

# Functioneel verifiëren asfaltverhardingen

Berwich Sluer  
*Boskalis Nederland BV*

Jan Stigter,  
*Boskalis Nederland BV*

## **Samenvatting**

Nederland heeft bij de invoering van CE-markering voor asfalt gekozen voor de functionele benadering voor asfaltbeton. Dit houdt in dat asfalt gespecificeerd en beoordeeld wordt op basis van mechanische eigenschappen die representatief zijn voor het werkelijke gedrag van het materiaal in de weg. Met de invoering de functionele benadering voor CE-markering alleen is Nederland er echter nog niet. Ten eerste gelden de eigenschappen bij CE-markering voor de asfaltspecie die aan de poort van de asfaltproducent wordt geleverd, waarmee niet automatisch geldt dat ook na verwerking in de constructie minimaal dezelfde prestaties worden geleverd. Ten tweede worden de bepalende mengselbestanddelen voor het gedrag van asfalt nog steeds empirisch gespecificeerd, waardoor een asfaltmengsel ondanks de aanwezigheid van deze bestanddelen toch wezenlijk ander gedrag in de verharding kan vertonen dan bij het typeonderzoek is vastgesteld. En ten derde vindt de controle en beoordeling van het verwerkte materiaal in de weg plaats op basis van onderzoeksmethoden die in het oude empirische tijdperk zijn ontwikkeld. Het is na de invoering van de functionele benadering voor CE-markering van asfalt nu tijd om de volgende stap te zetten, namelijk functioneel verifiëren van het geleverde product. Functioneel verifiëren houdt in dat op basis van functionele proeven op het asfalt na verwerking wordt beoordeeld of het geleverde product, binnen nader te stellen toleranties, voldoet aan de specificaties overeenkomstig het typeonderzoek.

In deze paper worden vier verschillende methoden onderscheiden om functioneel te verifiëren, namelijk door middel van het gebruik van correlaties op basis van indicatieve proeven, het gebruik van theoretische voorspellingsmethoden, het gebruik van functionele proeven en de toepassing van niet destructieve in situ meetmethoden. In situ methoden zijn nu nog niet voorhanden en komen verder niet aan bod, maar de overige drie methoden worden beschreven en aanbevelingen voor functioneel verifiëren worden gedaan.

## **Achtergrond**

Nederland heeft bij de invoering van de Europese regelgeving voor asfalt in 2008 gekozen voor de functionele benadering voor asfaltbeton. Het gevolg van deze keuze is dat de laatste jaren ontzettend veel inzicht is verkregen in het gedrag van asfalt en de wijze waarop met dit materiaal moet worden omgegaan bij het ontwerp en de beoordeling van verhardingsconstructies. Vijf jaar na de invoering van CE-markering voor asfalt is het meerjarig onderzoeksprogramma FEC2.0 gestart, waarin onderzocht wordt in welke mate met de gekozen functionele benadering de resultaten van typeonderzoeken in het laboratorium representatief zijn voor de asfalteigenschappen die in de praktijk in het werk worden gerealiseerd. De verwachting is dat de resultaten van dit onderzoek de mate waarin het praktijkgedrag van asfalt door middel van laboratoriumonderzoek voorspeld kan worden nog verder zal vergroten.

Toch zijn er ook een aantal kanttekeningen te plaatsen bij de wijze waarop tot nu toe de functionele benadering van asfalt op Europees niveau is uitgewerkt. Dit betreft met name de wijze van specificeren van de bestanddelen van het asfalt die bepalend zijn voor het mechanisch gedrag ervan en dientengevolge ook de wijze van beoordelen van de gerealiseerde kwaliteit in het werk. Het is nog enigszins begrijpelijk dat op basis van de stand der techniek in 2008 besloten is om bij CE-markering voor asfalt alleen eisen te stellen aan de asfaltspecie tot aan de poort van de asfaltproducent, maar een asfaltverharding beschikt pas over de gewenste eigenschappen nadat het asfalt in de juiste laagdikte op correcte wijze is verwerkt in de verhardingsconstructie. En dan is er onherroepelijk de vraag hoe nu de afnemer van het asfalt ervan verzekerd is dat het geleverde product ook echt over de eigenschappen beschikt die op de verstrekte mengselinformatiedocumenten zijn verklaard.

## **Typeonderzoek en asfalt in het werk**

In een typeonderzoek van asfalt worden nu de volgende eigenschappen bepaald om het materiaal (asfaltbeton) te karakteriseren: stijfheidsmodulus, vermoeiingsweerstand, vervormingsweerstand en watergevoeligheid op basis van splijtsterkte.

Hoewel er uiteraard nog altijd wat te wensen valt, levert deze set van asfalteigenschappen een redelijk betrouwbaar beeld van daadwerkelijke prestaties die van het materiaal verwacht mogen worden bij toepassing in een verhardingsconstructie in de praktijk. Belangrijk hierbij is dat de door de asfaltproducent verklaarde eigenschappen van een asfaltmengsel onlosmakelijk verbonden zijn met de doelsamenstelling ervan en de dichtheid van het mengsel in de proefstukken waarop het typeonderzoek is uitgevoerd. Er wordt nu immers nog vanuit gegaan dat de functionele eigenschappen van een asfaltmengsel bepaald worden door de (streef)dichtheid van de proefstukken en de (doel)samenstelling van het mengsel.

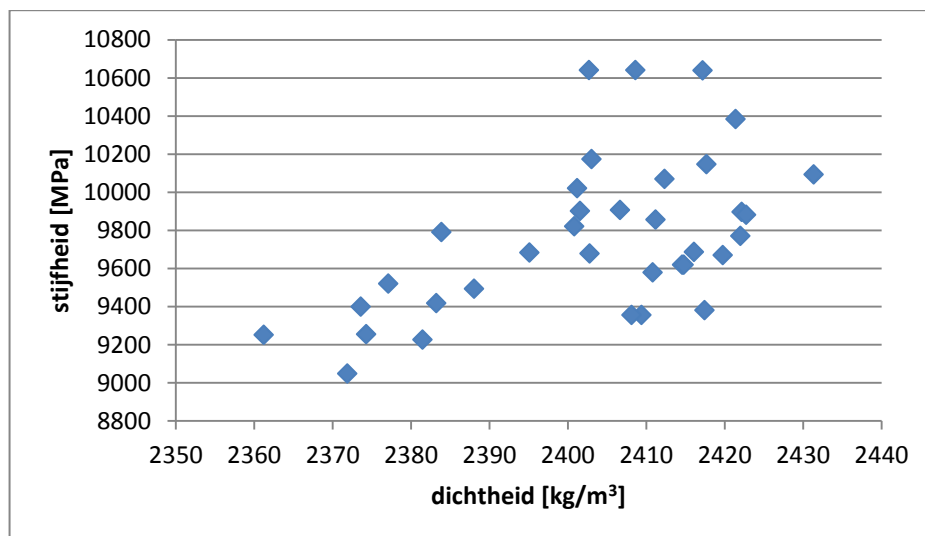
Na bijna zes jaar ervaring met het werken met functionele eigenschappen van asfalt is echter ook vast komen te staan dat de eigenschappen van de samenstellende bouwstoffen (bitumen, vulstof asfaltgranulaat, additieven etc.), wellicht nog meer dan de samenstelling en dichtheid, de functionele eigenschappen van het asfalt bepalen [1]. En hier begint langzaam in de praktijk in contractrelaties tussen opdrachtgevers en opdrachtnemers de schoen te wringen. De keuze en aankoop van asfalt vindt plaats op basis van de eigenschappen die door de producent in concreto zijn verklaard voor de specie, maar de controle van het verwerkte asfaltbeton in het werk wordt nog steeds uitgevoerd op basis van laagdikte, holle ruimte/verdichtingsgraad en samenstelling (korrelverdeling en bitumengehalte).

Maar is dit (nog) de juiste weg?

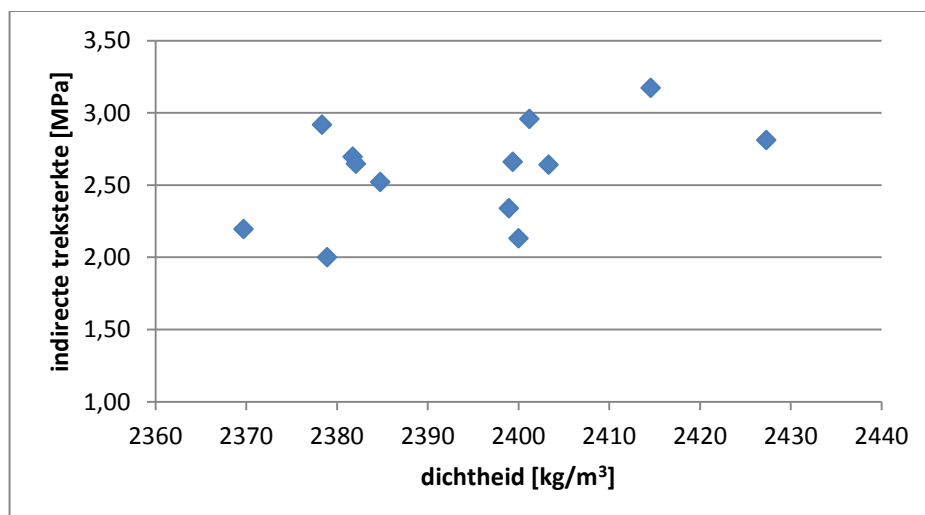
### Relatie samenstelling, dichtheid/holle ruimte en functionele eigenschappen

Onderzoek in het kader van CIENA [2] om inzicht te krijgen in de mate waarin de functionele eigenschappen van asfaltmengsels worden beïnvloed door variaties in samenstelling en dichtheid tot buiten de toleranties heeft uitgewezen dat deze beide parameters op basis van die specifieke onderzoeksresultaten helemaal niet zo bepalend zijn voor de functionele eigenschappen van het asfalt. Wat zegt dit dan over de betrouwbaarheid van de uitspraken die worden gedaan over de kwaliteit van verwerkt asfalt als de controle alleen plaats vindt op basis van de beoordeling van samenstelling en dichtheid/verdichtingsgraad/holle ruimte? Is het wel terecht om verwerkt asfalt af te keuren enkel omdat er afwijkingen zijn in de samenstelling of omdat de dichtheid, holle ruimte of verdichtingsgraad afwijkt van de richtlijnen die in het empirische tijdperk zijn vastgesteld?

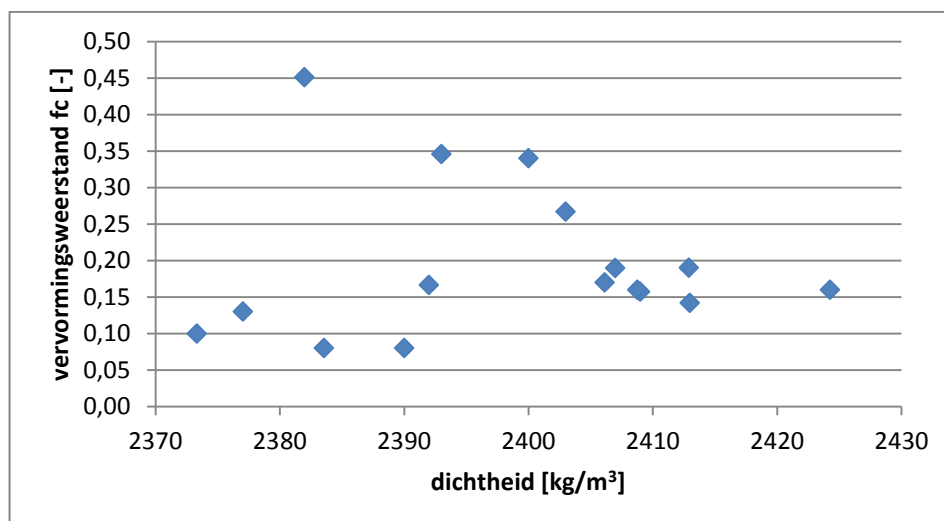
Momenteel loopt het eerder genoemde FEC2.0 onderzoek. Als er al twijfel was over de voorspellende waarde van de dichtheid/verdichtingsgraad/holle ruimte van een mengsel voor de functionele eigenschappen daarvan, dan roepen de gepresenteerde 'relaties' in figuur 1 t/m 3, gebaseerd op data van FEC2.0, andermaal de vraag op of de kwaliteit van verwerkt asfalt wel (alleen) aan de hand van deze parameters kan worden beoordeeld.



Figuur 1: Voorbeeld resultaten van stijfheidsmodulus tegen dichtheid



Figuur 2: Voorbeeld resultaten van indirecte treksterkte tegen dichtheid



Figuur 3: Voorbeeld resultaten van vervormingsweerstand tegen dichtheid

Op basis van de onderzoeksresultaten die in de drie figuren zijn getoond mag toch wel voorzichtig worden geconcludeerd dat er vrijwel geen relatie te zien is tussen de dichtheid (en daarmee ook holle ruimte of verdichtingsgraad) en de functionele eigenschappen van het asfalt.

### Eigenschappen samenstellende delen van asfalt

Zoals eerder reeds gesteld is na ruim vijf jaar op grote schaal werken met functionele eigenschappen van asfalt vast komen te staan dat naast de samenstelling en de dichtheid van een mengsel, vooral de (functionele) eigenschappen van de samenstellende delen van het asfalt het gedrag van het mengsel in de praktijk bepalen. Toch wordt bij de beoordeling van de kwaliteit van het geleverde product asfalt in een werk niet gekeken naar eigenschappen die daadwerkelijk inzicht geven of de functionele eigenschappen minimaal gelijkwaardig zijn aan de vereiste prestaties conform het verhardingsontwerp.

In de NEN-EN 13108-20 [3] en de Standaard RAW-Bepalingen 2010, proef 62 [4] zijn criteria beschreven voor situaties waarin een wijziging in de samenstellende delen van asfalt leidt tot de noodzaak voor het uitvoeren van een nieuw typeonderzoek. Andersom geredeneerd, in het licht van deze paper, is in de beide documenten beschreven onder welke omstandigheden een typeonderzoek nog geldig is, ondanks een wijziging of variatie in de eigenschappen van de samenstellende delen. Een typeonderzoek is geldig zolang:

- Bitumentype en bitumengrade gelijk zijn
- Het mineralogisch type, voor Nederland merk en grondstoffen, van vulstof gelijk is/zijn
- Het petrografisch type van steenslag gelijk is
- De samenstelling van eventueel toegepast asfaltgranulaat binnen gestelde toleranties gelijk is en de hoeveelheid asfaltgranulaat binnen gestelde grenzen gelijk is
- Toegepaste additieven gelijk zijn.

Het is opvallend dat uit onderzoek blijkt dat de eigenschappen van de samenstellende delen in grote mate de eigenschappen van het asfalt bepalen, maar dat bij de controle van het geleverde product in het werk er helemaal geen onderzoek wordt gedaan naar de functionele eigenschappen van het geleverde asfalt.

Bepalende bestanddelen voor het gedrag van asfalt worden momenteel in de Europese normen onvoldoende of onjuist gespecificeerd, waardoor de samenstelling en dichtheid van

een mengsel (nog) binnen de tolerantie van de doelsamenstelling van het typeonderzoek kunnen vallen, maar waarbij de werkelijke functionele eigenschappen van typeonderzoek en materiaal in het werk mijlenver uit elkaar kunnen liggen.

Volgens de huidige regels staat het een asfaltproducent vrij om paraffinische en naftenische penetratiebitumen uit te wisselen in een werk op basis van een enkel typeonderzoek met slechts één van de twee bitumina. Er wordt vanuit de regelgeving nu nog vanuit gegaan dat de asfaltmengseleigenschappen van de geleverde asfaltmengsels gelijk zijn.

Als de samenstelling van een composietvulstof verandert vanwege wijzigingen in de beschikbaarheid van de grondstoffen van die vulstof, dan moeten volgens de regels alle typeonderzoeken van het asfalt met die vulstof opnieuw worden uitgevoerd. Het is maar de vraag of dit ook echt nodig is als aangetoond kan worden dat een wijziging in de samenstelling of grondstoffen in een vulstof geen consequenties heeft voor het functioneel gedrag van het asfalt.

Voor asfaltgranulaat is de penetratie van het teruggewonnen bindmiddel een leidende parameter om het materiaal te karakteriseren. Volgens de huidige Nederlandse regels kan, zolang de penetratie van het teruggewonnen bindmiddel gelijk is, granulaat van bijvoorbeeld polymeer gemodificeerd asfalt vrijelijk worden uitgewisseld met asfaltgranulaat met penetratiebitumen.

Bovenstaande voorbeelden tonen aan dat bij de keuze voor de functionele benadering voor het specificeren en beoordelen van asfalt ook de eigenschappen van de samenstellende delen functioneel gekarakteriseerd moeten worden om de doelmatigheid en veiligheid van de uiteindelijk te realiseren verhardingsconstructies te borgen.

In een recent gestarte taakgroep Bitumen slaan de Vakgroep Bitumineuze Werken (VBW) en de bitumenindustrie de handen ineen om het functioneel specificeren van bitumen ter hand te nemen.

Evenzo hebben in een recent gestarte taakgroep Vulstof de VBW en de vulstofleveranciers de handen ineen geslagen om het functioneel specificeren van vulstof ter hand te nemen. Maar ook van asfalt granulaat moeten wellicht functionele parameters worden bepaald om de invloed van wijzigingen in het granulaat op de eigenschappen van het asfalt beter te beheersen.

Feit is dat er meer dan voldoende aanwijzingen zijn dat een bij controle vastgestelde asfaltsamenstelling en dichtheid/holle ruimte/verdichtingsgraad geen enkele zekerheid bieden dat het geleverde asfalt daadwerkelijk de vereiste prestaties kan leveren.

### **Onvrede bij opdrachtgevers**

Opdrachtgevers uiten tegenwoordig steeds vaker twijfels of het geleverde asfalt wel over de eigenschappen beschikt conform de aangeleverde CE-markeringsinformatie en het Verkort Verslag. Men heeft het gevoel grip te verliezen op de kwaliteit van de prestaties van de aannemerij, waarbij met name de kwaliteit van geleverde producten als asfalt punt van discussie is.

Op verschillende manieren wordt geprobeerd de grip weer enigszins terug te krijgen. Zo is in CROW-verband het initiatief geweest om een handboek 'Best Practices' samen te stellen, waarin door de aannemerij onder meer zou moeten worden vastgelegd hoe op aantoonbare en verifieerbare wijze 'goed asfalt' gerealiseerd wordt.

Een ander, wat abstracter, initiatief is de ontwikkeling en toepassing van een ‘EMVI-performance meter’, waarmee de prestaties van de aannemer verbeterd zouden moeten worden. Deze twee initiatieven richten zich nog op het aan de voorzijde verbeteren van de prestaties van een aannemer. Een derde initiatief, dat absoluut niet meer past in de huidige Nederlandse praktijk, is de toepassing van een repressief kortingsregelingsysteem dat door KOAC-NPC uit de volledig empirisch gebaseerde Belgische wegenbouwpraktijk, waar het vertrouwen tussen opdrachtnemers en opdrachtgevers relatief gering is, is overgenomen. Deze ontwikkelingen roepen de vraag op waarom verbeteringen niet eerst aan de basis worden gezocht, te beginnen bij het beter waarborgen dat de vereiste en gerealiseerde eigenschappen of prestaties van materialen als asfalt met elkaar in overeenstemming zijn.

### **Functioneel verifiëren**

Het is hoog tijd om in navolging van de keuze om asfalt functioneel te specificeren nu ook de volgende stap te zetten en over te gaan tot het functioneel verifiëren van asfalt. Met functioneel verifiëren wordt bedoeld dat ook de controle van de eigenschappen en prestaties van het verwerkte product asfalt wordt uitgevoerd aan de hand van methoden en technieken die over deze eigenschappen en prestaties betrouwbare informatie opleveren.

Er zijn vier verschillende methoden te onderscheiden om functioneel te verifiëren, namelijk:

1. Het gebruik van correlaties op basis van indicatieve proeven
2. Het gebruik van theoretische voorspellingsmethoden
3. Het gebruik van functionele proeven
4. Het gebruik van in situ meetmethoden .

Criteria voor correlaties op basis van indicatieve proeven:

- De proef moet bij voorkeur met meerdere functionele eigenschappen van asfalt een betrouwbare (cor)relatie vertonen
- De proef moet eenvoudig en snel zijn uit te voeren
- Uitvoering op kernen uit de weg

Criteria of theoretische voorspellingsformules:

- Voorspellingskracht voor werkelijke eigenschappen op basis van (volumetrische) samenstelling en dichtheid
- Betrouwbaarheid en gevoeligheid van (cor)relaties voor variaties in samenstelling

Criteria voor het gebruik van functionele proeven:

- Uitvoering op kernen uit de weg
- Tijdsduur voor besterven en beproeven
- Reproduceerbaarheid en herhaalbaarheid
- Voorspellingskracht voor werkelijke eigenschappen

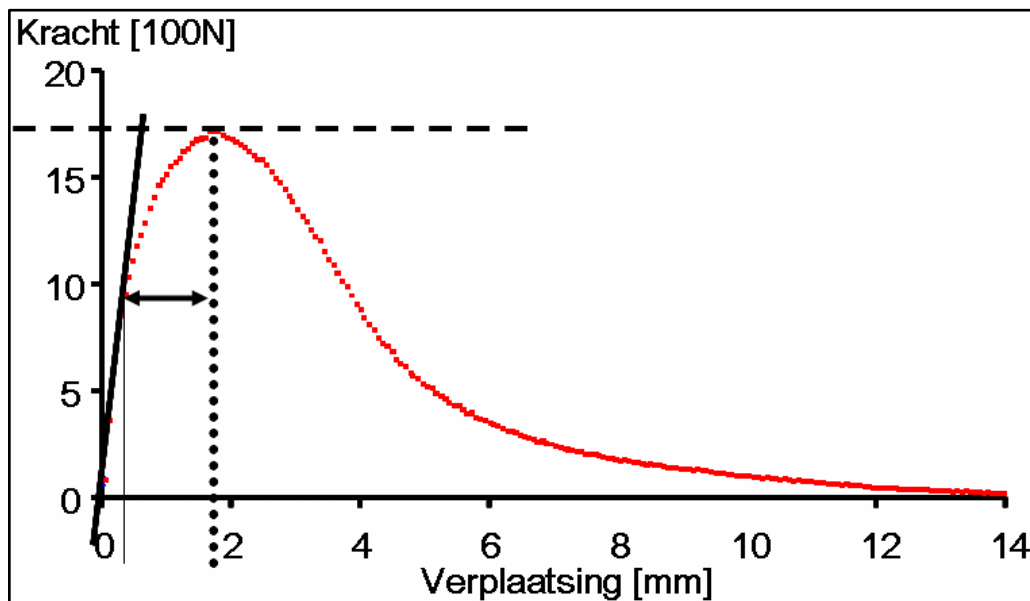
In de navolgende paragrafen wordt op alle drie genoemde methoden nader ingegaan. Het gebruik van in situ methoden voor de beoordeling van functionele eigenschappen komt in het vervolg niet aan de orde, omdat er nog geen geschikte proeven beschikbaar zijn.

### **Indicatieve proeven voor functioneel verifiëren**

Een mogelijk voorbeeld van indicatieve proef die bij het functioneel verifiëren kan worden gebruikt is de indirecte trekproef. In [5] is over de proef het volgende geschreven:

*De indirecte trekproef wordt hier als voorbeeld uitgebreider aan de orde gesteld als indicatieve proef. Daarbij is van belang welke informatie uit de proefresultaten van deze*

eenvoudige proef valt te halen. In figuur 4 is het verloop van een indirecte trekproef grafisch weergegeven.



Figuur 4: Voorbeeld resultaat indirecte trekproef

Hieronder volgen een aantal indicaties c.q. mogelijkheden van interpretatie van proefresultaten. Deze indicaties zijn kwalitatief.

- Is het materiaal te slap (breekt bij kleine kracht), dan zal het een geringe weerstand tegen deformatie hebben. Is het sterk, dan is niet gezegd hoe goed deze weerstand is. In figuur 4 is de sterkte van het materiaal 1700 N.
- Uit dezelfde proef kan ook een indicatie voor de stijfheid van het mengsel verkregen worden. Deze indicatie volgt uit de helling aan het begin van de kracht-verplaatsingscurve. In figuur 4 is dat de helling van de lijn door de oorsprong. Is deze helling groot (veel kracht nodig voor een kleine verplaatsing), dan is de stijfheid hoog. Hoe groot precies kan pas vastgesteld worden in de vierpuntsbuigopstelling.
- Een indicatie voor de vervormingsgevoeligheid wordt gegeven door de verplaatsing tussen het moment dat de lijn met bovenbedoelde helling groter wordt dan de kracht en het moment van het halen van het maximum. In figuur 4 is deze verplaatsing aangegeven met de liggende horizontale pijl.
- Bovendien kan uit de proef het oppervlak bepaald worden van het gebied onder de curven en tot het maximum van die curve. Is dit oppervlak groot (groter) dan is er een goede kans dat de vermoeiingslevensduur lang (langer) is.

Over de betrouwbaarheid van deze beschrijving wordt in deze paper geen uitspraken gedaan, omdat het toepassen van de indirecte trekproef als indicatieve proef voor functioneel verifiëren nog veel nader onderzoek vereist. Ondanks dit voorbeeld ligt het niet voor de hand om de toepassing van indicatieve proeven voor functioneel verifiëren een hoge prioriteit toe te kennen.

### Theoretische voorspellingsmethode voor functioneel verifiëren

De toepassing van betrouwbare theoretische voorspellingsmethoden voor de beoordeling van functionele eigenschappen van een asfaltmengsel lijkt veel interessanter. Voorwaarde hierbij is uiteraard dat het voorspellingsmodel, naast betrouwbaar, ook voldoende gevoelig moet zijn

voor variaties in de samenstelling en eigenschappen van asfaltmengsels en de bouwstoffen daarin.

In 2010 is bij BAM Wegen door Mohan [6] gewerkt aan de doorontwikkeling van een bestaand voorspellingsmodel. De belangrijkste verbetering van dit model betrof het vervangen van de penetratie van het bindmiddel als belangrijke voorspellende parameter door de gemeten dynamische bitumenstijfheid. In het navolgende zijn enkele van de resultaten uit [6] ter illustratie van de mogelijkheden van theoretische voorspellingsmodellen beschreven.

Het model start met de berekening van de volumetrische samenstelling van een asfaltmengsel, die de basis vormt voor de voorspelling van de functionele eigenschappen. Tabel 1 en 2 tonen voor twee mengsels de berekende volumetrische samenstellingen. In deze tabellen staat 'samenstelling' voor de berekende volumetrische samenstelling, 'BAM' voor de gemeten volumetrische samenstelling en 'Prado' voor de berekende volumetrische samenstelling volgens het Belgische mengselontwerpsysteem PRADO.

Tabel 1: voorbeeld (typetest A) voorspelling volumetrische samenstelling

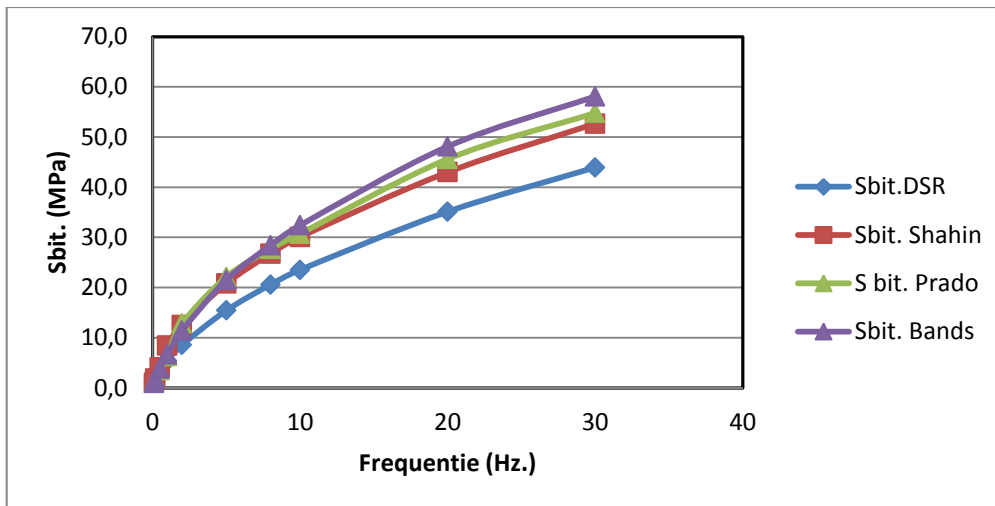
Component	Samenstelling	BAM	Prado
Va (%)	3,6	2,1	2,1
Vb (%)	13,1	13,1	15,5
Vg (%)	83,4	83,4	82,5
VFB (%)	78,2	86,4	88,0
Dichtheid mengsel (kg/m <sup>3</sup> )	2423	2384	2388

Tabel 2: voorbeeld (typetest B) voorspelling volumetrische samenstelling

Component	Samenstelling	BAM	Prado
Va (%)	4,3	4,1	4,1
Vb (%)	10,5	10,5	11,2
Vg (%)	85,31	85,31	84,7
VFB (%)	70,8	72,0	73,2
Dichtheid mengsel (kg/m <sup>3</sup> )	2461	2455	2452

Figuur 5 toont de resultaten van de voorspelling van de bitumenstijfheid op basis van de empirische eigenschappen als de Penetratie en de met de Dynamic Shear Rheometer (DSR) gemeten bitumenstijfheid. Uit de figuur blijkt dat drie gehanteerde voorspellingsmethoden de bitumenstijfheid overschatten, vergeleken bij de gemeten bitumenstijfheid  $S_{bit,DSR}$ . Voor de voorspelling van de functionele eigenschappen is in [6] verder dan ook uitgegaan van de gemeten bitumenstijfheid in plaats van de voorspelde waarden.





Figuur 5: Sbit-waarden bij 20°C bitumen 40/60

In tabel 3 zijn de resultaten opgenomen van de voorspelling van de stijfheidsmoduli van asfalt vervaardigd met verschillende bitumengrades. Het verschil in stijfheid van de twee mengsels met 40/60 bitumen is het gevolg van de toepassing van asfaltgranulaat in het ene mengsel, terwijl het andere uit enkel nieuwe materialen bestaat.

De voorspelling van de stijfheid van een asfaltmengsel conform de methodiek in [6] blijkt zeer veelbelovende resultaten op te leveren. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de voor betrouwbare voorspellingen de glasmodulus ( $G_{\infty}$ -waarde) van de bitumen als invoerwaarde bekend moet zijn.

In het onderzoek zijn, afhankelijk van het type bitumen, de volgende waarden aangehouden voor de glasmodulus:

Bitumen 70/100 : 330 MPa  
 Bitumen 40/60 : 450 MPa  
 Bitumen 1/10 : 830 MPa

Tabel 3: Berekende  $S_{mix}$  waarden bij verschillende  $G_{\infty}$ -waarden en 20°C, 8Hz

Type test	Bitumen	Voorspellingen $S_{mix}$				$S_{mix}$ 4pb,BAM
		$G_{\infty} = 1000$	$G_{\infty} = 750$	$G_{\infty} = 500$	$G_{\infty} = 250$	
		$S_{mix}$ (MPa)	$S_{mix}$ (MPa)	$S_{mix}$ (MPa)	$S_{mix}$ (MPa)	
TT 78	40/60	4162	4936	<b>6214</b>	8960	6528
TT 56	40/60	7649	8855	<b>10752</b>	14493	11175
TT 76	70/100	2774	3334	4274	6357	5492
AC 1/10	1/10	<b>16068</b>	18102	21197	27009	17906

In tabel 4 zijn de resultaten opgenomen van de voorspelling van de rek bij 1 miljoen lastherhalingen ( $\epsilon_6$ ) voor 23 asfaltmengsels. Voor deze mengsels zijn tevens de  $\epsilon_6$ -waarden die in de desbetreffende typeonderzoeken door BAM Wegen zijn gemeten weergegeven. De afwijkingen tussen de voorspelde en gemeten waarden zijn in het algemeen uitermate laag, waarmee ook voor vermoeding kan worden geconcludeerd dat de gehanteerde voorspellingsmethode zeer veelbelovend is.

Tabel 4: Vergelijking  $\varepsilon_6$  waarden

Type test	$\varepsilon_6$ voorspeld	$\varepsilon_6$ BAM	Afwijking (%)
TT12	122	116	-5
TT13	123	121	-2
TT14	121	102	-18
TT24	119	107	-11
TT28	131	121	-9
TT29	119	104	-14
TT34	121	126	4
TT41	119	117	-2
TT42	120	128	6
TT65	123	114	-7
TT78	129	127	-2
TT02	92	84	-9
TT03	90	79	-14
TT55	93	96	3
TT56	91	94	3
TT112	98	101	3
TT16	128	127	-1
TT37	124	132	6
TT43	135	127	-6
TT35	128	140	9
TT76	119	127	7
TT85	124	133	7
AC 1/10	127	113	-12

Tabel 5: Vergelijking voorspelde en gemeten kruipfactoren

Test	fc berekend	fc BAM	Afwijking (%)
TT24	0.44	0.23	-91
TT28	0.82	1.06	23
TT29	0.39	0.24	-63
TT34	0.3	0.2	-50
TT41	0.3	0.3	0
TT42	0.37	0.23	-61
TT65	0.56	0.69	19
TT78	0.59	0.65	9
TT37	0.75	0.24	-213
TT76	0.56	0.34	-65
TT85	0.71	1.23	42
TT55	0.24	0.11	-118
TT56	0.32	0.27	-19
TT112	0.19	0.1	-90
AC 1/10	0.16	0.17	6

In tabel 5 zijn tenslotte de resultaten van de voorspelling van de vervormingsweerstand weergegeven. Uit de getoonde afwijkingen tussen voorspelde en gemeten waarde blijkt dat hier nog werk verzet moet worden.

De belangrijkste oorzaak voor de grote verschillen tussen voorspelde en gemeten waarden is evident. De oorspronkelijke voorspellingsrelaties zijn namelijk niet bedoeld geweest om de vervormingsweerstand, gemeten met de triaxiaalopstelling, te voorspellen, waardoor eerst nader onderzoek nodig is om de modelparameters en wellicht zelfs de formules zelf te valideren voor deze proefopstelling.

Met de in deze paragraaf beschreven resultaten van onderzoek naar de mate waarin de functionele eigenschappen van asfalt kunnen worden voorspeld, is aangetoond dat dit een zeer interessante route kan zijn voor de wegenbouwpraktijk om gerealiseerde asfalteigenschappen functioneel te verifiëren. Als de voorspellingsrelaties met voldoende betrouwbaarheid de functionele eigenschappen van asfalt kunnen voorspellen op basis van de samenstelling en bindmideleigenschappen, dan is een krachtig instrument voorhanden om te bepalen of gerealiseerd werk binnen nader te stellen toleranties aan de eisen voldoet. Pas als de voorspelde waarden buiten de gestelde eisen vallen kan besloten worden tot het uitvoeren van functionele proeven voor het gedetailleerd verifiëren van het gerealiseerd werk.

### **Functionele proeven voor functioneel verifiëren**

Momenteel worden asfalt gespecificeerd door middel van functionele eigenschappen, die door middel van een typeonderzoek vooraf moeten worden bepaald. De eigenschappen in het typeonderzoek worden als valide beschouwd voor een mengsel met een corresponderende identieke doelsamenstelling en dichtheid als het mengsel in het typeonderzoek. De factory production control (FPC) moet borgen dat inderdaad een, binnen gestelde toleranties, gelijke samenstelling als de doelsamenstelling wordt geproduceerd en geleverd. Maar aan de poort van de asfaltcentrale houdt CE-markering nu op, terwijl de uiteindelijke eigenschappen van het asfalt pas aan de hand van het verwerkte product kunnen worden aangetoond. Het is daarom wenselijk dat de eigenschappen van het asfalt ook op materiaal uit het werk kunnen bepaald, zodat het geleverd product ook functioneel kan worden geverifieerd. Hiervoor moeten wel geschikte proeven beschikbaar zijn c.q. worden ontwikkeld. De belangrijkste voorwaarden voor deze proeven zijn:

- De eigenschappen moeten aan cilindrische proefstukken (boorkernen) kunnen worden bepaald
- De tijdsduur tussen verwerking van het asfalt en uitvoering van de functionele proeven moet minimaal zijn. Hierbij moet op voorhand in acht worden genomen dat in de regel de eigenschappen van het asfalt in een typeonderzoek pas in de periode van vier tot acht weken na productie van de proefplaten (verwerking) worden bepaald.

Functioneel verifiëren van verwerkt asfalt c.q. een aangelegde asfaltconstructie kan op basis van de huidige beschikbare proeven op basis van de volgende eigenschappen worden uitgevoerd:

- Samenstelling
- Dichtheid
- Indirecte treksterkte (ITS,direct)
- Stijfheidsmodulus(  $S_{mix}$ )
- Weerstand tegen vermoeiing
- Weerstand tegen spoorvorming (fc).

De samenstelling en dichtheid van het verwerkt asfalt kunnen direct worden gecontroleerd aan de eisen voor het werk conform het contract of het verhardingsontwerp. Deze eigenschappen zijn van belang om de condities voor de functionele beoordeling van de gerealiseerde eigenschappen te bepalen.

#### *Indirecte treksterkte*

De indirecte treksterkte is een maat voor de sterkte van het asfalt en wordt bepaald door middel van de statische slijtproef. Deze parameter wordt bij een standaard typeonderzoek ook gemeten bij de bepaling van de watergevoeligheid.

De condities voor de indirecte trekproef zijn gelijk aan de condities die worden gehanteerd bij het bepalen van de watergevoeligheid in het typeonderzoek. Hiermee is er voor het materiaal uit het werk een referentie beschikbaar.

De proef wordt uitgevoerd op cilindervormige proefstukken en boorkernen uit de weg zijn daarmee geschikt voor deze proef. Een nadeel is dat voor deze proef een bestervingstijd (periode direct na verwerking waarin de eigenschappen van het asfalt zich ontwikkelen) in de praktijk wordt aangehouden, waardoor het altijd minimaal twee weken na verwerking van asfalt duurt, voordat de proef kan worden uitgevoerd.

#### *Stijfheidsmodulus*

De stijfheidsmodulus is een maat voor het draagvermogen van het asfalt en wordt in het typeonderzoek bepaald door middel van vierpunts-buigproeven. De stijfheidsmodulus kan voor functioneel verifiëren worden bepaald door middel van de dynamische slijtproef op cilindervormige proefstukken. Boorkernen uit de weg zijn hierdoor geschikt voor de uitvoering van deze proef. Uit onderzoek is gebleken dat de stijfheid van asfalt bepaald met de dynamische slijtproef ongeveer gelijk is aan de stijfheid bepaald met de vierpunts-buigproef van het typeonderzoek. Hierdoor is de dynamische slijtproef geschikt voor functioneel verifiëren.

De proefcondities voor deze proef zijn in Nederland (nog) niet geformaliseerd, omdat deze proef geen onderdeel uitmaakt van het functioneel typeonderzoek volgens proef 62 op asfalt. In 2013 heeft een ad hoc werkgroep, samengesteld uit vertegenwoordigers van bedrijven en instanties die de dynamische slijtproef willen implementeren, een set beproevingscondities voor deze proef vastgesteld.

Ook voor deze proef wordt een bestervingstijd aangehouden, waardoor het altijd minimaal twee weken na verwerking van asfalt duurt, voordat de proef kan worden uitgevoerd. Verder is het aan te bevelen om, tot het moment van aantonen dat de stijfheid gemeten met de dynamische slijtproef gelijk is aan de stijfheid gemeten met de vierpunts-buigproef, ten tijde van een typeonderzoek ook de stijfheid van het mengsel te bepalen met de dynamische slijtproef. Deze laatste waarde is dan de referentie voor functioneel verifiëren van het materiaal uit het werk.

#### *Weerstand tegen vermoeiing*

De weerstand tegen vermoeiing is een maat voor de sterkte van het asfalt onder invloed van herhaalde (verkeers)belastingen en wordt in het typeonderzoek bepaald door middel van vierpunts-buigproeven. Ook de weerstand tegen vermoeiing kan voor functioneel verifiëren worden bepaald door middel van de dynamische slijtproef op cilindervormige proefstukken. Boorkernen uit de weg zijn hierdoor geschikt voor de uitvoering van deze proef. Uit vele uitgevoerde onderzoeken is gebleken dat de weerstand tegen vermoeiing, bepaald met de dynamische slijtproef, niet te vergelijken is met de weerstand tegen vermoeiing

bepaald met de vierpunts-buigproef van het typeonderzoek. Dit alleen al omdat de ene proef onder volledig andere belastingcondities (krachtgestuurd) wordt uitgevoerd dan de andere (verplaatsingsgestuurd). De dynamische splijtproef is wel geschikt voor functioneel verifiëren, maar alleen onder de voorwaarde dat de referentiewaarde voor functioneel verifiëren wordt bepaald door middel van aanvullend onderzoek met deze proef ten tijde van de uitvoering van het typeonderzoek van het asfalt.

Evenals voor de bepaling van de stijfheid zijn ook voor de bepaling van de weerstand tegen vermoeiing voor deze proef afspraken gemaakt door de ad hoc werkgroep voor de toe te passen beproevingscondities.

Voor deze proef wordt ook een bestervingstijd aangehouden, waardoor het altijd minimaal twee weken na verwerking van asfalt duurt, voordat de proef kan worden uitgevoerd.

#### *Weerstand tegen vervorming*

De weerstand tegen vervorming wordt in het typeonderzoek bepaald door middel van de triaxiaalproef op cilindervormige proefstukken. Deze triaxiaalproef is daarmee ook geschikt voor functioneel verifiëren van de kwaliteit van geleverd en verwerkt asfalt aan de hand van boorkernen uit het werk.

De beproevingscondities voor de toepassing van functioneel verifiëren zijn gelijk aan de condities voor het typeonderzoek. Vanwege de bestervingstijd duurt het minimaal twee weken na verwerking van het asfalt voordat de proef kan worden uitgevoerd.

#### **Conclusies en aanbevelingen**

Nederland heeft voor CE-markering van asfalt gekozen voor de functionele route. Dit houdt in dat van te leveren asfaltspecie de functionele eigenschappen zijn gespecificeerd. De voorwaarden waarmee de geldigheid van een typeonderzoek voor asfaltmengsel is bepaald en de wijze waarop de kwaliteit van het geleverde product in de weg wordt vastgelegd zijn echter nog helemaal empirisch beschreven. Hierdoor is er een spanningsveld tussen geleverde kwaliteit van een asfaltspecie en de functionele kwaliteit van verwerkt asfalt, dat ertoe leidt dat er bij opdrachtgevers van werken een drempel blijft bestaan om er volledig op te vertrouwen dat door aannemers een eindproduct van overeengekomen kwaliteit wordt geleverd.

Na meer dan vijf jaar ervaring met functioneel specificeren van asfalt is het hoog tijd om ook de laatste stap te zetten en over te gaan tot functioneel verifiëren. Met functioneel verifiëren wordt bedoeld dat ook van het verwerkte asfalt in een werk wordt aangetoond dat de functionele eigenschappen binnen nader te stellen toleranties gelijk zijn aan de eigenschappen die in het typeonderzoek zijn bepaald.

Er zijn drie verschillende methoden te onderscheiden om functioneel te verifiëren, namelijk het gebruik van correlaties op basis van indicatieve proeven, het gebruik van theoretische voorspellingsmethoden en het gebruik van functionele proeven. Het gebruik van correlaties op basis van indicatieve proeven is wellicht te overwegen als middel voor een eerste snelle beoordeling van de asfaltkwaliteit, maar de verwachting is dat dit instrument onvoldoende betrouwbaar is voor toepassing in een formele contractrelatie.

Hoewel er nog genoeg nader onderzoek nodig is voor de ontwikkeling van een voldoende betrouwbaar theoretisch voorspellingsmodel, zijn in een recent onderzoek veelbelovende resultaten bereikt. Zeker nu asfaltonderzoek met DSR-apparatuur gemeengoed wordt in de asfaltwegenbouw, zijn er mogelijkheden om de toepassing van voorspellingsmodellen als

instrument voor functioneel verifiëren verder te ontwikkelen. Zo wordt het wellicht mogelijk om door middel van onderzoek naar het gedrag van mastiek en mortel van een asfaltmengsel ook in de voorspellingsmodellen rekening te houden met de invloed van type vulstof en mineraalaggregaat in het asfalt.

Het toepassen van functionele proeven voor functioneel verifiëren van de kwaliteit van verwerkt asfalt is uiteraard nog de meest betrouwbare vorm aan te tonen dat aan gestelde eisen in voldaan. Voorwaarde is dan wel dat het onderzoek op cilindervormige proefstukken (bijvoorbeeld boorkernen) kan worden uitgevoerd. Een moeilijkheid bij de toepassing van functionele proeven is wel dat de proeven in de regel pas minimaal twee weken na verwerking van het asfalt kunnen worden uitgevoerd vanwege in acht te nemen conditioneringsperioden.

Aanbevolen wordt om de toepassingsmogelijkheden van de dynamische slijtproef (of cyclische indirecte trekproef) op cilindervormige proefstukken nader te onderzoeken. Hierbij moet er aanvankelijk vanuit worden gegaan dat bij de uitvoering van een typeonderzoek voor een asfaltmengsel in het laboratorium ook onderzoek met de dynamische slijtproef wordt uitgevoerd om de referenties voor het functioneel verifiëren vast te stellen. Dit is nodig, omdat de gemeten eigenschappen met de dynamische slijtproef niet (geheel) overeenstemmen met de gemeten eigenschappen in een vierpunts-buigopstelling.

Vanwege de voorgeschreven conditioneringstijd voor de uitvoering van functioneel asfaltonderzoek is het niet mogelijk om dit onderzoek te gebruiken voor de bedrijfscontrole. Voor de praktijk wordt er dan ook aanbevolen om het functioneel verifiëren alleen in te zetten in het kader van nader onderzoek in contractrelaties. Hierbij kan zeer nuttig gebruik worden gemaakt van een zeer betrouwbare theoretische voorspellingsmethode als ondersteunend instrument. Met de theoretische voorspellingsmethode kan op basis van de samenstelling en bindmideleigenschappen van een mengsel een eerste beoordeling worden uitgevoerd of aan de eisen wordt voldaan.

Pas als de voorspelde waarden buiten nader te stellen toleranties vallen, wordt besloten tot het uitvoeren van de functionele proeven voor het gedetailleerd verifiëren van het gerealiseerd werk.

### **Geraadpleegde bronnen**

1. VBW; Workshop 'Functionele eigenschappen asfalt', bijdragenbundel, Utrecht, maart 2013
2. Visser, A.F.H.M., Hopman, P.C.; Mechanische eigenschappen van asfaltmengsels, hun spreiding en Mengselboxen, onderzoeksrapport CIENA, KOAC-NPC, Utrecht, februari 2005
3. NEN; NEN-EN 13108-20;2006 ' Bitumineuze mengsels – Materiaalspecificaties – Deel 20: Typeonderzoek', Delft, 2006
4. CROW; Standaard RAW-Bepalingen 2010, Ede, 2010
5. VBW, Richtlijn Typekeuring (Type Testing), Breukelen, 2005
6. Mohan, S.; Stageverslag TU Delft, Utrecht, februari 2010