen $T(S(60s)=300 \text{ MPa})$ and $T(m(60s)=0.3)$, gemeten in BBR, voldoen de resultaten in vergelijking met de resultaten van de RILEM ringanalyse en met de reproduceerbaarheid gegeven in de norm EN 14771.
- Voor EVT2 voldoen de resultaten in vergelijking met reproduceerbaarheid, zoals bepaald in een ringanalyse uitgevoerd door de werkgroep CEN TC336/WG1/TG1.

Tenslotte dient nog benadrukt te worden dat de afwijkende resultaten voor het grootste deel gerelateerd konden worden aan afwijkingen in de bereidingsprocedure van de proefmonsters. Daaraan zal dus steeds de grootst mogelijke zorg worden besteed, door dit volgens een reproduceerbare en voor het bindmiddeltype aangepaste procedure te doen.

Referenties

1. AAPA (Australian Asphalt Pavement Association), 2004. Code of Practice: Manufacture, Storage and Handling of Polymer-modified Binders, 1st Edition.
2. Data gecollecteerd in het kader van de werkgroep CEN TC335/WG1/TG9 afkomstig van ringanalyses op bindmiddelen uitgevoerd in o.a. Nederland, Denemarken en Duitsland.
3. Sybilski D. & Vanelstraete, A. 2003. Precision of bituminous binder rheology tests in the 2nd RILEM round robin test. Proc. 6th RILEM Symposium PTEBM'03: 74-80, Zurich, may 2003.