

Rafelingsproeven en textuurmetingen in het lab

Maarten M.J. Jacobs

BAM Wegen, Utrecht (m.jacobs@bamwegen.nl)

Daan. A.J. van Duin

BAM Wegen, Utrecht (d.van.duin@bamwegen.nl)

Samenvatting

Tijdens de CROW-Infradagen van 2012 is in een bijdrage de ARTe, de Aachener Raveling Tester, beschreven. In deze bijlage van 2012 is het apparaat kort beschreven en werden zijn de eerste proefresultaten gepresenteerd. Inmiddels is er 2 jaar ervaring met de ARTe opgedaan. In deze periode zijn de proefuitvoering en de proefomstandigheden in de ARTe geoptimaliseerd en is een textuurscanner geïntroduceerd, waarmee de verandering in textuur als gevolg van rafeling gemeten kan worden.

In de bijlage wordt kort ingegaan op de ervaringen van de afgelopen 2 jaar met de ARTe en de textuurscanner en worden proefresultaten gepresenteerd.

1. Inleiding

Rafeling is het maatgevende schadebeeld van geluidreducerende deklagen zoals ZOAB en dunne geluidreducerende asfaltdeklagen (DGD's). Rafeling is een proces dat zich zeer snel kan ontwikkelen: lange tijd zal een geluidreducerende deklaag geen schade vertonen, maar als er eenmaal een kritische grens gepasseerd is gaat de schade-ontwikkeling snel. Onder ongunstige weersomstandigheden kan een geluidreducerende deklaag binnen één winter volledig bezwijken.

Vaak worden geluidreducerende deklagen toegepast in contracten met een lange garantieperiode. Om er zeker van te zijn dat de levensduur van geluidreducerende deklagen in dit soort contracten geen problemen op gaan leveren, wordt er veel onderzoek gedaan naar het optimaliseren van de levensduur (en dus rafelingsweerstand) van geluidreducerende deklagen. Hoewel het rafelingsproces in de praktijk zeer complex is (waarin eigenschappen als sterkte, flexibiliteit, deflectie en temperatuurspanningen een belangrijke rol spelen [1, 2]), wordt er in het laboratorium getracht representatief onderzoek uit te voeren teneinde rafelingseigenschappen te optimaliseren. Een van de apparaten waarmee rafelingsonderzoek uitgevoerd kan worden is de ARTe, de Aachener Raveling Tester.

De ARTe is één van de 4 apparaten die opgenomen is in een provisionele Europese Testnorm (prTS). De prTS is een voorloper van een NEN-EN-norm. Het doel van de prTS is dat er in Europa ervaring wordt opgedaan met de diverse apparaten en dat er over een aantal jaren een keuze gemaakt kan worden voor het apparaat dat het rafelingsproces in de praktijk het beste kan reproduceren in het laboratorium.

In de prTS zijn 3 methoden opgenomen om de ernst van de gerealiseerde rafeling vast te leggen:

- Op basis van verschillen die geconstateerd worden bij een visuele inspectie van het proefmateriaal vóór en ná de proef;
- Op basis van het massaverlies van het proefmateriaal vóór en ná de proef;
- Op basis van de textuurverandering van het proefmateriaal vóór en ná de proef.

In deze bijdrage wordt kort ingegaan op de ervaringen, die de afgelopen 2 jaar zijn opgedaan met de ARTe. De configuratie van de ARTe is geoptimaliseerd en vervolgens is er een uitgebreid testprogramma uitgevoerd. Deze ervaringen worden in deze bijdrage gerapporteerd. Daarnaast beschikt BAM Wegen over een textuurscanner, waarmee de verandering van het oppervlak van de geluidreducerende deklaag als gevolg van het rafelingsproces zeer nauwkeurig kan worden gemeten. Ook deze ervaringen worden gerapporteerd. Voor de volledigheid kan nog gememoreerd worden dat de textuurscanner niet alleen geschikt is om steenverlies als gevolg van rafeling te meten. De textuurscanner kan ook ingezet worden om de textuur van een wegoppervlak in de praktijk vast te leggen of veranderingen te constateren of kan ook gebruikt worden om bijvoorbeeld scheuoppervlakken van asfaltproefstukken in het lab te meten.

2. Optimalisatie van de ARTe

In [1] is de ARTe al uitgebreid beschreven. De standaard proefuitvoering kan als volgt worden samengevat:

- Proefstukoppervlak: 50·50 cm²;
Ook platen met afmetingen van 50·32 cm² of 2 platen van elk 32·26 cm² of 4 boorkernen met een diameter van 150 mm zijn mogelijk;
- Dikte proefmateriaal: tussen 3 en 8 cm;

- Omgevingstemperatuur: 20°C;
- Temperatuur oppervlak proefstukken: maximaal 25°C;
- Snelheid ondertafel: 0,3 ± 0,03 m/s;
- Omwentelingen wielstel: 47 ± 1 rpm;
- Bandenspanning: 230 ± 10 kPa;
- Totale massa wielstel: 250 ± 5 kg;
- Banden wielstel: geprofileerde band 165/75 R14;
- Lengte standaard test: 600 heen- en 600 teruggangen;
- Verhouding rust-belasting: 1:1

In vergelijking met de proefbeschrijving in [1] zijn er twee belangrijke aanpassingen geïmplementeerd: de eerste betreft de banden en de tweede aspect heeft betrekking op de test temperatuur en de temperatuur van het oppervlak van het proefmateriaal tijdens de proef.

Wat banden betreft was het in eerste instantie de bedoeling dat er profielloze PIARC-bandenset gebruikt zouden worden. Deze banden worden ook gebruikt voor het bepalen van de stroefheid conform Proef 72 van de Standaard RAW Bepalingen. De voorkeur ging uit naar deze PIARC-bandenset omdat verondersteld werd dat deze banden een positieve bijdrage zouden leveren aan de herhaal- en reproduceerbaarheid van de proef in de loop der jaren. Immers, de kwaliteit van PIARC-meetbanden zal constant zijn in de loop der tijd én deze banden zullen altijd leverbaar zijn. Dit in tegenstelling tot commercieel verkrijgbare banden waarbij het maar de vraag is of de huidige banden over een aantal jaren nog wel leverbaar zijn. Bij de toepassing van de PIARC-bandenset bleek echter dat er tijdens de proeven een enorme versmering optrad aan het oppervlak van het proefmateriaal. Deze versmering ontstond omdat de PIARC-band onverwacht veel rubber losliet tijdens de proef. Dit rubber werd gemengd met de mastiek aan het oppervlak van het proefmateriaal en werd vervolgens in het plaatoppervlak gedrukt. Hierdoor werd het rafelingsproces substantieel verstoord. Daarom is uiteindelijk besloten om geprofileerde commerciële bandenset 165/75 R14 te gebruiken bij de ARTe-proeven. Door deze keuze is ook de bandenspanning verhoogd van 200 naar 230 kPa.

Het tweede aspect waar veel aandacht aan besteed is, is de temperatuur van het proefmateriaal tijdens de proef. De proef wordt uitgevoerd in een temperatuur gecontroleerde ruimte met een temperatuur van 20±2°C. Door de grote wrijvingskrachten die tijdens de proef worden opgelegd aan het proefmateriaal stijgt de temperatuur van de band en het proefmateriaal substantieel in temperatuur. Deze temperatuurstijging moet beperkt blijven omdat anders de proefresultaten teveel beïnvloed worden door temperatueffecten en bestaat de kans dat de mortel op het plaatoppervlak in de holle ruimte van het proefmateriaal wordt gedrukt. De temperatuurstijging van het proefoppervlak kan beperkt worden door zowel de bandenset als het proefmateriaal met ventilatoren geforceerd te koelen en door een rustperiode tussen elke lastherhalingen in te bouwen. Uiteindelijk is geconstateerd dat bij een rust-belastingratio van 1:1 (dus één belastingperiode gevolgd door eenzelfde periode rust) en geforceerde koeling (door middel van ventilatoren boven het plaatoppervlak en naast het bandenset) voldoende effectief zijn om de oppervlaktetemperatuur van het proefmateriaal tot maximaal 25°C te laten stijgen.

3. Verificatie van de ARTe

Na de optimalisatie van de proefconfiguratie is een verificatieonderzoek met de ARTe uitgevoerd. Het doel van dit verificatieonderzoek is nagaan of de ARTe betrouwbare proefresultaten kan genereren. In het onderzoek zijn ZOAB-platen gemaakt met 5 verschillende hoeveelheden bitumina, waarbij er voor gekozen is de samenstelling en kwaliteit van de

mortel (= bitumen en vulstof) voor alle ZAOb-mengsels hetzelfde te houden. Dus met de wijziging van de hoeveelheid bitumen is ook de hoeveelheid vulstof aangepast. De verwachting van het onderzoek is dat de hoeveelheid rafeling toe zal nemen als de hoeveelheid bitumen in het proefmateriaal afneemt. In totaal zijn 5 verschillende hoeveelheden bitumina toegepast:

Mengsel	Code				
	Referentie	A	B	C	D
Samenstelling mengsel (%m/m):					
Bitumen 70/100:	5,10	3,70	4,20	4,70	5,50
Afdruipremmer	0,20	0,14	0,16	0,18	0,22
Vulstof	5,27	3,84	4,33	4,80	5,73
Brekerzand	6,95	7,17	7,10	7,02	6,88
Steenslag 4/8	22,14	22,85	22,54	22,27	22,01
Steenslag 8/11	44,54	46,03	45,57	45,11	44,00
Steenslag 11/16	15,80	16,27	16,10	15,92	15,66
Graderingen (%m/m):					
Door zeef C22,4	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Door zeef C16	98,40	98,40	98,40	98,40	98,40
Door zeef C11,2	80,00	79,70	79,80	79,90	80,10
Door zeef C8	40,00	39,00	39,30	39,60	40,40
Door zeef C5,6	23,00	21,70	22,10	22,50	23,40
Door zeef 2mm	13,00	11,60	12,10	12,50	13,50
Door zeef 500 µm	8,00	6,40	6,90	7,40	8,50
Door zeef 63 µm	5,50	4,10	4,60	5,00	6,00
Gegevens mengsel:					
Dichtheid mengsel (kg/m ³)	2494	2550	2530	2510	2478
Streefdichtheid (kg/m ³)	1973	2016	2001	1985	1959
HR (%)	20,9	21,0	20,9	20,9	20,9

Tabel 1: Mengselgegevens onderzochte ZOAB-mengsels

Per mengsel zijn 2 platen van 50·50·5 cm³ gemaakt. In onderstaande tabel zijn gerealiseerde dichtheden van de verschillende platen weergegeven.

Mengsel	Code				
	Referentie	A	B	C	D
Gerealiseerde dichtheid platen:					
Dichtheid plaat 1 (kg/m ³)	1972	2013	2001	1984	1960
Dichtheid plaat 2 (kg/m ³)	1972	2014	2003	1989	1963

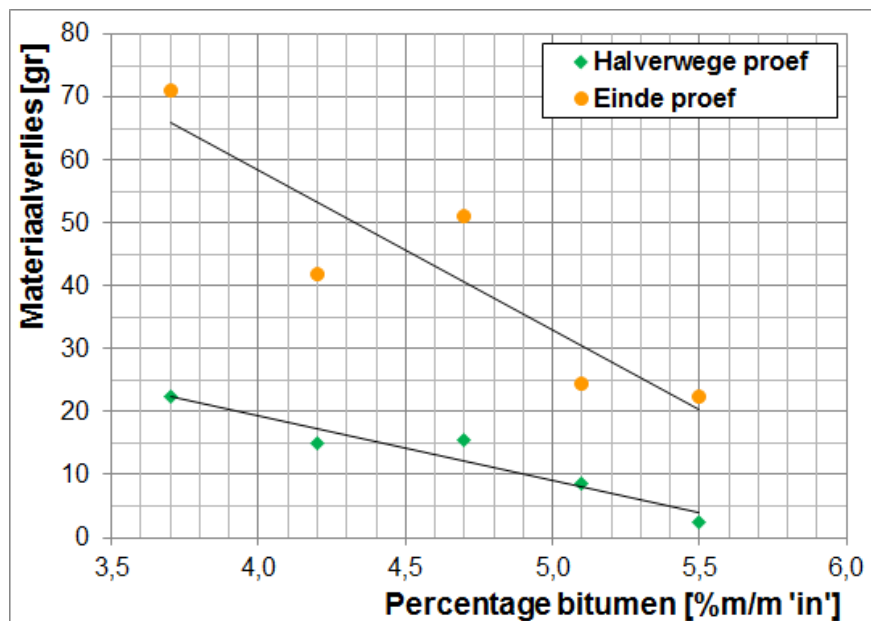
Tabel 2: Dichtheden gerealiseerde ZOAB-platen

De gerealiseerde dichtheden van de proefplaten komen uitstekend overeen met de gewenste dichtheden. Bij de beproeving van de platen is er rekening mee gehouden dat de leeftijd van de platen op het tijdstip van beproeven voor alle proefplaten identiek is. Bovendien zijn alle platen vooraf kunstmatig verouderd in het lab door middel van de Mandela verouderings-procedure (proefplaat op een geperforeerde plaat gedurende 44 uur in een geventileerde stoof bij 135°C) [2].

Zoals al eerder is aangegeven kan de rafelingsweerstand gerelateerd worden aan het massaverlies dat optreedt door het verdwijnen van steenslag aan het oppervlak van de platen. Hiertoe is de massa van de proefplaten vóór, halverwege en ná de beproeving in de ARTE bepaald. In tabel 3.1 is het massaverlies per plaat en het gemiddelde massaverlies per mengsel samengevat; in figuur 4 zijn de resultaten grafisch gepresenteerd.

Mengsel	Percentage bitumen [%m/m 'in']					
	3,7	4,2	4,7	5,1 (ref)	5,5	
Massaverlies door rafelingsproef halverwege de proef						
Plaat 1	[gr]	20	12	11	12	3
Plaat 2	[gr]	25	18	20	5	2
Gemiddeld	[gr]	22,5	15	15,5	8,5	2,5
Massaverlies door rafelingsproef na afloop van de proef						
Plaat 1	[gr]	62	34	45	32	27
Plaat 2	[gr]	80	50	57	17	18
Gemiddeld	[gr]	71	42	51	24,5	22,5

Tabel 3: Massaverlies als gevolg van de rafelingsproef in de ARTE



Figuur 1: Materiaalverlies halverwege en aan het eind van de beproeving in de ARTE

Uit deze resultaten kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

1. Het rafelingsproces verloopt niet lineair in de tijd: halverwege de proef bedraagt het materiaalverlies ongeveer 30% van het materiaalverlies aan het eind van de proef;
2. De resultaten komen redelijk overeen met de verwachtingen: de rafelingsweerstand neemt af (d.w.z. het massaverlies neemt toe) als de hoeveelheid mastiek afneemt. De resultaten zijn echter niet consistent: sommige resultaten (met name de resultaten bij de platen met 4,7% bitumen) wijken af van de trend. Achteraf blijkt dat met name bij de platen met 4,7% bitumen relatief veel rafeling langs de randen van de proefplaten is opgetreden. Juist deze rafeling, die veroorzaakt wordt door verzwakking van het materiaal als gevolg van het prepareren van de proefplaten (met name het zagen van de proefplaten) en als gevolg van discontinuïteiten in de zijdelingse opsluiting van de proefplaat in de beproevingsbak, geeft een verstorend beeld op de reële rafeling van de ZOAB-platen.

Om de invloed van massaverlies langs de randen van de platen te kunnen elimineren ten opzichte van het reële massaverlies door rafeling (d.w.z. massaverlies dat optreedt op een afstand van de plaatranden) zijn vóór en ná de rafelingsproef textuurmetingen uitgevoerd. In de volgende paragraaf wordt dit verder beschreven.

4. Vaststellen materiaalverlies aan de hand van textuurmetingen

Zoals al gememoreerd zijn in de Europese proefnorm prTS 12697-50 drie mogelijkheden aangegeven om rafelingschade te beschrijven. Een van deze mogelijkheden is het vaststellen van de textuurverandering van het plaatoppervlak als gevolg van de rafelingsproef. BAM Wegen heeft hiertoe een AsphaltTextuurScanner (ATS) laten ontwikkelen waarmee de textuur van een materiaal zeer nauwkeuring vastgelegd kan worden. Door de textuur vóór en ná de rafelingsproef met elkaar te vergelijken kan een uitspraak gedaan worden van het materiaalverlies als gevolg van de proef. In figuur 2 zijn twee foto's van de ATS weergegeven.



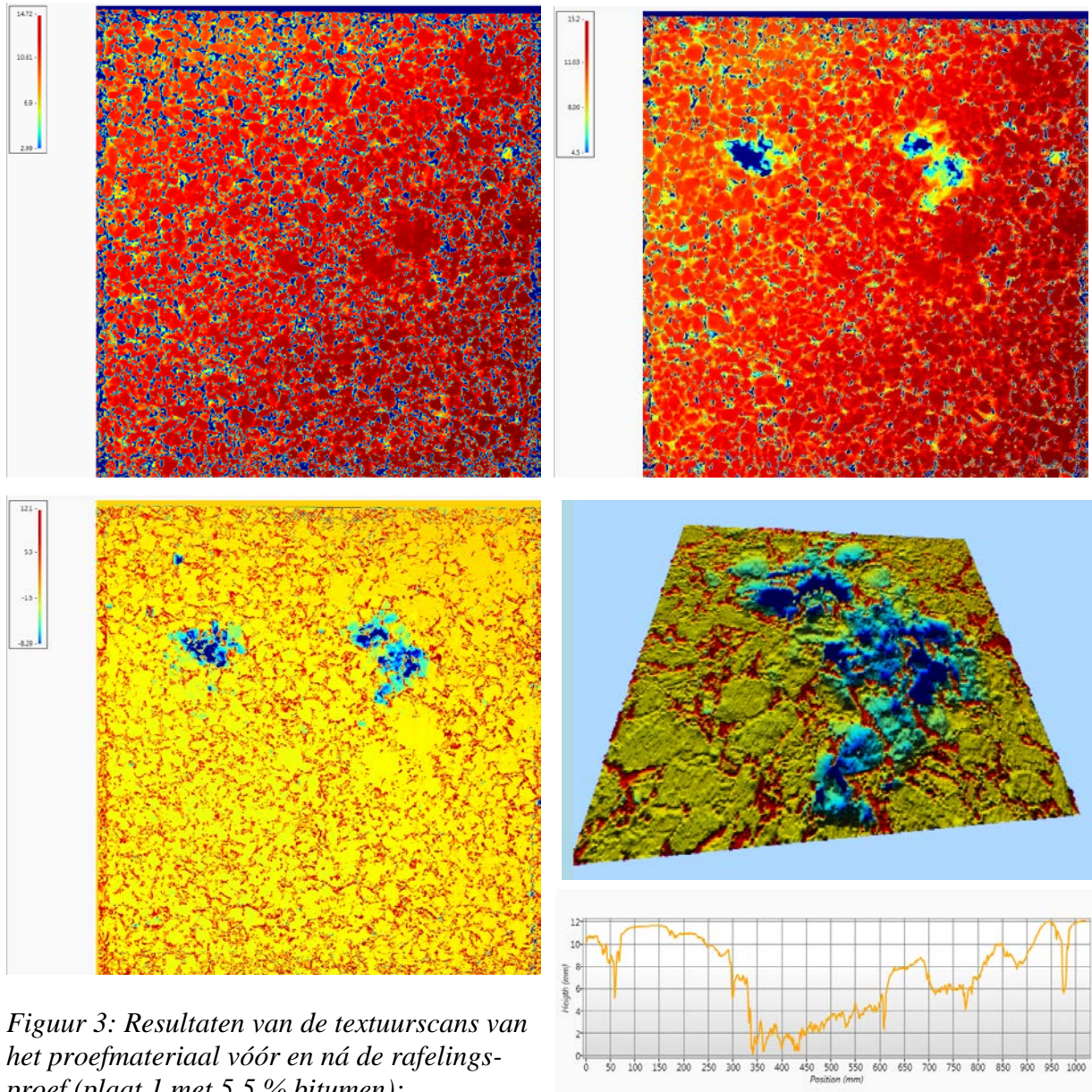
Figuur 2: Overzichts- en detailfoto van de ATS

De ATS bestaat uit een stijf frame waarin een looprail is gemonteerd waarop een camera en twee lasers zijn aangebracht. De twee lasers, die een groene en een rode laserlijn produceren, staan onder een hoek van elkaar. In de opstelling wordt gebruik gemaakt van de 2D Scanning Stereo Laser Triangulatie (2DSSLT), waardoor occlusies (het niet zichtbaar zijn van het oppervlak doordat een laserstraal niet om een steenkorrel heen kan kijken) in x- en y- richting weggewerkt kunnen worden. Bovendien heeft dit meetprincipe het voordeel dat en met een hogere nauwkeurigheid gemeten kan worden en dat het systeem relatief compact gebouwd kan worden. De specificaties van deze ATS zijn:

- Maximale grootte van het te scannen meetvlak: 400·400 mm;
- Scannauwkeurigheid in x en y-richting: 0,1 mm (0,066 en 0,033 mm ook in te stellen maar niet gegarandeerd);
- Scannen van een oppervlak van 400 bij 400 mm met een resolutie van 0,1 mm resolutie in minder dan 50 minuten;
- Meetbare diepteverschillen (in z-richting) in het asfalt: maximaal 30 mm;
- Meetnauwkeurigheid in z-richting (loodrecht op het asfalt): 0,1 mm;
- Zoom in/zoom uit functie (o.a. voor partial scanning);
- Mogelijkheid voor het maken van een 3D view van het oppervlak. Ook 2D doorsnedes kunnen gemaakt worden bijvoorbeeld om textuurparameters (o.a. MPD) te bepalen;
- Mogelijkheid om verschillen te berekenen tussen 2 scans (bijvoorbeeld van een scan vóór en ná de rafelingsproef);
- Gemakkelijk genereren van rapporten en integratie in eigen rapportage omgeving.

Met de ATS is het dus mogelijk ongewenste rafeling langs de randen van de proefstukken buiten beschouwing te laten.

In het hierboven beschreven onderzoek zijn alle asfaltplaten vóór en na de rafelingsproef gescand in de ATS. In figuur 3 zijn een aantal resultaten van de scans gepresenteerd.



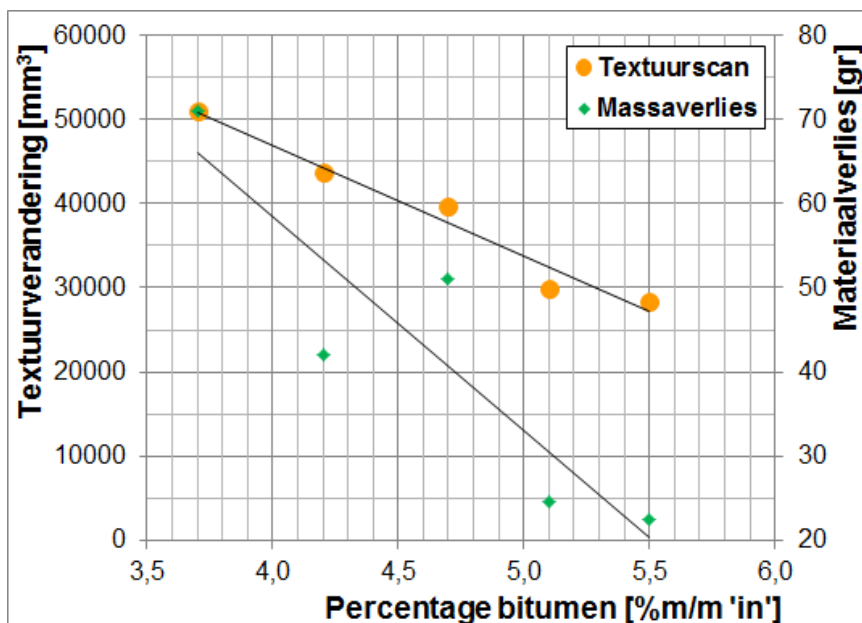
Figuur 3: Resultaten van de textuurscans van het proefmateriaal vóór en ná de rafelingsproef (plaat 1 met 5,5 % bitumen):

- a) Bovenaanzicht scan plaat vóór beproeven (links boven);*
- b) Bovenaanzicht scan plaat ná beproeven (rechtsboven);*
- c) Verschil van de textuur vóór en ná beproeven (midden links);*
- d) 3D-beeld van het materiaalverlies aan de rechterzijde van de plaat (midden rechts);*
- e) 2D-beeld van het materiaalverlies aan de linkerzijde van de plaat (rechts onder).*

In onderstaande tabel is het materiaalverlies als gevolg van de rafelingsproef per plaat samengevat. Hiertoe is het plaatoppervlak met een grootte van ongeveer $400 \cdot 400 \text{ mm}^2$ vóór en ná de rafelingsproef gescand met een nauwkeurigheid van 0,1 mm en vervolgens is het volume van het verschil tussen beide metingen berekend. Dit volume is een maat voor het materiaalverlies als gevolg van de rafelingsproef.

Mengsel	Percentage bitumen [%m/m 'in']					
	3,7	4,2	4,7	5,1 (ref)	5,5	
Materiaalverlies door de rafelingsproef in de ATS en op basis van gewicht						
Plaat 1	[mm ³]	49340	42200	51070	24860	21650
Plaat 2	[mm ³]	52680	45090	28470	35130	34940
Gemiddeld	[mm ³]	51010	43645	39770	29995	28295
Gemiddeld	[gr]	71	42	51	24,5	22,5

Tabel 4: Volumeverandering textuur als gevolg van de materiaalverlies in de ARTe



Figuur 4: Volumeverandering textuur en gewichtsverandering als gevolg van het materiaalverlies in de ARTe

In figuur 4 zijn de resultaten van de oppervlaktescans (over een plaatoppervlak van 400 bij 400 mm) grafisch weergegeven, waarbij ook het massaverlies per plaat (over het totale plaatoppervlak van 500 bij 500 mm) is opgenomen. Uit deze resultaten kan geconcludeerd worden dat er, door het elimineren van de randeffecten met behulp van een oppervlaktescan, een consistent beeld van de rafelingsweerstand van asfaltmengsels ontstaat.

5. Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de resultaten van het onderzoek kunnen de volgende conclusies en aanbevelingen worden geformuleerd:

1. Met de ARTe kan een rafelingsproces gegenereerd worden dat naar verwachting overeenkomt met rafeling in de praktijk:

- hoe meer bitumen/mastiek, hoe hoger de rafelingsweerstand;
- het materiaalverlies neemt progressief toe als functie van het aantal lastovergangen.

In hoeverre laboratoriummetingen daadwerkelijk overeenkomen met praktijkgedrag moet in de loop der jaren worden vastgesteld. Belangrijke parameter hierbij is niet alleen de ARTe zelf, maar ook de te hanteren verouderingsprocedure in het laboratorium;

2. In een rafelingsproef geeft materiaalverlies, dat ontstaat langs de randen van een proefstuk, een niet reëel beeld van de daadwerkelijke rafelingsweerstand van een asfaltmengsel. Dit

deel van het materiaalverlies moet dan ook buiten beschouwing worden gelaten in een rafelingsproef;

3. Door middel van het scannen van een deel van het plaatoppervlak, waarbij de proefstukranden buiten beschouwing worden gehouden, kan de invloed van ongewenste rafeling langs de randen van het proefmateriaal geëlimineerd worden.

Referenties

- [1] Jacobs M.M.J., Gharabaghy C., Schulze C. en Van den Beemt C.M.A., '*Bepaling van de rafelingseigenschappen van open asfaltmengsels met de ARTe*', bijdrage CROW-Infradagen 2012;
- [2] Van de Ven M.F.C., Voskuilen J.L.M. en Jacobs M.M.J., '*Practical laboratory ageing method for porous asphalt*', Proceedings Eurobitume & Eurasphalt Congres, Istanbul, 2012.