

VERWERKBAARHEID VAN ASFALTMENGSELS – VAN PROTOTYPE NAAR PRAKTIJK

Natascha Poeran
Boskalis Nederland Infra

Berwich Sluer
Boskalis Nederland Infra

Samenvatting

Bij de CROW-Infradagen van 2014 is reeds melding gemaakt [Poeran & Sluer, 2014] van de ontwikkeling van een verwerkbaarheidsproef, waarmee de verwerkbaarheidskarakteristiek van een asfaltmengsel in het laboratorium kan worden vastgesteld. De ontwikkeling van deze proef is ingegeven door een steeds hardere roep vanuit de uitvoeringspraktijk om meer informatie te verstrekken over de verwerkingseigenschappen van het enorm toegenomen aantal asfaltmengsels met zeer uiteenlopende bouwstofeigenschappen.

De resultaten van de eerste reeds gerapporteerde onderzoeken bevestigen de veronderstelling, dat het opstellen van karakteristieken die de verwerkbaarheid van asfaltmengsels beschrijven mogelijk is. De trends van de verwerkbaarheidsgrafieken blijken representatief voor het werkelijke verwerkingsgedrag van asfalt. Ook het verschil in de verwerkbaarheid van type asfaltmengsels en soorten bitumen zijn waargenomen en in lijn met de praktijkervaring. Na de uitvoering van de eerste onderzoeken en het ontwikkelen van een objectieve statistisch onderbouwde analysemethode zijn vervolgonderzoeken uitgevoerd met als voornaamste doel het optimaliseren van de instelwaarden voor de meetopstelling en het valideren van de reeds ontwikkelde analysemethode. De betrouwbaarheid en toepasbaarheid van verwerkbaarheidsmetingen worden op deze manier vergroot. Daarnaast is tijdens dit vervolgonderzoek een basis gelegd voor de implementatie van de verwerkbaarheidsdata in de praktijk.

In dit artikel wordt verslag gedaan van de resultaten van een grootschalig onderzoek voor het bepalen van de verwerkbaarheidseigenschappen van asfaltmengsels. De resultaten van dit onderzoek worden aan het uitvoeringsapparaat meegegeven in de vorm van adviezen voor het temperatuurvenster waarbinnen het asfalt moet zijn verdicht. Met deze informatie kan bij de asfaltplanning al rekening worden gehouden met bijvoorbeeld de weersomstandigheden (aantal walsen, wel of geen voorlader etc.) en kunnen de walsstrategieën op het werk al op voorhand worden bediscussieerd en vastgesteld. Met behulp van de resultaten van continue Verwerkbaarheid van asfaltmengsels

temperatuurmetingen achter de balk van de asfaltspreidmachine, machinebouwer Vögele rust haar spreidmachines vanaf volgend jaar standaard uit met infrarood temperatuurcamera's, kunnen walsmachinisten onder alle omstandigheden de maximaal haalbare kwaliteit realiseren. Het hele proces van het bepalen van de verwerkbaarheid in het laboratorium tot de praktische toepassing van de verkregen informatie in de praktijk wordt in deze paper beschreven.

Verwerkbaarheid, walsstrategie, kwaliteit

1. Introductie

In 2014 is door QRS een onderzoek [3] opgezet met als doel het bepalen van de verwerkbaarheid van asfaltmengsels. Na literatuuronderzoek bleek dat de behoefte aan inzicht in het verwerkbaarheidsgedrag van asfaltmengsels reeds in de 70er jaren aanwezig was. Sindsdien zijn tal van onderzoeken gewijd aan het onderwerp, maar deze hebben niet geresulteerd in praktisch inzetbare proefresultaten. De redenen hiervoor waren meervoudig en liepen per onderzoek uiteen. Echter, de bevindingen uit alle voorgaande studies leverden een relatief gedefinieerd en omkaderd onderzoeksgebied waarin het betrouwbaar meten van verwerkbaarheidskarakteristieken van asfaltmengsels mogelijk succesvol kon zijn. Voortbouwend op de bevindingen uit het literatuuronderzoek is een prototype gebouwd dat links in figuur 1 is weergegeven. Dit apparaat registreert door middel van een zeer nauwkeurige krachtopnemer, figuur 1 rechts, het koppel dat wordt uitgeoefend op een mengarm, die tijdens het afkoelingstraject in een asfaltmengsel ronddraait. Het verloop van het gemeten koppel geeft een (relatieve) indicatie van de verwerkbaarheid. Voor een uitgebreider beschrijving van de ontwikkeling van het prototype wordt verwezen naar [3].



Figuur 1: Links – Boskalis prototype verwerkbaarheidsmeter 2014; Rechts – Detailopname meetopnemer en mengarm 2014

In een verkennend onderzoek zijn de meest geschikte proefcondities en mengconfiguratie bestudeerd door het beproeven van een variatie aan mengsels en bitumina. De resultaten van het onderzoek waren veelbelovend, voornamelijk omdat de data waarnemingen uit de praktijk goed leek te beschrijven. Uit het onderzoek volgde ook een aantal aanbevelingen voor vervolgonderzoek die onder andere aanpassingen aan de proefopstelling en het opzetten van een eenduidige en objectieve analysemethode omvatten. Bovendien waren de succesvolle resultaten directe aanleiding tot de start van implementatie van verwerkbaarheidsmetingen in de uitvoeringspraktijk.

Dit artikel beslaat het verslag van het laboratoriumonderzoek naar de verwerkbaarheid van asfaltmengsels. De aanbevelingen voortvloeiend uit het eerste onderzoek zijn doorgevoerd en de analysemethode is ontwikkeld en gebruikt ter beoordeling van de data. Bovendien wordt in het tweede deel van dit artikel uitgebreid verslag gedaan van de vorderingen gemaakt in de praktijk bij het monitoren en implementeren van de verwerkbaarheid in het asfaltproces.

2. *Optimalisatie bepaling verwerkbaarheidskarakteristieken*

2.1 *Aanpassingen prototype*

In het voorgaande onderzoek naar de verwerkbaarheid van asfaltmengsels zijn naar aanleiding van observaties gedurende de proeven enkele aanbevelingen gedaan betreft de aanpassing van het prototype verwerkbaarheidsmeter:

1. Het optimaliseren van de mengarm, zodat ontmenging en klontvorming kunnen worden gereduceerd. Dit zal zich uiten in een verdere afname van de spreiding in meetgegevens.
2. Een heroverweging betreffende het materiaal waaruit de mengkom is vervaardigd. Een materiaal dat minder vatbaar is voor het aankoeken van fijn materiaal kan bijdragen aan een vermindering van de ontmenging en dus meetspreiding. Daarnaast is de kans op stenen die kortstondig klem komen te zitten tussen de mengarm en de wand van de mengkom, bij een dunnere aangekoekte laag kleiner. Dit zal ook leiden tot een afname in spreiding.

Naar aanleiding van de aanbevelingen is het prototype op de volgende punten aangepast:

- a. De mengkom is opnieuw vervaardigd, maar nu uit RVS, figuur 2.
- b. In de bodem van de mengkom is een bolling aangebracht. Vanuit de bak gezien is de bodem concaaf, figuur 2.
- c. De mengarm is ontdaan van slijtage en de onderste schoep is zodanig aangepast dat deze de bolling van de bodem van de mengkom volgt, figuur 2.



Figuur 2: Links – Boskalis prototype verwerkbaarheidsmeter 2016; Rechts – Detailopname meetopnemer en mengarm 2016

2.2 Experimenteel plan

Er is gekozen voor het stapsgewijs doorvoeren van aanpassingen aan het prototype, het proefprotocol en de analysemethode. Met name omdat de resultaten uit het voorgaande verwerkbaarheidsonderzoek op deze manier als valide referentieniveau beschouwd mogen worden. In dit vervolgonderzoek zijn om deze reden geen aanvullende aanpassingen gedaan aan de originele onderzoeksopzet.

In het voorgaande onderzoek zijn een aantal verschillende mengselsoorten en bindmiddelen beproefd bij omwentelingssnelheden variërend van 5 RPM tot 25 RPM. Een omwentelingssnelheid van 15 RPM bleek de meest betrouwbare meetresultaten op te leveren. Dit vervolgonderzoek is daarom uitgevoerd bij een omwentelingssnelheid van 15 RPM. De reeks beproefde mengsels en bijbehorende bindmiddelen is weergegeven in tabel 1. Ten opzichte van de proefserie in 2014 is één aanpassing gedaan. In het AC 11 Surf mengsel met EME 15/25 is het bindmiddel vervangen door 10/20MG. In tabel 2 is het voorlopige proefprotocol uit [3] opgenomen. Dit proefprotocol is ongewijzigd toegepast.

Tijdens de uitvoering van de proeven is opgemerkt dat de aanpassingen aan de mengkom en mengarm invloed hebben op de in te stellen bakhogte. De bakhogte is bepalend voor de afstand tussen de onderkant van de mengarm en de bodem van de bak. Zodoende heeft de bakhogte ook invloed op het volume asfalt dat daadwerkelijk door de mengarm in beweging

wordt gebracht. In 2014 is gemeten in een bak met vaste bodem en een vaste bakhoogte van 25 mm. In 2016 is na het doorvoeren van de aanpassingen gebleken dat in combinatie met de aanpassingen aan het prototype de optimale afstand tussen de mengarm en de bodem van de bak gelijk is aan de maximale korreldiameter aanwezig in het mengsel.

Tabel 1: Overzicht beproefde mengsels en bitumina 2014 en 2016

MENGSELTYPE	BINDMIDDEL 2014	BINDMIDDEL 2016
AC 11 Surf	Bitumen 40/60	Bitumen 40/60
AC 11 Surf	Bitumen 70/100	Bitumen 70/100
AC 11 Surf	PMB - SBS	PMB - SBS
AC 11 Surf	EME 15/25	Bitumen 10/20MG
ZOAB 16	Bitumen 70/100	Bitumen 70/100
SMA 11	Bitumen 70/100	Bitumen 70/100

Tabel 2: Proefprotocol verwerkbaarheidsproef

BATCHGROOTTE [KG]	TOERENTAL [RPM]	STARTTEMPERATUUR [°C]	EINDTEMPERATUUR [°C]
20	15	Voorgeschreven mengtemperatuur bitumen	softening point bitumen <i>of</i> bij dof slaan mengsel

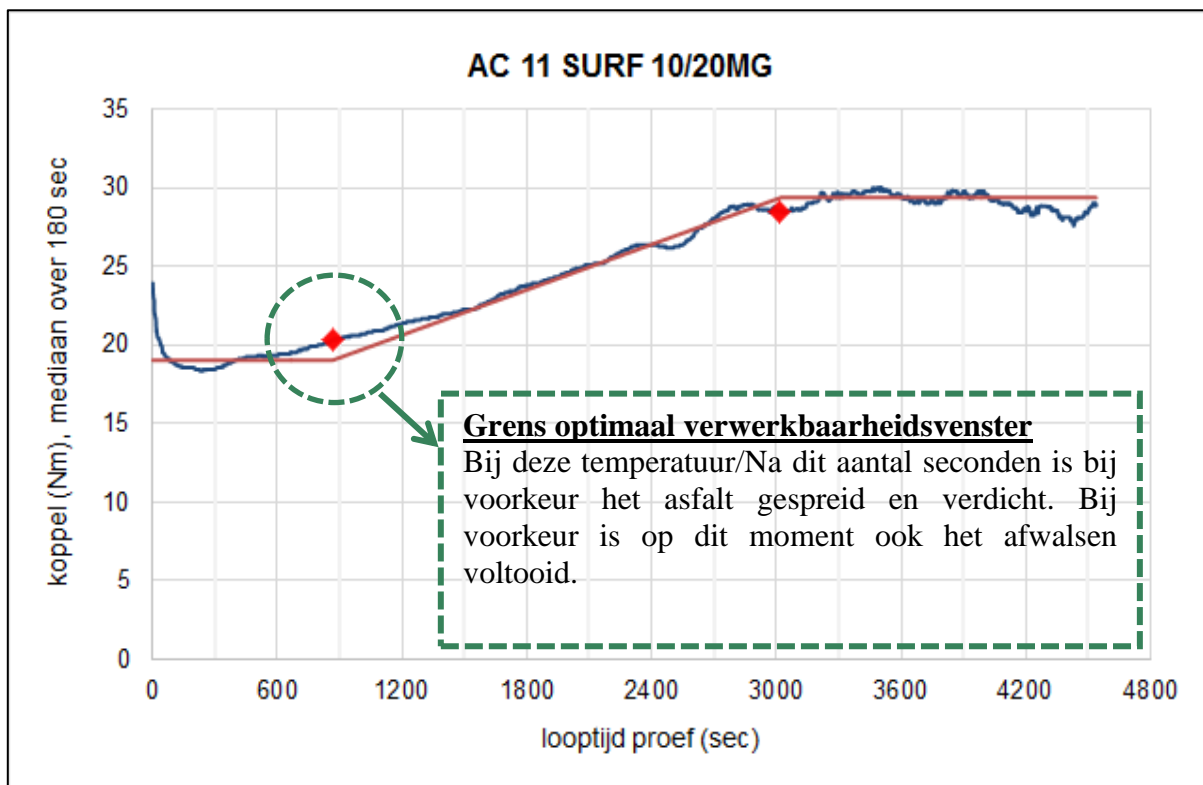
- Asfaltmengsels dienen direct na menging te worden beproefd.
- Gebruik wordt gemaakt van een mengarm met specifiek geplaatste schoepen
- De bakhoogte wordt zodanig ingesteld dat de afstand tussen onderkant mengarm en bodem bak gelijk is aan de maximale korreldiameter aanwezig in het mengsel

2.3 Analysemethode

Naast de aanpassingen aan het prototype is tevens een analysemethode ontwikkeld waarmee op statistisch verantwoorde wijze het optimale verwerkbaarheidsvenster voor beproefde mengsels kan worden gedefinieerd. De methode is ontwikkeld met als belangrijkste uitgangspunten *objectieve beoordeling* en *uniforme toepasbaarheid*. Observaties betreffende veranderingen in het gedrag van de mengsels en hun relatie tot het verloop van de gemeten verwerkbaarheidskarakteristieken zijn derhalve niet meegenomen tijdens deze ontwikkeling. Een aantal analysemethodieken gebaseerd op verschillende gemeten parameters is geëvalueerd en uitgewerkt. De methode gebaseerd op het patroon van de mediaan in het gemeten koppel gedurende een verwerkbaarheidsproef blijkt het meest veelbelovend. De analyse beschouwt de mediaan van het gemeten koppel over een voortschrijdend tijdsinterval van 180 seconden. De mediaan berekend tijdens het eerste interval dient als referentieniveau voor de spreiding. Vervolgens is op basis van het referentieniveau een 95% marge bepaald. Een voortdurende overschrijding van deze marge duidt op de aanwezigheid van een

omslagpunt. De methode beoordeelt op grond van spreiding in de meetgegevens zelf de betrouwbaarheid van de uitgevoerde analyse; goed, matig, slecht.

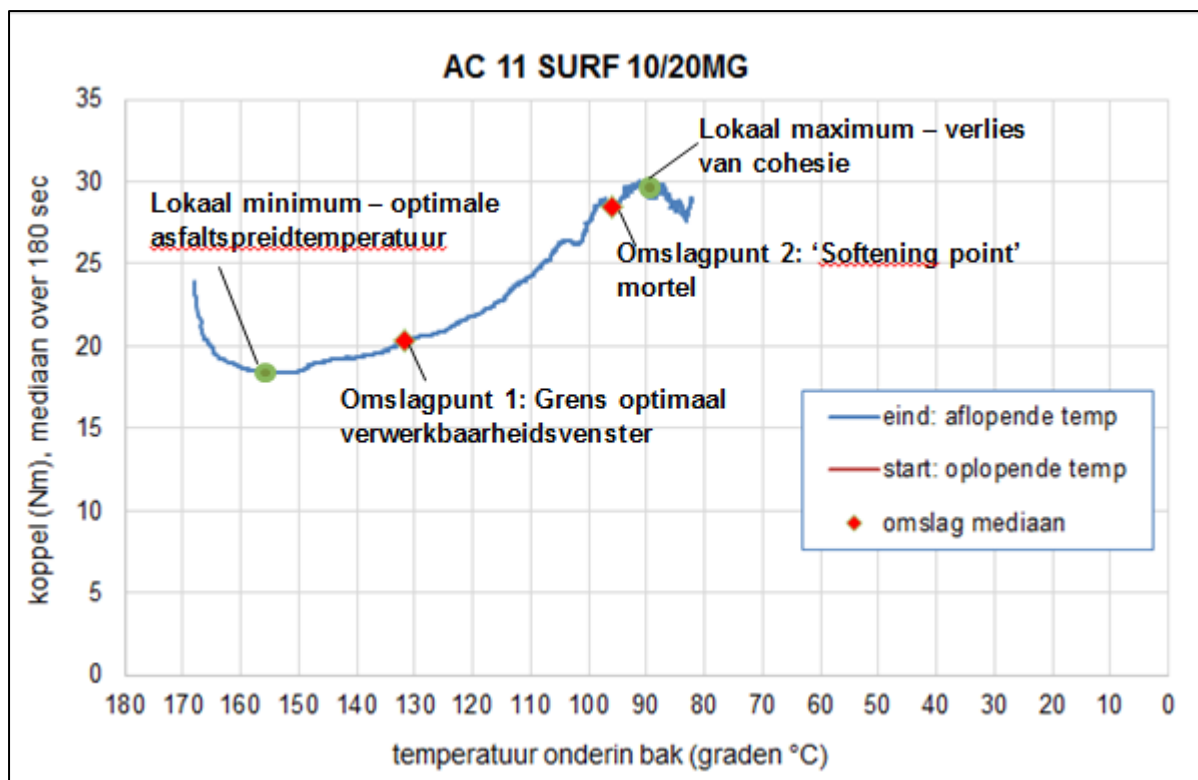
Een belangrijke eigenschap van de mediaanmethode is dat ze de S-vorm van de verwerkbaarheidskarakteristiek erkent en zodoende twee omslagpunten genereert. De corresponderende temperatuur ten tijde van de eerste marge-overschrijding wordt geassocieerd met de grens van het optimale verwerkbaarheidsvenster. Idealiter is bij deze temperatuur het asfalt volledig verwerkt. Dit betekent dat bij het bereiken van deze temperatuur het afwalsen bij voorkeur is afgerond. Hoewel deze grens het meest relevant is voor de toepassing van verwerkbaarheid in de uitvoeringspraktijk toont de verwerkbaarheidskarakteristiek een aantal aanvullende omslag- en buigpunten waaraan informatie over mengselgedrag kan worden ontleent. In figuur 3 en figuur 4 is de meting van het koppel van het AC 11 Surf mengsel met 10/20MG weergegeven tegen respectievelijk de tijd in seconden en de temperatuur in graden Celsius. De rode ruiten geven de omslagpunten in verwerkbaarheid aan. In figuur 4 zijn aanvullend de buigpunten aangegeven met groen gearceerde bolletjes.



Figuur 3: Output analysemethode koppel – tijd (s)

Naast de grens van het optimale verwerkbaarheidsvenster kan in het verloop van de gemeten karakteristieken een drietal punten worden aangewezen die aanvullende informatie leveren over het verwerkbaarheidsgedrag van asfaltmengsels. Het eerste punt is het lokale minimum van de karakteristiek dat zich nog voor de bovengrens bevindt. Dit punt vertegenwoordigt de optimale temperatuur voor asfaltspreiding, omdat het mengsel bij deze temperatuur de minste weerstand levert tegen verwerking. Inbrengen van verdichtingsenergie zal bij deze temperatuur weinig effect hebben. Vanaf het lokale minimum begint de

verwerkbaarheidskarakteristiek te stijgen. Dit betekent dat de weerstand van het mengsel tegen verwerken toeneemt, maar ook het mengsel in dit stadium nog steeds verwerkbaar is. Optimale verdichting wordt derhalve bereikt door vanaf het lokale minimum verdichtingsenergie het asfaltmengsel in te brengen. Ter hoogte van het eerste omslagpunt, ofwel de grens van het optimale verwerkbaarheidsvenster, is de helling van de verwerkbaarheidskarakteristiek toenemend stijgend. Vanaf dit punt wordt de ingebrachte verdichtingsenergie niet meer volledig omgezet in een toename van de mengseldichtheid, maar ook in bijvoorbeeld schade. Het tweede omslagpunt beschrijft in principe het softening point van de mortel. Alle energie die vanaf deze temperatuur in het mengsel wordt gebracht, zal met zekerheid resulteren in schade. In het lokale maximum is het mengsel al haar cohesie verloren.



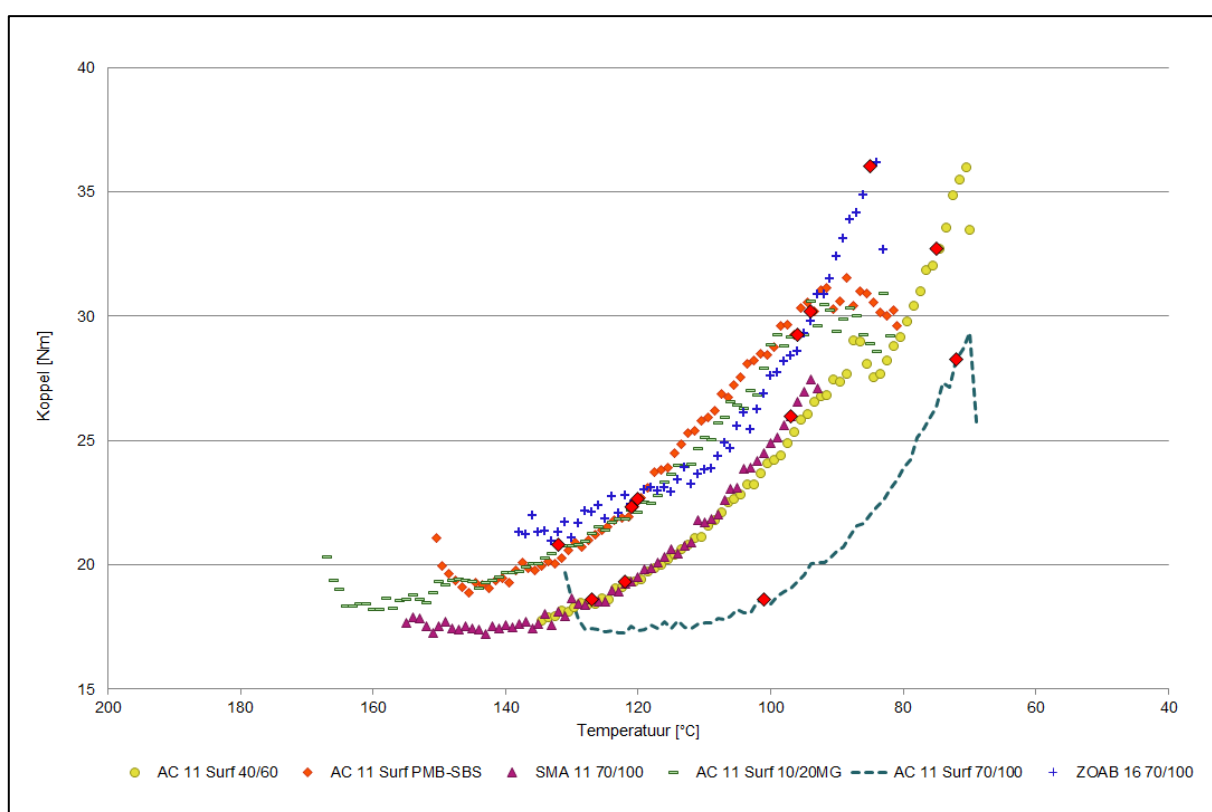
Figuur 4: Output analysemethode koppel – temperatuur met omslagpunten en extremen

2.4 Resultaten

Figuur 5 toont de verwerkbaarheidskarakteristieken bepaald met de aangepaste meetopstelling. Ook deze karakteristieken hebben dezelfde S-vorm, zoals waargenomen in het voorgaande onderzoek uit 2014. Met de analysemethode gebaseerd op de mediaan van het gemeten koppel zijn voor alle beproefde mengsels de twee omslagpunten bepaald. Deze zijn opgenomen in tabel 3 in figuur 5 aangegeven per mengsel aangegeven met rode ruiten.

Tabel 3: Omslagpunten verwerkbaarheidskarakteristieken 2016 en 2014

		GRENS OPTIMAAL VERWERKBAARHEIDSVENSTER	
		2016	2014
Mengseltype	Bindmiddel	[°C]	[°C]
AC 11 Surf	Bitumen 40/60	122	122
AC 11 Surf	Bitumen 70/100	101	114
AC 11 Surf	PMB-SBS	121	149
AC 11 Surf	Bitumen 10/20MG	132	153 ¹
ZOAB 16	Bitumen 70/100	120	113
SMA 11	Bitumen 70/100	127	126



Figuur 5: Verwerkbaarheidskarakteristieken met omslagpunten gemiddeld per graad

Uit de resultaten is op te maken dat ook de verwerkbaarheidskarakteristieken gemeten met het aangepaste prototype hetzelfde S-vormige verloop vertonen als de karakteristieken gemeten in 2014. Ook de gevonden verwerkbaarheidsgrenzen, zijn voornamelijk voor de mengsels met standaard penetratiebitumen in overeenstemming met de metingen uit 2016. Dit onderschrijft het vermoeden dat met de verwerkbaarheidsproef een echte mengseigenschap wordt gemeten. Een lichte verschuiving in de bovengrenzen is waarneembaar voor deze mengsels, maar deze is niet significant in vergelijking met de verschuiving geobserveerd voor de twee AC 11 Surf mengsels met PMB-SBS en de relatief

¹ Dit omslagpunt is van een AC 11 Surf mengsel met bindmiddel EME 15/25

harde penetratiebitumen 10/20MG. De twee meest ‘vatbare’ mengsels voor verandering. De verschoven bovengrenzen van het verwerkbaarheidsvenster houden hoogst waarschijnlijk verband met de geobserveerde afname van de aankoeking aan de wanden van de bak. Doordat het RVS aankoeken van fijn materiaal niet tot nauwelijks toestaat, is de mengarm beter in staat ontmenging te voorkomen. De mengarm schraapt het materiaal afgezet tegen de wanden gemakkelijk terug het mengsel in. De vorming van mortelballetjes en het dof slaan van het asfalt zijn ook om deze reden in een later stadium van de verwerkbaarheidsproeven waargenomen. Verwerkbaarheidsproeven uitgevoerd in de aangepaste opstelling met RVS bak verlangen, als ook de temperatuur bij cohesieverlies gewenst is, een langere doorlooptijd.

Hoewel de aanpassingen aan het prototype het gewenste effect hebben gehad; minder aankoeking en minder ontmenging, kleeft ook aan deze voordelen een klein nadeel. Het mengsel langs de wanden van de bak koelt sneller af dan het asfalt in het midden van de bak. De mengarm brengt dus steeds kouder asfalt bij de warmere bulk. De infraroodsensor boven de bak en de sensor in de mengarm registreren als gevolg hiervan een temperatuurverloop dat veel spreiding vertoont. In de analyse is daarom gebruik gemaakt van het temperatuurverloop zoals gemeten door de sensor in de bodem van de bak. Omdat het asfalt in de bodem van de bak niet volledig wordt gemengd is dit temperatuurverloop echter niet geheel representatief voor de daadwerkelijke afkoeling van het mengsel. Het is een goede benadering. Een aanpassing van de plaatsing van de temperatuursensoren of een isolerende mantel voor de mengkom zijn mogelijke oplossingen die in een vervolgonderzoek het verkennen waard zijn.

3. *Relevantie verwerkbaarheid voor de praktijk*

Vanaf 2008 wordt asfalt in Nederland functioneel gespecificeerd en geleverd met een CE-prestatieverklaring conform de Europese normen voor asfalt. Na bijna acht jaar ervaring met werken met CE-markering is de belangrijkste kritiek op CE-markering voor asfalt dat de eigenschappen op de prestatieverklaring voor de specie van het betreffende mengsel gelden aan de poort van de asfaltcentrale en niet voor het geleverde product in de weg (zie ook de ontwikkelingen ten aanzien van functioneel verifiëren).

Oprachtgevers en wegbeheerders zijn niet zozeer geïnteresseerd in de prestaties die asfaltspecie, onder geïdealiseerde omstandigheden, conform het laboratorium typeonderzoek zou kunnen leveren, maar wel in de daadwerkelijk aantoonbaar geleverde kwaliteit van het asfalt in het werk. Aan de verwerking van het asfalt stellen de Europese normen echter geen eisen.

In de huidige praktijk worden wel eisen gesteld aan de temperatuur van de asfaltspecie bij gebruik van standaard penetratiebitumen (figuur 6). De eisen aan de bovengrens van de specie zijn evident. Immers, een te hoge productietemperatuur kan leiden tot verminderde kwaliteit van het asfalt als gevolg van ‘verbranden’ van het bindmiddel.

De eisen aan de minimumtemperatuur voor asfaltspecie, zoals bijvoorbeeld in de Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen van Rijkswaterstaat [2] opgenomen, hebben echter geen praktische waarde voor de kwaliteit van asfalt. Het gestelde minimum geldt namelijk voor de aflevertemperatuur van de asfaltspecie bij de asfaltcentrale. Dit laatste heeft geen enkele relatie met de temperatuur tijdens de verwerking van de specie en al helemaal niet met de tijdige verdichting van het asfalt tot de referentiedichtheid.

Met de resultaten van de metingen van de verwerkbaarheidskarakteristiek, te beschouwen als een mengseleigenschap, is het mogelijk om voor ieder asfaltmengsel (met penetratie-, harde of gemodificeerde bitumen) de ondergrens voor de temperatuur te bepalen waarbij het mengsel tot de referentiedichtheid moet zijn verdicht. Deze minimumtemperatuur is hiermee een voor de praktijk zeer relevante ondergrens voor de sturing en optimalisatie van het asfaltverwerkingsproces.

Table 29 — Maximum temperature of the mixture		Tabel 8.1 — Begrenzungen mengseltemperatuur	
Paving grade of binder	Maximum temperature °C	penetratie bitumen	Temperatuur °C
20/30	200	20/30	160 tot 200
30/45	195	30/45	155 tot 195
35/50, 40/60	190	35/50, 40/60	150 tot 190
50/70, 70/100	180	50/70, 70/100	140 tot 180
100/150, 160/220	170	100/150, 160/220	130 tot 170
250/330, 330/430	160	250/330, 330/430	120 tot 160

<ul style="list-style-type: none"> ▪ The maximum temperature requirements apply at any place in the plant and shall be declared. ▪ The minimum temperature of the mixture at delivery shall be declared. ▪ When using modified bitumen or hard grade bitumen, additives or premix bitumen, different temperatures may be applicable. These shall then be documented and declared [1]. 	<p>Bij gebruik van penetratiebitumen moeten de mengseltemperaturen voldoen aan tabel 8.1. De genoemde maximale temperatuur mag nergens in de asfaltcentrale worden overschreden; de genoemde minimumtemperatuur geldt bij aflevering [2]</p>
--	--

Figuur 6: Eisen aan temperatuur asfaltspecie

De ontwikkeling van de verwerkbaarheid van asfaltmengsels staat niet op zichzelf, maar heeft een directe relatie met andere ontwikkelingen als ASPARi (afkoelingscurves, temperatuurcontourplots, realtime informatie in de wals etc.) en de invoering van informatiesystemen voor de ondersteuning van de asfaltlogistiek (APEX, WITOS, BPO Asphalt). In de volgende paragrafen wordt toegelicht op welke wijze al direct in de praktijk gebruik gemaakt kan worden van de resultaten van de metingen van de verwerkbaarheid van asfaltmengsels en welke mogelijkheden voor de nabije toekomst nog in het verschiet liggen.

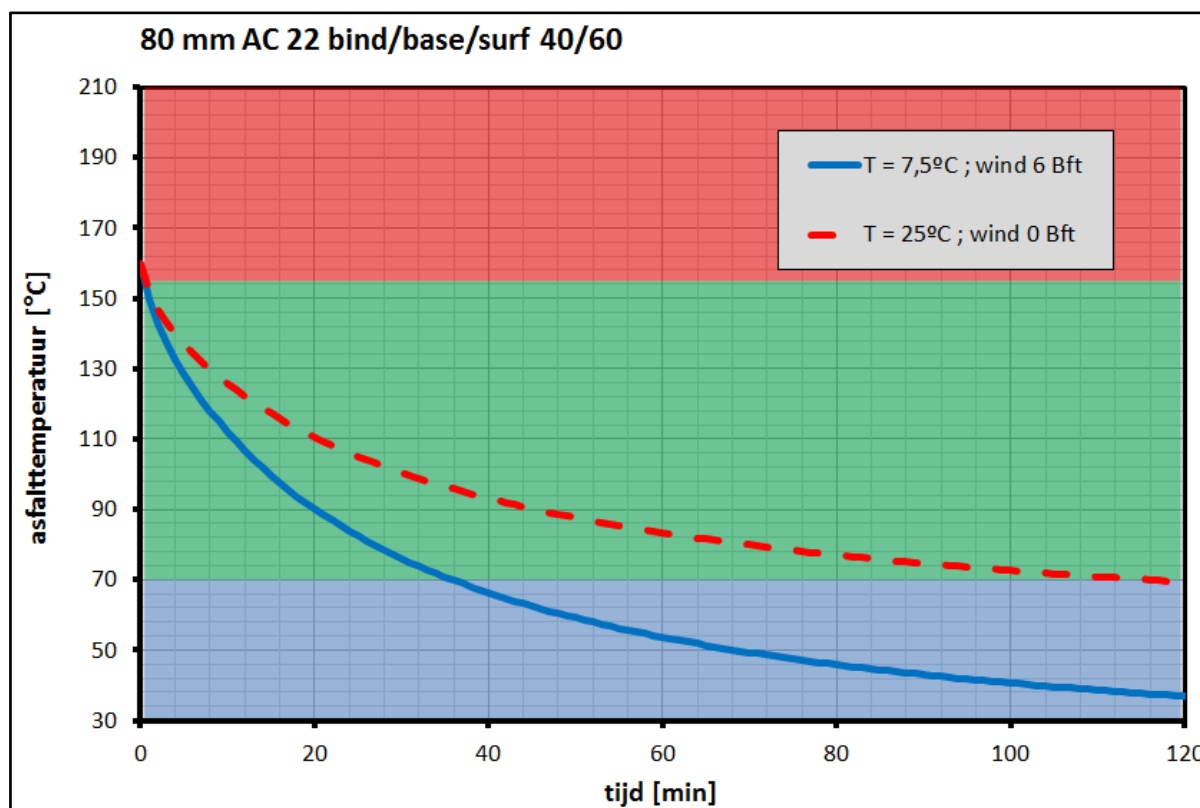
3.1 Toepassing verwerkbaarheidskarakteristiek op korte termijn

Als de verwerkbaarheid van een asfaltmengsel is bepaald, kan voor het mengsel de volgende informatie in de mengselspecificatiedocumenten (bijvoorbeeld in een bijlage bij het Verkort Verslag) de informatie worden opgenomen als getoond in tabel 4.

Tabel 4: specificatie productie en verwerkingstemperatuur

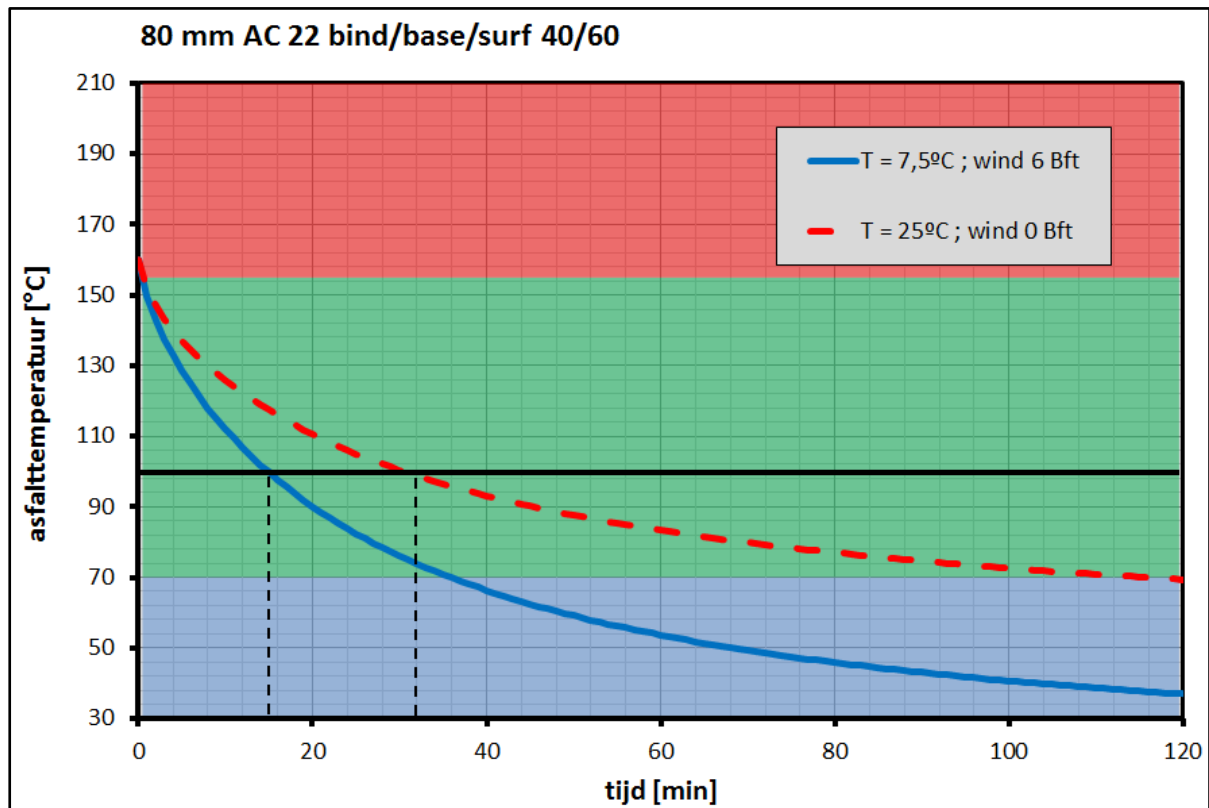
Mengsel	Maximum temperatuur	Minimum temperatuur	Grens Verwerkingstemperatuur
AC 22 Base OL-C	190°C	150°C	100°C

Voor dit mengsel is bepaald dat tijdens de productie de temperatuur nergens in de asfaltcentrale hoger mag zijn dan 190°C en dat de temperatuur bij aflevering bij de asfaltcentrale niet lager mag zijn dan 150°C. Daar wordt nu aan toegevoegd dat het mengsel tot de gewenste dichtheid moet zijn verdicht, voordat het is afgekoeld tot 100°C. Met deze laatste informatie is het nu mogelijk bij de planning en verwerking van een asfaltwerk te anticiperen op de verwachte weersomstandigheden. Figuur 7 toont een voorbeeld van twee zogenaamde afkoelingscurves voor asfaltspecie. Deze afkoelingscurves, zo langzamerhand gemeengoed in het asfaltproces via de ontwikkelingen in ASPARi-verband, geven aan hoe snel het asfalt na aanbrengen op de weg afkoelt in de tijd.



Figuur 7: voorbeeld afkoelingscurves asfalt

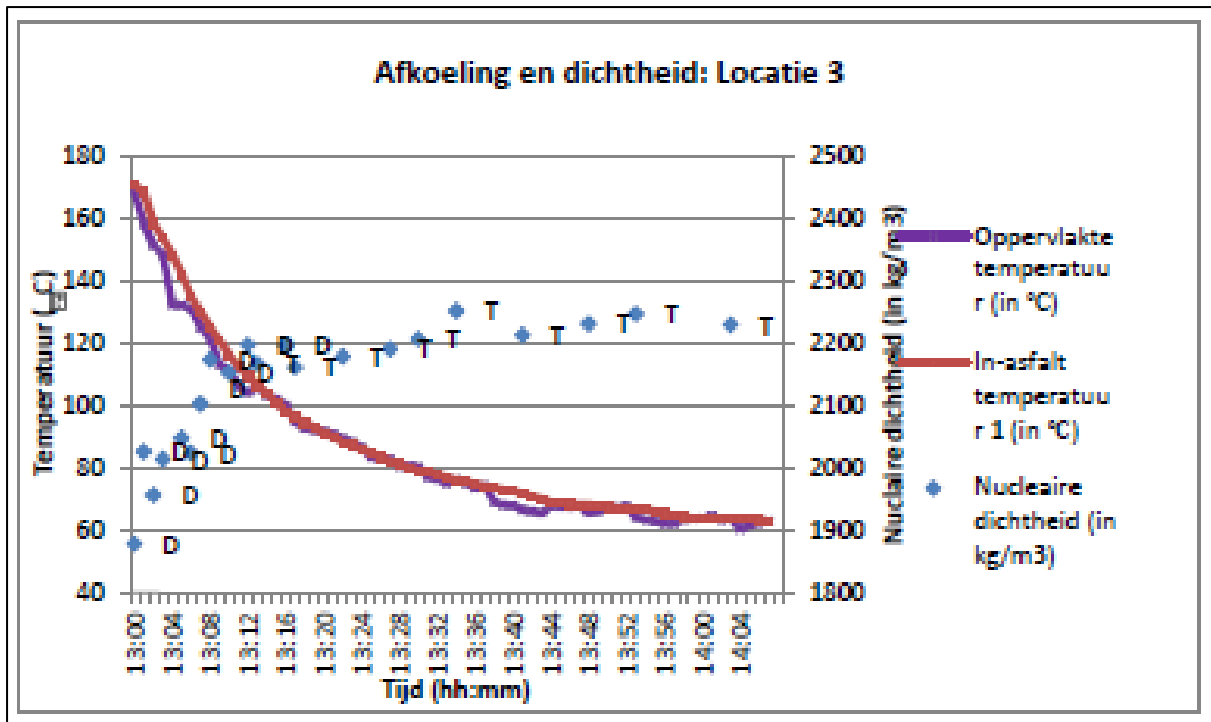
Door nu de ondergrens voor de verwerkingstemperatuur tegen de afkoelingscurves af te zetten, kan worden afgelezen hoeveel tijd beschikbaar is voor de verwerking van het asfalt (figuur 8).



Figuur 8: Bepalen beschikbare verwerkingstijd

Uit figuur 8 kan worden afgelezen dat bij een verwachte buitentemperatuur van 7,5°C met enige wind het asfalt binnen circa 15 minuten moet zijn verdicht tot de gewenste dichtheid. Bij een buitentemperatuur van 25°C, zonder wind, is voor het verdichten van het asfalt circa 30 minuten beschikbaar. Bij de planning van het asfaltwerk kan in het eerste geval worden gekozen om de keuze van aantal en type walsen aan te passen voor de verwachte omstandigheden of er kan door de asfaltploeg in het proces worden geanticipeerd door met het verdichten kort op de asfaltspreidmachine te gaan zitten.

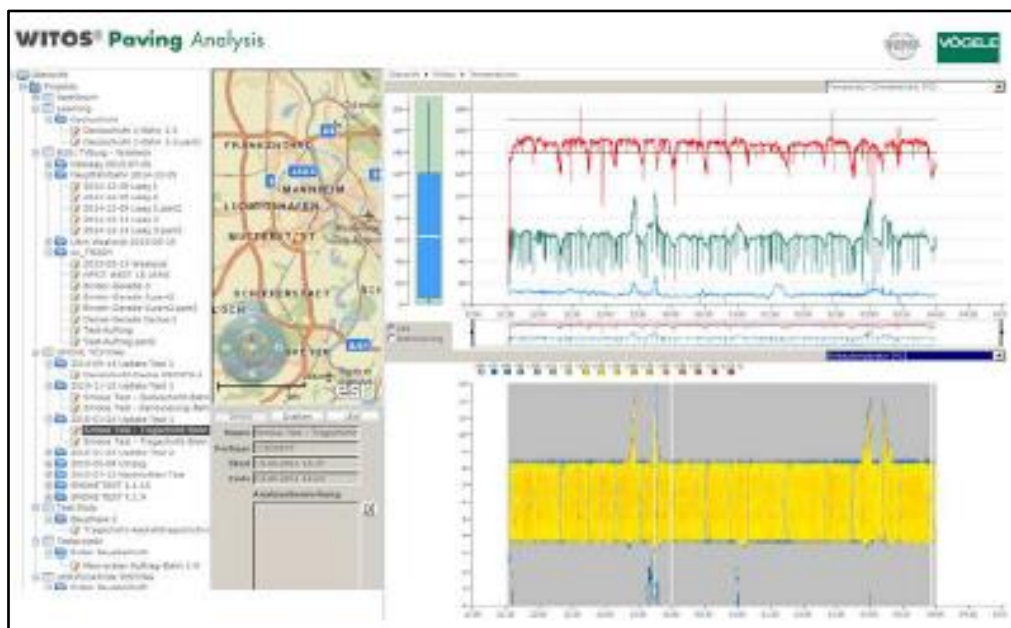
Voor de toepassing in de praktijk is het uiteraard wel van belang dat de in het laboratorium gemeten verwerkbaarheidskarakteristiek in de praktijk wordt gevalideerd. Een belangrijk hulpmiddel hiervoor, het meten van de dichtheidsprogressie van asfalt tijdens de verdichting, is beschikbaar in de ASPARi ‘gereedschapskist’. Figuur 9 toont een voorbeeld van een meting van de dichtheidsprogressie van asfalt.



Figuur 9: voorbeeld meting dichtheidsprogressie asfalt

3.2 Toepassing verwerkbaarheidskarakteristiek op langere termijn

De ontwikkelingen in ASPARi-verband vinden inmiddels ook internationaal navolging. Ten aanzien van de verwerking van asfalt is het besluit van bijvoorbeeld Wirtgen/Vogele om asfaltspreidmachines standaard met een infraroodcamera voor temperatuurmetingen uit te rusten natuurlijk zeer interessant. Het wordt dan mogelijk om standaard inzage te hebben in de temperatuur van het verwerkte asfalt direct achter de spreidmachine en de asfaltploeg kan dan zelf direct anticiperen op het beschikbare temperatuurbeeld. Figuur 10 toont een voorbeeld van een temperatuurcontourplot die door een spreidmachine van Vogele wordt geleverd.



Figuur 10: Temperatuurcontourplot Vogele spreidmachine
 – Van prototype naar praktijk

Een ander Wirtgen-onderdeel, Hamm, werkt aan de ontwikkeling van het zogenaamde HCQ-systeem (HAMM Compaction Quality). De ambitie van HAMM is om alle walsoperators op een werk in real time te voorzien van een gecombineerd beeld van de actuele asfalttemperatuur en het aantal walspassages dat op het asfalt is uitgevoerd. Dit aantal walspassages is in alle walsen gelijk, ongeacht de specifieke wals die een passage heeft uitgevoerd. Als vervolgens een vooraf ingesteld aantal walspassages is verricht wordt dat middels bijvoorbeeld een groen vlak op het beeldscherm in de walsen getoond en kunnen de walsen zich verder verplaatsen. Figuur 11 toont de eerste beelden van het HCQ-systeem.



Figuur 11: beeldscherm HCQ-systeem

Ook ten aanzien van dit aspect van het verwerkingsproces blijkt dat de in 2007 geïnitieerde ontwikkelingen in ASPARi-verband zo langzamerhand vruchten beginnen af te werpen in de vorm van effectieve en efficiënte vernieuwingen in het asfaltverwerkingsproces. Belangrijk voordeel hierbij is dat met de innovatieve meet- en registratietechnieken die hierbij worden gebruikt het resultaat van processen, de productkwaliteit, ook objectief aantoonbaar wordt.

4. Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de veelbelovende resultaten uit het eerste onderzoek naar de verwerkbaarheid van asfaltmengsels is een vervolgonderzoek gestart, waarin conform aanbevelingen aanpassingen zijn gedaan aan het prototype. Deze aanpassingen omvatten onder andere het vervangen van de bak door een nieuw vervaardigde bak uit RVS. De proefresultaten tonen

dat de aanpassingen gedaan aan het Boskalis prototype verwerkbaarheidsmeter hebben geleid tot het gewenste resultaat. De data vertoont minder spreiding en zeer gedefinieerde buig- en omslagpunten die allen bijdragen aan de praktische implementatie van de gemeten verwerkbaarheidskarakteristieken in het asfaltproces. De buig- en omslagpunten zijn bepaald met een voor de verwerkbaarheidsproef ontwikkelde analysemethode. De methode, gebaseerd op spreiding rond de mediaan van het gemeten koppel, is goed in staat met name de omslagpunten te detecteren.

Geconcludeerd kan worden dat de huidige verwerkbaarheidsmeter geoptimaliseerd is ten opzichte van het prototype uit 2014. Alvorens het opbouwen van een database met verwerkbaarheidskarakteristieken kan beginnen, wordt aanbevolen te verkennen of het verplaatsen van de temperatuursensor boven de bak of het toevoegen van een isolerende mantel om de bak de spreiding in temperatuurregistratie verkleind.

Met de resultaten van de metingen van de verwerkbaarheid, te beschouwen als een mengseleigenschap, is het mogelijk om voor ieder asfaltmengsel de ondergrens voor de temperatuur te bepalen waarbij het mengsel tot de gewenste dichtheid moet zijn verdicht. Deze minimumtemperatuur is hierdoor een voor de praktijk zeer relevante parameter voor de sturing en optimalisatie van het asfaltverwerkingsproces.

Voor de praktijktoepassing van de verwerkbaarheid van een mengsel is het van belang dat de in het laboratorium gemeten verwerkbaarheidskarakteristiek wordt gevalideerd. Een belangrijk hulpmiddel hiervoor, het meten van de dichtheidsprogressie van asfalt tijdens de verdichting, is in de ASPARi 'PQi-gereedschapskist' beschikbaar.

5. Geraadpleegde bronnen

- [1] **CEN TC227**; NEN-EN 13108-1 'Bituminous mixtures - Material specifications - Part 1: Asphalt Concrete', 2008
- [2] **Rijkswaterstaat**; Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen, oktober 2014
- [3] **Poeran, N. & Sluer, B.**, Verwerkbaarheid van asfaltmengsels, Boskalis Nederland Infra, CROW Infradagen 2014

Websites

<http://www.thunderbuild.com/producten/apex/>

http://www.volzconsulting.de/index.php?article_id=126

<http://www.voegele.info/en/news-media/press-releases/artikel.28302.php>

<http://www.aspari.nl/>