

Aanvangstroefheid ZOAB+? Geen probleem!

Jan Voskuilen
(Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart)

Michiel-Martijn Willemsen
(Breijn, Wegbouwkunde)

Wilfred Nijssen
(Rijkswaterstaat Limburg)

Cyrus Gharabaghy
(Cyrus Infra Engineering)

Samenvatting

Sinds 2007 wordt in het modelcontract 'Variabel onderhoud asfaltverhardingen' duurzaam zeer open asfalt, het zogenaamde ZOAB+, als hét deklaag mengsel voor het hoofdwegennet van Rijkswaterstaat (RWS) voorgeschreven. Uit analyse van de gegevens van de aanvangstroefheid van ZOAB+ blijkt dat het halen van de eisen van de aanvangstroefheid meestal geen problemen oplevert, maar dat de aanvangsremvertraging niet altijd aan de eis voldoet. Ten behoeve van de veiligheid stelt RWS bij te lage remvertraging een snelheidsbeperking in. Tot nu toe heeft de aannemerij weinig ondernomen om de problemen met aanvangsremvertraging op te lossen, mede omdat er op het niet voldoen geringe sancties stonden.

Omdat het aan de weggebruiker niet is uit te leggen dat er na fileleed gedurende de aanleg ook nog enkele weken een snelheidsbeperking voor het nieuwe asfalt geldt, heeft RWS als publieksgerichte opdrachtgever het initiatief genomen om te onderzoeken hoe de aanvangstroefheid en –remvertraging duurzaam is te verbeteren. In deze paper wordt weergegeven hoe dit duurzaam te realiseren is met een innovatieve afstrooitechniek.

1. Inleiding

Vanaf 1987 worden rijkswegen en belangrijke provinciale wegen voorzien van een deklaag van Zeer Open Asfalt Beton (ZOAB). Naast positieve functionele eigenschappen, heeft ZOAB als negatief punt een geringere levensduur dan Dicht AsfaltBeton (DAB).

Om de levensduur te verhogen past RWS sinds 2007 het zogenaamde duurzaam zeer open asfalt (ZOAB+) toe [1], dat 5,5% i.p.v. 4,5% bindmiddel op 100% aggregaat bevat.

Om het effect van het verhoogde bitumengehalte op de aanvangsstroefheid in kaart te brengen, is in 2003 een aantal proefvakken van ZOAB+ aangelegd waarbij specifiek aandacht is besteed aan de stroefheid en remvertraging vóór openstelling [2]. Bij dit onderzoek werden vóór openstelling waardes van de remvertraging gemeten net boven de kritische grens van $5,2 \text{ m/s}^2$. In latere onderzoeken [3], waarin de aanvangsremvertraging op ZOAB+ mengsels is onderzocht, zijn ook waardes gemeten rond de kritische grens van $5,2 \text{ m/s}^2$ en zelfs ook enkele waardes lager dan $5,2 \text{ m/s}^2$. Dit betekent dat ZOAB+ kritisch kan zijn voor wat betreft de aanvangsremvertraging. Door de gegevens openbaar te maken, kregen aannemers inzicht in welke mengsels wel en niet voldeden. Uit een analyse van alle beschikbare gegevens is gebleken dat de eis voor de aanvangsremvertraging voor ZOAB+ toch vaker niet wordt gehaald dan in eerste instantie op basis van proeven werd verondersteld. Omdat als gevolg hiervan een snelheidsbeperking wordt ingesteld met alle negatieve gevolgen van dien, heeft RWS het initiatief genomen om te onderzoeken of de aanvangsremvertraging duurzaam is te verbeteren met een innovatieve afstrooitechniek.

2. Historie

In het verleden werd de stroefheid van standaard ZOAB (methode vertraagd wiel, RAW proef 150) pas gemeten als de bitumenhuid onder invloed van verkeer was weggesleten. Daar kwam verandering in toen in 1991 een ongeval plaats vond op de A34 met nieuw ZOAB met dodelijke afloop. Uit remproeven bleek dat de remvertraging ver onder de vereiste $6,5 \text{ m/s}^2$ lag. Dit wordt veroorzaakt door het zgn. bituplaning, waarbij bitumen smelt en een glijvlak tussen wegdek en band ontstaat vanwege de temperatuursverhoging bij remmen met blokkerende wielen. Remproeven op nieuw afgestrooid DAB leerde dat de remvertraging hiervan altijd ver boven de $6,5 \text{ m/s}^2$ ligt.

RWS heeft in 1992 zeer veel proefvakken aangelegd [4] om de aanvangsremvertraging van ZOAB te verbeteren. De toegepaste methodes varieerden van verwijder technieken van de bitumenfilm (stralen), afstrooitechnieken en aanbrandtechnieken. De eindconclusies van dat onderzoek waren dat de afstrooien met brekerzand en waterstralen de beste resultaten gaven. Van afstrooien werd een negatief effect verwacht op het drainerend vermogen van ZOAB. Waterstralen was zeer succesvol, maar werd niet geadviseerd om toe te passen vanwege de hoge kosten en de lage applicatiesnelheid.

RWS heeft toen als beleid gekozen om tijdelijk een lagere remvertraging te gedogen als deze maar boven de $5,2 \text{ m/s}^2$ is. Deze minimum eis heeft te maken met de voertuigeisen voor remvertraging. Er werd besloten werd om het bekende bord “Nieuw asfalt, langere remweg” te plaatsen indien de remvertraging tussen de $5,2$ en $6,5 \text{ m/s}^2$ is.

In 2004 is voor het eerst een ZOAB+ proefvak [3] met succes afgestrooid met Neorough (is fijn gebroken mineraal poeder 0/1) om de remvertraging te verbeteren. Het niet afgestrooide ZOAB+ had een remvertraging van $5,3 \text{ m/s}^2$, terwijl de remvertraging van het afgestrooide ZOAB+ proefvak $6,3 \text{ m/s}^2$ bedroeg! Omdat met Neorough een enorme verbetering van de remvertraging werd bereikt, is in het onderhavige onderzoek meer aandacht besteed aan afstrooien met Neorough dan aan afstrooien met brekerzand.

In 2004 is op de A12 nabij Arnhem een aantal Tweelaags ZOAB proefvakken aangelegd [5], waarbij is geprobeerd om de aanvangsstroefheid en –remvertraging te verbeteren d.m.v. afstrooien met verschillende hoeveelheden brekerzand en Neorough. De conclusie was dat het afstrooien wel de aanvangsstroefheid en –remvertraging verbeterde, maar dat dit slechts een tijdelijk effect was. Waarschijnlijk is de oorzaak hiervan dat er pas afgestrooid is na een aantal wasgangen. Hierdoor is de bitumenfilm al wat dunner en kouder, wat negatief is voor de hechting van afstrooimateriaal aan bitumen.

In 2005 is op de A15 nabij Leerdam een zestal Tweelaags ZOAB proefvakken aangelegd [6], waarbij de mengsels werden gemodificeerd om de aanvangsstroefheid en –remvertraging te verbeteren. De conclusie van dit onderzoek was dat door toevoeging van Glanzkies 0/1 (fijn hoekig gebroken slak afkomstig uit hoog- c.q. verbrandingsovens) zowel de aanvangsstroefheid als de –remvertraging duurzaam zijn te verbeteren. Deze oplossing werkt wel voor Tweelaags ZOAB en is later zonder succes toegepast om de aanvangsremvertraging van een alternatief ZOAB+ mengsel te verbeteren. Mogelijk dat het materiaal te fijn is en in de mastiekfilm wordt opgenomen.

RWS hanteert vanaf 2004 innovatieve contracten, waarbij de aannemer vrij is om uitvoering en mengsels te kiezen als maar aan de prestatie-eisen wordt voldaan. Vanaf begin 2007 wordt ZOAB+ voorgeschreven als hét deklaagmengsel voor het hoofdwegenet. In de praktijk blijkt dat sancties voor te lage remvertraging van ZOAB+ te vaak achterwege blijven en dat de weg wordt opengesteld met een snelheidslimiet. Daar dit een negatief effect heeft op de verkeersdoorstroming, heeft de RWS besloten na te gaan wat een robuuste werkwijze is om de aanvangsstroefheid en -remvertraging aan de eisen te laten voldoen. Indien blijkt dat er een geschikte methode is, kunnen aannemers bij het niet voldoen aan de eis dan ook met echte sancties worden bestraft. Op deze wijze gaat er een voldoende stimulans vanuit voor aannemers om de beproefde methode te gaan toepassen of om alternatieve methodes te ontwikkelen, die gelijkwaardig presteren.

3. Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om vast te stellen of door middel van afstrooien van ZOAB+ direct achter de balk van de spreidmachine de aanvangsstroefheid en –remvertraging duurzaam is te verbeteren zonder dat de geluidsreductie en het waterdoorlatend vermogen van ZOAB+ negatief worden beïnvloed.

In het verleden waren wel proeven uitgevoerd met afstrooien van ZOAB die een indicatie gaven dat de aanvangsrem en –stroefheid zijn te verbeteren, maar hierbij kwamen de volgende problemen aan het licht. Het afstrooimateriaal kon pas na een aantal wasgangen worden gestrooid, waardoor het asfalt al was afgekoeld en de bitumenfilm dunner was geworden waardoor het behaalde effect slechts tijdelijk was. Ook kon met zout- en kunstmeststrooiers het afstrooimateriaal niet homogeen worden verdeeld.

Met de innovatieve afstrooimethode van de Duitse aannemer Kirchner, die op de spreidmachine is gemonteerd, zouden de genoemde nadelen tot het verleden moeten behoren.

4. Onderzoeksprogramma

Omdat in Nederland nog geen aannemers beschikken over een afstrooimechanisme, dat op de spreidmachine kan worden gemonteerd, heeft Kirchner in opdracht van RWS Limburg een achttal ZOAB+ proefvakken aangelegd, afgestrooid en gewalst. Aannemer BAM heeft twee referentievakken ZOAB+ (niet afgestrooid) aangelegd. Tevens heeft BAM de gelegenheid gekregen om twee niet afgestrooide met EUF (is een hoekig fijn gebroken slakmateriaal afkomstig van energiecentrales) gemodificeerde ZOAB+ proefvakken aan te leggen. EUF- C is wat fijner en EUF-K is wat grover.

Op al deze proefvakken zijn in de tijd stroefheidsmetingen en remproeven uitgevoerd en zijn geluids- en waterdoorlatendsmetingen uitgevoerd. Om te onderzoeken of een ander walsregiem (zie voor verschil in walsregiem hoofdstuk 5: inzet materieel) mogelijk effect heeft op de duurzaamheid, zijn RSAT proeven uitgevoerd.

De proefvakken met een lengte van ca. 250 m zijn aangelegd op de A2 tussen de aansluitingen Oost Maarland en Gronsveld op de hoofdrijbaan links (HRL) tussen km 267.050 en km 265.600. Er zijn zes proefvakken (vak A t/m F) op de linkerweghelft (linker rijstrook en de linker helft van de rechterrijstrook) en zes proefvakken (vak A2 t/m F2) aangelegd op de rechterweghelft (rechter helft rechter rijstrook en vluchtstrook).

Alle proefvakken zijn aangelegd met een zelfde ZOAB+ mengsel behalve de mengsels A en A2. Mengsels A en A2 zijn niet afgestrooid, maar zijn gemodificeerd met de innovatieve vulstoffen EUF-C (fijner) en EUF-K (grover). In de tabellen 1 en 2 is weergegeven met welke verschillende soorten en doseringen afstrooimateriaal de proefvakken zijn afgestrooid. De proefvakken A, A2, F en F2 zijn aangelegd verdicht door BAM, de andere proefvakken zijn aangelegd, afgestrooid en verdicht door Kirchner. Al het ZOAB+ is geproduceerd door de Asfaltcentrale Limburg.

Tabel 1. Indeling proefvakken op A2 HRL linker weghelft

ID	Omschrijving	Begin [km]	Eind [km]	Lengte [m]	Aanlegdatum
A	ZOAB+ met EUF-C vulstof modificatie (BAM) niet afgestrooid	267.050	266.810	240	14-11-2007
B	ZOAB+ afgestrooid met 200 g/m ² brekerzand (Kirchner)	266.810	266.550	260	16-11-2007
C	ZOAB+ afgestrooid met 100 g/m ² Neorough (Kirchner)	266.550	266.300	250	16-11-2007
D	ZOAB+ afgestrooid met 200 g/m ² Neorough (Kirchner)	266.300	266.050	250	16-11-2007
E	ZOAB+ afgestrooid met 300 g/m ² Neorough (Kirchner)	266.050	265.800	250	16-11-2007
F	ZOAB+ referentie (BAM) niet afgestrooid	265.800	265.600	200	14-11-2007

Overzicht onderzoek

In tabel 3 en 4 is een overzicht opgenomen van alle onderdelen van het onderzoek op de linker en rechter weghelft

Tabel 2. Indeling proefvakken op A2 HRL rechter weghelft

ID	Omschrijving	Begin [km]	Eind [km]	Lengte [m]	Aanlegdatum
A2	ZOAB+ met EUF-K vulstof modificatie (BAM) niet afgestrooid	267.050	266.810	240	28-11-2007
B2	ZOAB+ afgestrooid met 300 g/m ² brekerzand (Kirchner)	266.800	266.550	250	29-11-2007
C2	ZOAB+ afgestrooid met 300 g/m ² Neorough (Kirchner)	266.550	266.300	250	29-11-2007
D2	ZOAB+ afgestrooid met 400 g/m ² Neorough (Kirchner)	266.300	266.050	250	29-11-2007
E2	ZOAB+ afgestrooid met 500 g/m ² Neorough (Kirchner)	266.050	265.800	250	29-11-2007
F2	ZOAB+ referentie (BAM) niet afgestrooid	265.800	265.600	200	28-11-2007

Tabel 3. Onderzoeksprogramma linker weghelft, proefvakken A t/m F

Soort meting	Omschrijving	Meetfrequentie
Natte stroefheid	RAW 2005 Proef 150: 86% vertraagd wiel	6 keer
Remvertraging	DVS methode remvertraging	6 keer
Monitoring aanleg	Registratie aanleg, materieel e.d.	2 keer
Waterdoorlatendheid	Proef met toestel van Becker	1 keer
Geluidsmetingen	CPX meting per vak	1 keer
Rafelingsgevoeligheid	Rotating Surface Abrasion Test (RSAT)	1 keer

Tabel 4. Onderzoeksprogramma rechter weghelft, proefvak A2 t/m F2

Soort meting	Omschrijving	Meetfrequentie
Natte stroefheid	RAW 2005 Proef 150: 86% vertraagd wiel	1 keer
Remvertraging	DVS methode remvertraging	1 keer
Waterdoorlatendheid	Proef met toestel van Becker	1 keer
Geluidsmetingen	3 SPB metingen	1 keer

5. Samenvatting onderzoeksresultaten

In het onderzoeksrapport [7] zijn alle resultaten uitvoerig beschreven. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten samengevat.

Ingezet materieel

BAM Wegen is de aannemer van het reguliere onderhoudscontract (LB-8526). Kirchner is bij het onderzoek betrokken vanwege hun innovatieve afstrooiinstallatie, die op de

spreadmachine is gemonteerd, en het aangepaste walsregime. D.m.v. een laadconstructie aan de voorkant van de asfaltspredmachine wordt met een big bag afstrooimateriaal in de voorraadbunker geladen en d.m.v. wormwielen naar achteren getransporteerd naar drie doseerinstallaties direct achter de afwerkbalk (zie foto's 1 en 2).



Foto 1. Afstrooiinstallatie op asfaltspredmachine



Foto 2. Laadconstructie van afstrooimateriaal

Met de installatie wordt d.m.v. een wormwiel het afstrooimateriaal direct over de volle breedte op het nieuwe asfalt aangebracht, nog voor de eerste walsgang. Voordeel hiervan is dat het afstrooimateriaal bij de eerste walsgang in het nog warme bitumen wordt gedrukt waardoor een goede hechting wordt bereikt. Bijkomend voordeel van logistieke aard is dat geen extra arbeidsgang nodig is. Vanuit uitvoeringstechnisch standpunt is het afstrooien met het materieel van Kirchner zonder grote problemen verlopen ondanks dat het inregelen van de juiste dosering afstrooimateriaal enige tijd in beslag nam. Na het inregelen van de dosering ontstaat, vergeleken met ervaringen uit andere onderzoeken met andere manieren van afstrooien, een relatief homogene verdeling van het afstrooimateriaal. De hechting van het afstrooimateriaal en het asfalt is optimaal.

Voor het walsen heeft BAM Wegen een walsset gebruikt bestaande uit een tandemwals (Hamm DV70) als eerste wals en een drierol wals (Hamm HW90B) als tweede wals. De walsset van Kirchner bestond uit een gemodificeerde kleine tandemwals (Dynapac CC142), waarbij de walsrol was verbreed (lichter walsproces), als eerste wals en een tandemwals (Dynapac CG333HF) als tweede wals (zie foto 3 en 3).



Foto 3. Dynapac CC142, 1^e wals Kirchner



Foto 4. Dynapac CG333HF, 2^e wals Kirchner

Normaliter wordt in Nederland het ZOAB voorgewalst door een tandemwals (tussen 6-8 ton) en vervolgens afgewalst door een tweede tandemwals (tussen 6-8 ton) of een drierol wals

(tussen 8-12 ton). De hoeveelheid walsovergangen per wals worden door de walsmachinist bepaald. Op deze wijze zijn de proefvakken door BAM verdicht.

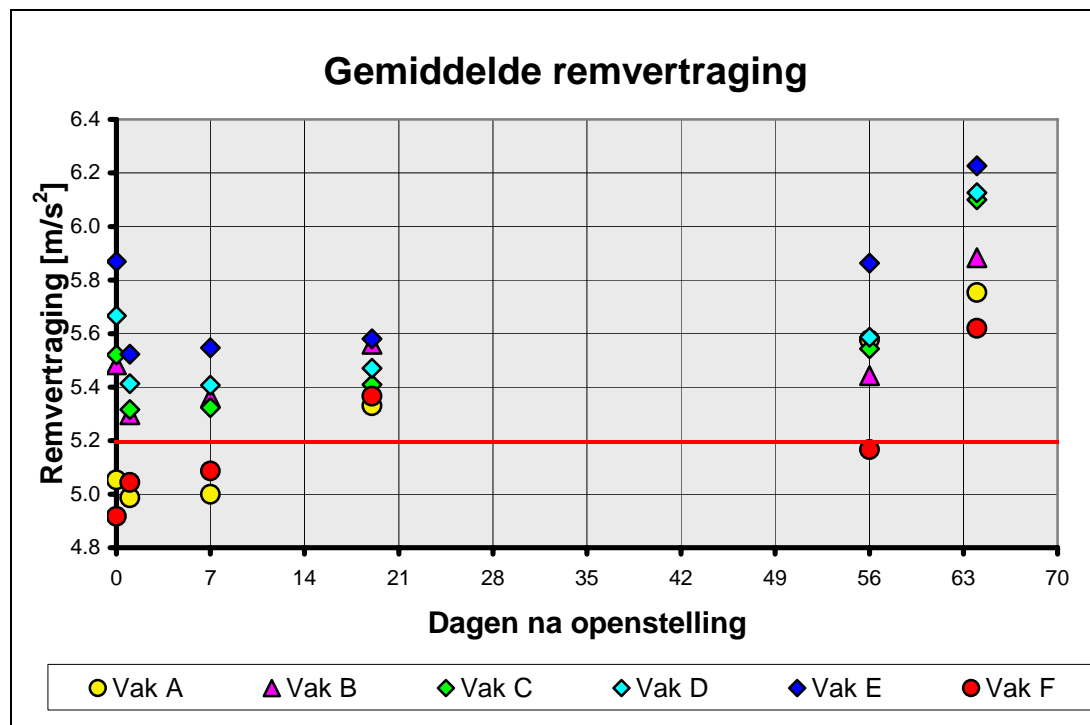
Het walsregime van Kirchner is anders dan in Nederland gebruikelijk is. Het ZOAB van de Kirchner proefvakken is voorgewalst door de lichte gemodificeerde tandemwals (4 ton) met 2-3 walsovergangen en afgewalst met een zwaardere tandemwals (9 ton) met 3-4 walsovergangen. Opvallend was dat de walsmachinisten van Kirchner zich strak aan het voorgenomen walsregiem hielden, dit in tegenstelling tot wat in Nederland wordt waargenomen.

Opgemerkt wordt dat het in Duitsland gebruikelijk is dat een aannemer 3 maanden voor aanvang van een werk per toe te passen asfaltmengsel op basis van proefvakonderzoek een optimaal walsregiem ontwikkeld.

Remvertraging

In verband met de weersomstandigheden is er afgeweken van de aanvankelijk opgestelde tijdsplanning waarbij metingen gepland waren vóór openstelling, één dag na openstelling, en vervolgens één week, twee weken, vier weken en acht weken na openstelling.

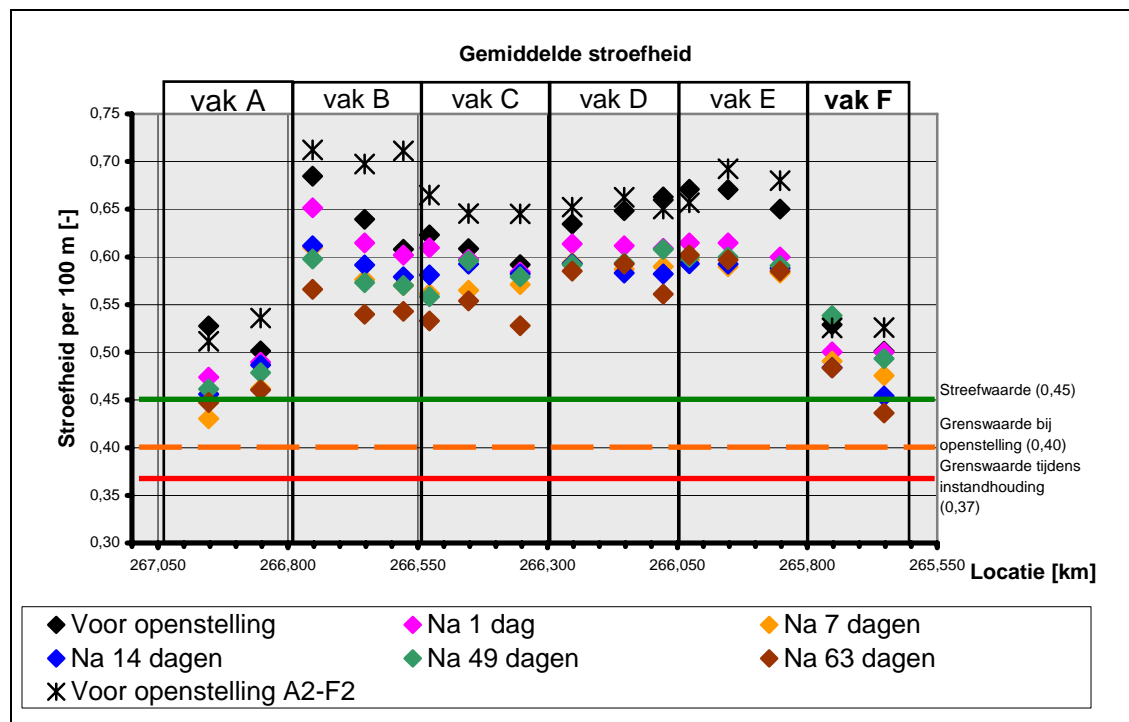
In figuur 1 is de gemiddelde remvertraging per proefvak (linket weghelft) uitgezet in de tijd. Bij de remvertragingmetingen is de invloed van het afstrooien van ZOAB+ duidelijk zichtbaar. Alle afgestrooide vakken hebben vóór openstelling al een gemiddelde remvertraging $> 5,2 \text{ m/s}^2$ terwijl de niet afgestrooide vakken de geëiste minimale remvertraging van $5,2 \text{ m/s}^2$ niet halen. De toevoeging van additieven (EUF-C en EUF-K) in het mengsel heeft geen effect op de aanvangsstroefheid. De remvertraging van de vakken A2 t/m F2 voor openstelling was respectievelijk $5,2, 6,0, 5,7, 5,7, 5,9$ en $5,2 \text{ m/s}^2$.



Figuur 1. Gemiddelde remvertraging proefvakken A t/m F op linker weghelft

Stroefheid

In figuur 2 is de gemiddelde stroefheid per 100 meter weergegeven.



Figuur 2. Gemiddelde stroefheid per 100 meter op linker weghelft.

Bij de stroefheid is de invloed van het afstrooien nog duidelijker zichtbaar. Vóór openstelling liggen de waarden voor de stroefheid ruim boven de streefwaarde van 0,45. Na 63 dagen liggen enkele locaties in vakken A en F onder de 0,45 maar nog ruim boven het interventieniveau van 0,37.

Waterdoorlatendheid, rafelingsweerstand en geluidsreductie

In tabel 5 en 6 zijn de resultaten samengevat van de Beckermetingen, de aangepaste RSAT proeven, CPX- en de SPB-metingen.

Tabel 5. Samenvatting van resultaten van Becker-, RSAT- en CPX metingen.

Proefvak	Uitstroomtijd Becker (s)	Steenverlies RSAT (g)	CPX lichte motorvoertuigen [dB(A)]	CPX zware motorvoertuigen [dB(A)]	CPXI [dB(A)]
A	19,0	> 65*	96,8	98,2	97,1
B	14,7	49	95,7	96,9	95,9
C	14,7	38	95,5	96,7	95,7
D	13,4	53	95,9	97,3	96,2
E	21,5	54	96,2	97,4	96,4
F ref.	19,1	64	96,2	97,5	96,4

* steenverlies na 3 uur zo groot dat proef is afgebroken. Normaal duurt de proef 24 uur.

Tabel 6. Samenvatting van resultaten van Becker- en SPB metingen.

Proefvak	Uitstrooitijd Becker (s)	SPB lichte motor- voertuigen dB(A)**	SPB zware motor- Voertuigen dB(A)***
A2	20,7	4,4	6,0
B2	15,1	4,2	6,2
C2	17,4	-	-
D2	14,4	4,6	5,1
E2	12,8	-	-
F2 ref.	-	4,6	5,4

** waarde van ZOAB volgens CROW-publicatie 200 is 3,7.

*** waarde van ZOAB volgens CROW-publicatie 200 is 4,3.

6. Interpretatie van onderzoeksresultaten

Uitvoeringsaspecten, waterdoorlatendheid, geluidsreductie en duurzaamheid

Uit het monitoren van de materieelbewegingen komt een aantal opmerkelijke punten naar voren.

- Naast de gebruikelijke stops, die optreden bij het wisselen van vrachtwagens, is er ook een aantal beduidend langere stops opgetreden bij het vullen van de hopper met afstrooimateriaal. Of deze langere stops gevolgen hebben voor de levensduur van het ZOAB+ is gedurende de korte looptijd van dit onderzoek niet te concluderen.
- Het afstrooien vanaf de spreidmachine op zich heeft geen invloed op de aanleg snelheid (rond de 5,5 m/min) zelf, maar de gemiddelde aanleg snelheid zonder afstrooien ligt hoger omdat er niet gestopt hoeft te worden om afstrooimateriaal bij te vullen.
- Bij het walsen blijkt dat de eerste wals van beide aannemers zo'n 20 tot 30 passages maakt waarbij de laatste passage 20 tot 30 minuten na passeren van de spreidmachine plaatsvindt. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de passages verspreid zijn over de aanlegbreedte en dus niet op dezelfde locatie van toepassing zijn. Bij het afwalsen met de tweede wals blijkt dat de wals van de BAM zo'n 30 tot 50 passages maakt met de laatste passage 60 tot 70 minuten na passeren van de spreidmachine. De tweede wals van Kirchner maakt zo'n 10 tot 20 passages met de laatste passage 30 tot 40 minuten na passeren van de spreidmachine. Met de Kirchner afstrooitechniek wordt het afstrooimateriaal direct over de gehele breedte van het asfalt achter de spreidmachine homogeen verdeeld, waarna het direct goed kan worden gehecht door de eerste walsgang.

Stroefheid en remvertraging

Vóór openstelling.

Alle vakken hebben vóór openstelling een stroefheid die boven 0,45 ligt en voldoen dus ruim aan de eisen. De stroefheid van de afgestrooide vakken ligt gemiddeld 25% boven de stroefheid van de niet afgestrooide vakken.

Bij de remvertraging voldoen alleen de afgestrooide vakken aan de minimale eis van 5,2 m/s². De remvertraging van vak B (brekerzand 200 g/m²) is vergelijkbaar met de remvertraging van vak C (Neorough 100 g/m²), waarbij vakken D (Neorough 200 g/m²), en E (Neorough 300 g/m²), oplopend beter presteren.

Verder verloop in de tijd.

Over het algemeen neemt de stroefheid af in de tijd. Toch is het opvallend dat dit niet lineair in de tijd gebeurt. In een periode van 9 weken zijn in vak A (niet afgestrooid gemodificeerd ZOAB+) en F (referentie ZOAB+) op locaties stroefheidwaarden kleiner dan 0,45 gemeten. Na 63 dagen bedraagt de laagst gemeten stroefheid lokaal 0,41 en gemiddeld 0,44 (vak F). De stroefheid van vak B met brekerzand is sterker afgenomen dan de stroefheid in de vakken C, D en E met Neorough.

Op vak A t/m E is de remvertraging één dag na openstelling lager dan vóór openstelling waarbij echter nog steeds geldt dat alle afgestrooide vakken een remvertraging van meer dan $5,2 \text{ m/s}^2$ hebben. Dit is te verklaren omdat na 1 dag al het overtollige afstrooimateriaal door het verkeer is weggereden. Vanaf één dag na openstelling tot 64 dagen na openstelling neemt de remvertraging op alle vakken geleidelijk toe.

De meting na 19 dagen wijst uit dat op alle vakken de remvertraging boven de $5,2 \text{ m/s}^2$ ligt. Dit sluit aan op de praktijkervaring dat na een paar weken onder verkeer de bitumenhuid bij niet afgestrooide oppervlakken zodanig is afgesleten, zodat aan de minimum eis voor de remvertraging wordt voldaan. De metingen verricht op 56 dagen na openstelling wijken af van de verwachting. Op twee vakken is de gemeten remvertraging lager dan 37 dagen ervoor en de toename op de overige vakken is relatief laag. Opvallend is dan ook de sterke toename van de remvertraging in de meting 64 dagen na openstelling.

Een mogelijke verklaring hiervoor is dat in de periode tussen 3 en 8 weken na openstelling de mastiekmastiekfilm, waar het afstrooimateriaal op zit, afslijt waardoor de banden niet meer contact maken met een afgestrooide mastiekmastiekfilm maar met een gewone mastiekmastiekfilm. De gewone mastiekmastiekfilm is in de navolgende meting (na 64 dagen) snel aan het wegslijten waardoor er een overgang plaats vindt naar meer contact met de steenslag. Het contact met de steenslag is uiteindelijk verantwoordelijk voor de remvertraging van meer dan $6,5 \text{ m/s}^2$ gedurende de levensduur van de ZOAB+ deklaag.

Rafelingsweerstand, geluidsreductie en waterdoorlatendheid

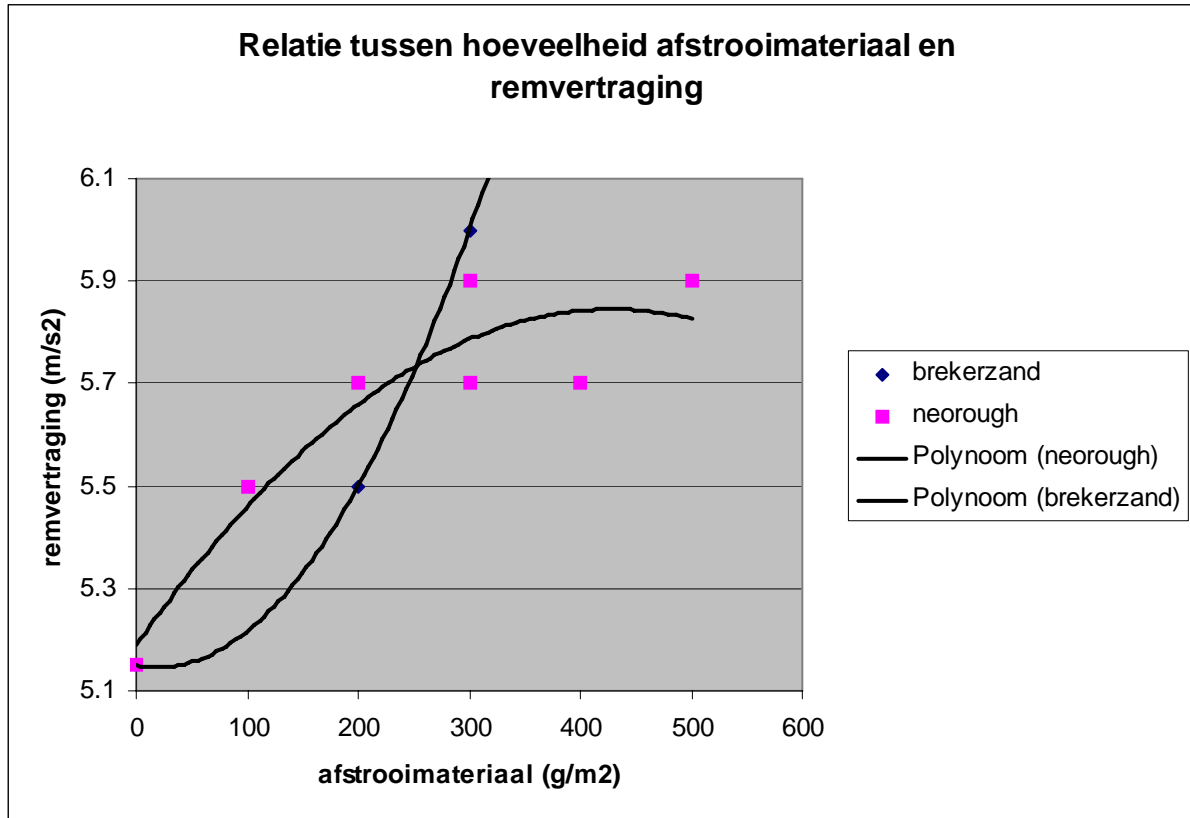
Normaal wordt de RSAT proef uitgevoerd op achthoekige proefplaten, maar omdat deze moeilijk uit de proefvakken waren te halen zijn de RSAT proeven uitgevoerd op boorkernen. Een RSAT proefstuk bestaat uit een combinatie van 3 boorkernen met een diameter van 150 mm. Om een indicatie te krijgen over de rafelingsweerstand van de proefvakmengsels, zijn voornoemde RSAT proeven uitgevoerd in enkelvoud. Bij deze RSAT-proef wordt het steenverlies na 24 uur beproeven als beoordelingscriterium beschouwd. De resultaten van de proefvakken kunnen wel onderling worden vergeleken, maar vergelijk met reguliere RSAT-proeven op andere asfaltmengsels is (nog) niet mogelijk. Wat opvalt is dat alle door Kirchner verdichte en afgestrooide proefvakken een betere rafelingsweerstand hebben dan de door BAM verdichte niet afgestrooide proefvakken. Mogelijk dat dit positieve resultaat wordt beïnvloed door het afwijkende walsproces van Kirchner. Tevens valt op dat het met EUF-C gemodificeerde ZOAB+ slecht scoort in de RSAT proef.

Bij zowel de CPX-metingen en de SPB-metingen is geen significant verschil tussen de ZOAB+ vakken aangetroffen. Wel is geconstateerd dat alle vakken een hogere geluidsreductie hebben ten opzichte van het standaard ZOAB volgens CROW-publicatie 200.

Onvervuild ZOAB heeft met de Beckerproef een uitstroomtijd van minder dan 25 seconden. Alle proefvakken voldoen hieraan, maar wat wel opvalt is dat 7 van de 8 afgestrooide een betere waterdoorlatendheid hebben dan de niet afgestrooide proefvakken.

Afweging afstrooimateriaal

In figuur 3 is per afstrooimateriaal de relatie weergegeven tussen de hoeveelheid afstrooimateriaal per oppervlak en de gemeten remvertraging.



Figuur 3. Relatie tussen hoeveelheid afstrooimateriaal en remvertraging.

Strikt genomen mag geen polynoom worden getrokken bij slechts twee waarnemingen met brekerzand, maar dit lijkt toch gerechtvaardigd met de wetenschap dat er proefvakken met ZOAB zijn aangelegd, waar bij is afgestrooid met brekerzand in hoeveelheden van 1000, 1200 en 1500 g/m² en waarbij remvertragingen zijn gemeten van 7 tot 7,5 m/s² [4]. Het betrof wel ander ZOAB, een ander afstrooimechanisme en er werd bij lagere asfalttemperaturen afgestrooid, maar het geeft wel aan dat er met afstrooien van grotere hoeveelheden brekerzand nog winst is te halen op het gebied van remvertraging.

Uit de polynomen van figuur 3 lijkt dat met het afstrooien van Neorough een verzadiging wordt bereikt waarna de remvertraging bij afstrooien van grotere hoeveelheden niet meer toeneemt. Door toevoeging van meer brekerzand zou de remvertraging mogelijk nog verder verbeterd kunnen worden. Met beide soorten afstrooimateriaal zijn goede resultaten qua remvertraging te behalen. Dit betekent dat de keuze van het afstrooimateriaal afhangt van parameters zoals prijs, beschikbaarheid, ARBO- en milieuhygiëne, verwerkbaarheid enz. De voor- en nadelen van de twee onderzochte afstrooimaterialen zijn in tabel 7 kort opgenomen.

Tabel 7. Voor- en nadelen afstrooimaterialen

Brekerzand	Neorough
+ relatief goedkoop + makkelijk verkrijgbaar + hoekig materiaal - ongelijke korrelgrootte - vochtgevoelig	+ homogene samenstelling - relatief kostbaar + hoekig materiaal - windgevoelig (stofvorming) - vochtgevoelig - bescherming nodig (stofkapje)

Modificeren of afstrooien?

De verbetering van de aanvangstroefheid is een tijdelijk gebeuren wat zich de eerste weken na aanleg alleen aan het oppervlak afspeelt. D.m.v. afstrooien wordt alleen afstrooimateriaal op het oppervlak aangebracht dat na enige tijd door verkeersbelasting verdwijnt en wordt weer dezelfde asfaltkwaliteit verkregen als niet afgestrooid asfalt. Kortom, het materiaal zit precies op de plaats waar het moet functioneren en als het niet meer moet functioneren is het verdwenen.

Indien een mengsel wordt gemodificeerd om de aanvangsremvertraging te verbeteren, wordt de toegepaste modificatie door heel het asfalt gemengd en komt het dus ook op plaatsen te zitten waar het geen functie heeft. Indien de modificatie zou werken, blijft de modificatie gedurende de gehele levensduur in het mengsel aanwezig. Mogelijk dat de modificatie een negatief effect kan hebben op de levensduur van het asfalt.

Resumerend kan gesteld worden dat indien wordt afgestrooid, het mengsel zelf niet hoeft te worden aangepast, maar als het mengsel wordt gemodificeerd, zal aanvullend onderzoek nodig zijn om de neveneffecten van de modificatie op de lange-termijn te onderzoeken.

7. Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

Afstrooien van ZOAB+ direct achter de spreidmachine heeft een duurzaam positief effect op de remvertraging, waardoor vóór openstelling een gemiddelde remvertraging groter dan 5,2 m/s² behaald kan worden. Deze waarde wordt door de niet afgestrooide vakken pas na 19 dagen bereikt.

Modificaties van ZOAB+ met EUF-C en EUF-K geven geen significant verschil ten opzichte van de niet-afgestrooide ZOAB+ referentievakken en voldoen niet aan de minimale remvertragingseis van 5,2 m/s².

Het afstrooien heeft ook een positief effect op de (natte) stroefheid; alle vakken vóór openstelling voldoen ruim aan de streefwaarde van 0,45. Uit het verloop van de stroefheid in de tijd is gebleken dat de stroefheid relatief snel terugloopt waardoor op de niet afgestrooide vakken na 63 dagen lokaal waarden kleiner dan 0,45 zijn aangetroffen.

Het afstrooien van ZOAB+ heeft geen invloed op de waterdoorlatendheid en geluidsreductie. Ook de verschillende afstrooimaterialen geven geen significant verschil.

De resultaten van zowel de waterdoorlatendheids- en RSAT-metingen geven een indicatie dat deze eigenschappen met het lichtere walsregiem van Kirchner mogelijk positief zijn te beïnvloeden.

Alle onderzochte ZOAB+ proefvakken hebben een betere geluidsreductie in vergelijking met de C_w waarde van ZOAB.

Aanbevelingen

Probeer het afstrooien met brekerzand zodanig te optimaliseren dat een remvertraging van ruim boven de 6,5 m/s² wordt verkregen zodat de borden met “Nieuw asfalt, langere remweg” niet meer geplaatst hoeven te worden. Het onderzoek van 1992 [4] in combinatie met de nu opgedane ervaringen geven een sterke indicatie dat dit haalbaar is.

Het materieel van Kirchner heeft als grote nadeel dat de hopper voor het afstrooimateriaal “over de kop” geladen moet worden, waarmee een stilstand van meer dan 10 minuten gemoeid is. Daar ter plaatse van deze stopplaatsen de kwaliteit mogelijk negatief wordt beïnvloed [8], wordt aanbevolen onderzoek te verrichten naar alternatieve methoden om de hopper voor afstrooimateriaal te voorzien op een zodanige wijze dat een eventuele stop niet langer duurt dan de gebruikelijke stop bij het wisselen van asfaltvracht.

Nu aangetoond is dat het halen van de eisen voor de aanvangsstroefheid en -remvertraging geen probleem hoeft te zijn door ZOAB+ direct achter de spreidmachine af te strooien, wordt aanbevolen om contracten van Rijkswaterstaat zodanig aan te passen dat de aannemer van tevoren moet aantonen dat hij aan de eisen voor de aanvangsstroefheid en -remvertraging kan voldoen. Het gaat hierbij niet om aanpassingen van de eisen, maar een aannemer moet van tevoren aantonen dat hij de eisen kan halen (aantonen geschiktheid). Hiermee kan worden voorkomen dat Rijkswaterstaat negatief verrast wordt met een te lage aanvangsstroefheid of te lage aanvangsremvertraging na aanleg.

Een van de methodes om aan de eisen van Rijkswaterstaat te voldoen is de bewezen afstrooitechniek van Kirchner, maar als aannemers met een andere techniek komen, en aantonen dat deze geschikt is, wordt dit ook door Rijkswaterstaat geaccepteerd.

Het aangepaste walsregiem van Kirchner lijkt een positieve invloed te hebben op de waterdoorlatendheid en de RSAT resultaten. Aanbevolen wordt om de invloed van het walsproces op de asfalteigenschappen verder te onderzoeken.

Omdat de RSAT resultaten van het met EUF-C gemodificeerde ZOAB+ veel slechter waren (proef moest na 3 uur worden gestopt) dan die van de afgestrooide ZOAB+ mengsels en het referentie ZOAB+ mengsel wordt aanbevolen om de twee met EUF gemodificeerde proefvakken extra te monitoren op rafeling.

De in dit onderzoek onderzochte ZOAB+ blijkt een zeer goede geluidsreductie te hebben. Aanbevolen worden om de geluidsmetingen nog eens te herhalen. Indien dezelfde resultaten worden gevonden, wordt aanbevolen te onderzoeken wat de oorzaak is van de goede geluidsreductie

Referenties

- [1] J. Voskuilen, E. Rutten en F. Tolman. Gemodificeerd ZOAB ontmaskerd, CROW Wegbouwkundige Werkdagen 2002.
- [2] J. Voskuilen, Aanvangstroefheid van ZOAB met 5,5% bitumen nader onderzocht, CROW Wegbouwkundige Werkdagen 2004.
- [3] M. Sule en J. Voskuilen. Evaluatie ZOAB 0/16+”, CROW Wegbouwkundige Werkdagen 2006.
- [4] H. Bron en J. Eikelboom. Verbetering aanvangstroefheid ZOAB, DWW- publicatie: P-DWW-92-503
- [5] C. Schulze en C. Gharabaghy. Bewertung der Griffigkeitmessungen der Versuchsstrecke auf der A12. Report 64520699. TU Aachen 2004
- [6] H. Siedenburg en W. Gerritsen. Verbetering aanvangstroefheid Tweelaags ZOAB A15, DWW-2005-086
- [7] M.M. Willemsen. Onderzoeksrapport Aanvangstroefheid ZOAB+, rapportnr. 1507638 Breijn 2008
- [8] P. Beers en T. van Buël. Shuttle Buggy, IPG Prijsvraag Schoner, Stiller en Homogener Asfalt, Perceel 3 Homogener, Eindrapport fase B (uitvoeringsfase), DWW-2007-09-028