

## **Asfalt op brugdekken**

### **Richtlijn voor het ontwerp van asfalt wegverhardingen op betonnen en stalen brugdekken**

Rijkswaterstaat Technisch Document RTD 1009: 2020

## Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud
Informatie	Steunpunt Wegen en Geotechniek
Telefoon	088 798 25 00
Mail	Steunpunt-wegen-en-geotechniek@rws.nl
Datum	November 2020
Status	definitief
Versienummer	2.0

### Documenthistorie:

Versie	Omschrijving
1.0	Eerste versie d.d. mei 2012
1.7	Diverse tekstuele wijzigingen (o.a. verwijdering doublures en verplaatsing enkele tekstdelen). Update verwijzingen. Herformulering eisen ontwerpvalidatieplicht voor niet-standaardoplossingen. Aanpassing rangschikking en nummering eisen in hoofdstuk 4 Aanpassing productverificatie voor waterdicht asfalt. Wijziging eisen waterdichtheid membranen op betonnen brugdekken. Aanpassing detaillering uitvullagen op betonnen brugdekken. Toevoegen membraan bij aansluitingen en naden van standaardoplossing met waterdicht asfalt op betonnen brugdekken. Toevoeging waterdichte membranen met asfalt beschermlaag aan de standaardoplossingen voor betonnen brugdekken, met bijbehorende verificatieplicht van het membraan middels inspecties. Toevoeging gevalideerde membraan-producten voor standaardoplossing op stalen brugdekken. Aanpassing B3.2 proefvoorschrift waterdichtheidsproef (o.a. invoeren referentiedikte van 50 mm voor berekening k-waarde, beperking verdichtingsmethoden, en uitbreiden informatieverstrekking) Verwijdering Bijlage 1 (verkeersbelastingen), hernummering bijlage 6 naar 1, en toevoeging Bijlagen 6 t/m 10.
2.0	Zeer beperkte wijziging. Een kort tekststuk is komen te vervallen. In het kader stond op in bijlage 4 de volgende passage "Voor betonnen brugdekken heeft RWS enkele gespoten bitumineuze membranen geaccepteerd voor toepassing in de standaardoplossingen. Informatie welke producten dit betreft is te verkrijgen via het Steunpunt Wegen en Geotechniek." Gebleken is dat deze lijst met geaccepteerde producten niet meer aansluit bij de praktijk en niet bij de in de RTD1009 opgenomen functionele test. Met de VBW (branche onderdeel onder Bouwend Nederland) is besproken dat deze onduidelijk uit het kader gehaald moet worden en louter nog met de functionele test wordt gewerkt. De verouderde lijst en de verwijzing daarheen zijn zodoende vervallen. <a href="mailto:Steunpunt-wegenbouw@rws.nl">Steunpunt-wegenbouw@rws.nl</a> is aangepast naar <a href="mailto:steunpunt-wegen-en-geotechniek@rws.nl">steunpunt-wegen-en-geotechniek@rws.nl</a>

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Overzicht normatieve verwijzingen</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Scope</b>	<b>10</b>
3.1	<i>Algemeen</i>	10
3.2	<i>Ruimtelijke afbakening</i>	11
<b>4</b>	<b>Eisen aan asfaltverhardingen op kunstwerken en bijbehorende ontwerpoverwegingen</b>	<b>13</b>
4.1	<i>Verificatie en validatie</i>	13
4.2	<i>Randvoorwaarden</i>	13
4.3	<i>Functionele eisen</i>	13
4.4	<i>Beschikbaarheid</i>	19
4.5	<i>Betrouwbaarheid</i>	19
4.6	<i>Onderhoudbaarheid</i>	20
4.7	<i>Externe raakvlakken</i>	21
<b>5</b>	<b>Ontwerp wegverhardingen op kunstwerken</b>	<b>25</b>
5.1	<i>Inleiding</i>	25
5.2	<i>Op betonnen kunstwerken</i>	25
5.2.1	<i>Algemeen</i>	25
5.2.2	<i>Standaardoplossing open deklaag op betonnen kunstwerken</i>	26
5.2.3	<i>Standaardoplossing dichte deklaag op betonnen kunstwerken</i>	27
5.3	<i>Op stalen kunstwerken</i>	27
5.3.1	<i>Algemeen</i>	27
5.3.2	<i>Standaardoplossing open deklaag op vaste stalen kunstwerken</i>	29
5.3.3	<i>Standaardoplossing dichte deklaag op vaste stalen kunstwerken</i>	29
<b>6</b>	<b>Uitvoering</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Referenties</b>	<b>31</b>
<b>B1</b>	<b>Bijlage 1: Zaken in het contract te regelen (informatief)</b>	<b>33</b>
<b>B2</b>	<b>Bijlage 2: Temperatuursinvloeden</b>	<b>34</b>
<b>B3</b>	<b>Bijlage 3: Waterdichtheid</b>	<b>35</b>
B3.1	<i>Achtergrond en proefkeuze</i>	35
B3.1.1	<i>Algemeen</i>	35
B3.1.2	<i>Principe-oplossingen: membraan vs waterdichte (giet)asfaltlaag</i>	35

B3.1.3	Drijvende krachten voor vloeistofindringing	36
B3.1.4	Normen en beschikbare proeven	36
B3.1.5	Keuze voor beproeving volgens DIN 18130-1, paragraaf 8.2	38
B3.1.6	Waterdichtheid van asfalt	38
B3.1.7	Waterdichtheid van membranen	41
B3.1.8	Uitwerking eisniveau	42
B3.1.9	Goede detaillering en afwatering	42
B3.1.10	Productverificatie	43
<i>B3.2</i>	<i>Beschrijving van de doorlatendheidsproef, gebaseerd op DIN 18130-1, versie nov 1989 (normatief)</i>	<i>43</i>
B3.2.1	Doel en afbakening	43
B3.2.2	Constructie laboratoriumvervaardigde proefstukken	44
B3.2.3	Boren en zagen van proefstukken en bepaling holle ruimte asfalt, laboratoriumvervaardigde proefstukken	46
B3.2.4	Onderzoek van waterdoorlatendheid	46
B3.2.5	Berekening k-waarde	49
B3.2.6	Rapportage	50
B3.2.7	Onafhankelijkheid	50
<b>B4</b>	<b>Bijlage 4: Standaardoplossingen</b>	<b>51</b>
<i>B4.1</i>	<i>Gebruik van standaardoplossingen</i>	<i>51</i>
<i>B4.2</i>	<i>Inleiding</i>	<i>51</i>
<i>B4.3</i>	<i>Asfaltconstructie op betonnen kunstwerk</i>	<i>51</i>
B4.3.1	Bescherming tegen waterindringing	51
B4.3.2	Asfaltconstructie met een open deklaag op een nieuw betonnen kunstwerk	53
B4.3.3	Asfaltconstructie met een dichte deklaag op een nieuw betonnen kunstwerk	56
B4.3.4	Asfaltconstructie met een open deklaag op een bestaand betonnen kunstwerk	56
B4.3.5	Asfaltconstructie met een dichte deklaag op een bestaand betonnen kunstwerk	57
B4.3.6	Aanvullende eisen	57
B4.3.6.1.	Waterdichtend membraan	57
B4.3.6.2.	Schamkanten en flexigoot	58
B4.3.6.3.	Langsnaden tussen asfaltbanen	59
B4.3.6.4.	Voegovergangen	59
<i>B4.4</i>	<i>Asfaltconstructie op stalen kunstwerk</i>	<i>60</i>
B4.4.1	Asfaltconstructie met een open deklaag op een stalen kunstwerk	60
B4.4.2	Asfaltconstructie met een dichte deklaag op een stalen kunstwerk	61
B4.4.3	Achtergrond en aanvullende eisen	61
B4.4.3.1	Specificaties polymeerbitumen	61
B4.4.3.2	Polymeergemodificeerd gietasfalt	62
B4.4.3.3	Bitumineuze membranen	64
<b>B5</b>	<b>Bijlage 5: Uitvoeringsrisico's en aandachtspunten</b>	<b>66</b>
<b>B6</b>	<b>Bijlage 6: Aandachtspunten voor inspecties van asfaltverhardingen op betonnen kunstwerken</b>	<b>70</b>
<i>B6.1</i>	<i>Asfaltverharding met waterdichte asfaltlaag</i>	<i>70</i>
B6.1.1	Inspectie op het brugdek vóór het aanbrengen van de waterdichte asfaltlaag	70
B6.1.2	Inspectie op het brugdek na het aanbrengen van de waterdichte asfaltlaag	70

B6.2	<i>Asfaltverharding met (gespoten) bitumineus waterdicht membraan</i>	70
B6.2.1	<i>Inspectie op het brugdek vóór het aanbrengen van het waterdichte membraan</i>	70
B6.2.2	<i>Inspectie op het brugdek na het aanbrengen van het waterdichte membraan</i>	70
<b>B7</b>	<b>Bijlage 7: Bepaling van de adhesieve bindingsterkte van membranen met de Membraan Adhesie Test (MAT)</b>	<b>75</b>
B7.1.	<i>Reikwijdte</i>	75
B7.2.	<i>Relevante documenten</i>	75
B7.3.	<i>Terminologie</i>	76
B7.4.	<i>Testprincipe en betekenis</i>	77
B7.5.	<i>Apparaat</i>	77
B7.6.	<i>Proefstukpreparatie</i>	79
B7.7.	<i>Procedure</i>	82
B7.8.	<i>Rapportage</i>	83
<b>B8</b>	<b>Bijlage 8: Voorbeeld ontwerpproces met membranen voor stalen brugdekken (informatief)</b>	<b>84</b>
B8.1	<i>Inleiding</i>	84
B8.2	<i>Membraan Adhesie Test (MAT)</i>	84
B8.3	<i>Vijfpuntsbuigproeven (5PB)</i>	85
B8.4	<i>EEM-modellering van brugdek en verkeersbelasting</i>	87
B8.5	<i>Beproeving onder Lintrack</i>	88
B8.6	<i>Aanbeveling voor eisen aan membranen voor stalen brugdekken.</i>	89
<b>B9</b>	<b>Bijlage 9: Werkinstructie aanbrengen warm gespoten bitumineus membraan</b>	<b>91</b>
<b>B10</b>	<b>Bijlage 10: Werkinstructie aanbrengen gespoten bitumineus membraan op emulsiebasis</b>	<b>93</b>

# 1 Inleiding

Dit document is een richtlijn voor het ontwerp van asfaltverhardingen op stalen en betonnen bruggen en viaducten (kunstwerken). Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de eisen uit de Eisen Bovenbouw van Rijkswaterstaat (RWS) bindend van toepassing zijn. In dit document worden nadere eisen vastgelegd voor de asfaltverharding op kunstwerken en worden ontwerpoverwegingen gegeven.

Voor zowel betonnen als stalen kunstwerken worden standaardoplossingen beschreven, met zowel een dichte als een open deklaag. De geschiktheid van de standaardoplossingen is reeds aangetoond. Voor alle afwijkingen van de standaardoplossing, ook in details of uitvoering, moet worden aangetoond dat ontwerp en realisatie van de constructie voldoen aan de gestelde eisen, via een validatieproces onder auspiciën van RWS-GPO (via Steunpunt Wegen en Geotechniek, 088 798 2500 of Steunpunt-wegen-en-geotechniek@rws.nl.)

Dit document vervangt RTD1009:2016.

## Normatief / Informatief

Tekst in zwarte letters met normale opmaak is normatieve tekst, en dus bindend voor contracten waar deze richtlijn van kracht is. De eisen in hoofdstuk 4 worden met een kader extra geaccentueerd.

*Cursieve tekst is informatief, extra geaccentueerd met een blauwe kleur letter en een grijze achtergrond. De opmaak van koppen is niet relevant voor normatief/indicatief.*

### Achtergrond

*Asfaltverhardingen op kunstwerken moeten geleidelijk aan steeds zwaardere eisen voldoen. Daarbij springen vooral de volgende aspecten in het oog:*

- 1) Voor bestaande kunstwerken leidt de toegenomen verkeersbelasting tot een vraag naar dunnere (lichtere) asfaltverhardingen;*
- 2) De toegenomen verkeersbelasting leidt tot een vraag naar asfaltverhardingen met een verhoogde weerstand tegen permanente vervorming (spoorvorming);*
- 3) De toegenomen verkeersintensiteit leidt tot een vraag naar hogere geluidreductie van asfaltverhardingen;*

*Dunnere asfaltverhardingen, asfaltverhardingen met verhoogde weerstand tegen permanente vervorming en geluidsreducerende asfaltverhardingen vragen nieuwe oplossingen voor de bescherming van het kunstwerk tegen water en dooizouten.*

*Verder is deze richtlijn gebaseerd op de wens van Rijkswaterstaat om geen specifieke oplossingen voor te schrijven, maar functionele eisen te stellen. Helaas is dat voor asfalt op kunstwerken (nog) niet volledig mogelijk. Net zoals voor asfalt op de aardebaan is het nog niet mogelijk om de geschiktheid van asfalt voor kunstwerken volledig aan te tonen op basis van laboratoriumproeven. Dit geldt vooral voor stalen kunstwerken. Omdat de stalen rijvloer relatief buigslap is, wordt het asfalt blootgesteld aan grote elastische vervormingen t.g.v. de verkeersbelasting. Dit stelt hoge eisen aan de eigenschappen van de asfaltverharding, inclusief de toegepaste membranen. Een gevalideerde ontwerpmethodiek, inclusief materiaalkarakterisering, ontbreekt hier echter. Daarom wordt noodgedwongen teruggegrepen naar mengsels en constructies met aantoonbare "gebleken geschiktheid". Momenteel wordt ervaring opgedaan met functionele benaderingen, waaronder de Membraan Adhesie Test (MAT) zie bijlage 7, Vijfpuntsbuigproef en Lintrack*

*Over de invulling van het validatieproces van afwijkingen van de standaardoplossingen valt weinig algemeen te zeggen, omdat het proces moet worden afgestemd op het aangedragen ontwerp (en de risico's daarvan). Het onderzoekstraject zal worden vastgesteld in samenwerking tussen RWS-GPO en indiener van het alternatief. In dat proces moet worden vastgesteld of de niet-standaard oplossing voldoet aan alle gestelde eisen uit de richtlijn. Daarbij dienen ook de faalrisico's (bv. kritische uitvoeringsaspecten) van de oplossing te worden beschouwd. Dit kan leiden tot het vaststellen van oplossings specifieke kwaliteitsborgingsprocedures. In het algemeen zal gelden: hoe verder buiten het ervaringsgebied, hoe uitgebreider het onderzoek zal zijn om de alternatieve oplossing te kunnen valideren.*

## 2 Overzicht normatieve verwijzingen

Op het moment van publicatie van deze RTD waren de vermelde versies van kracht. Alle normatieve documenten kunnen echter worden herzien. Er wordt aanbevolen om de meest recente versie van onderstaande normatieve documenten toe te passen.

Document	Datum	Uitgever	Titel
NBD 00730	01-04-2009	RWS-DI	Standaarddetails voor betonnen bruggen
ROK 1.3 RTD 1001	april 2015	RWS	Richtlijn Ontwerp Kunstwerken (ROK)
RTD 1002	11-01-2011	RWS-DI	Hydrofoberen van beton, Aanvullende eisen t.a.v. NEN-EN 1504-2
RTD 1007-1	april 2013	RWS	Meerkeuzematrix voegovergangen
RTD 1007-2	december 2014	RWS	Eisen voor voegovergangen
RTD 1007-3	maart 2013	RWS	Geluidseisen voegovergangen
RTD 1007-4	april 2013	RWS	Richtlijnen voor flexibele Voegovergangsconstructies
RTD 1008	2016	RWS-DI	Richtlijnen Ontwerp Hemelwaterafvoer van wegen en kunstwerken
RTD 1015	juni 2014	RWS	Eisen voor kunststofslijtlagen
Eisen Bovenbouw	juli 2016	RWS	Eisen Bovenbouw voor toepassing ij RWS contracten
SOA	oktober 2014	RWS-GPO	Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen
BRL 3201	25-03-2009	Intron/ IKOBKB/ Kiwa	Toepassen van specialistische instandhoudingstechnieken voor betonconstructies
RAW 2005	2005	CROW	Standaard RAW Bepalingen 2005 <sup>1</sup>
RAW 2015	2015	CROW	Standaard RAW Bepalingen 2015 <sup>2</sup>
OIA	juni 2012	CROW	Ontwerpinstrumentarium Asfaltverhardingen
NEN-EN 1426	juli 2015	NEN	Bitumen en bitumineuze bindmiddelen - Bepaling van de naaldpenetratie
NEN-EN 1427	juli 2015	NEN	Bitumen en bitumineuze bindmiddelen - Bepaling van het verwekingspunt - Ring- en kogelmethode
NEN-EN 1504	2004 / 2005	NEN	Producten en systemen voor de bescherming en reparatie van betonconstructies
NEN-EN 1928	2000	NEN	NEN-EN 1928:2000 (methode A) Flexible sheets for waterproofing - Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing - Determination of watertightness
NEN-EN 1990 +A1+A1/C2 + Nationale bijlage	dec 2011  + dec 2011	NEN	Eurocode: Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-5 +C1 + Nationale bijlage	dec 2003  + dec 2011 + dec 2011	NEN	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-5: Algemene belastingen – Thermische belasting

<sup>1</sup> Alleen proef 86.

<sup>2</sup> Alleen proef 62

Document	Datum	Uitgever	Titel
NEN-EN 12592	nov 2014	NEN	Bitumen en bitumineuze bindmiddelen - Bepaling van de oplosbaarheid
NEN-EN 12593	juli 2015	NEN	Bitumen en bitumineuze bindmiddelen - Bepaling van het breekpunt volgens Fraass
NEN-EN 12607-1	nov 2014	NEN	Bitumen en bitumineuze bindmiddelen - Bepaling van de weerstand tegen verharding onder de invloed van warmte en lucht - Deel 1: RTFOT-methode
NEN-EN 12697-5	2009	NEN	Bitumineuze mengsels - Beproevingmethoden voor warm-asfalt - Deel 5: Bepaling van de maximale mengsel-dichtheid.
NEN-EN 12697-6	2007	NEN	Bitumineuze mengsels - Beproevingmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 6: Bepaling van de proefstukdichtheid
NEN-EN 12697-8	april 2003	NEN	Bitumineuze mengsels - Beproevingmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 8: Bepaling van het gehalte aan poriën in bitumineuze proefstukken
NEN-EN 12697-20	januari 2004	NEN	Indringingsproef op kubusvormige of Marshallproefstukken
NEN-EN 12697-25	april 2005	NEN	Bitumineuze mengsels - Beproevingmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 25: Cyclische drukproef
NEN-EN 12697-33 +A1	juli 2007	NEN	Bitumineuze mengsels - Beproevingmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 33: Proefplaten verdicht met een handwals
NEN-EN 12697-36	april 2003	NEN	Bitumineuze mengsels - Beproevingmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 36: Bepaling van de dikte van een bitumineuze laag
NEN-EN 12697-44	oktober 2010	NEN	Scheurvoortplanting door half-cirkel buigproef
NEN-EN 13108-1 +C1	2006 2008	NEN	Bitumineuze mengsels - Materiaalspecificaties - Deel 1: Asfaltbeton
NEN-EN 13108-6 +C1	2006 2008	NEN	Bitumineuze mengsels - Materiaalspecificaties - Deel 6: Gietasfalt
NEN-EN 13108-7 +C1	2006 2008	NEN	Bitumineuze mengsels - Materiaalspecificaties - Deel 7: Zeer open asfaltbeton
NEN-EN 13398	juni 2010	NEN	Bitumen en bitumineuze bindmiddelen - Bepaling van het elastisch herstel van gemodificeerd bitumen
NEN-EN 13589	mrt 2008	NEN	Bitumen en bitumineuze bindmiddelen - Bepaling van de trekeigenschappen van gemodificeerd bitumen door de kracht-duktiliteit-methode
NEN-EN 13880-5	aug 2004	NEN	Warm aangebrachte voegafdichtingsmiddelen - Deel 5: Beproevingmethode voor de bepaling van de vloe weerstand
NEN-EN 14023	apr 2010	NEN	Bitumen en bitumineuze bindmiddelen - Specificaties voor met polymeren gemodificeerd bitumen
NEN-EN 14692.	2003	NEN	Flexibele banen voor waterafdichting - Waterafdichtingssystemen van betonnen brugdekken en andere betonnen oppervlakken bestemd voor voertuigen - Beproevingmethode - Bepaling van de weerstand tegen verdichting bij een asfaltdeklaag



Document	Datum	Uitgever	Titel
NEN-EN 14694.	2005	NEN	Flexibele banen voor waterafdichting - Waterafdichting van betonnen brugdekken en andere betonnen oppervlakken begaanbaar voor voertuigen - Bepaling van de weerstand tegen dynamische waterdruk na schade door voorbehandeling
NEN-EN 14695	jan 2010	NEN	Flexibele banen voor waterafdichting - Gewapende bitumen banen voor waterafdichtingssystemen voor betonnen brugdekken en andere betonnen oppervlakken begaanbaar voor voertuigen - Definities en eigenschappen
NEN-EN 14769	mei 2012	NEN	Bitumen en bitumineuze bindmiddelen - Lange-termijn verouderingsconditionering met een verouderingsdrukvat (PAV)
NEN-EN 15326 +A1	2007 2009	NEN	Bitumen en bitumineuze bindmiddelen - Meting van de dichtheid en zwaartekracht - Methode met pyknometer met stop met capillair
NEN-EN-ISO 2592	2001	NEN	Bepaling van vlam- en brandpunten - Clevelandmethode met open kroes
NEN-EN-ISO 8501-1	2007	ISO	Voorbehandeling van staal voor het aanbrengen van verven en aanverwante producten - Visuele beoordeling van oppervlaktereinheid: Deel 1: Voorbehandeling voor roest van niet-bekleed staal en van staal na verwijdering van voorgaande deklagen
NEN-EN-ISO 8503-1	1995	NEN	Vorbereiding van oppervlakken van staal voor het aanbrengen van verf en aanverwante produkten - Eigenschappen van gestraalde oppervlak van staal - Deel 2: Methode voor de bepaling van de ruwheid van gestraalde oppervlakken van staal - Methode met vergelijkingsmonsters
NEN-EN-ISO 8503-4	2012	ISO	Vorbereiding van oppervlakken van staal voor het aanbrengen van verf en aanverwante produkten - Eigenschappen van gestraalde oppervlak van staal - Deel 4: Methode voor de kalibratie van vergelijkingsmonsters voor de ISO-ruwheid en voor de bepaling van de ruwheid - Methode met taster
ETAG 033	juli 2010	EOTA	Guideline for European technical approval of Liquid applied bridge deck waterproofing kits
BS 2499-3	1991	BSI	Hot-applied joint sealant systems for concrete pavements. Methods of test
DIN 18130-1	nov 1989	DIN	Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Laborversuche <sup>3</sup>
NF-P98-286	dec 2006	AFNOR	Essais relatifs aux chaussées - Produits d'étanchéité pour ouvrages d'art - Détermination de la résistance à la fatigue d'une étanchéité/roulement sur tôle métallique - Méthode d'essai sur banc de fatigue en flexion sous moment négatif

<sup>3</sup> De proefmethode in Bijlage 3 is afgeleid van deze norm.

## 3 Scope

### 3.1 Algemeen

Deze richtlijn gaat in op het ontwerp van asfalt wegverhardingen op betonnen en stalen kunstwerken (zowel nieuw als bestaand), exclusief stalen kunstwerken waar het stalen brugdek is versterkt met hogesterktebeton. Overal waar wordt gesproken over "stalen kunstwerken" wordt bedoeld een "kunstwerk met een stalen brugdek, zonder betonnen versterkingslaag". Voor asfalt wegverhardingen in tunnels wordt verwezen naar de ROK.

- De scope is beperkt tot "asfalt" in ruime zin, dus producten op basis van (polymeer)bitumen of combinatie van (polymeer)bitumen en mineraal aggregaat. Kunststof aggregaat, kunststofsbindmiddelen<sup>4</sup>, portland/hogovencement, hoge sterkte beton, e.d. vallen buiten de scope. Voor de deklaag wordt onderscheid gemaakt in twee hoofdvarianten: 1. dichte deklaag, 2. open (regenwatervoerende) deklaag (enkellaags of tweelaags DZOAB (fijn), of daaraan gelijkwaardig qua afwatering en geluidemissie).
- De scope is beperkt tot betonnen en stalen kunstwerken. Houten of kunststof bruggen zijn voor rijkswegen nog te zeldzaam, of dermate experimenteel dat daarvoor nog geen richtlijnen worden opgesteld.<sup>5</sup>
- De scope is exclusief tunnels, d.w.z. beperkt tot kunstwerken waarbij geen rekening hoeft te worden gehouden met opwelling van water van onderaf via voegen tussen de dragende delen of scheuren in die dragende delen.
- Deze richtlijn besteedt geen aandacht aan keuze/ontwerp/uitvoering/toetsing van voegovergangen, maar wel aandacht aan de interactie tussen voegovergangen en wegverhardingen (voornamelijk de continuïteit van de waterafvoer en de goede aansluiting van waterdichting).
- Afhankelijk van materiaalkeuze en ontwerp van het kunstwerk, kan/moet de wegverharding een bijdrage leveren aan de lastoverdracht van het wegverkeer naar de dragende constructie van het kunstwerk. Dit geldt vooral voor stalen bruggen met een dun (circa 10 - 14 mm) stalen brugdek. De daarbij optredende spanningen en vervormingen dienen gedurende de ontwerplevensduur van het stalen brugdek te kunnen worden opgenomen door de verharding, zonder schade. De consequenties voor de verharding worden kwalitatief beschouwd in deze richtlijn. De richtlijn gaat echter uitdrukkelijk niet in op situaties waar de draagkracht van het stalen of betonnen kunstwerk onvoldoende is en de asfalt wegverharding als versterking wordt benut.

*Deze richtlijn gaat in het algemeen niet in op de kwaliteitsborging van het ontwerp, de productie en de uitvoering. Deze kwaliteitsborging dient in het contract te worden uitgewerkt, afhankelijk van de gekozen aanbestedingsvorm en de projectspecifieke omstandigheden.*

<sup>4</sup> Voor slijtlagen met kunststof bindmiddelen wordt verwezen naar RTD 1015.

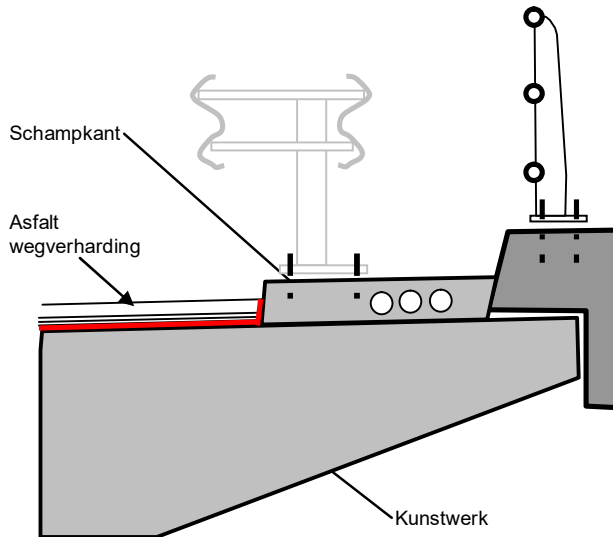
<sup>5</sup> Verhardingen voor deze brugdekken kunnen echter wel worden ontworpen in de geest van deze richtlijn, maar niet alle artikelen zullen ongewijzigd van toepassing zijn.

### 3.2 Ruimtelijke afbakening

De verharding is onderdeel van de bovenbouw, zoals gedefinieerd in de Eisen Bovenbouw. De ruimtelijke grenzen van de verharding op een kunstwerk zijn:

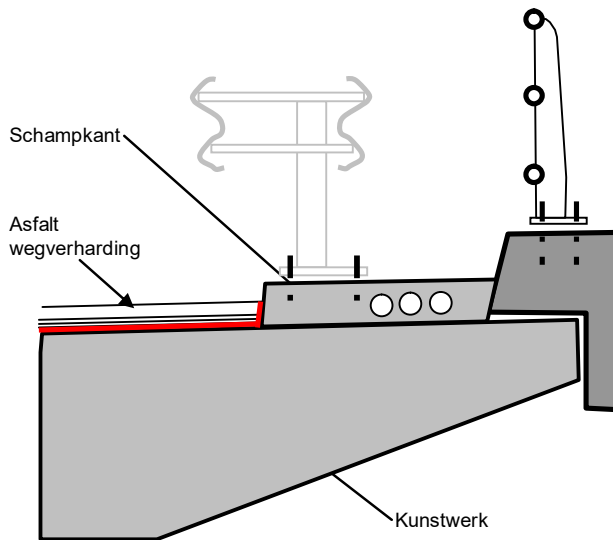
- De bovenzijde van de verharding wordt begrensd door de bovenzijde van de deklaag
- De onderzijde van de verharding wordt begrensd door de bovenzijde van het kunstwerk (staal, of beton)

**Aan de zijkanten wordt de verharding begrensd door de schampkanten van het kunstwerk (staal, of beton inclusief eventuele hydrofobeerlaag) (zie**



— Grens Asfalt wegverharding - Kunstwerk

- Figuur 1) en door de kopse kanten van eventuele voegovergangen (materiaal en uitvoering afhankelijk van het type voegovergang). De verharding boven de stootplaten van het kunstwerk behoort niet tot de verharding op het kunstwerk.



— Grens Asfalt wegverharding - Kunstwerk

**Figuur 1 Afbakening tussen asfaltverharding en kunstwerk**

Door bovenstaande afbakening zijn eventuele primers of hechtlagen op het kunstwerk, daar waar deze raken aan de verharding, expliciet onderdeel van de verharding.

Indien een zogenaamde "voegloze overgang" (zoals omschreven in de Meerkeuzematrix Voegovergangen [RTD 1007-1]) wordt toegepast, wordt deze voegloze overgang geacht onderdeel van de verharding te vormen. Daarmee dient de voegloze overgang, voorzover gelegen op het kunstwerk, te voldoen aan de eisen die in dit document aan de verharding op kunstwerken worden gesteld. Daarnaast dient de voegloze overgang te voldoen aan de eisen die aan voegovergangen worden gesteld [RTD 1007-2].

## 4 Eisen aan asfaltverhardingen op kunstwerken en bijbehorende ontwerpoverwegingen

### 4.1 Verificatie en validatie

Voor enkele eisen geeft deze richtlijn een specifieke verificatiemethode, soms afhankelijk van de gekozen oplossing of slechts voor bepaalde oplossingen. Dit laat onverlet alle verificatie- en validatieverplichtingen volgens het contract.

Eventuele doorboringen voor monsternamen van de asfaltverharding mogen het kunstwerk niet beschadigen en dienen zodanig hersteld te worden dat de asfaltverharding op het kunstwerk weer aan alle eisen voldoet.

In Bijlage 4 worden standaardoplossingen voor betonnen en stalen kunstwerken beschreven, met bijbehorende randvoorwaarden en uitvoeringsinstructies. Alle afwijkingen daarvan moeten worden gevalideerd onder auspiciën van RWS-GPO (Steunpunt Wegen en Geotechniek). Daarbij dienen alle materiaaleigenschappen, constructiekenmerken en uitvoeringsaspecten te worden beschouwd die van belang zijn om te voldoen aan alle eisen. Het validatieproces kan o.a. berekeningen, beproevingen, praktijkervaringen of literatuuronderzoek omvatten, per proces vast te stellen in overleg met RWS-GPO. In het validatieproces moeten ook de verificatie-eisen voor de betreffende oplossing worden vastgesteld.

### 4.2 Randvoorwaarden

#### CS 1 Eisen Bovenbouw

De asfaltverharding op het kunstwerk dient te voldoen aan de eisen, gesteld in het document Eisen Bovenbouw.

*Deze richtlijn geeft een aanvulling op en verbijzondering van eisen uit de Eisen Bovenbouw voor asfalt op kunstwerken. Op de eisen inzake o.a. verkeersveiligheid, rijcomfort en geluidreductie wordt niet nader ingegaan, omdat deze op kunstwerken niet principieel verschillen van de aardebaan.*

### 4.3 Functionele eisen

#### HA 1 Hemelwater afvoeren

De asfaltverharding op het kunstwerk dient op de verharding belandende neerslag af te voeren naar de hemelwaterafvoer. Hierbij mag nergens water op de verharding blijven staan. Bij verhardingen met open (dek)lagen mag nergens water in de open lagen blijven staan.

*Waterophoping in het asfalt op een waterdicht membraan of waterdichte asfaltlaag dient te worden voorkomen i.v.m. het schaderisico bij vorst.*

#### BK 1 Beschermen kunstwerk

De asfaltverharding op het kunstwerk dient het onderliggende kunstwerk te beschermen tegen water en dooizouten en dient daartoe waterdicht te zijn.

Onderliggende eisen: BK 1.1, BK 1.2, BK 1.3, BK 1.4 BL 1.4, BK 1.5, BK 1.6, BK 1.7

*Bij toetsing van ontwerp, ontwerpverificatie en productverificatie dient extra aandacht te worden geschonken aan alle naden (tussen de asfaltbanen) en aansluitingen met schampkanten en voegovergangen. Hier kunnen speciale voorzieningen nodig zijn, om te voldoen aan de eisen van*

*waterdichtheid, maar ook aan de eisen van bestandheid tegen verkeers- en temperatuurbelastingen en tegen vervormingen van het kunstwerk.*

*NB. In de ROK wordt de volgende eis uit, de inmiddels vervallen, NEN 6723:2009 "Voorschriften beton – Bruggen – Constructieve eisen en rekenmethoden" voorgeschreven.*

*"10.6.3 Afwerking van voegen*

*Langs- en dwarsvoegen in het brugdek moeten aan de bovenzijde van het brugdek, voordat het intermediair tussen verkeer en brugdek wordt aangebracht, waterdicht met een voegoverbruggend semi-elastisch materiaal worden afgedicht.*

*Deze strook moet ter weerszijden van de voeg een minimale breedte van 75mm hebben. Indien een plakstrook wordt aangebracht, geldt hiervoor een minimale breedte van 125mm. Het daarvoor benodigde materiaal moet bestand zijn tegen de mechanische en thermische belastingen die er tijdens, door en na het aanbrengen van het intermediair op worden uitgeoefend."*

#### BK 1.1 Betonnen kunstwerken waterdichtheid asfaltlaag

Indien de waterdichtheid van de asfaltverharding op betonnen kunstwerken wordt ontleend aan een waterdichte asfaltlaag dan dient deze asfaltlaag een k-waarde van ten hoogste  $1,0 \cdot 10^{-8}$  m/s te hebben bij elk van de waterdrukken 1, 3, 5 en 7 bar, bepaald volgens de methode beschreven in B3.2. Deze eis geldt voor elk individueel proefstuk.

Ontwerpverificatie: Een beproevingsrapport, aanvullend op het typeonderzoek, van het voorgestelde asfaltmengsel, inclusief opgave van de dikte en holle ruimte van elk van de beproefde proefstukken, waaruit blijkt dat aan de waterdichtheidseis wordt voldaan. Daarbij mag het gehalte holle ruimte niet meer dan 1,0 procentpunt lager zijn dan het gehalte op de CE-verklaring van het betreffende asfaltmengsel.

Productverificatie:

- Uitvoeren van ten minste twee inspecties volgens B6.1, direct voorafgaand en direct na het aanbrengen van de waterdichte asfaltlaag.
- Aselect ten minste 2 boorkernen nemen per brugveld (tussen voegovergangen) per rijbaan en bij brugvelden groter dan 1500 m<sup>2</sup> 1 boorkern extra voor elke 500 m<sup>2</sup> meer dan 1500 m<sup>2</sup> oppervlakte. Niet boren boven membranen. Deze boorkernen beproeven op waterdichtheid en alle waarden rapporteren. Hierbij is de k-waarde leidend, maar deze wordt geacht te voldoen als van alle boorkernen wordt aangetoond dat:
  - de holle ruimte van de waterdichtende asfaltlaag, bepaald volgens NEN-EN 12697-8, per boorkern niet meer bedraagt dan 1,0 procentpunt boven de holle ruimte die bij de waterdichtheidsproeven aanvullend op het typeonderzoek is bepaald; en
  - de laagdikte van de waterdichtende asfaltlaag, bepaald volgens NEN-EN 12697-36 per boorkern, moet minimaal 90% bedragen van de beproefde laagdikte.

Bovenliggende eis: BK 1

*Bewezen laagdiktemetingen zijn:*

- *3D-radar (Breijn)*
- *Elektromagnetische metingen*
- *Tachymetrische meting*
- *3D Scan Streetmapper 360 – Geomaat*

#### BK 1.2 Betonnen kunstwerken waterdichtheid membraan

Indien de waterdichtheid van de asfaltverharding op betonnen kunstwerken wordt ontleend aan een gespotten bitumineus membraan met een asfalt beschermlaag dient het membraan samen met de beschermlaag een k-waarde van ten hoogste  $1,0 \cdot 10^{-10}$  m/s te hebben bij elk van de waterdrukken van 1, 3, 5 en 7 bar, bepaald volgens de methode beschreven in B3.2. Deze eis geldt voor elk individueel proefstuk.

Ontwerpverificatie: 1) een beproevingsrapport van het voorgestelde membraan plus beschermlaag, waaruit blijkt dat aan de eis wordt voldaan, en 2) de leveranciers-verwerkingsinstructies van het membraan.

Productverificatie:

- Meting van de laagdikte van de beschermlaag op niet-destructieve wijze:

- Uitvoeren van ten minste twee inspecties volgens B6.2, direct voorafgaand en direct na het aanbrengen van het membraan.
- Tijdens aanbrengen van het membraan controle of de verwerkingsinstructies worden gevolgd.

Bovenliggende eis: BK 1

#### BK 1.3 Stalen kunstwerken waterdichtheid geplakt membraan

Indien de waterdichtheid van de asfaltverharding op stalen kunstwerken wordt ontleend aan een geplakt membraan op basis van geprefabriceerde flexibele banen, met een gietasfalt beschermlaag, dient het membraan "pass" te behalen volgens NEN-EN 14694.

Productverificatie: Tijdens aanbrengen van het membraan controleren of de verwerkingsinstructies worden gevolgd.

Bovenliggende eis: BK 1

#### BK 1.4 Stalen kunstwerken waterdichtheid membraan

Indien de waterdichtheid van de asfaltverharding op stalen kunstwerken wordt ontleend aan een gespoten bitumineus membraan met een asfalt beschermlaag dient het membraan samen met de beschermlaag een k-waarde van ten hoogste  $1,0 \cdot 10^{-10}$  m/s te hebben bij elk van de waterdrukken van 1, 3, 5 en 7 bar, bepaald volgens de methode beschreven in B3.2. Deze eis geldt voor elk individueel proefstuk.

Ontwerpverificatie: 1) een beproevingsrapport van het voorgestelde membraan plus beschermlaag, waaruit blijkt dat aan de eis wordt voldaan, en 2) de leveranciers-verwerkingsinstructies van het membraan.

Productverificatie:

- Meting van de laagdikte van de beschermlaag op niet-destructieve wijze:
- Uitvoeren van ten minste twee inspecties volgens B6.2, direct voorafgaand en direct na het aanbrengen van het membraan.
- Tijdens aanbrengen van het membraan controle of de verwerkingsinstructies worden gevolgd.

Bovenliggende eis: BK 1

BK1.1 t/m BK1.4: Bij vervanging van een asfaltlaag op een brugdek moet altijd worden aangetoond dat de waterdichtheid geborgd blijft. Indien de vloeistofdichte laag niet intact kan blijven, moet de vloeistofdichtheid worden hersteld.

#### BK 1.5 Betonnen kunstwerken aansluiting schampkanten

De asfaltverharding op betonnen kunstwerken dient middels flexigoot een waterdichte aansluiting te hebben met de schampkanten

Bovenliggende eis: BK 1

*Op betonnen kunstwerken bestaat de standaardoplossing voor aansluiting tegen schampkanten uit flexigoot, een mengsel van steenslag en polymeerbitumen, zie Bijlage 4.*

#### BK 1.6 Aansluiting voegovergangen

De asfaltverharding op kunstwerken dient een waterdichte aansluiting te hebben met de voegovergangen

Bovenliggende eis: BK 1

*Indien de verharding wordt aangelegd na het aanbrengen van de voegovergangen, is het moeilijk om enkele decimeters naast de voegovergang de gewenste verdichting (en daarvan afhankelijke waterdichtheid) van een waterdichte asfaltlaag te realiseren. Dit omdat verdichtingsapparatuur niet tot direct tegen de voegovergang kan werken zonder gevaar voor beschadiging van de voegovergang. Dit geldt in extremo voor hoeken, waar vaak handwerk wordt toegepast. Daarom wordt aanbevolen om bij vooraf geplaatste voegovergangen niet te vertrouwen op een waterdichte asfaltlaag, maar aanvullende maatregelen te treffen, zoals een membraan over 0,5 m aan weerszijden van de voegovergang (zie figuur 2).*

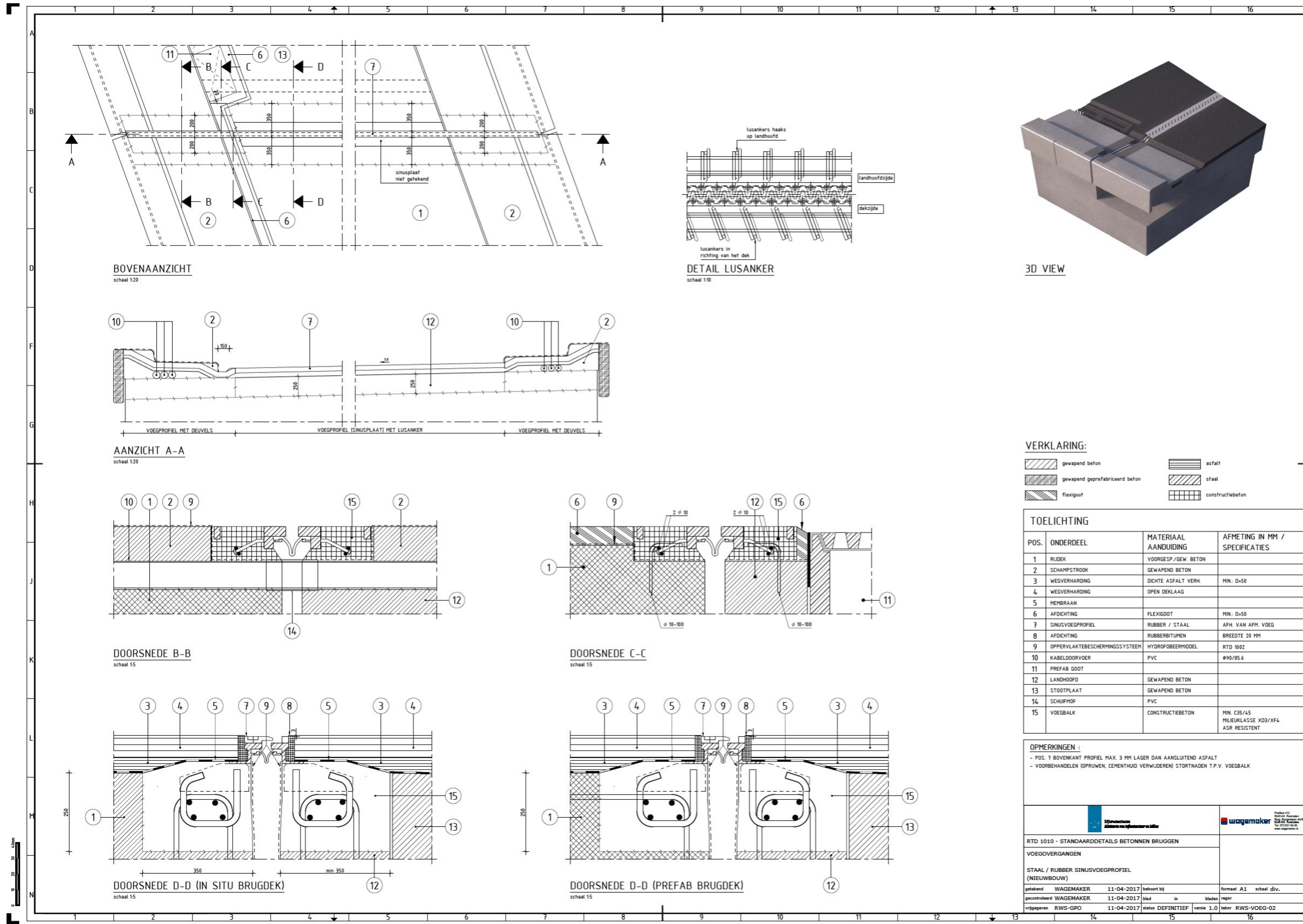
BK 1.7 Stalen kunstwerken waterdichte aansluitingen
---

De asfaltverharding op stalen kunstwerken dient waterdicht te zijn bij alle aansluitingen.
--

Bovenliggende eis: BK 1
-------------------------

*Op stalen kunstwerken wordt bij detailleringen zoals schampkanten, booggeboorten, kantijzers, voegovergangen en hemelwaterafvoeren, na het stralen op deze locaties een conserveringslaag aangebracht. Vervolgens wordt in de asfaltverharding bij deze aansluitingen een voegje gespaard welke wordt gevuld met een gemodificeerde bitumineuze voegvulling. Hierbij moet wel extra aandacht worden besteed aan de aansluiting van de toegepaste membranen aan de schampkanten en voegovergangen.*





Figuur 2: Standaardoplossing eenmaal voor vloeistofdichte asfaltlaag naar voeg en eenmaal van een membraan naar voeg

## BL 1 Belastingen overdragen

De asfaltverharding op het kunstwerk dient de verkeersbelastingen over te brengen naar het onderliggende kunstwerk.

Onderliggende eis: BL 1.1, BL 1.2

## BL 1.1 Bestandheid tegen verkeersbelastingen

De asfaltverharding op het kunstwerk dient over de gehele oppervlakte bestand te zijn tegen de verkeersbelastingen zoals gedefinieerd in RTD 1007-2, aanvullend op de verkeerbelastingen volgens het contract.

Bovenliggende eis: BL 1

## BL 1.2 Bestandheid tegen vervormingen

De asfaltverharding op het kunstwerk dient bestand te zijn tegen de vervormingen van het kunstwerk ten gevolge van o.a. verkeersbelastingen en temperatuursverschillen.

Bovenliggende eis: BL 1

*De gangbare ontwerpmethoden voor asfalt op aardebaan ([SOA], CARE [3], [OIA]) zijn nauwelijks toepasbaar voor asfalt op kunstwerken. Deze methoden zijn namelijk gericht op 1) het beperken van spoorvorming in de ondergrond en 2) het beperken van vermoeiing onderin het asfalt. Het eerste is niet van toepassing op kunstwerken. Het tweede is op betonnen kunstwerken niet maatgevend en kan op stalen kunstwerken niet worden gemodelleerd met de programma's CARE of OIA. Voor het voorkómen van permanente vervorming in het asfalt of het voorkómen van schade aan het asfaltoppervlak (rafeling, scheurvorming, gaten) zijn (nog) geen betrouwbare dimensioneringsmethoden beschikbaar, maar worden op basis van ervaring eisen gesteld aan de vervormingsweerstand, vermoeiingsweerstand en waterbestendigheid van de asfaltmengsels. Voor de materiaalkeuze wordt dus uitgegaan van "in de praktijk gebleken geschiktheid in vergelijkbare toepassingen".*

*Voor asfalt op betonnen kunstwerken kan in principe voor het voorkómen van permanente vervorming in het asfalt of het voorkómen van schade aan het asfaltoppervlak dezelfde methodiek gevolgd worden als voor asfalt op de aardebaan. Wel kan een laag gehalte holle ruimte (t.b.v. waterdichtheid) een verhoogd risico geven voor permanente deformatie. Dit risico kan worden verminderd door o.a. niet een zeer lage ontwerp holle ruimte te kiezen en/of toepassing van een geschikte (polymeer)bitumen voor het asfalt.*

*Voor asfalt op stalen kunstwerken zijn er fundamentele verschillen in belasting ten opzichte van asfaltverhardingen op aardebaan. In een asfaltverharding op de aardebaan wordt de verkeersbelasting gespreid; spanningen worden door de korrelskeletten van de asfaltslagen naar onderin de asfaltconstructie afgebouwd en uiteindelijk gelijkmatig verdeeld over een groot ondersteunend funderingsoppervlak. In een verharding op een stalen kunstwerk worden de verkeersbelastingen juist geconcentreerd op de stijve delen (verstijvingsribben) van het stalen brugdek. Hierbij moet de verharding de vervormingen van het brugdek onder de verkeersbelasting kunnen volgen, zowel ten gevolge van de verkeersbelasting als ten gevolge van temperatuurswisselingen. Indicatief kan gesteld worden dat asfaltverhardingen op stalen bruggen rekken van 500 tot 2000  $\mu\text{m}/\text{m}$  moeten kunnen opnemen, terwijl de asfaltrekken in asfaltverhardingen op aardebaan van de grootte orde van circa 100  $\mu\text{m}/\text{m}$  zijn. Medani [6] meldt praktijkmetingen van 1200  $\mu\text{m}/\text{m}$  op de Kreekrakbrug, metingen van 700  $\mu\text{m}/\text{m}$  op een stalen brugsectie in de LINTRACK van TU Delft onder een 50 kN wiellast (100 kN aslast) en berekeningen tot 2400  $\mu\text{m}/\text{m}$  onder een 70 kN wiellast (140 kN aslast). Ook treden grote schuifkrachten op door de grote vervormingen. Dit alles stelt hoge eisen aan het asfalt en bijbehorende hechtlagen (bv. membranen).*

#### 4.4 Beschikbaarheid

##### LV 1 Levensduur

De asfaltverharding op het kunstwerk dient een levensduurverwachting te hebben die ten minste gelijk is aan die van de standaardoplossing.

##### LV1.1 Betonnen kunstwerken laagdikte

De waterdichte asfaltlaag, of de asfalt beschermlaag met membraan, op een betonnen kunstwerk dient gehandhaafd te kunnen worden bij vervanging van de deklaag. De waterdichte asfaltlaag dient derhalve een laagdikte te hebben van tenminste 50mm en de asfalt beschermlaag een laagdikte van tenminste 45mm.

Bovenliggende eis: LV 1

*De verwachte levensduur van de standaardoplossingen op een betonnen kunstwerk bedraagt ten minste 20 jaar, afgezien van de deklaag. Voor de deklaag gelden de volgende verwachtingen: "Duurzaam ZOAB" (ook wel ZOAB+ genoemd, sinds 2015 als DZOAB opgenomen in de Standaard RAW Bepalingen): 11 jaar op rechter rijstroken en 17 jaar op linker rijstroken  
4/8 Toplaag van Tweelaags ZOAB (2L-ZOAB 8): 9 jaar op rechter rijstroken en 13 jaar op linker rijstroken  
2/5 Toplaag van Fijn Tweelaags ZOAB (2L-ZOAB 5): 9 jaar op rechter rijstroken en 13 jaar op linker rijstroken  
Onderlaag laag van Tweelaags ZOAB (PA): 13 jaar  
Dicht AsfaltBeton (AC surf): 11 jaar op rechter- en 17 jaar op linker rijstroken  
Steenmastiekasfalt (SMA): 15 jaar op rechter- en 20 jaar op linker rijstroken.*

*De verwachte levensduur van de standaardoplossingen op een stalen kunstwerk wordt beschreven in paragraaf 5.3.*

*Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de verharding aan het eind van de levensduur niet meer "als nieuw" zal zijn, maar dat eventueel aanwezige schade nog wel dient te voldoen aan de RWS-onderhoudsrichtlijnen, zoals vermeld in Bijlage "Grenswaarden en beoordelingsmethodiek voor schade Bovenbouw" van Eisen Bovenbouw. De schade mag echter niet ten koste gaan van het voldoen aan de functionele eisen uit paragraaf 4.3.*

#### 4.5 Betrouwbaarheid

##### TE 1 Bestandheid tegen temperatuur en temperatuurswisselingen

De asfaltverharding op het kunstwerk dient bestand te zijn tegen de temperatuursomstandigheden conform NEN-EN 1991-1-5 en de nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-5.

##### HE 1 Hechting

Alle lagen van de asfaltverharding op het kunstwerk, inclusief eventuele membranen, dienen volledig en duurzaam te zijn gehecht, zowel onderling als aan het kunstwerk.

Productverificatie:

- Voor asfalt op betonnen kunstwerken met een waterdichte asfaltlaag:
  - uitvoeren van ten minste twee inspecties volgens B6.1, direct voorafgaand en direct na het aanbrengen van de waterdichte asfaltlaag, en
  - visuele beoordeling van de boorkernen genomen voor de productverificatie van eis BK 1.1
- Voor asfalt op betonnen kunstwerken met een waterdicht membraan:
  - uitvoeren van ten minste twee inspecties volgens B6.2, direct voorafgaand en direct na het aanbrengen van het membraan.

- Voor asfalt op stalen kunstwerken:
    - in-situ bepaling van treksterkte op niet volledig doorgeboorde boorkernen, conform Proef 86 uit de Standaard RAW Bepalingen 2005.
- Doorboringen dienen zorgvuldig waterdicht en goed hechtend te worden hersteld.

*Voor asfalt op betonnen kunstwerken is de benodigde hechting in het algemeen groter dan voor asfalt op een aardebaan, vanwege de benodigde weerstand tegen blaasvorming.*

*Voor asfalt op stalen kunstwerken is een goede hechting tussen alle lagen onderling en aan het kunstwerk van zeer groot belang voor de constructieve samenwerking van verharding en kunstwerk. Hierbij is zowel de hechtsterkte haaks op het brugdek van belang als de hecht(schuif)sterkte parallel aan het brugdek.*

#### BL 1 Blaasvorming

Blaasvorming in de asfaltverharding op het kunstwerk of tussen de asfaltverharding en het kunstwerk dient niet op te treden.

*Indien de waterdichtende laag in de verharding ook dampdicht is, bestaat het gevaar van blaasvorming als er vocht onder de waterdichtende laag aanwezig is. Bij hoge temperaturen wil dit vocht verdampen waardoor blazen onder de waterdichtende laag kunnen ontstaan. Dit fenomeen is niet reversibel, dus bij afkoeling verdwijnen de blazen niet. Blaasvorming is vooral een aandachtspunt bij jong beton (dus nieuw aangelegde betonnen kunstwerken), omdat dit nog veel water kan bevatten. Ook oud beton kan echter (te) vochtig zijn, o.a. afhankelijk van het weer voorafgaand en tijdens het aanbrengen van de verharding.*

*Mogelijke oplossingen zijn:*

- *Wachten met het aanbrengen van waterdichte lagen totdat het beton voldoende droog is. Hierbij moet vanzelfsprekend de uitharding van het beton bij nieuw werk niet worden gehinderd door voortijdige uitdroging.*
- *Het realiseren van een afvoer voor de eventueel optredende dampspanningen. Het aanbrengen van een dampdrukverdelende laag onder de waterdichtende laag is alleen toegestaan als deze dampdrukverdelende laag geen negatieve invloed heeft op de verharding (o.a. hechting van lagen).*
- *Het creëren van voldoende hechting met het kunstwerk om de dampspanningen te weerstaan. In het buitenland wordt vaak een epoxy-impregnering van de buitenste centimeters van het beton toegepast. Deze laag is enerzijds dampdicht en is anderzijds dermate hecht met het beton verbonden dat deze er niet wordt afgedrukt door eventueel opgebouwde dampspanning.*

#### 4.6 Onderhoudbaarheid

##### VV 1 Vervangbaarheid

De asfaltverharding op het kunstwerk dient met gangbare technieken te kunnen worden verwijderd en vervangen zonder schade aan het kunstwerk.

*Het op een zorgvuldige manier verwijderen van een bestaande asfaltverharding van een kunstwerk behoeft veel aandacht. Met de gebruikelijke asfaltfreesmachines is het niet mogelijk gebleken om zonder schade aan het brugdek het asfalt volledig te verwijderen. Om schade aan het kunstwerk te voorkomen, moet met deze machines op betonnen kunstwerken niet verder gefreesd worden dan tot circa 20 mm boven het betonoppervlak. De veilige hoogte boven het betondek is echter afhankelijk van de beschikbare informatie over de asfaltlaagdikte en de vlakheid van het kunstwerk. Voor het verwijderen van het overgebleven asfalt, inclusief de kleeflaag, kunnen infrarood-verwarmers toegepast worden die het asfaltbeton zodanig verwarmen dat het vervolgens (voorzichtig!) van het beton kan worden afgeschraapt. Op betonnen kunstwerken kan ook het*

zogenaamde 'rippen' worden toegepast, waarbij met graafmachines met speciale hulpstukken de asfaltverharding van het kunstwerk wordt losgetrokken. Soms worden de laatste resten asfalt en kleeflaag verwijderd middels hoge druk (>800 bar) waterstralen. Deze methode heeft echter het risico van beschadiging van het beton.

Op stalen kunstwerken wordt het asfalt meestal verwijderd d.m.v. schrapen. Hierbij dient extra voorzichtig te worden omgegaan met geboude of geklinknagelde koppelplaten. In Japan is succesvol electromagnetische inductie toegepast om de interface asfalt/staal te verwarmen. Hierdoor kan het asfalt makkelijk, stofvrij en geluidsarm mechanisch verwijderd worden, ook bij klinknagels en koppelplaten [18]. Op stalen kunstwerken worden de laatste resten asfalt en kleeflaag meestal verwijderd door hoge druk (>800 bar) waterstralen.

Er kan schade ontstaan tijdens het inzagen van het nieuwe asfalt langs de schampkant van een betonnen kunstwerk ter voorbereiding op het aanbrengen van een flexigoot. De diepte van de zaagsnede dient circa 15 mm minder te zijn dan de dikte van het asfalt om schade aan het kunstwerk te voorkomen.

Verder wordt aanbevolen om bij het ontwerp van de verharding rekening te houden met de mogelijkheid om delen van de verharding (bv. de deklaag) te vervangen zonder de functionaliteit (bv. de waterdichtheid) van de verharding aan te tasten. Dit betekent dat een oplossing met een waterdicht membraan direct onder een (DZOAB) deklaag risicovol is. Indien een deklaag wordt vervangen, moet de waterdichtheid van de onderliggende lagen worden geïnspecteerd.

#### 4.7 Externe raakvlakken

##### GW 1 Beperking gewicht verharding

Het gewicht van de asfaltverharding op het kunstwerk dient niet meer te bedragen dan toelaatbaar is volgens de ontwerp berekening of herberekening van het kunstwerk. Hierbij moet rekening worden gehouden met dikteverschillen in de verharding die eventueel noodzakelijk zijn om onvlakheden in het kunstwerk uit te vlakken.

##### Ontwerpverificatie:

1) bij nieuwbouw: toetsing van het gewicht van de verharding aan het ontwerp van het kunstwerk; NB bij betonnen kunstwerken dient deze toetsing plaats te vinden bij de opmeting van de hoogteligging van de bovenzijde van het kunstwerk, op basis waarvan de diktes van de asfaltverharding inclusief uitvullingen worden bepaald.

2) bij vervanging van (delen van) de verharding: toetsing van het gewicht van de nieuwe verharding aan dat van de oude verharding.

Productverificatie: toetsing van het gewicht van de feitelijk aangebrachte verharding aan de ontwerpgegevens van het kunstwerk

Bij vervanging van de verharding op een bestaand kunstwerk volgt de waarde voor het maximaal toelaatbaar gewicht van de verharding uit een eventuele herberekening van het kunstwerk. Hierbij kan vaak de vuistregel worden gehanteerd dat de nieuwe verharding niet zwaarder mag zijn dan de bestaande. Dit zal echter moeten worden geverifieerd met gebruik van de geldende normen en richtlijnen. Door toename van verkeersbelastingen en wijziging van ontwerprijchlijnen (o.a. invoering Eurocodes) kan namelijk de maximaal toelaatbare gewichtsbelaasting door de verharding zijn veranderd. Voor de toetsing of de nieuwe verharding niet zwaarder is dan de oude kan mogelijk worden volstaan met een toetsing of de bovenzijde van de nieuwe verharding niet hoger komt te liggen dan de bovenzijde van de oude verharding, en of geen significant zwaardere materialen worden gebruikt (bv. dicht asfalt in plaats van zeer open, of met ongebruikelijk zware toeslagmaterialen).

Meestal komt het langsprofiel van het kunstwerk (onderzijde verharding) niet overeen met het gewenste langsprofiel van de bovenzijde van de verharding, en zijn dikke asfaltuitvullingen nodig zijn om het gewenste langsprofiel van de verharding te realiseren. Hierdoor kan een conflict ontstaan tussen de vlakheidseis en de gewichtseis aan de verharding. Ook wordt de kans op permanente vervorming (spoorvorming) in het asfalt vergroot door dikkere asfaltlagen. Daarom

*wordt aanbevolen om bij ernstige onvlakheden van het kunstwerk het langsprofiel van de verharding daaraan aan te passen, waarbij een afweging moet worden gemaakt tussen de nog te accepteren onvlakheid vanwege verkeersveiligheid en rijcomfort versus overbelasting van het kunstwerk door te dikkere uitvullingen.*

*De gewichtsbepijking voor de verharding kan een belangrijk gegeven zijn voor de toepasbaarheid van bepaalde ontwerpoplossingen, of voor de haalbaarheid van andere eisen zoals geluidreductie. Zo kan het nodig zijn een membraan met geringere bescherm laag toe te passen als waterdichting, in plaats van een waterdichte asfaltlaag. Ook kan het nodig zijn om geluidreducerend asfalt, zoals (tweelaags) DZOAB, aan te leggen in geringere laagdikte dan gebruikelijk. Dit moet worden afgestemd met de geluideisen, en het kan nodig zijn om eigenschappen, zoals geluidreductie, expliciet aan te tonen.*

## OV 1 Corrigeren onvlakheden kunstwerk

De asfaltverharding op het kunstwerk dient de onvlakheden en hoogteafwijkingen (t.o.v. de ontwerphoogte) van het kunstwerk te kunnen corrigeren. Ontwerpverificatie: vooraf aantonen geschiktheid ontwerp. Hierbij moet rekening gehouden worden met de werkelijke onvlakheden, indien deze bekend zijn. Anders dient te worden geanticipeerd op te verwachten onvlakheden.

*Nieuwe kunstwerken dienen in principe te voldoen aan de contracteisen voor vlakheid en hoogteligging, die idealiter zijn afgestemd op de gewenste laagdikte (en toelaatbare laagdiktevariaties), vlakheid en hoogteligging van de verharding. De praktijk is echter helaas soms anders. Prefab liggers worden ontworpen met een blijvende zeeg, deels t.b.v. afwatering. In de praktijk blijkt de feitelijke zeeg bij lange liggers vaak veel groter te zijn dan in het ontwerp wordt aangenomen. Er dient rekening te worden gehouden met de feitelijke zeeg en het gewicht van de benodigde uitvullagen in het ontwerp van de liggers. Bij bestaande kunstwerken zijn onvlakheden een randvoorwaarde voor de verharding, waarvan echter helaas ten tijde van het verhardings(onderhoud)ontwerp vaak weinig bekend is.*

*Abrupte hoogteverschillen dienen apart te worden uitgevuld zodat een geleidelijke overgang wordt gecreëerd.*

*Voor asfalt op betonnen kunstwerken moet ten minste rekening worden gehouden met hoogteafwijkingen tot  $\pm 20$  mm t.o.v. de ontwerphoogte van het kunstwerk. Soms worden echter afwijkingen groter dan 100 mm aangetroffen. Op betonnen kunstwerken wordt veelal uitgevuld met een of meer lagen AC 11, AC 16 of AC 22. Daarbij is een goede en homogene verdichting van wisselende laagdikten van belang. Bij het ontwerp van de uitvullingen moet expliciet aandacht worden besteed aan de hoogteligging en afwatering van de waterdichtende laag in de verharding. Deze dient zodanig te zijn dat geen water op de waterdichtende laag kan blijven staan.*

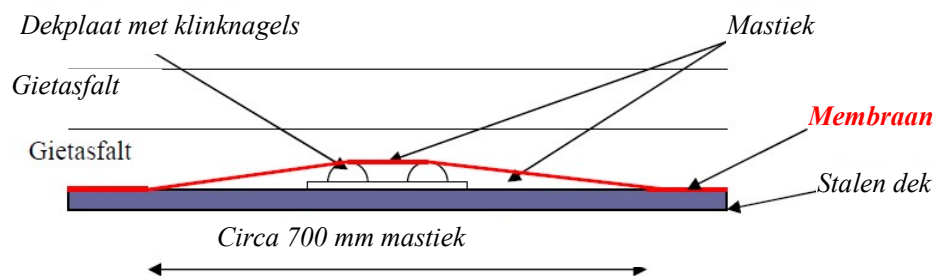
*Zie ook de opmerkingen bij eis GW1 over de afstemming van deze vlakheidseis en de gewichteis.*

## OV 2 Stalen kunstwerken corrigeren abrupte onvlakheden

Bij stalen kunstwerken dienen dekplaten, moeren, klinknagels en andere abrupte onvlakheden te worden afgewerkt met mastiek conform NEN-EN 13108-6, tenzij in het contract anders is overeengekomen.

Productverificatie: inspectie bij aanleg

*Voor asfalt op stalen kunstwerken moet rekening worden gehouden met hoogteafwijkingen tot  $\pm 10$  mm t.o.v. de ontwerphoogte van het kunstwerk. Eventuele opgelaste of geklonken reparatie- en koppelplaten geven echter vaak grotere afwijkingen, zie onderstaande figuur (informatief).*



## DL 1 Detectielussen en "verhardingsvreemde" elementen

Eventuele detectielussen of andere "verhardingsvreemde" elementen (o.a. sensoren en kabels voor gladheidsmeldsysteem) dienen de waterdichtheid van de asfaltverharding op het kunstwerk niet aan te tasten.

## CO 1 Conditie onderliggend kunstwerk

De bovenkant van het kunstwerk dient geschikt te zijn voor het aanbrengen van de asfaltverharding.

*Dit is een eis aan (het ontwerp van) de uitvoering van de verharding.*

*Voor betonnen kunstwerken moet alle vuil, stof en losse lagen, en eventuele lagen van slechte kwaliteit, bijvoorbeeld als gevolg van slechte nabehandeling, verwijderd zijn. Eventuele putjes, gaten, sparingen, en watervoerende scheuren moeten gerepareerd zijn. Bestaande betonnen kunstwerken moeten vrij zijn van beschadigingen, zichtbare wapening en door chloride aangetaste beton.*

*Stalen kunstwerken moeten vrij zijn van roest, en beschadigingen zoals scheuren moeten zijn gerepareerd.*

*Het kunstwerk dient voldoende droog te zijn*

#### VO 1 Aansluiting met voegovergangen

De asfaltverharding op het kunstwerk dient zonder nadelige gevolgen voor verkeersveiligheid, rijcomfort, geluidsoverlast en afwatering aan te sluiten op de voegovergangen.

*Omdat de voegovergang een discontinuïteit in de verharding vormt, is er een risico op verschillen in hoogteligging van de bovenzijde van de verharding en voegovergang. In RTD 1007-2 en RTD 1007-3 zijn eisen vastgelegd m.b.t. respectievelijk de hoogteverschillen en de geluidsemissie.*

*Spoorvorming in de asfaltverharding op en naast het kunstwerk kan leiden tot hoogteverschillen met voegovergangen, waardoor mogelijk niet meer voldaan wordt aan bovenstaande (vooral geluidsemissie) eisen. Dit moet worden vermeden.*

*NB Het ontwerp van de voegovergang dient zodanig te zijn dat de voegbewegingen niet leiden tot extra spanningen op de verharding.*

*Indien de voegovergangen worden aangebracht nadat de verharding is aangelegd, dient bij de aanleg van de verharding te worden voorkomen dat de voegspleet wordt vervuild. Meestal dient ook over de inbouwbreedte van de voegovergang te worden voorkómen dat de verharding hecht aan het kunstwerk. De onthechting mag echter niet doorlopen tot naast de inbouwbreedte. Ook moet voorkómen worden dat eventuele onthechtingsmaatregelen of tijdelijke vulling van de voeg het omliggende brugdek of delen van de verharding vervuilen.*



## 5 Ontwerp wegverhardingen op kunstwerken

### 5.1 Inleiding

*Een algemeen geaccepteerde ontwerpmethodologie voor asfalt op kunstwerken, waarbij de materiaaleigenschappen nauwkeurig kunnen worden afgestemd op de constructie en de belastingen, of de constructie precies kan worden afgestemd op materiaaleigenschappen en belastingen, is niet beschikbaar.*

*Voor spoorvorming ontbreekt een gevalideerde relatie tussen enerzijds de materiaaleigenschappen en de verkeers- en klimaatbelasting, en anderzijds de optredende spoorvorming in de praktijk.*

*Ook voor vermoeiing nabij het wegoppervlak (scheurvorming) ontbreekt een dergelijke gevalideerde relatie, zeker bij de hoge rekniveaus op stalen kunstwerken.*

*Voor het schadebeeld rafeling van open deklaagmengsels is een algemeen gevalideerd voorspellingsmodel beschikbaar, hoewel met dit Lifetime Optimisation Tool (LOT) model van TU Delft en RWS nog relatief weinig ervaring is opgedaan [17].*

*Omdat er geen of nauwelijks goede gevalideerde modellen beschikbaar zijn, die een voldoende voorspellend vermogen hebben voor het praktijkgedrag wordt voor de acceptatie van materialen en ontwerp oplossingen uitgegaan van "gebleken geschiktheid onder vergelijkbare omstandigheden".*

*De normale asfaltmengsels, samengesteld volgens de Standaard RAW Bepalingen 2015, zijn vooral geschikt voor toepassing in asfaltconstructies op aardebaan. De ervaring heeft geleerd, dat deze mengsels ook op betonnen kunstwerken goed kunnen presteren, maar op kunstwerken met stalen brugdekken, vanwege de bijzondere belastingssituaties, in het algemeen minder geschikt zijn.*

*Voor het verbeteren van de asfalteigenschappen wordt regelmatig gebruik gemaakt van polymeer-bitumen. Er bestaat een veelheid van producten met uiteenlopende eigenschappen.*

### 5.2 Op betonnen kunstwerken

#### 5.2.1 Algemeen

*Een asfaltconstructie op een betonnen brugdek kan worden opgebouwd zoals in onderstaande tabel aangegeven.*

**Tabel 1 Functies van de lagen van een bitumineuze verhardingsconstructie op betonnen brugdekken.**

<i>Laag</i>	<i>Functie</i>
<i>Deklaag</i>	<i>Zorgdragen voor voldoende stroefheid Zorgdragen voor voldoende vlakheid Zorgdragen voor geluidreductie (optioneel) Zorgdragen voor voldoende waterbergend en -afvoerend vermogen (optioneel) Bescherming van het kunstwerk (of bijdragen daaraan), vnl waterdichtheid (optioneel)</i>
<i>Kleeflaag (onder dichte deklagen optioneel uitgevoerd als waterdicht membraan)</i>	<i>Zorgdragen voor voldoende hechting tussen de deklaag en de onderliggende lagen (Optioneel: bescherming van het kunstwerk)</i>
<i>Tussenlaag (optioneel)</i>	<i>Bescherming van het kunstwerk (of bijdragen daaraan), vnl waterdichtheid</i>
<i>Kleeflaag (bij toepassing van tussenlaag) (bij open deklagen optioneel uitgevoerd als waterdicht membraan)</i>	<i>Zorgdragen voor voldoende hechting tussen de tussenlaag en de onderliggende lagen (Optioneel: bescherming van het kunstwerk)</i>
<i>Onder- of profileerlaag of -lagen (optioneel)</i>	<i>Uitvullen van oneffenheden van de betonnen rijvloer Bescherming van het kunstwerk (of bijdragen daaraan), vnl waterdichtheid</i>
<i>Kleeflaag (indien nog niet hierboven beschreven) (optioneel uitgevoerd als waterdicht membraan)</i>	<i>Zorgdragen voor voldoende hechting tussen de onder- of profileerlaag en het kunstwerk (Optioneel: bescherming van het kunstwerk)</i>

In de volgende subparagrafen wordt een korte samenvatting gegeven van de standaardoplossingen. Een uitgebreidere omschrijving van deze oplossingen met bijbehorende randvoorwaarden en uitvoeringsinstructies wordt gegeven in Bijlage 4. Ook wordt verwezen naar Bijlage 3 over waterdichtheid van de verharding.

### 5.2.2 *Standaardoplossing open deklaag op betonnen kunstwerken*

De standaard asfaltverharding met open deklaag op een betonnen rijvloer is samengevat als volgt opgebouwd:

- een deklaag, afhankelijk van de geluideisen, een keuze uit:
  - 50 mm DZOAB (PA <sup>6</sup>) 16, of
  - 70 mm tweelaags ZOAB (PA) <sup>7</sup>, of
  - 30-40 mm DZOAB (PA) 11 <sup>8</sup>;
- een kleeflaag;
- een waterdichting, naar keuze:
  - (profileer)laag van AC 16 (minimaal 50 mm), die voldoet aan de eisen voor waterdichtheid (BK1.1);
  - Bescherminglaag van AC 16 (minimaal 50 mm), met over de gehele oppervlakte daaronder een gespoten bitumineus membraan dat voldoet aan de eisen voor waterdichtheid (BK 1.2).

<sup>6</sup> De afkorting ZOAB (Zeer Open Asfaltbeton) is sinds 2008 formeel alleen toepasselijk voor twee standaardmengsels, gespecificeerd in de Standaard RAW Bepalingen. Sinds 2015 kennen de Standaard RAW Bepalingen ook DZOAB 16 ("duurzaam ZOAB") en de mengsels 2L-ZOAB 16 (onderlaag tweelaags zeer open asfaltbeton), en 2L-ZOAB 5 en 2-L ZOAB 8 (toplaag tweelaags zeer open asfaltbeton). Zeer open asfaltmengsels die hiervan afwijken vallen onder de benaming PA (Porous Asphalt), zie NEN-EN 13108-7.

<sup>7</sup> Dit kan zijn 45 mm 2L-ZOAB 16 + 25 mm 2L-ZOAB 8, of 50 mm 2L-ZOAB 16 + 20 mm 2L-ZOAB 5.

<sup>8</sup> PA 11 is alleen een optie bij bestaande betonnen kunstwerken waar vanwege gewichtsbepaling geen 50 mm ZOAB 16 kan worden toegepast. De keuze voor de laagdikte wordt bepaald door de gewichtsbepaling. Deze oplossing moet echter worden afgestemd op de geluideisen. De C\_wegdek van ZOAB 11 is geldig voor een minimale laagdikte van 40 mm.

- (plaatselijke) uitvullingen met AC 11, AC 16 of AC 22 bij onvlakheden >20 mm van de betonnen rijvloer, met een normale kleeflaag aan de bovenzijde
- een kleeflaag (0,6 kg/m<sup>2</sup> in twee werkgangen, afgestrooid). Indien (evt. plaatselijk) het membraan rechtstreeks op het betondek wordt aangebracht, dient de kleeflaag (primerlaag) te voldoen aan de eisen van de leverancier van het membraan.
- (strooksgewijze) afdichting van voegen tussen betonliggers, indien van toepassing
- hydrofobeerlaag op het betondek

Voor een nadere specificatie en toelichting op deze standaardoplossing wordt verwezen naar Bijlage 4.

### 5.2.3 *Standaardoplossing dichte deklaag op betonnen kunstwerken*

De standaard asfaltverharding met dichte deklaag op een betonnen rijvloer is als volgt opgebouwd:

- een deklaag, naar keuze:
  - AC 16 surf (minimaal 50 mm), die voldoet aan de eisen voor waterdichtheid (BK1.1);
  - AC 16 surf (minimaal 50 mm) zonder eisen aan de waterdichtheid, met over de gehele oppervlakte daaronder een gespoten bitumineus membraan dat voldoet aan de eisen voor waterdichtheid (BK 1.2).
- (plaatselijke) uitvullingen met AC 11, AC 16 of AC 22 bij onvlakheden >20 mm van de betonnen rijvloer, met een normale kleeflaag aan de bovenzijde
- een kleeflaag (0,6 kg/m<sup>2</sup> in twee werkgangen, afgestrooid) Indien (evt. plaatselijk) het membraan rechtstreeks op het betondek wordt aangebracht, dient de kleeflaag (primerlaag) te voldoen aan de eisen van de leverancier van het membraan.
- (strooksgewijze) afdichting van voegen tussen betonliggers, indien van toepassing
- hydrofobeerlaag op het betondek

Voor een nadere specificatie en toelichting op deze standaardoplossing wordt verwezen naar Bijlage 4.

*Vanaf 1990 is het beleid van RWS om op autosnelwegen alleen stille wegdekken (meestal in de vorm van DZOAB) toe te passen.*

## 5.3 Op stalen kunstwerken

### 5.3.1 *Algemeen*

*De principe opbouw van een asfaltconstructie op een stalen kunstwerk is in Tabel 2 weergegeven. De dikte van het stalen dek is meestal 10 – 14 mm, voor kunstwerken gerealiseerd tot circa 2010. Na 2010 worden dikten van 16 - 18 mm gehanteerd voor vaste stalen bruggen.*

**Tabel 2 Functies van de lagen van een bitumineuze verhardingsconstructie op een stalen brugdek**

<i>Laag</i>	<i>Functie</i>
<i>Deklaag</i>	<i>Zorgdragen voor voldoende stroefheid. Zorgdragen voor voldoende vlakheid. Zorgdragen voor geluidreductie (optioneel). Zorgdragen voor voldoende waterbergend en -afvoerend vermogen (optioneel) Dempen van de verkeersbelasting naar de rijvloerconstructie (trillingen).</i>
<i>Kleeflaag (optioneel, ongebruikelijk)</i>	<i>Zorgdragen voor voldoende hechting tussen de deklaag en het membraan.</i>
<i>Bovenmembraan (alleen onder open deklaag)</i>	<i>Reduceren van spanningen en rekken in de deklaag. Opnemen van effecten van eventuele verschillende thermische uitzettingscoëfficiënt van deklaag en tussenlaag. Bescherming van het kunstwerk (of bijdragen daaraan).</i>
<i>Onderlaag</i>	<i>Bijdragen aan de bescherming van het kunstwerk. Dempen van trillingen.</i>
<i>Kleeflaag (optioneel, ongebruikelijk)</i>	<i>Zorgdragen voor voldoende hechting tussen de onderlaag en de ondergrond.</i>
<i>Ondermembraan</i>	<i>Bescherming van het kunstwerk. Zorgdragen voor voldoende hechting tussen de onderlaag en de ondergrond. Reduceren van spanningen en rekken in de onder- en deklaag. Opnemen van effecten van eventuele verschillende thermische uitzettingscoëfficiënt van onderlaag en stalen rijvloer.</i>
<i>Profileerlaag (meestal zeer lokaal)</i>	<i>Uitvullen van oneffenheden van de stalen rijvloer, bv. t.g.v. koppelplaten, opgelaste reparatieplaten, bouten, klinknagels, e.d.</i>
<i>Kleeflaag of hechtprimer</i>	<i>Zorgdragen voor voldoende hechting tussen de onder- of profileerlaag en het kunstwerk. Bescherming van het kunstwerk.</i>

*Op stalen kunstwerken is de uitdaging om een verharding te realiseren die flexibel genoeg is om de vervormingen van het brugdek door het verkeer en de thermische vervormingen te kunnen volgen zonder scheurvorming of vermoeiingsschade, en tegelijkertijd stabiel genoeg is om geen permanente vervorming (spoorvorming) te vertonen.*

Bij het ontwerp van asfaltverhardingen op stalen kunstwerken dient de ontwerper terdege rekening te houden met de optredende vervormingen in het stalen kunstwerk, zowel t.g.v. verkeersbelasting als t.g.v. bv. temperatuurwisselingen. De grootte van deze vervormingen dient de ontwerper zelf te bepalen.

De verharding dient in staat te zijn om gedurende de levensduur deze vervormingen te volgen zonder onacceptabele schade.

*Voor het bepalen van de vervormingen is het wenselijk om de verharding en het brugdek gezamenlijk te modelleren om hun interactie mee te kunnen nemen bij het ontwerp. Hiervoor is echter geen gevalideerde algemeen geldige ontwerpmethodiek beschikbaar. Bij de TU Delft is wel een eerste ervaring opgedaan met het modelleren van Merwede- en Van Brienoordbrug [7] [20].*

*Ter informatie: voor asfalt op staal zijn deskundigen het erover eens dat een goede hechting tussen alle lagen een absolute noodzaak is. Dit wordt onderbouwd door praktijkobservaties, waarbij schade binnen enkele maanden optreedt als de hechting niet goed is [5].*

*Bij het toepassen van asfalt op staal zijn twee verschillende zienswijzen voorhanden om het ontwerp te beschouwen m.b.t. de functie van de hechtlagen (standaard uitgevoerd als membraan). Het uitzetten en krimpen zou kunnen worden opgevangen door het membraan te beschouwen als een laag met een 'glijfunctie', waarbij een lage stijfheid en goede scheurtaaiheid van het*

*membraan gevraagd wordt. Anderen gedachten hierover (w.o. Huurman et al.[5][8]) zien rafeling / vermoeiing van de DZOAB als maatgevende schade en stellen dat een eventuele scheurtaaiheid van het membraan niet wordt aangesproken. Dan is een hechtlaag/membraan met een hoge afschuifstijfheid juist gunstig, omdat dit de spanningen en rekken in alle overige lagen (zowel asfalt als staal) reduceert.*

*Daarbij wordt tevens een (vermoeiings)sterkte van de hechtlaag/membraan gevraagd. Getallen hiervoor zijn nauwelijks bekend, behalve één type membraan dat door Medani [6] [7] is beproefd.*

*Wellicht dat voor de "dichte" en de "open" variant ook verschillende (ontwerp)mechanismen van toepassing zijn.*

*Gegeven de bovenstaande informatie richt RWS zich met name op basis van eigen ervaring op het opvangen en volgen van vervorming door het toepassen van 2 membranen.*

In de volgende subparagrafen wordt een korte samenvatting gegeven van de standaardoplossingen. Een uitgebreidere omschrijving van deze oplossingen met bijbehorende randvoorwaarden en uitvoeringsinstructies wordt gegeven in Bijlage 4

### 5.3.2 Standaardoplossing open deklaag op vaste stalen kunstwerken

De standaardasfaltverharding met een open deklaag op de stalen rijvloer van een vaste stalen brug is:

- deklaag: PA 11 met polymeerbitumen (35 mm)
- bitumineus bovenmembraan
- gietasfalt met polymeerbitumen (25 mm)
- bitumineus ondermembraan
- primer
- stalen rijvloer

Zie ook B4.4.1.

*De verwachte levensduur bij een goed mengselontwerp, productie en verwerking onder goede omstandigheden is minimaal 5 jaar. Bij de eerste toepassing op de Van Brienoordbrug is een levensduur van 8 jaar gehaald. Bij latere toepassingen op de Van Brienoordbrug, met toegenomen verkeersbelasting, zijn kortere levensduren gehaald. Er zijn ook voorbeelden die aanzienlijk korter mee gingen, wegens onvoldoende hechting van het membraan onder de DZOAB deklaag door uitvoeringsfouten [5]. De levensduur van de gietasfalt onderlaag is afhankelijk van o.a. het type stalen brug en verkeersbelasting veel hoger.*

### 5.3.3 Standaardoplossing dichte deklaag op vaste stalen kunstwerken

De standaardasfaltverharding met een dichte deklaag op de stalen rijvloer van een vaste stalen brug is:

- deklaag, naar keuze:
  - gietasfalt met polymeerbitumen (25 mm), of
  - AC surf 11 DL-C met polymeerbitumen (40 mm)
- onderlaag: gietasfalt met polymeerbitumen (25 mm)
- bitumineus ondermembraan
- primer
- stalen rijvloer

Zie ook B4.4.2

*De verwachte levensduur bij een goed mengselontwerp, productie en verwerking onder goede omstandigheden is 7 tot 10 jaar. De levensduur van de gietasfalt onderlaag is afhankelijk van o.a. het type stalen brug en verkeersbelasting veel hoger.*

## 6 Uitvoering

In Bijlage 5 wordt een overzicht gegeven van de mogelijke risico's en aandachtspunten bij de uitvoering van asfaltverhardingen op kunstwerken. Hiermee dient al rekening gehouden te worden bij het ontwerp en vanzelfsprekend ook bij de uitvoering.

De belangrijkste technische risico's, waarmee rekening moet worden gehouden, zijn:

- Schade aan het kunstwerk, de voegovergangen, de afwatering, de waterafdichting (vooral bij toepassing van membranen) en de omliggende verharding;
- Onvoldoende waterdichtheid, vooral bij aansluitingen en naden, en bij het niet opvolgen van de werkinstructies van membraanleveranciers;
- Onvoldoende hechting;
- Onjuiste hoogteligging en onvoldoende vlakheid van de bovenzijde van het kunstwerk (zowel bestaand als nieuw), waardoor meer moet worden uitgevuld dan voorzien, en het kunstwerk een te grote statische belasting krijgt;
- Blaasvorming.

Het is niet toegestaan om asfalt op kunstwerken trillend te verdichten.

Bij het toepassen van de standaardoplossingen op betonnen kunstwerken dient het kunstwerk ten minste twee maal te worden geïnspecteerd volgens Bijlage 6.

*Opgemerkt moet worden dat de uitvoering van asfaltverhardingen op kunstwerken kritischer is dan van asfaltverhardingen op aardebaan. Dit geldt vooral op stalen kunstwerken waar hechting tussen alle lagen van cruciaal belang is. Ook is voor alle discontinuïteiten en details extra zorg nodig. Dit betekent niet alleen dat de opdrachtnemer de uiterste zorg dient te betrachten bij de uitvoering, maar ook dat de randvoorwaarden voor de uitvoering zodanig moeten zijn dat de gewenste kwaliteit ook daadwerkelijk haalbaar is. Opdrachtgevers dienen daarom met onderstaande punten rekening te houden bij het bepalen van de randvoorwaarden voor een contract, indien zij voldoende kwaliteit wensen:*

- 1. De weersomstandigheden: vooral temperatuur, windsnelheid, luchtvochtigheid en eventuele neerslag (ook in de dagen voorafgaand aan de uitvoering). Hierbij dient te worden bedacht dat kunstwerken, zeker boven open water, vaak meer zijn blootgesteld aan weer en wind dan een verharding op het land. Hierdoor moet rekening worden gehouden met lagere temperaturen en hogere windsnelheden. Bescherming tegen weersinvloeden, bijvoorbeeld door een tent, kan noodzakelijk zijn.*
- 2. De beschikbare uitvoeringstijd moet voldoende zijn, rekening houdend met noodzakelijke wachttijden voor processen zoals frezen, uitvullen, impregneren, spuiten van membranen, "breken" van emulsies, uitharden, afkoelen, enzovoorts.*
- 3. De verlichting is een kritisch punt. Ondanks kunstverlichting zijn sommige zaken bij nacht niet goed te zien, bijvoorbeeld de dekking van zwarte producten op een zwarte ondergrond, zoals bij verschillende bitumineuze producten.*
- 4. Er moet voldoende werkruimte beschikbaar zijn, en er moet ook aan andere ARBO-eisen worden voldaan. Daarbij dient ermee rekening gehouden te worden dat de asfaltverharding op het kunstwerk aan de schampkanten dient aan te sluiten en dat het daarvoor nodig kan zijn om verkeersgeleiderails of leuningen te demonteren of tijdelijk te verwijderen.*
- 5. De verdichting op stalen brugdekken vraagt specifiek aandacht in verband met bewegingen in het staal gedurende het verdichtingsproces.*

*Verder wordt verwezen naar [19] voor een risico-analyse voor verhardingen op stalen kunstwerken. Deze omvat niet alleen uitvoering, maar ook ontwerp en gebruik. Ook geeft deze een prioritering van de risico's en mogelijke beheersmaatregelen.*

Voor normen en richtlijnen, zie hoofdstuk 2.

- [1] "Zeer open asfaltbeton op cementbetonnen kunstwerken", 2e herz. druk, sept-1997, RWS-BD (Vervallen, opgenomen als bronverwijzing)
- [2] "Leidraad voor de beoordeling van de waterdichtheid van asfaltverhardingen op kunstwerken (beton en staal)", versie juli 2006, notitie IR-N-05.023, RWS-DWW, d.d. 11-7-2006 (Vervallen, opgenomen als bronverwijzing)
- [3] "Handleiding Ontwerp- en Herontwerpsysteem Asfaltverhardingen CARE – Gebruikershandleiding en Technische Handleiding", 26 april 2006, RWS-DVS
- [4] "Handleiding vloeistofdichte bitumineuze constructies", VBW-Asfalt, Zoetermeer, 2008
- [5] Huurman, Voskuilen, Van Dijk en Molenaar; "Het belang van hechtlagen in tweelaags asfalt constructies op orthotrope stalen brugdekken", CROW Infradagen 2008
- [6] Medani et al.; "A practical fatigue based design methodology for asphaltic mixes applied on orthotropic steel bridges", CROW Wegbouwkundige Werkdagen 2004
- [7] T.O. Medani; "Design principles of surfacings on orthotropic steel bridge decks", PhD Thesis, TU Delft, 2006
- [8] M. Huurman & M.F.C. van de Ven; "Literature study into adhesive membranes for asphalt pavements on orthotropic steel deck bridges", report 7-08-127-7, Delft University of Technology, section of Road and Railway Engineering, December 2008
- [9] F. Tolman & J.M.M. Molenaar; "Onderzoek naar de vloeistofdichtheid en waterdampdoorlatendheid van bitumineuze lagen voor cementbetonnen kunstwerken", rapport e048275, KOAC-NPC, 29 november 2004
- [10] "Design manual for roads and bridges, Volume 2 Highway structures: design (sub substructures and special structures), Section 3 Materials and components, Part 4 BD47/99 Waterproofing and surfacing of concrete bridge decks", Highways Agency, London, August 1999
- [11] "Design manual for roads and bridges, Volume 2 Highway structures: design (sub substructures and special structures), Section 3 Materials and components, Part 5 BA47/99 Waterproofing and surfacing of concrete bridge decks", Highways Agency, London, August 1999
- [12] J.M.M. Molenaar; "Advies inzake de in 2006 aan te brengen asfaltverharding op de Van Brienoordbrug - Functionaliteit en effectiviteit van bitumineuze membranen in de asfaltverharding op een orthotrope stalen brug", DWW 2006-004, via <http://www.scribd.com/doc/45554668/>
- [13] J.Groenendijk; "Accelerated testing and surface cracking in asphaltic concrete pavements", PhD Thesis, TU Delft, 1998
- [14] M. van Bree; "Onderzoek van asfaltboorkernen op waterdoorlatendheid", rapport V9308020780, KOAC Vught, 16 november 1993
- [15] D.A. van Vliet, G.T.M. Boersema, G. Engbers; "Gietasfalt op stalen brugdekken, een zorg of een zegen", Wegbouwkundige Werkdagen 2000, deel 1, 469-488
- [16] R.B. Polder (TNO Bouw), J. de Vries (Bouwdienst Rijkswaterstaat, afdeling Bouwspuurwerk); "Hydrofoberen van beton: vervolgonderzoek 2000".
- [17] L.T. Mo; "Damage development in the adhesive zone and mortar of porous asphalt concrete", PhD Thesis, TU Delft, 2010
- [18] H.Y. Yoon, A. Gomi & H. Hokosawa; Noiseless in-place removing using induction heating system of asphalt layer bonded with steel deck bridge; 11<sup>th</sup> int. conf. Asphalt Pavements, Nagoya, Japan, 2010
- [19] M.R. de Rooij, Resultaten risicoanalyse t.b.v. duurzame verhardingen stalen bruggen, Infraquest-2012-008, 25 januari 2012
- [20] J. Li; "Optimum design of multilayer asphalt surfacing systems for orthotropic steel deck bridges", PhD Thesis, Delft University of Technology, september 2015
- [21] X. Liu, G. Tzimiris and A. Scarpas; "Asphalt Surfacing on Orthotropic Steel Deck Bridges - Part C: Experimental Investigation of Membrane Fatigue Response", Project report, Delft University of Technology, March 2013

- [22] *X. Liu, J. Li., G. Tzimiris and A. Scarpas; "Asphalt Surfacing on Orthotropic Steel Deck Bridges - Part A: Experimental and Numerical Characterization of Five-point Bending (5PB) Beam Tests and Part B: Numerical Modelling of Multilayer Surfacing Systems on Orthotropic Steel Deck Bridges", Project report, Delft University of Technology, December 2012*
- [23] *X. Liu., and A. Scarpas; "Asphalt Surfacing on Orthotropic Steel Deck Bridges - Part 1: Experimental and Numerical Characterization of Membrane Adhesive Bonding Strength on Orthotropic Steel Deck Bridges". Project report, Delft University of Technology, 2012.*
- [24] *Dataverzameling t.b.v. herziening Richtlijn voor ontwerp van asfaltverhardingen op betonnen en stalen kunstwerken (RTD) 1009, rapport e160302301, 13 september 2016, KOAC.NPC.*



## B1 Bijlage 1: Zaken in het contract te regelen (informatief)

*In deze richtlijn worden diverse zaken niet volledig gespecificeerd, omdat zij projectafhankelijk zijn. Daarom dienen deze zaken in het contract te worden gespecificeerd. Dit betreft o.a.:*

- *contractspecifieke regeling van kwaliteitsborging van ontwerp en uitvoering*
- *specifieke verkeersbelasting;*
- *toelaatbare statische belasting (gewicht);*
- *gewenst profiel van de bovenzijde van de verharding;*
- *onvlakheid bestaande kunstwerken / vlakheidtoleranties nieuwbouw;*
- *eventuele afwijking van eisen uit Eisen Bovenbouw (bv. afwijkende vlakheideisen voor de bovenzijde van de verharding, wegens onvlakheden in het kunstwerk);*
- *omschrijving van de schadetoestand die geldt als einde (ontwerp)levensduur, indien deze afwijkt van Bijlage "Grenswaarden en beoordelingsmethodiek voor schade Bovenbouw" van Eisen Bovenbouw;*
- *garantiebepalingen: welke conditie/schadetoestand is acceptabel na hoeveel tijd, en wat zijn de consequenties indien daaraan niet wordt voldaan?*

## B2 Bijlage 2: Temperatuursinvloeden

Bij het ontwerp van asfaltverharding op kunstwerken dient rekening gehouden te worden met de temperatuursomstandigheden conform NEN-EN 1991-1-5 en de nationale bijlage hierbij. Voor Nederlandse omstandigheden ligt de luchttemperatuur in de schaduw voor het ontwerp van bruggen tussen +30°C en -25°C. Het maximum voor een stalen brug dient verhoogd te worden met 16°C (dus tot +46°C) en het minimum verlaagd met -3°C (tot -28°C). Voor een betonnen brug dient het maximum verhoogd te worden met +2°C (tot +32°C) en het minimum verhoogd met +8°C (tot -17°C).

*NEN-EN 1991-1-5+NB is eigenlijk bedoeld voor de dimensionering van het kunstwerk zelf, niet voor de daarop liggende verharding. Bij gebrek aan beter worden deze temperaturen ook van toepassing geacht voor de verharding, ook al zijn de maximum asfalttemperaturen hoger door opwarming aan het oppervlak door zoninstraling.*

*Uit metingen van het gladheidsmeldsysteem op de Van Brienoordbrug en de Galecopperbrug, tussen 27 december 2009 en 29 mei 2011, bleken de volgende waarden voor het verhardingsoppervlak:*

*Van Brienoordbrug: maximum 47,2 °C, minimum -8,8 °C*

*Galecopperbrug: maximum 55 °C, minimum -2,2 °C*

*Het KNMI meldt de volgende records voor de luchttemperatuur in Nederland:*

*maximum luchttemperatuur 38,6°C te Warnsveld op 23 augustus 1944*

*minimum luchttemperatuur -27,4°C te Winterswijk op 27 januari 1942.*

*Als een aanbeveling voor rekenwaarden voor de temperaturen van asfaltverhardingen op kunstwerken, gebaseerd op bovenstaande gegevens en schattingen, worden de volgende waarden gegeven:*

*maximum luchttemperatuur 40 °C*

*minimum luchttemperatuur -25 °C*

*maximum temperatuur verhardingsoppervlak 60 °C*

*minimum temperatuur verhardingsoppervlak -25 °C*

*maximum dagelijks temperatuurverschil verhardingsoppervlak 30 °C*

*maximum temperatuurgradiënt tussen bovenzijde en onderzijde asfaltverharding: 30 °C*

*(bovenzijde warmer)*

*maximum negatieve temperatuurgradiënt tussen bovenzijde en onderzijde asfaltverharding: -10*

*°C (bovenzijde kouder)*

## B3 Bijlage 3: Waterdichtheid

Deze bijlage bestaat uit twee delen:

1. een informatieve tekst over waterdichtheid in het algemeen, de drijvende krachten achter watertransport, de verschillende proeven, en de RWS keuze voor DIN18130-1 hs 8.2 i.p.v. andere proeven
2. de normatieve beschrijving van de aanpassingen aan DIN 18130-1 hs. 8.2

### B3.1 Achtergrond en proefkeuze

#### B3.1.1 Algemeen

*De verharding op een kunstwerk moet voldoende waterdicht zijn om het kunstwerk te beschermen tegen water en dooizouten, die anders aantasting van het kunstwerk zouden kunnen veroorzaken. Bij een stalen kunstwerk betreft dit het brugdek en de onderliggende draagconstructie. Bij een betonnen kunstwerk betreft dit vooral de wapening en eventuele voorspanning in de betonnen draagconstructie. Bij beide typen kunstwerk kunnen ook opleggingen of aansluitende ondersteuningsconstructies gevoelig zijn voor water en/of dooizouten.*

*Bij stalen kunstwerken wordt absolute waterdichtheid van de verharding noodzakelijk geacht. De verharding mag daarbij zelfs totaal dampdicht zijn, omdat er geen gevaar is voor water(damp)toevoer vanuit de constructie, die aanleiding zou kunnen geven tot blaasvorming.*

*Op basis van decennia ervaring heeft RWS geconcludeerd dat een zeer beperkte waterdoorlatendheid van de verharding bij hoge drukken acceptabel is voor de bescherming van betonnen kunstwerken. Deze zijn zelf vaak al in enige mate bestand tegen water en dooizouten, afhankelijk van de betondekking op de wapening en van de gebruikte betonkwaliteit. Hierbij moet echter wel altijd voorkómen worden dat zich ergens in de constructie water kan ophopen, vanwege het risico op vorstschade.*

*Op betonnen kunstwerken is enige dampdoorlatendheid van de verharding gewenst, omdat er vrijwel altijd water in het beton aanwezig is, wat aanleiding kan geven tot blaasvorming. Dit geldt niet alleen voor nieuwe kunstwerken, waar vaak resten aanmaakwater van het beton aanwezig zijn. Ook oude betonnen kunstwerken kunnen water bevatten, als gevolg van lekkages in de oude verharding of voegovergangen, of door neerslag na het verwijderen van de oude verharding.*

*In het buitenland wordt vaak een epoxy-impregnering van de buitenste centimeters van het beton toegepast. Deze laag is enerzijds dampdicht en is anderzijds dermate hecht met het beton verbonden dat deze er niet wordt afgedrukt door eventueel opgebouwde dampspanning.*

*Met bovenstaande in het achterhoofd wordt verwezen naar de Handleiding vloeistofdichte constructies van VBW-Asfalt [4], die weliswaar niet volledig van toepassing is voor asfalt op kunstwerken, maar waarin veel nuttige informatie te lezen is.*

#### B3.1.2 Principe-oplossingen: membraan vs waterdichte (giet)asfaltlaag

*De waterdichting kan in principe op verschillende manieren worden gerealiseerd:*

- een asfaltbetonlaag of gietasfaltlaag met een gering gehalte holle ruimte
- een geplakt prefab membraan van kunststof of gewapend bitumenbanen.
- een gespoten membraan van kunststof, warm bitumen of bitumenemulsie.

*Hierbij geldt dat een membraan, indien goed uitgevoerd (ook bij de naden en aansluitingen) absoluut vloeistofdicht kan zijn. Mede daarom is dit in het buitenland meestal de*

standaardoplossing. Membranen zijn echter zeer gevoelig voor schade tijdens de uitvoering, zowel bij de aanleg van het membraan zelf als bij de aanleg van de rest van de verharding.

Mede daarom werd in Nederland de waterdichting op betonnen kunstwerken traditioneel uitgevoerd in een laag dicht asfaltbeton 0/16 van ten minste 50 mm met ten hoogste 5,0% holle ruimte (in het werk gerealiseerd, zonder verdere toleranties). Hiervan is bekend dat deze bij holle ruimte boven circa 3% niet absoluut waterdicht is bij hoge drukken, maar de doorlatendheid wordt acceptabel geacht.

Deze oplossing kent echter twee risico's. Het ene is dat er verhoogd risico kan zijn op spoorvorming als wordt oververdicht en de holle ruimte onder circa 2,0% komt. Het andere is een moeilijke verdichting bij naden en aansluitingen, waardoor het halen van de holle ruimte eis daar extra aandacht vereist.

### B3.1.3 Drijvende krachten voor vloeistofindringing

Een vloeistofdichte verharding moet weerstand bieden aan de volgende drijvende krachten voor vloeistof transport:

- zwaartekracht en statische drukhoogte
- externe druk, bv. wegens inpersen van vloeistof door vrachtwagenbanden
- capillaire zuiging, afhankelijk van de oppervlaktespanning van de vloeistof in relatie tot het verhardingsmateriaal
- osmose
- dampdiffusie.

Voor bodembeschermende vloeistofdichte voorzieningen op bv. bedrijventerreinen, met weinig en langzaam rijdend verkeer en met mogelijk langdurige belasting door agressieve vloeistoffen, wordt capillaire zuiging maatgevend geacht [4].

Voor asfalt op kunstwerken wordt externe druk t.g.v. passerende vrachtwagenbanden maatgevend geacht. Het betreft hier de drukpuls die ontstaat wanneer een met water verzadigde verharding wordt belast door een snel voorbij rijdende vrachtwagen. Over de precieze hoogte van die druk is weinig bekend, maar in het verleden is aangenomen dat die ongeveer gelijk is aan de bandspanning, die voor vrachtwagenbanden in de jaren 1960-1980 vaak circa 0,7 MPa (7 bar) bedroeg. Daarbij zijn enkele factoren bewust verwaarloosd, namelijk enerzijds de drukspreiding in de verharding en de drukvermindering door zijwaarts ontsnappend water, en anderzijds een eventuele drukverhoging door dynamische effecten. Het is vooralsnog niet nodig geacht om deze waarden aan te passen aan de gestage stijging van de bandspanning door de introductie van breedbanden ('super singles') en banden met kleinere diameters.

Zoals gesteld is de druk onder vrachtwagen wielen pulserend. Berekend kan worden dat de cumulatieve pulsduur over 10 jaar circa 30 uur bedraagt<sup>9</sup>. Aangenomen wordt echter dat 8 uur beproeving onder een statische waterdruk voldoende is om eventuele lekkage te bepalen en de bijbehorende doorlatendheid te bepalen.

### B3.1.4 Normen en beschikbare proeven

Onderstaand staat een ruwe samenvatting van een beperkte inventarisatie naar bestaande proeven en voorschriften voor het bepalen van de waterdichtheid/doorlatendheid van asfalt en (bitumineuze) membranen. Naast een korte omschrijving van het proefprincipe worden enkele opmerkingen gewijd aan de toepasbaarheid.

asfaltlagen (> 40 mm)

<sup>9</sup> Uit een snelheid van circa 30 m/s (108 km/u) en een bandcontactlengte van circa 30 cm volgt een lastpulsduur van circa 0,01 s. Bij circa 10.000 vrachtauto's / dag / rijrichting (autosnelweg in de Randstad) zijn dat circa  $10^7$  bandpassages per jaar, ruwweg  $10^6$  onder natte condities. De totale cumulatieve pulsduur per jaar bedraagt dus circa  $10^4$  seconden, ruwweg 3 uur.

- *RWS-proef op basis van DIN 18130-1 Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Laborversuche, Abschnitt 8 Untersuchung in der Triaxialzelle (versie 1989, niet de vigerende versie uit 1998-05). {In RTD1009:2012 werd dit DVS-proef genoemd. Deze proef is oorspronkelijk bestemd voor k-waarde van bodemonsters, en is aangepast door KOAC-NPC Vught. Een monster wordt aan boven- en onderzijde voorzien van een doorlatende stalen steunplaat en vervolgens omhuld met een latex membraan. Van buiten wordt met water een steundruk opgelegd tegen het latex membraan, 0,5 bar hoger dan de proefdruk. Vervolgens wordt het proefstuk telkens tenminste 8 uur blootgesteld aan een constante waterdruk, beginnend bij 1 bar. Als waterdoorslag optreedt wordt de doorstroomde hoeveelheid per tijdseenheid gewogen en daaruit de doorlatendheid ofwel k-waarde [m/s] bepaald. Als geen waterdoorslag optreedt, wordt na minstens 8 uur de volgende drukstap aangelegd van 3, 5 en 7 bar.} Deze proef is ook toepasbaar voor verhardingen met membraansystemen, mits deze voor de proef worden opgebouwd op een poreuze betonnen tegel, die dan het kunstwerk simuleert. De betontegel moet dan zodanig poreus zijn dat deze de meting slechts verwaarloosbaar beïnvloedt.}*
- *ISO/DIS 7031:1983 Concrete hardened; determination of the depth of penetration of water under pressure {Deze DIS-versie ("committee draft") is niet ISO 7031 geworden, maar (mogelijk gewijzigd) opgenomen in ISO1920-5:2004. Beproeving 48 uur bij 1 bar, daarna 24 uur bij 3 bar en 24 uur bij 7 bar.} Probleem bij deze proef is dat het asfalt proefstuk door de hoge druk (zeker bij 7 bar) / grote krachten zodanig vervormt dat altijd lekkage optreedt, zelfs als het proefstuk zelf niet lekt. Overigens verwijst CUR52 naar versie 1979.}*
- *CUR aanbeveling 44 Beoordeling van vloeistofdichte voorzieningen (2005) {Geeft algemene procedures, verwijst naar CUR 52 (asfalt) en CUR 63 (beton) voor waterdichting.}*
- *CUR aanbeveling 52 Bepaling van de vloeistofdichtheid van bitumineuze materialen (1998) {Deze proef is gebaseerd op ISO/DIS 7031:1979, echter 72 uur bij 1 bar} Deze aanbeveling is in 2002 vervallen en vervangen door CUR aanbeveling 88.*
- *CUR aanbeveling 88 Absorptieproef ter bepaling van de vloeistofindringing in bitumineuze materialen (2002) {7 dagen onder 400 mm drukhoogte =0,04 bar. De aanbeveling laat de vloeistof vrij, maar Tolman [9] adviseert ethanol vanwege de afwijkende oppervlaktespanning zodat de capillaire zuiging versneld wordt t.o.v. water}*

#### geplakte membranen

- *NEN-EN 1928:2000 (methode A) Flexible sheets for waterproofing - Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing - Determination of watertightness {Deze test wordt voorgeschreven vanuit NEN-EN 14692 als een membraan "los" moet worden beproefd nadat erbovenop een niet-gehechte asfaltlaag is verdicht. Waterdruk tot max 0,6 bar, 24 h tegen gelijkmatig gesteund monster 150 mm diameter. Lekdetectie d.m.v. verkleurende verf}*
- *NEN-EN 1928:2000 (methode B) Flexible sheets for waterproofing - Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing - Determination of watertightness {vrijgelaten waterdruk, 24 h tegen membraan op steunplaat rond 112 mm met 4 gaten 25x5 mm} Door de vrij grote gaten in de steunplaat onder het membraan is dit niet alleen een test op waterdichtheid, maar ook op het scheuroverspannend vermogen van het membraan. Daarmee is het een zeer zware test, waaraan volgens leveranciers ook diverse gewapende bitumineuze membranen niet kunnen voldoen. Testen van gespoten membranen is nauwelijks mogelijk, tenzij een goede methode gevonden kan worden om het gespoten membraan te lossen van de ondergrond, zonder de doorlatendheid te beïnvloeden. Verwacht wordt dat geen enkel gespoten (bitumeneus) membraan (circa 2-3 mm dik = 2-3 kg/m<sup>2</sup>) aan deze test kan voldoen, ondanks goede praktijkprestaties.}*
- *NEN-EN 14692:2005 (Annex A) Flexible sheets for waterproofing - Waterproofing of concrete bridge decks and other concrete surfaces trafficable by vehicles - Determination of the resistance to compaction of an asphalt layer {Annex A wordt in 14692 voorgeschreven als de waterdichtheid moet worden beproefd van een membraan met daarop gehecht asfalt (indien visueel perforaties zijn vastgesteld in het membraan. Het asfalt met membraan (diameter 150 mm, totaalhoogte 50 mm, eerst bij 100°C losgemaakt van ondersteunend beton) wordt aan de onderzijde (membraanzijde) ondersteund door een open grid en aan de zijanten ingegoten in een stalen mal. Vervolgens wordt vanaf de bovenzijde waterdruk uitgeoefend: 24 uur 0 bar, 24 uur 1 bar, 24 uur 5 bar, 24 uur 7 bar, en 3 uur 10 bar. Na elke stap controle op waterdoorslag}.*

- *NEN-EN 14694:2005 Flexible sheets for waterproofing - Waterproofing of concrete bridge decks and other concrete surfaces trafficable by vehicles - Determination of resistance to dynamic water pressure after damage by pre-treatment {pulserende waterdruk 0-5 bar, 1000 keer, tegen membraan op steunplaat rond 112 mm met 4 gaten 25x5 mm, conform NEN-EN 1928 methode B. Eerst 4 "punctures" maken met puntbeitel, op de locaties van de sleufgaten} Zie de opmerkingen bij NEN-EN 1928 methode B,*
- *EN 14223, Determination of water absorption,*
- *ETAG 033 for liquid applied bridge deck waterproofing kits {niet voor bitumineuze membranen} verwijst naar NEN-EN 14694:2005, maar zonder pretreatment, dus zonder impact perforation. De proefstukken moeten worden voorbereid conform ETAG 033-AnnexB (aangepaste EN 13375:2004). Zie de opmerkingen bij NEN-EN 14694 en NEN-EN 1928 methode B.*
- *NEN-EN 14692-Annex A (zie boven),*
- *RWS-proef o.b.v. DIN18130-1 voor gespoten bitumineuze membranen, op samengestelde boorkern (doorlatend zandcement, membraan, asfalt), zie boven.*

### B3.1.5 Keuze voor beproeving volgens DIN 18130-1, paragraaf 8.2

*Op basis van bovenstaande inventarisatie zijn alleen NEN-EN 14692 en de RWS-proef o.b.v. DIN18130-1 geschikt voor het beproeven van zowel asfaltlagen als gespoten en geplakte membranen, onder de maatgevend geachte vloeistofdruk. Aansluiten bij de Europese normen voor membranen (EN 1928-B en 14694) is voor gespoten bitumineuze membranen helaas niet mogelijk geacht, wegens de zware eisen aan de scheuroverbruggende werking van het membraan die voor Nederlandse betonnen kunstwerken niet realistisch worden geacht. Ook wordt bewust niet aangesloten bij de beproevingsmethoden die gekozen zijn voor vloeistofdichte verhardingen, omdat het maatgevende waterindringingsmechanisme anders wordt geacht te zijn (pulserende waterdruk i.p.v. capillaire zuiging).*

*Vanwege de goede ervaringen heeft RWS besloten vast te houden aan de RWS-proef o.b.v. DIN18130-1, voor de beproeving van waterdichte asfaltlagen en gespoten bitumineuze membranen. Deze proef wordt in deze bijlage nader beschreven.*

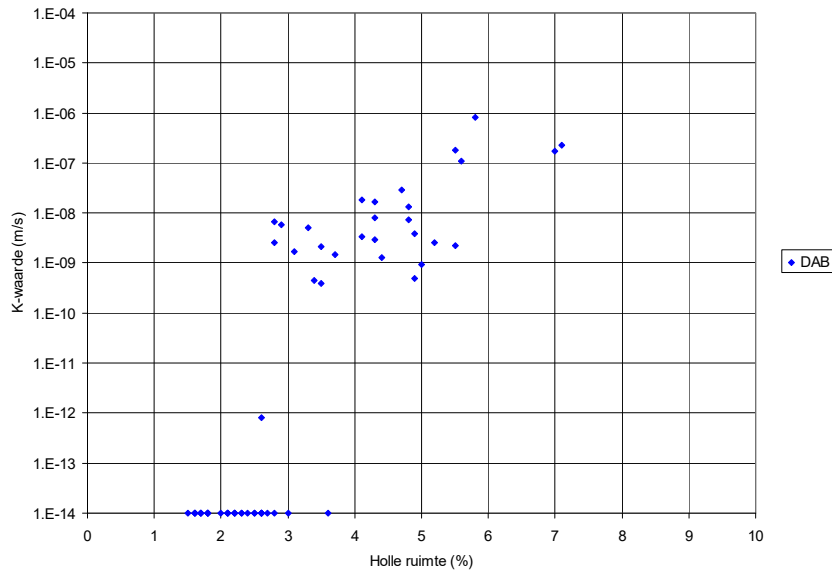
### B3.1.6 Waterdichtheid van asfalt

*Asfalt is een mengsel van mineraal aggregaat en een bitumineus bindmiddel. Asfaltbeton bevat altijd een (klein) percentage poriën. De hoeveelheid en grootte van de poriën is afhankelijk van de volumetrische mengsamenstelling na verwerking (verdichting). De mate waarin poriën voorkomen en met elkaar in verbinding staan is bepalend voor de doorlatendheid. Het al dan niet voorkomen van doorgaande poriën resulteert in grote verschillen in de doorlatendheid. Voor asfaltbeton geldt dat bij een holle ruimte van 3 % of lager er geen convectiestroming kan optreden. In de praktijk van bodembeschermende vloeistofdichte voorzieningen wordt meestal geen rekening gehouden met diffusie van bodembelastende stoffen door het asfalt omdat dit in de meeste gevallen niet of nauwelijks van invloed is op het functioneren van de vloeistofdichte voorziening. Het omslagpunt op basis van holle ruimte tussen dicht en niet dicht kan voor sommige asfaltmengsels hoger zijn dan 3 %, afhankelijk van de verdeling en de grootte van de holle ruimte door het mengsel. Als de holle ruimte bestaat uit grotere poriën, is de kans kleiner dat deze met elkaar verbonden zijn. Zo is bij een aantal absorptieproeven op steenmastiekasfalt, ondanks hogere holle ruimte percentages, tijdens de test geen doorslag van de testvloeistof geconstateerd. Indien het ontwerp van een constructie hierop is gebaseerd dan dient dit door middel van onderzoek te worden bevestigd.*

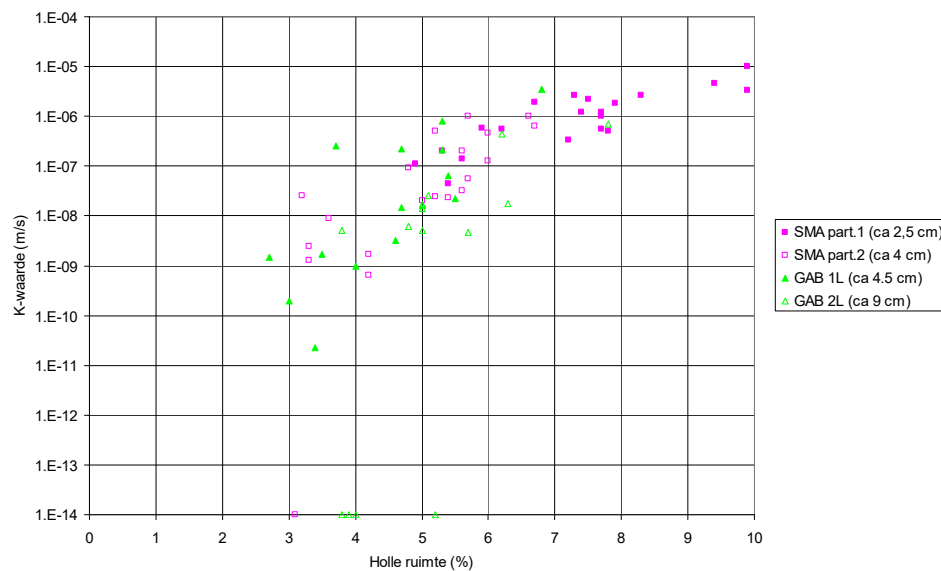
*De Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van RWS onderzocht in 1993 de waterdoorlatendheid van asfalt om meer inzicht te krijgen in de afdichting op kunstwerken [14]. Van asfaltproefstukken zijn de k-waarden gemeten. De k-waarde [m/s] is een materiaalconstante die theoretisch onafhankelijk is van de opgelegde druk en de dikte van het proefstuk (er wordt daarbij geen rekening gehouden met bijvoorbeeld kruip of aantasting waardoor de doorlatendheid kan worden beïnvloed). De k-waarde van asfalt is een theoretische waarde, omdat er geen sprake is van*

laminaire stroming door de poriën van verschillende grootte. De k-waarde van bitumen ligt tussen  $10^{-17}$  en  $10^{-19}$  m/s. (Ter vergelijking: de k-waarde van klei ligt rond de  $10^{-10}$  m/s.) Dat betekent dat bij een overdruk van 10 m water, na 100 jaar het water 0,00003 mm in bitumen doordringt. Dat houdt theoretisch in dat zelfs door een minuscuul laagje bitumen geen vloeistof kan doordringen. In de praktijk zijn er echter poriën en/of kan het bitumen door waterdruk worden weggeperst.

In figuren 3.1 en 3.2 staan de resultaten van het DWW-onderzoek weergegeven, als k-waarde versus holle ruimte (bepaald met methyleenchloride volgens Proef 69 van de Standaard RAW Bepalingen t/m 2005, niet te verwarren of 1:1 te vergelijken met de bepaling met water volgens NEN-EN 12697-8, voorgeschreven sinds de Wijziging 2008 van de Standaard RAW Bepalingen). Elk punt in de grafieken is 1 proefstuk. Bij geen lekverlies is de k-waarde theoretisch gezien 0 m/s. Daar dit echter niet op een logaritmische schaal is weer te geven is in dat geval de k-waarde fictief op  $10^{-14}$  vastgesteld. Dit geldt dus voor de meeste proefstukken met een holle ruimte beneden de 3 %. Er is duidelijk te zien dat er een omslagpunt is bij circa 3 %.



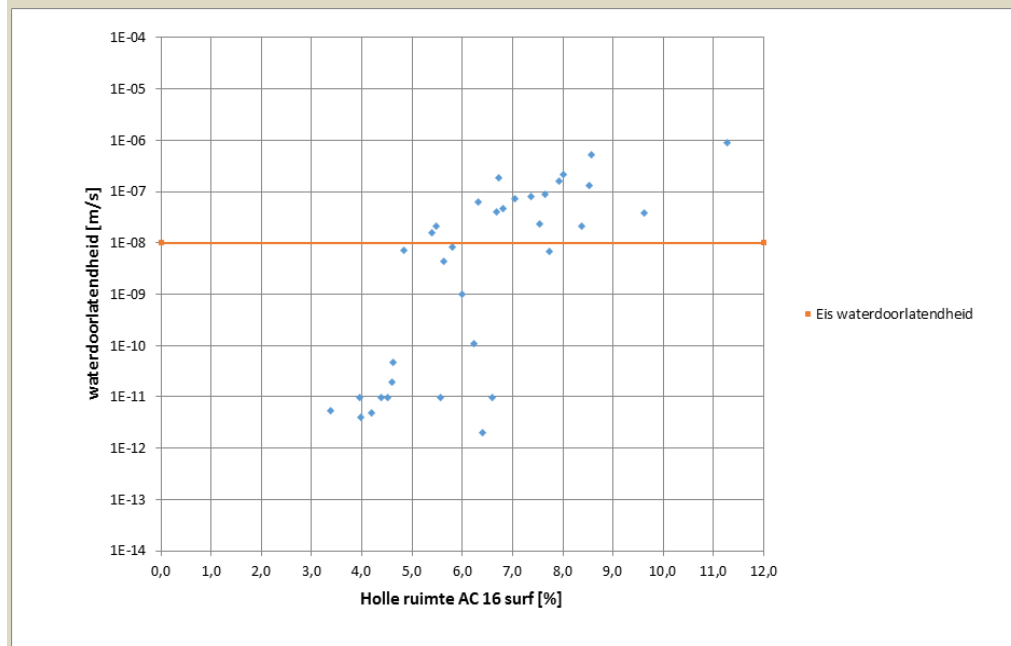
Figuur B3.1 k-waarde versus holle ruimte, DAB gebaseerd op [14]



Figuur B3.2 k-waarde versus holle ruimte, SMA en grindasfaltbeton (GAB) gebaseerd op [14]

In 2005 is onderzoek gerapporteerd naar de vloeistofdichtheid en waterdampdoorlatendheid van bitumineuze lagen voor cementgebonden kunstwerken [9]. Dit onderzoek had onder andere als doel om te beoordelen of een constructie met een bitumineus membraan en DZOAB voldoet naast de bij RWS gebruikelijke oplossing bestaande uit DAB 0/16 met ontwerp holle ruimte van ten hoogste 4,0 %. Hieruit bleek weer dat dicht asfaltbeton met een holle ruimte  $\leq 4,0$  % niet altijd vloeistofdicht is, zowel niet voor water als niet voor ethanol.

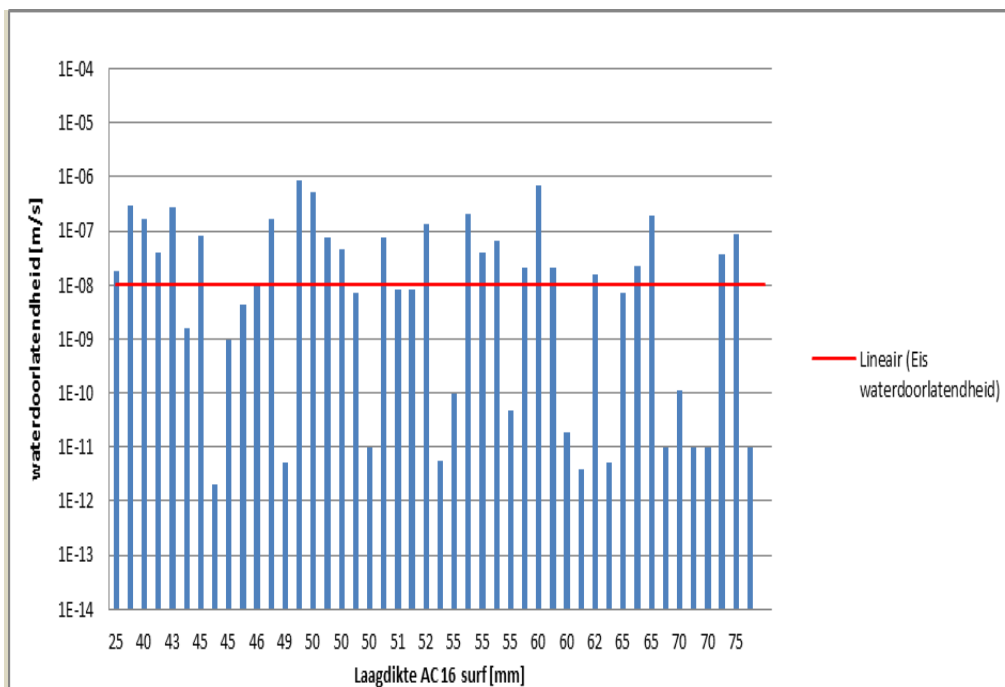
In figuren B3.3 en B3.4 is een voorbeeld gegeven van resultaten van een onderzoek naar k-waarden van een en hetzelfde AC surf mengsel in relatie tot de holle ruimte cq. laagdikte. Het onderzoek is door KOAC.NPC uitgevoerd. De resultaten zijn door de opdrachtgever ter beschikking gesteld. De holle ruimte is berekend met de dichtheid proefstuk en de met water bepaalde dichtheid mengsel volgens NEN-EN 12697-8<sup>10</sup>, voorgeschreven sinds de Wijziging 2008 van de Standaard RAW Bepalingen. Uit figuur B3.3 blijkt dat alle AC surf proefstukken met een holle ruimte beneden de 5 % een k-waarde van  $\leq 10^{-8}$  m/s hebben. De AC surf proefstukken hadden een verschillende laagdikte. Uit figuur B3.4 blijkt dat er niet een directe relatie bestaat tussen de laagdikte en de k-waarde. Helaas zijn geen gegevens beschikbaar gesteld over de holle ruimte bij de gegeven laagdiktes.



Figuur B3.3 k-waarde versus holle ruimte AC surf bepaald conform RAW 2015 [24]

<sup>10</sup> Sinds 2008 wordt voor de bepaling van de holle ruimte van asfalt, de dichtheid mengsel niet meer bepaald in methyleenchloride volgens Proef 68 van de Standaard RAW Bepalingen 2005, maar in water, volgens NEN-EN 12697-5. De gevonden waarden kunnen verschillen tussen beide methoden. Waarden van beide methoden mogen dan ook niet met elkaar worden vergeleken.





Figuur B3.4 relatie tussen de k-waarde en laagdikte van AC surf [24].

Uit alle onderzoeken blijkt een duidelijk verband met de holle ruimte van het proefstuk. Voor DAB geldt dat er een omslagpunt is bij een holle ruimte percentage van 3 %. Dit wordt ondersteund door buitenlandse literatuur en regelgeving waarin ook 3 % holle ruimte als kenmerkende waarde wordt genoemd. In de capillaire absorptieproef met ethanol scoren ook niet-deklaagmengsels als EME en AC base (STAB) met C-fix bindmiddel en BAM-VDA - een mengsel volgens het principe van Kjellbase - onder de 3 % holle ruimte goed. Voor AC surf met holle ruimte bepaald conform RAW 2015 ligt het omslagpunt bij 5% holle ruimte.

Voor asfaltmengsels, die de vloeistofdichtheid moeten waarborgen in een vloeistofdichte voorziening (ter voorkoming van milieubelasting van de bodem bij het hanteren van milieugevaarlijke vloeistoffen) wordt een in het werk behaalde holle ruimte percentage van 3 % daarom een verantwoord ontwerpcriterium gevonden [4]. Daarbij wordt geen uitvoeringstolerantie gehanteerd, omdat het verschil tussen 3 % en 4 % het verschil kan betekenen tussen dicht en lek. NB. Deze situatie is doorgaans niet van toepassing op brugdekken.

Voor betonnen brugdekken, waar RWS een geringe doorlatendheid acceptabel acht, wordt wel een uitvoeringstolerantie gehanteerd, tot 1,0 procentpunt holle ruimte boven het holle ruimte percentage waarbij de voldoende waterdichtheid ( $k \leq 10^{-8}$  m/s) is aangetoond. Voor het DAB uit de Standaard RAW Bepalingen tot 2008 werd daarom een ontwerp holle ruimte van maximaal 4,0% geëist en maximaal 5,0% in het werk behaalde holle ruimte.

Combinatie(dek)lagen (DZOAB gevuld met cement-slurry) kunnen in het algemeen niet als een vloeistofdichte barrière worden beschouwd. Weliswaar kunnen proefstukken van een combinatieklaag mogelijk waterdicht zijn, of voldoen aan een eis van beperkte waterdoorlatendheid, maar in de praktijk treedt vaak scheurvorming op, of onvoldoende vulling van het DZOAB, waardoor de waterdichtheid verloren gaat.

### B3.1.7 Waterdichtheid van membranen

In eerdergenoemd onderzoek [9], om o.a. te beoordelen of een constructie met een bitumeneus membraan en DZOAB voldoet, werd over de membraanconstructie een aantal conclusies getrokken:

- Het onderzochte bitumineus membraan, zonder opliggend DZOAB, bleek een uitstekende afdichting tegen water te zijn, ook onder hoge druk;
- DZOAB direct aangebracht op dit type membraan bleek in dit onderzoek een niet volledig waterdichte constructie te zijn;
- Nader onderzoek naar de oorzaak is gewenst, omdat dit type membraan afgestrooid met scherp steenslag wel waterdicht blijkt te zijn.

In ander onderzoek bleken vergelijkbare membranen (circa 2-3 kg/m<sup>2</sup> polymeerbitumen of bitumenemulsie) van andere leveranciers vrijwel altijd volledig waterdicht te zijn. Waterdichting werd niet bereikt met een enkele (0,3-0,4 kg/m<sup>2</sup>) of dubbele (0,6-0,8 kg/m<sup>2</sup>) bitumineuze kleeflaag. Ook met een dikkere kleeflaag (tot 2,0 kg/m<sup>2</sup>) of een enkelvoudige gemodificeerde slijtlaag (1,6-2,0 kg/m<sup>2</sup>) werd geen volledige waterdichtheid bereikt. De resultaten van een dubbele gemodificeerde slijtlaag (1,6 + 1,8 kg/m<sup>2</sup>) waren vergelijkbaar met een SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer), in dit geval 2,5 kg/m<sup>2</sup> warmgespoten bitumen of 1,6 + 1,8 kg/m<sup>2</sup> emulsie, afgestrooid met steenslag. Niet alleen de hoeveelheid bitumen, maar ook de eigenschappen lijken dus invloed te hebben op de waterdichtheid.

### B3.1.8 Uitwerking eisniveau

Op basis van het onderzoek uit 1993 [14] met de RWS-proef (o.b.v. DIN 18130-1) heeft RWS in 2007 de volgende indeling opgesteld, voor de waterdichtheid van asfaltlagen op betonnen kunstwerken, uitgaande van een minimale dikte van de waterdichte afaltlaag van 50 mm.

1,0*10 <sup>-8</sup> 1,0*10 <sup>-12</sup>	waterdicht	1,0*10 <sup>-10</sup> - 1,0*10 <sup>-12</sup> waterdicht 1,0*10 <sup>-8</sup> - 1,0*10 <sup>-10</sup> vrijwel waterdicht (acceptabel)
--	------------	---

Bij een k-waarde van 1,0\*10<sup>-10</sup> m/s, een proefstukdiameter van 100 mm, een laagdikte van 50 mm, en een drukhoogte van 7 bar, is de doorstroomde hoeveelheid water circa 4 ml/uur. Bij dezelfde k-waarde maar een dunnere waterdichtende laag zal de doorstroomde hoeveelheid water groter zijn. Dat is echter ongewenst, want het is de doorstroomde hoeveelheid water (met dooizouten) die relevant is voor de aantasting van het brugdekbeton, en die dus beperkt moet worden. Daarom wordt voor dunnere waterdichtende asfaltlagen de k-waarde berekend bij een dikte van 50 mm, alvorens deze te toetsen aan de eisen. Dit wil zeggen dat de berekening moet worden uitgevoerd met de doorstroomde hoeveelheid water en een rekenkundige dikte van 50 mm.

Er is in deze richtlijn voor gekozen om voor gespoten bitumineuze membranen een doorlatendheid van ten hoogste 1,0\*10<sup>-10</sup> m/s, bij een fictieve dikte van 50 mm, in de RWS-proef te eisen. Zie B3.2.5. In RTD1009:2012 werd hiervoor nog k=0 geëist. Proefstukken met membranen moeten voorbereid worden overeenkomstig met de praktijk, dus inclusief afstrooien met steenslag indien in de praktijk vereist, en inclusief mechanische verdichting van bovenliggend asfalt.

### B3.1.9 Goede detaillering en afwatering

"Elke ketting is slechts zo sterk als de zwakste schakel" is een bekend spreekwoord. Zo ook geldt: "Elke verharding is zo waterdoorlatend als het slechtste detail", want de detaillering en uitvoering van de naden en aansluitingen is in de praktijk vrijwel altijd de bepalende factor. Hieraan dient dan ook de meeste zorg besteed te worden. Hierbij speelt o.a. de verdichting van materialen nabij de aansluitingen, maar ook het loskrimpen van naden bij afkoeling.

De waterdichte laag moet bij voorkeur naadloos als één laag (in één werkgang) worden aangebracht. Indien de waterdichte laag niet naadloos, dus in meerdere banen of vakken, wordt aangebracht, dienen de naden en aansluitingen zodanig te worden uitgevoerd dat ook deze voldoen aan de waterdichtheidseis.

*De afwatering van de waterdichtende laag (of de asfalt beschermlaag bovenop een membraan) dient overal verzekerd te zijn, ook bij bijvoorbeeld voegovergangen, zodat nergens in of op de constructie stilstaand water kan accumuleren.*

### B3.1.10 Productverificatie

*Eenzijds is het gewenst om na voltooiing van een werk te kunnen verifiëren of de gevraagde waterdichtheid ook werkelijk is gerealiseerd, anderzijds is het eigenlijk niet wenselijk om daartoe boorkernen te nemen, omdat daarmee verharding, waterdichting en mogelijk ook kunstwerk worden beschadigd.*

*Helaas is er momenteel geen niet-destructieve kwantitatieve productverificatie-methode beschikbaar voor de waterdichtheid van asfaltlagen. Enkele beschikbare methoden geven wel een uitsluitsel "lek" of "niet lek", maar geven geen uitsluitsel of de geaccepteerde doorlatendheid wel of niet wordt overschreden. Deze methoden zijn:*

- *luchttest (overdruk circa 0,1-0,2 bar), NB vooraf slangen inbouwen.*
- *geo-electrische meting (potentiaal tussen brugdekwapening en oppervlak van natgespoten asfalt).*

*Voor verhardingen met waterdichte membranen komen deze testen mogelijk wel in aanmerking, omdat deze membranen meestal wel volledig waterdicht (horen te) zijn.*

*Ondanks de bezwaren van boorkernen, wordt daarom, indien productverificatie van waterdichte asfaltlagen op betonnen kunstwerken gewenst is, toch vastgehouden aan het nemen van boorkernen. Indien de holle ruimte niet meer dan 1,0 procentpunt (zonder toleranties) meer bedraagt dan de holle ruimte in de aanvullende proef op de het typeonderzoek waarbij de doorlatendheid van het mengsel is vastgesteld, wordt geacht aan de waterdichtheidseis te zijn voldaan, indien ook aan de laagdikte eis voor de waterdichte asfaltlaag is voldaan. Dit naar analogie van de eerdere voorschriften voor DAB, waarbij een ontwerp holle ruimte van maximaal 4,0% werd vereist en een gerealiseerde holle ruimte tot 5,0% werd geaccepteerd.*

## **B3.2 Beschrijving van de doorlatendheidsproef, gebaseerd op DIN 18130-1, versie nov 1989 (normatief)**

### B3.2.1 Doel en afbakening

Het doel van de proef is het vaststellen van het waterdichtend vermogen van een verharding bestaande uit een laag asfalt, met daaronder eventueel een kleeflaag of een waterdichtend membraan. Dit om te kunnen beoordelen of deze voldoende is om een onderliggend betonnen kunstwerk afdoende te beschermen tegen water en dooizouten.

Een en ander wordt voor het laboratoriumonderzoek op een lab-vervaardigde waterdoorlatende 'betonnen' laag aangebracht. Indien de waterdichtheid van de verharding dient te worden ontleend aan een waterdichte asfaltlaag (en niet aan een membraan), wordt de doorlatende 'betonnen' laag echter achterwege gelaten.

De onderzoeksmethode is beschreven om te bewerkstelligen dat verschillende laboratoria de beproeving op dezelfde wijze uitvoeren en daardoor reproduceerbare resultaten krijgen.

De onderzoeksmethode is in principe bedoeld voor het beproeven van laboratorium-vervaardigde proefstukken, aangezien de verharding inclusief de eventuele kleeflaag of waterdichtend membraan wordt opgebouwd op de doorlatende 'betonnen' laag.

De proef wordt uitgevoerd met de beoogde in het werk aan te brengen constructie.

Beproeving van verhardingsmonsters uit gerealiseerd werk is alleen mogelijk, indien deze zonder schade aan de beoogde waterdichtende laag in het monster kunnen worden losgemaakt van het (in principe tamelijk ondoorlatende) beton van het kunstwerk, en daarna samen met de lab-

vervaardigde doorlatende 'betonnen' onderlaag worden beproefd. Dit zal in principe mogelijk zijn, indien het waterdichtend vermogen van de verharding is gebaseerd op een waterdichtende asfaltlaag, of op een membraan in de verharding, niet direct op het beton van het kunstwerk. Indien de beoogd waterdichtende laag direct op het kunstwerk is aangebracht, wordt schadevrij losmaken van het kunstwerkbeton zeer lastig, aangezien de verharding een goede hechting met het kunstwerk moet hebben.

Indien proefstukken worden aangeleverd aan het testlaboratorium, moeten deze zijn vervaardigd conform B3.2.2 en B3.2.3, of zijn verkregen door boring uit een wegdek. De verstrekker moet een verklaring leveren omtrent de herkomst van het proefstuk, en een omschrijving van de vervaardigingswijze:

- Laboratorium vervaardigd (inclusief verdichtingswijze van asfaltlagen; mengselcode en CE-verklaring van toegepaste asfalmengsels; productnaam, CE-verklaring en hoeveelheid van eventueel toegepast membraan; materiaalsoort, hoeveelheid en gradering van afstrooimateriaal), of
- In-situ boring (met opgave van BPS-aanduiding of andere aanduiding van wegnaam en positie, en GPS-coördinaten)
- Locatie van betonnen kunstwerk, waar beproefd waterdicht asfalt cq. waterdicht membraan met asfalt bescherminglaag wordt toegepast.

### B3.2.2 Constructie laboratoriumvervaardigde proefstukken

Voor laboratoriumvervaardigde proefstukken worden platen vervaardigd, waaruit de proefstukken worden geboord. Voor waterdichte asfaltlagen dient de plaat alleen te bestaan uit asfalt, zoals hieronder beschreven onder C, maar toevoegen van een onderlaag volgens A is toegestaan. Voor membranen met asfalt bescherminglaag dienen alle onderstaande stappen A t/m C te worden uitgevoerd

#### A. Onderlaag van doorlatend zandcement

De onderlaag van 'beton' moet worden vervaardigd met de volgende of gelijkwaardige componenten:

- natuurlijk (rond) zand 0,1 mm tot 0,3 mm
- hoogovencement CEM III/B 42,5 N LH
- leidingwater

Aan 100% zand wordt 10% (m/m) cement en 10% (m/m) leidingwater toegevoegd.

Het zand wordt met het cement droog voorgemengd waarna het water geleidelijk wordt toegevoegd.

Het mengen wordt uitgevoerd met een dwangmenger.

Het aardvochtige mengsel wordt verdicht in een mal waarop later de constructie verder wordt opgebouwd. De plaat wordt vervolgens gedurende circa 1 week afgedekt met plastic folie om verdampen van vocht uit de plaat te voorkomen. De plaat kan op deze wijze goed uitharden. Vervolgens moet de plaat circa 2 weken bij circa 30 °C drogen. De plaat moet goed droog zijn zodat de aanhechting van de bitumineuze materialen wordt gegarandeerd. De plaat moet visueel gecontroleerd worden op scheuren.

De vervaardigde plaat wordt nominaal 600 \* 400 \* 60 mm<sup>3</sup> (l\*b\*h).

Deze plaat is voldoende groot om 6 proefstukken met een nominale diameter van 100 mm te kunnen boren.

De waterdoorlatendheid van het beton dient te worden vastgesteld bij 1 bar waterdruk, en ten minste 5,0\*10<sup>-6</sup> m/s te bedragen. (De waterdoorlatendheid van het beton dient per proefplaat te worden vastgesteld, tenzij een receptuur, zandsoort en vervaardigingswijze is gebruikt waarvan in het verleden ten minste drie maal de doorlatendheid is bepaald en die telkens voldoende bleek, waarbij de laatste bepaling niet meer dan 12 maanden geleden mag zijn.)

Het beton is dan nauwelijks van invloed op de waterdoorlatendheid van de te meten constructie, bij de vereiste waarden van ten hoogste 1,0\*10<sup>-8</sup> m/s of lager.

### B. Kleeflaag of membraan

De kleeflaag of het membraan wordt aangebracht op het doorlatend zandcement, conform de voorschriften van de leverancier of conform de contracteisen, inclusief aanbrengen en afwalsen van een afstrooilaag indien begrepen in deze voorschriften of contracteisen.

Belangrijk is de verwerkingsomstandigheden van deze lagen goed in acht te nemen en er zorg voor te dragen dat het beton zeer goed droog is.

### C. Asfalt

De lengte en breedte van de asfaltplaat zijn gelijk aan de waarden voor doorlatend zandcement hierboven genoemd onder A. De dikte van de asfaltlaag is gelijk aan de dikte van de beoogde toe te passen constructie. Bij de standaard oplossing heeft deze een nominale dikte van 50 mm.

Belangrijk is dat het proefstuk, bestaande uit het asfalt, eventuele kleeflaag/membraan en het eventuele beton, in de meetcel kan worden ingebouwd en niet te hoog is.

### Het maken van het asfaltmengsel

Vervaardiging van asfalt t.b.v. asfaltplaten conform typeonderzoek volgens Proef 62 van de RAW 2015.

Globaal zijn de volgende stappen te onderscheiden:

1. Drogen van de aggregaten.
2. Fractioneren van de aggregaten.
3. Afwegen van de aggregaten. Per fractie wordt de gewenste hoeveelheid afgewogen. Opgemerkt wordt dat de gewenste hoeveelheid niet uitgaat van een gemiddelde 100% verdichting, maar van een percentage daarvan, variërend tussen 97.5% en 98.5%. Dit omdat aan de randen van de platen altijd onderverdichting optreedt en oververdichting in het midden voorkomen moet worden. Dit percentage wordt vastgesteld op grond van vakmanschap van de laborant.
4. Afwegen gewenste hoeveelheid bindmiddel.
5. Verwarmen van de aggregaatfracties. De vulstof en het bindmiddel worden verwarmd in een oven, tot 5 à 10 °C boven de door de bindmiddelfabrikant voorgeschreven mengtemperatuur.
6. Het mengen van het asfalt geschiedt in charges van minimaal 1,5 maal de minimaal benodigde hoeveelheid. Het mengen dient te geschieden in een grote menger waarbij toegezien wordt op een goede menging (waar nodig wordt dwangmatig gemengd). In de menger worden eerst de mineralen (droog) gemengd gedurende een tiental seconden, waarna het bindmiddel wordt toegevoegd (afwijkend van proef 78 van de Standaard RAW Bepalingen 2015, waar eerst het bitumen in de mengkom gedaan wordt).
7. De charges worden indien nodig op temperatuur gehouden in een oven.

### Het maken van de asfaltplaten

Vervaardiging van asfaltplaten conform typeonderzoek volgens Proef 62 van de RAW 2015.

Globaal zijn de volgende stappen te onderscheiden:

1. De inhoud van de mallen, die vormvast dienen te zijn, dient zeer nauwkeurig bekend te zijn (via opmeten), zodat op basis van de streefdichtheid van het asfaltmengsel uitgerekend kan worden hoeveel massa asfaltspecie in de mal gebracht moet worden.
2. Het asfalt wordt aangebracht op een niet hechtende ondergrond, of op doorlatend zandcement conform A, eventueel met kleeflaag/membraan inclusief eventueel afstrooimateriaal conform B.
3. De randen van de mal zijn voorzien van vier of vijf stalen strippen (ieder 3 mm dik). Het hete asfaltmengsel wordt handmatig ingebracht in de mal. De asfaltspecie wordt met plamuurmessen verdeeld, waarbij de hoeken goed opgevuld worden, zonder dat daarbij oververdichting optreedt. Een te hoge verdichting aan de randen leidt immers tot onderverdichting in het midden van de plaat. Hierbij wordt van buiten naar binnen gewerkt: eerst wordt de specie aan de randen gelegd, daarna in het midden. De gehele hoeveelheid specie wordt ingebracht en handmatig met plamuurmessen gevlakt.

4. De asfaltplaten worden verdicht door walsen met een handwals, conform NEN-EN 12679-33. Ook verdichten middels praktijkwalsen, een segmentverdichter of plaatverdichter is toegestaan. Gyratorverdichting en slagverdichting zijn niet toegestaan. Belangrijk is de gewenste streefdichtheid en homogeniteit.
5. De asfaltspecie wordt voorverdicht door een houten plaat erop te leggen, hierop een massa van ongeveer 80-90 kg te plaatsen en een schommelende beweging te maken.
6. Na deze voorverdichting wordt de wals (breder dan de asfaltplaat) ingezet, waarbij alle strips nog aanwezig zijn. De strips voorkomen een te grote walsweerstand. Nadat de wals enkele keren over de plaat is gehaald neemt deze weerstand af (de specie is tot op de gegeven hoogte verdicht). Er wordt een strip verwijderd en de wals wordt weer ingezet. Na enkele walsovergangen wordt er weer een strip verwijderd.
7. De wals moet worden nat gehouden met water met daarin een zeepoplossing, tegen aankleven.
8. De verdichte asfaltspecie in de mal af laten koelen aan de lucht.

#### Conditioneren van de asfaltplaten

Na het vervaardigen en afkoelen van de asfaltplaten aan de lucht wordt verder afgekoeld tot circa 5°C. Vervolgens worden de cilindervormige proefstukken geboord met een diameter van nominaal 100 mm. De minimaal benodigde diameter moet minimaal 4 maal de maximale korrelgrootte van het mineraal in het asfalt bedragen. Het beproeven wordt niet eerder gestart dan minimaal 1 week na het vervaardigen van het asfalt.

#### *B3.2.3 Boren en zagen van proefstukken en bepaling holle ruimte asfalt, laboratoriumvervaardigde proefstukken*

Uit de plaat worden 6 proefstukken geboord met een diameter van 100 mm.

De proefstukken worden door de gehele plaat (inclusief eventueel doorlatend zandcement en eventueel membraan) geboord.

Het boren, dat zeer zorgvuldig dient te worden uitgevoerd, dient met veel koelwater te geschieden. Voorkomen dient te worden dat het proefstuk wordt beschadigd.

Drie proefstukken worden gebruikt voor het bepalen van de waterdoorlatendheid, zie volgende hoofdstuk. Indien voor de waterdichtheid van de verharding wordt uitgegaan van een waterdichte asfaltlaag van ten minste 50 mm, dient de overeenkomstige asfaltlaag van het proefstuk te worden afgezaagd tot een dikte van (50±2) mm, indien deze aanvankelijk dikker is. Indien de betreffende asfaltlaag van het proefstuk dunner is, maar ten minste 40 mm, mag deze wel worden beproefd. Indien dan aan de eis wordt voldaan, ondanks de geringere dikte, wordt de asfaltlaag geacht bij een dikte van 50 mm ook te voldoen. Indien echter bij een geringere proefstukdikte niet wordt voldaan aan de eisen, is beproeving bij de juiste dikte noodzakelijk.

De andere drie proefstukken worden gebruikt voor het bepalen van het gehalte aan holle ruimte van het asfalt, conform NEN-EN 12697-8, na het verwijderen van het eventuele doorlatende beton en eventuele kleeflaag of membraan. Hiervoor geen proefstukken gebruiken die zijn gearst.

#### *B3.2.4 Onderzoek van waterdoorlatendheid*

##### Proefstukvoorbereiding

De proefstukken worden voorafgaand aan de beproeving visueel beoordeeld op gaafheid. 'Grote' poriën in het asfalt kunnen leiden tot het kapotdrukken van het latex membraan waarin het proefstuk wordt ingebouwd. Ook ongaafheden aan de randen van het proefstuk, zowel aan de onder- als bovenzijde, kunnen leiden tot het kapotdrukken van het latex membraan waarin het proefstuk wordt ingebouwd.

Bij ongaafheden aan de randen, aan onder- en of bovenzijde (vooral bij proefstukken uit de weg), kan het noodzakelijk zijn aan die zijde(n) een laagje beton van maximaal 1 cm dikte, zoals beschreven in B3.2.2, A (Onderlaag van doorlatend beton), aan te brengen.

De proefstukken voor de bepaling van de waterdoorlatendheid worden, zeker ook na het aanbrengen van beton, gedroogd aan de lucht.

Vervolgens wordt de buitenzijde van het proefstuk bestreken met hars om eventuele poriën aan de buitenzijde te vullen. Dit is om te voorkomen dat het latex membraan beschadigt of dat lekkage tussen proefstuk en membraan ontstaat. Indien grote poriën aan de buitenzijde van het asfalt aanwezig zijn, kan het naast het harsen ook noodzakelijk zijn een glasvezelvlies als versteviging rondom het proefstuk aan te brengen. Een 2-componenten hars wordt met een kwast aan de buitenzijde van het proefstuk gesmeerd, waarna, indien noodzakelijk, het glasvezelvlies hierin wordt gedrukt. Vervolgens kan een extra laag hars noodzakelijk zijn.

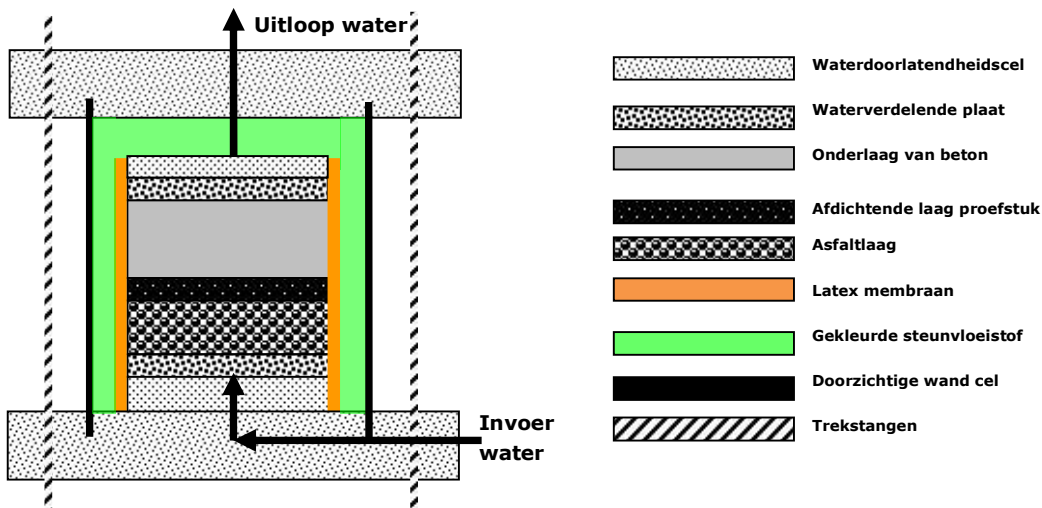
Voorkomen moet worden dat de hars te ver in het proefstuk dringt waardoor de diameter van het te doorstromen oppervlak wordt verkleind. Ook moet worden voorkomen dat er tussen het glasvezelvlies en het proefstuk lucht ingesloten wordt, of dat de boven- of onderzijde van het proefstuk wordt 'besmet' met hars.

#### Methode

De bepaling van de waterdoorlatendheid wordt uitgevoerd op basis van de methode met de triaxiaalcel beschreven in hoofdstuk 8.2 van DIN 18130 – Teil 1 d.d. november 1989.

#### Tekening

Onderstaande schematische tekening toont het principe van de proefopstelling, met een proefstuk bestaande uit een onderlaag van doorlatend beton, een afdichtende laag (bv bitumineus membraan) in het proefstuk en een beschermende asfaltlaag. Ook kunnen proefstukken worden beproefd, die alleen bestaan uit een beoogd waterdichte asfaltlaag.





#### Principe

Op de uitvoering zoals beschreven in DIN 18130-1, paragraaf 8.2, wordt de navolgende toelichting/aanvulling gegeven.

Een besturingskast brengt ontluicht leidingwater op een druk van circa 10 bar.  
De druk van dit water wordt met reduceerventielen op de gewenste druk gebracht.

De proef wordt uitgevoerd bij  $(22 \pm 3)$  °C. Er wordt niet gecorrigeerd voor viscositeitsverschillen van het water, afhankelijk van de temperatuur.

De volgende stappen zijn te onderscheiden:

- Op de onderplaat van de waterdoorlatendheidscel wordt een waterverdelende plaat gebracht.
- Deze plaat moet evenals het beton een waterdoorlatendheid hebben van ten minste een factor 100 hoger dan de doorlatendheid van het asfalt.
- Op de waterverdelende plaat wordt een filtreerpapier gebracht.
- Op de waterverdelende plaat met filtreerpapier wordt het proefstuk (beton, eventuele kleeflaag/membraan en asfalt) gebracht.
- De doorstroming geschiedt van onder naar boven, vanwege de ontluchting van het proefstuk en de triaxiaalcel. Om aansluiting te verkrijgen met de praktijk wordt het proefstuk 'ondersteboven' ingebouwd zodat de waterbelasting in de cel overeenkomt met de waterbelasting in de praktijk.
- Op het proefstuk wordt weer een filtreerpapier en waterverdelende plaat gebracht.
- Om het proefstuk en de onderplaat van de cel wordt een latex membraan geschoven.
- Op de waterverdelende plaat wordt de bovenplaat van de waterdoorlatendheidscel gebracht.
- Vervolgens wordt om het volledige proefstuk en de bovenplaat het latex membraan geschoven.
- Het latex membraan wordt met O-ringen vastgezet op de onder- en bovenplaat.
- De cel wordt gevuld met gekleurd water. Dit dient voor het detecteren van lekkages in de cel. Als het latex membraan, of de slangen op de aansluiting op de onder- of bovenplaat niet dicht zijn (lek), wordt gekleurd water van buiten naar binnen geperst, en wordt gekleurd water opgevangen. Dit dient te worden verholpen, voordat de proef mag worden voortgezet.
- Om het systeem snel en volledig te verzadigen kan, voordat een steundruk wordt aangebracht, de waterdruk van de watertoevoer licht worden opgevoerd waardoor het latex membraan wordt opgeblazen en water tussen het proefstuk en latex membraan stroomt. Door de steundruk vervolgens op te voeren tot de gewenste waarde wordt het overtollige water uit de cel geperst.
- Aan de buitenzijde van het proefstuk wordt een steundruk aangebracht van circa 0,5 bar hoger dan de waterdruk voor het bepalen van de waterdoorlatendheid.



- Vervolgens wordt er een waterdruk op het proefstuk aangebracht voor het doorstromen.
- Gestart wordt met een doorstroom-waterdruk van 1,0 bar. Gedurende ten minste 8 uur wordt de waterdruk gehandhaafd (tenzij de proef voortijdig wordt beëindigd wegens lekkages of grote doorlatendheid). In deze periode van 8 uur worden metingen van de doorstroomde waterhoeveelheid verricht:
- De eerste 2 uur worden er geen metingen gedaan.
- Een meting duurt minimaal 60 minuten of tot een opgevangen hoeveelheid water van minimaal 100 gram (ml), als dat eerder is.
- De meting wordt minimaal 1 maal herhaald.
  - Indien de 2<sup>e</sup> meting minder dan 10% van de 1<sup>e</sup> meting verschilt, mogen de metingen op dit proefstuk bij deze waterdruk worden beëindigd, anders wordt een 3e meting uitgevoerd.
  - Indien de 3e meting meer dan 10% verschilt van de 2e meting maar minder dan 10% van het gemiddelde van de 3 metingen mogen de metingen op dit proefstuk bij deze waterdruk worden beëindigd.
  - Er wordt doorgedaan tot maximaal 5 metingen, of indien eerder de laatste meting minder dan 10% verschilt van de voorlaatste meting of minder dan 10% van het gemiddelde van de laatste 3 metingen.
- Indien de doorstroomde waterhoeveelheid per uur meer bedraagt, dan overeenkomt met een k-waarde van  $1,0 \cdot 10^{-5}$  m/s, wordt de proef beëindigd. Anders wordt de steundruk verhoogd naar 3,5 bar en daarna de doorstroom-waterdruk naar 3,0 bar, en worden opnieuw doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. De tijdsduur en criteria voor de metingen zijn gelijk aan de meting bij 1 bar.
- Indien de doorstroomde waterhoeveelheid in de vorige stappen minder is, dan overeenkomt met een k-waarde van  $1,0 \cdot 10^{-5}$  m/s, wordt bij een doorstroom-waterdruk van 5,0 bar en 7,0 bar (en bijbehorende steundrukken) gemeten met dezelfde criteria.
- 's Nachts en als het laboratorium gesloten is wordt er niet gemeten. De toe- en afvoeren van de cel worden gesloten waardoor de drukken in de cel blijven gehandhaafd, de druk van de watertoevoer en steundruk worden teruggebracht. Bij aanvang van de vervolgmetingen wordt allereerst de steundruk op het gewenste niveau gebracht, de toevoer van de steundruk naar de cel geopend, waarna hetzelfde wordt gedaan met de watertoevoer. Vervolgens kan de waterafvoer worden geopend. De metingen kunnen worden vervolgd.

### B3.2.5 Berekening k-waarde

Ontleend aan DIN 18130-1 dient de waterdoorlatendheid (k-waarde) te worden berekend volgens:

$$k = \frac{Q/A}{h/l} = \frac{Q \cdot l}{h \cdot A} \quad (\text{B3.1})$$

met:

k = waterdoorlatendheid [m/s]

Q = doorstroomd volume per tijd [m<sup>3</sup>/s]

A = oppervlak monster haaks op doorstroomrichting [m<sup>2</sup>]

h = doorstroomwaterdrukhoogteverschil [m waterkolom]

l = doorstroomde monsterlengte, behoudens onderstaande bepalingen [m]

Voor de te hanteren doorstroomde monsterlengte in bovenstaande formule gelden de volgende bepalingen:

- Indien ondersteunend poreus beton wordt toegepast, dient dit niet te worden meegerekend in de bepaling van de doorstroomde monsterlengte.
- Indien een deel van het proefstuk bestaat uit DZOAB of PA, dient dit niet te worden meegerekend in de bepaling van de doorstroomde monsterlengte.
- Indien na toepassing van beide voorgaande bepalingen de resterende doorstroomde monsterlengte kleiner is dan 0,050 m, wordt de doorstroomde monsterlengte op 0,050 m gesteld.

### B3.2.6 Rapportage

De rapportage moet per proefstuk minimaal de volgende gegevens bevatten:

- Herkomst proefstuk, en omschrijving vervaardigingswijze, beide volgens verstrekker proefstuk indien de proefstukvervaardiger niet het testlaboratorium is:
  - Laboratorium vervaardigd (inclusief verdichtingswijze van asfaltlagen; mengselcode en CE-verklaring van toegepaste asfaltmengsels; productnaam, CE-verklaring en hoeveelheid van eventueel toegepast membraan; materiaalsoort, hoeveelheid en gradering van afstrooimateriaal), of
  - In-situ boring (met opgave van BPS-aanduiding of andere aanduiding van wegnaam en positie, en GPS-coördinaten).
- Foto van het proefstuk zoals aangeleverd, of na afzagen van overtollige laagdikte
- Laagopbouw (materiaalsoort en laagdikte in mm) van het proefstuk, inclusief eventueel aangebrachte lagen poreus beton.
- Geharst ja/nee
- Glasvezelvlies in hars ja/nee
- Hoogte en diameter van het proefstuk, zoals beproefd
- Doorstroomde monsterlengte gebruikt voor berekening k-waarde
- Per waterdruk het rekenkundig gemiddelde, over alle doorstroommetingen bij die druk, voor de k-waarde [m/s], uitgedrukt in wetenschappelijke notatie met twee significante cijfers voor de basis (voorbeeld:  $2,7E-11$  m/s =  $2,7 * 10^{-11}$  m/s)
- Het gehalte holle ruimte van de beproefde asfaltlaag, exclusief poreus beton of poreus asfalt.
  - Bij proefstukvervaardiging door het testlaboratorium worden de waarden gegeven van de proefstukken volgens B3.2.3 die alleen op holle ruimte zijn beproefd (inclusief vermelding van dichtheid proefstuk en dichtheid mengsel waaruit het percentage holle ruimte is bepaald).
  - Bij beproeving van verhardingsmonsters uit gerealiseerd werk kan dichtheidproefstuk gerapporteerd worden indien beschikbaar. Het percentage holle ruimte kan worden berekend met de dichtheidmengsel van CE-certificaat indien beschikbaar.

### B3.2.7 Onafhankelijkheid

Het testlaboratorium, dat de doorlatendheidsproef uitvoert, moet onafhankelijk zijn van de opdrachtnemer voor de aanleg van de waterdichtende laag.

### B3.2.8 Controle proefopstelling

Om te controleren of er ergens in de proefopstelling lekkage optreedt dient minimaal een keer per jaar een 100% waterdicht ijkproefstuk te worden beproefd. De k waarde dient gelijk te zijn aan 0.

## B4 Bijlage 4: Standaardoplossingen

### B4.1 Gebruik van standaardoplossingen

In deze bijlage worden 'standaard' oplossingen aangereikt voor asfaltverhardingen op zowel nieuwe als bestaande kunstwerken van beton en staal. Met deze standaardoplossingen is vele jaren positieve ervaring opgedaan op de kunstwerken van Rijkswaterstaat. Deze behoeven dan ook geen validatie van het ontwerp.

Wel dient binnen de contractbeheersing aandacht te worden besteed aan de volgende zaken:

- aantonen van de bekwaamheid / ervaring van de opdrachtnemer;
- juiste uitvoeringswijze;
- geleverde kwaliteit van het eindproduct (totale gerealiseerde verharding inclusief aansluitingen).

### B4.2 Inleiding

*Om tot een verantwoorde en duurzame toepassing van asfaltverhardingen op kunstwerken te komen worden door Rijkswaterstaat vraagspecificaties opgesteld. Deze stellen functionele eisen aan de eindsituatie. Van de opdrachtnemer wordt verwacht dat deze de eisen vertaalt in een adequate oplossing. Dit kan een 'standaard' oplossing zijn, maar ook een 'innovatieve' oplossing die moet worden gevalideerd onder auspiciën van RWS-GPO. De uiteindelijke keuze voor een bepaalde oplossing kan pas worden gemaakt na een integrale afweging tussen kosten en de technische en praktische mogelijkheden in de betreffende situatie.*

### B4.3 Asfaltconstructie op betonnen kunstwerk

#### B4.3.1 Bescherming tegen waterindringing

Bescherming van het beton tegen indringing van water met daarin opgeloste stoffen die schadelijk zijn voor beton en/of wapening (zoals chloriden uit dooizout) is van cruciaal belang. Betonnen kunstwerken worden in Nederland beschermd door voorschriften over de betonkwaliteit, en hydrofobering, en het aanbrengen van een laag (waterdicht) asfaltbeton met een eis ten aanzien van de waterdoorlatendheid (k-waarde) of een (waterdicht) membraan met een eis ten aanzien van de waterdoorlatendheid en voorzien van een beschermlaag van asfalt.

*Een hydrofoberende behandeling is een betrekkelijk goedkope manier om (extra) bescherming van het beton te creëren, het vochtgehalte in het beton te beperken en de indringing van chlorides te vertragen. Met hydrofoberen wordt bereikt dat het betonoppervlak waterafstotend wordt. Voor alle nieuwe kunstwerken is de hydrofoberende behandeling van het beton voorgeschreven, uitgezonderd daar waar een membraan op basis van bitumenemulsie direct op het beton moet worden aangebracht. Voor details over en eisen gesteld aan hydrofoberen wordt verwezen naar RTD1002 Richtlijn Hydrofoberen van beton. Bij het vervangen van de asfaltconstructie op een bestaand kunstwerk wordt standaard geen hydrofoberbehandeling toegepast.*

*Volgens onderzoek van Rijkswaterstaat en TNO [16] heeft het hydrofoberen van beton geen effect op de hechtsterkte van een aangebrachte kleeflaag. Ook stelt dit onderzoek dat het hydrofoberen van beton met een reeds aanwezige kleeflaag geen effect heeft op de hechtsterkte van een daarna aangebrachte kleeflaag.*

*Er bestaat een kans dat een hydrofobeerlaag niet goed aan te brengen is op bestaand betonwerk met daarop aanwezige kleeflaag- en asfaltresten. Het hydrofobeermiddel zou het asfalt oplossen en verder, waar asfalt achterbleef, een verminderde hechting van de kleeflaag veroorzaken.*

*Op een gehydrofoberd oppervlak kunnen problemen met hechting voordoen. Doordat het beton waterafstotend is geworden zouden de gebruikelijke kleeflaagemulsies namelijk moeilijker hechten. Mogelijk kan dit afhangen van de soort hydrofobeermiddel, de bitumenemulsie, of de uitvoering*

(beschikbare tijd voor het breken en drogen van de emulsie in relatie tot temperatuur, luchtvochtigheid en windsnelheid).

Bovenstaande opmerkingen over geclaimde risico's van verminderde hechting op hydrofobeerlagen zijn slechts ter informatie om opdrachtnemers te attenderen op mogelijke risico's. Zij doen niets af aan de keuze van RWS om hydrofoberen van nieuw beton voor te schrijven, noch aan de verantwoordelijkheid van opdrachtnemer om een goede hechting op de hydrofobeerlaag te realiseren.

In het verleden zijn op betonnen kunstwerken hoofdzakelijk bitumineuze deklagen van dicht asfaltbeton aangebracht, waarbij het betonnen brugdek van een kleeflaag van bitumenemulsie werd voorzien. De praktijk heeft uitgewezen dat een dergelijke deklaag, mits van goede kwaliteit, voldoende waterdicht is om het onderliggende beton in de tijd goed te beschermen tegen het indringen van dooizouten.

Uit onderzoek [14] is gebleken dat gietasfalt en dicht asfaltbeton voldoende waterdicht zijn om de onderliggende betonconstructie tegen dooizouten te beschermen, mits wordt voldaan aan de bijbehorende maximum ontwerpeis voor de holle ruimte van 2,5%(V/V) voor gietasfalt en 4,0%(V/V) voor dicht asfaltbeton. Op basis van de goede praktijkervaring wordt daarbij een minimum laagdikte van 25 mm voor gietasfalt en 50 mm voor dicht asfaltbeton geëist. De asfaltnaden en de aansluitingen tegen de schampkanten en de voegovergangen zijn zeer kritisch ten aanzien van de waterdichtheid, omdat het realiseren van goede verdichting van het asfalt op die plaatsen moeilijk is.

In de ons omringende landen is het gebruikelijk om een waterdichte laag in de vorm van een folie of een membraan tussen het asfaltbeton en het betonnen brugdek aan te brengen. Dit kan zijn een warm geplakt bitumineus membraan of een gespoten en afgestrooid membraan van al dan niet gemodificeerde warme of koude bitumenemulsie of warme bitumen, of een gespoten op polymeer gebaseerd membraan. Er is weinig ervaring in Nederland met gespoten op polymeer gebaseerde membranen maar deze worden buiten Nederland vaak succesvol toegepast.

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de voor- en nadelen van een waterdichte asfaltlaag of een membraan.

Oplossing	Voordelen	Nadelen
Asfaltlaag	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Robuust, weinig gevoelig voor beschadigingen, beperkt gevoelig voor uitvoeringsomstandigheden.</li> <li>- Kan als onder- of tussenlaag meestal blijven zitten bij vervanging van de asfalt deklaag.</li> <li>- In staat tot uitvullen van oneffenheden in kunstwerk.</li> <li>- Damp-open, weinig risico op blaasvorming.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meestal niet absoluut waterdicht, (maar zeer geringe doorlatendheid),</li> <li>- Risico op onvoldoende waterdichtheid vooral bij naden en aansluitingen.</li> <li>- Dik en zwaar.</li> <li>- Mogelijk gevoelig voor spoorvorming bij te lage holle ruimte-%.</li> </ul>
Membraan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- In principe absoluut waterdicht.</li> <li>- Dun en lichtgewicht.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kwetsbaar voor mechanische beschadigingen bij verwerken van asfalt.</li> <li>- Kwetsbaar bij onderhoud aan direct bovenliggende asfaltlagen.</li> <li>- Gevoelig voor ongunstige uitvoeringsomstandigheden en verkeerde uitvoering.</li> <li>- Risico op blaasvorming.</li> </ul>

Alhoewel wordt erkend dat de realisatie van een waterdichte asfaltlaag dwingt tot nauwkeurig sturen tussen waterdoorlatendheid en spoorvormingsgevoeligheid), zijn de ervaringen van RWS met deze oplossing op betonnen kunstwerken overwegend positief. Uit ervaring is gebleken dat de zeer geringe doorlatendheid bij 3 tot 5% praktijk holle ruimte voldoende bescherming biedt aan

*een betonnen kunstwerk, en de hoeveelheid spoorvorming op betonnen brugdekken in de praktijk beperkt is. Vanwege de grotere robuustheid is dit daarom nog steeds een standaardoplossing van RWS voor betonnen brugdekken.*

*Uit recente ervaringen blijken opdrachtnemers echter vaak een groot risico te zien in het behalen van de benodigde holle ruimte bij de keuze voor een waterdichte asfaltlaag. Bovendien is de oplossing met een waterdichte asfaltlaag bij onderhoud op oudere betonnen kunstwerken vaak te zwaar met het oog op de toegenomen verkeersbelasting. De tweede standaardoplossing met een gespoten bitumineus membraan, samen met een asfalt beschermlaag, wordt dan ook steeds vaker toegepast op betonnen brugdekken.*

#### B4.3.2 Asfaltconstructie met een open deklaag op een nieuw betonnen kunstwerk

*De belangrijkste aandachtspunten bij de toepassing van open deklagen op kunstwerken zijn de bescherming van het beton tegen de aantasting door uit dooizouten afkomstige chloride en het verzekeren van een goede afstroming van het water door en uit het DZOAB.*

De standaard asfaltconstructie met een open deklaag op een nieuw betonnen kunstwerk heeft de volgende opbouw:

- een deklaag van 50 mm (D)ZOAB (PA) 16, of 70 mm tweelaags ZOAB (PA) (fijn), afhankelijk van de vereiste geluidreductie;
- een kleeflaag;
- een waterdichtende tussenlaag van naar keuze:
  - 50-70mm (waterdicht) AC 16 bin, die voldoet aan de eisen voor waterdichtheid (BK 1.1), dus met voorgeschreven k-waarde;
  - 50-70 mm AC 16 bin beschermlaag, zonder eisen aan de waterdichtheid, met daaronder over de gehele oppervlakte van het kunstwerk een gespoten bitumineus membraan (warm gespoten of koud op basis van bitumenemulsie), dat voldoet aan de eisen voor waterdichtheid (BK 1.2), dus met voorgeschreven k-waarde;
- bij onvlakheden van het betondek >20 mm, één of meer uitvullagen AC 11 bin, AC 16 bin of AC 22 bin, elk met een normale kleeflaag aan de bovenzijde. Als direct op de uitvullaag een waterdichtend membraan wordt aangebracht vervalt deze kleeflaag op de uitvullaag en dient de uitvullaag te worden voorzien van een primer conform voorschrift van de leverancier van het membraan;
- een kleeflaag op het betondek: een bitumenemulsie conform NEN-EN 13808, twee lagen van elk 0,3 kg/m<sup>2</sup>, afgestrooid. Als direct op het betondek een waterdichtend membraan wordt aangebracht vervalt deze dubbele kleeflaag en dient het betondek te worden voorzien van een primer conform voorschrift van de leverancier van het membraan;
- (strooksgewijze) afdichting van voegen tussen betonliggers, conform artikel 10.6.3 van NEN 6723: 2009, indien van toepassing;
- hydrofobering van het kunstwerk, behalve waar een waterdichtend bitumineus membraan op emulsiebasis direct op het betondek wordt toegepast;
- langs de schampkanten een flexigoot kantopsluiting (zie B4.3.6.2).

De acceptatie van membranen in de standaardoplossing geldt uitdrukkelijk alleen in combinatie met de bovenbeschreven asfalt beschermlaag.

Het asfaltmengsel dat wordt toegepast direct onder de open deklaag dient bij het typeonderzoek volgens Proef 62 van de RAW 2015 een waterbestendigheid ITSR van ten minste 80 te hebben. Alle asfaltlagen dienen een vervormingsgevoeligheid  $f_c$  te hebben die volgens de SOA is afgestemd op de verkeersbelasting.

*Naast bovenstaand beschreven positie van het membraan direct onder de beschermlaag, dus bovenop de uitvullagen, kan ook een andere diepteligging van het membraan acceptabel zijn, maar deze moet wel ter goedkeuring aan RWS-GPO worden voorgelegd. Zo kan een positie van het membraan direct op het betonnen kunstwerk, dus onder uitvullagen, acceptabel zijn, mits de eerste asfaltlaag direct op het membraan over het gehele oppervlak van het kunstwerk wordt aangebracht zonder uitloop naar nul. Ook een positie van het membraan tussen twee uitvullagen*

kan acceptabel zijn. In elk geval moet beschadiging van het membraan bij het asfalteren worden voorkomen. Om die reden is aanleg van uitvullingen met kleine oppervlakken op een membraan ongewenst.

Bij afwijkende diepteligging van het membraan moet de flexigoot zodanig dik en diep worden aangebracht dat deze waterdicht aansluit aan het membraan.

De term AC (Asphalt Concrete) wordt in principe gevolgd door de toevoeging "surf" voor deklagen, "bin" voor tussenlagen en "base" voor onderlagen. In de bovenbeschreven oplossing is de waterdichte laag AC 16 een tussenlaag en moet dus AC 16 bin heten. Dit materiaal moet in het typeonderzoek voor CE-markering worden beproefd conform de regelgeving voor tussenlagen. De AC 11, AC 16 of AC 22 uitvullagen zijn formeel "base" en moeten ook als zodanig beproefd worden. Qua gewenste eigenschappen zijn voor de uitvullagen echter de vervormingsweerstand en watergevoeligheid van een "bin" gewenst, en is de vermoeiingsweerstand als "base" minder relevant.

In de standaardoplossing met waterdichte asfaltlaag is de waterdichte AC 16 echter gebaseerd op DAB (dicht asfaltbeton), conform de Standaard RAW Bepalingen 2005. Sinds de Wijziging 2008 van de Standaard RAW Bepalingen is de term DAB niet meer gespecificeerd, en wordt dit mengsel meestal als AC "surf" CE-gemarkeerd, en daartoe beproefd conform de regelgeving voor deklagen. Voor toepassing in een tussenlaag of onderlaag is echter een CE-markering als "bin" of "base" nodig. Deze markering kan worden verkregen op basis van de voor AC gebruikelijke functionele proeven. Voor het verschil tussen het typeonderzoek voor surf en bin/base wordt verwezen naar de Standaard RAW Bepalingen vanaf 2010. Dit betreft voornamelijk de condities van de triaxiaalproef. Voor eisen aan de functionele eigenschappen van de AC lagen, afhankelijk van de vrachtwagen-intensiteit, wordt verwezen naar de [SOA].

Het is de taak van de ontwerper om duidelijk te maken dat voor de waterdichte laag niet elke willekeurige AC bin of AC base kan worden toegepast, maar dat aan deze laag speciale eisen worden gesteld qua waterdichtheid, zie hieronder.

De vroeger op betonnen brugdekken gehanteerde waterdichte DAB-laag (ten minste 50 mm DAB 0/16 met een gerealiseerde holle ruimte van ten hoogste 5,0% (zonder toleranties) bepaald volgens proef 69 van de Standaard RAW Bepalingen t/m 2005, kan binnen de huidige Nederlandse invulling van de regels voor CE-markering van asfaltspecie niet meer als zodanig worden beschreven. Ook valt niet goed aan te tonen dat een huidig mengsel volledig overeenkomt met de "oude" DAB waarop de standaardoplossing met waterdichte asfaltlaag is gebaseerd. (RWS acht het niet gewenst om voor de specificatie van deze laag terug te grijpen op de regelgeving uit de Standaard RAW Bepalingen 2005.) Daarom is in paragraaf 4.3 geëist dat bij toepassing van de standaardoplossing met waterdichte asfaltlaag op betonnen brugdekken, als onderdeel van de ontwerpverificatie, de waterdichtheid van het asfalt voor de waterdichte asfaltlaag aanvullend op het typeonderzoek apart moet worden bepaald, waarbij tevens het gehalte holle ruimte van de betreffende proefstukken moet worden bepaald volgens NEN-EN 12697-8 <sup>11</sup>.

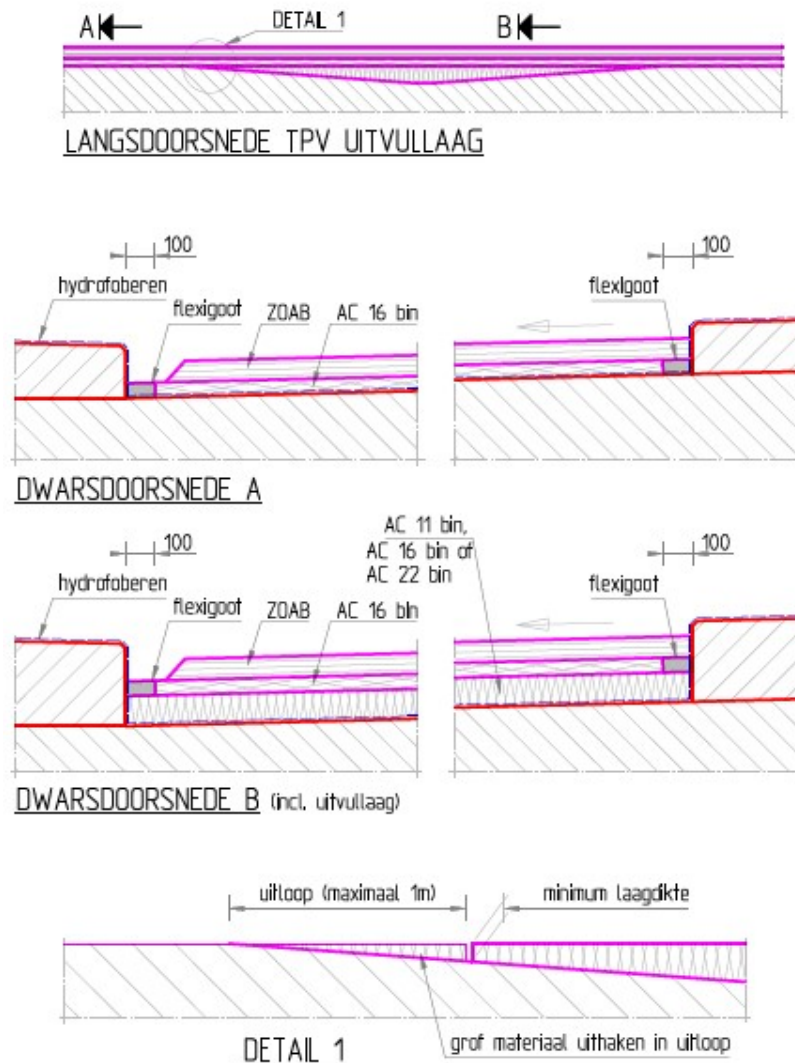
Afhankelijk van de mate van (on)vlaagheid van het betonnen brugdek moet het AC in één of meerdere lagen worden aangebracht.

- Indien de laagdikte van de waterdichte asfaltlaag AC 16 bin (of asfalt beschermlaag AC 16 bin plus membraan) varieert tussen 50 en 70 mm moet deze asfaltlaag in één laag worden aangebracht. (zie figuur B4.1)
- Indien moet worden uitgevuld dienen de volgende grenzen voor de individuele laagdikten te worden gehanteerd:
  - Uitvullaag AC 11 bin: 30-50 mm;
  - Uitvullaag AC 16 bin: 40-60 mm;
  - Uitvullaag AC 22 bin: 55-100 mm.

<sup>11</sup> Sinds 2008 wordt voor de bepaling van de holle ruimte van asfalt, de dichtheid mengsel niet meer bepaald in methyleenchloride volgens Proef 68 van de Standaard RAW Bepalingen 2005, maar in water, volgens NEN-EN 12697-5. De gevonden waarden kunnen verschillen tussen beide methoden. Waarden van beide methoden mogen dan ook niet met elkaar worden vergeleken. De in het verleden vaak gehanteerde waarden van maximaal 4% ontwerp holle ruimte en maximaal 5,0% in het werk gerealiseerde holle ruimte waren gebaseerd op Proef 68 van de Standaard RAW Bepalingen t/m 2005, en zijn dan ook niet meer relevant voor de huidige beproeving.

- Onderschrijding van de minimum laagdikte is alleen toegestaan in een strook van maximaal 1 m breedte om naar nul uit te lopen, waarbij in deze uitloop het grove materiaal moet worden verwijderd.

Zowel bij het ontwerp als bij de uitvoering moet ernaar worden gestreefd de variatie in de dikte van de bovenste laag asfalt en de waterdichte tussenlaag te beperken. De vlakheid van de waterdichte asfaltlaag of asfalt beschermlaag is essentieel voor een goede afvoer van het water uit de DZOAB laag.



**Figuur B4.1** Detaillering waterdichte asfaltlaag, flexigoot en uitvullagen

Ter overbrugging van de voegen tussen de brugdekken onderling, en tussen de brugdekken en de landhoofden, worden voegovergangsconstructies toegepast. Hiervoor bestaan verschillende oplossingen, afhankelijk van de gewenste levensduur en/of geluidreductie, de voegbreedte en de mate van werking tussen betreffende delen van het kunstwerk. Er is aandacht nodig voor het gootdetail ter plaatse van een voegovergang in verband met de afvoer van water. Een voegovergang dient geen belemmering te vormen voor de afvoer van water vanaf het brugdek. Dat betekent dat de voegovergang de goot niet mag blokkeren. Bij een open deklaag kan het onvermijdelijk zijn dat de voegovergang de waterafvoer door de open deklaag in langsrichting

blokkeert. Er wordt vanuit gegaan dat water over de bovenkant van een dichte deklaag stroomt en de bovenkant van de voegovergangsconstructie dient samen te vallen met die van de asfaltverharding. Voor voegovergangen wordt verwezen naar de eisen gesteld in NBD 00730 en de RTD 1007-serie.

De aansluitingen tegen de schampkanten en de voegovergangen op het brugdek vormen zeer kritische punten ten aanzien van de waterdichtheid van de constructie. Hieraan dient bij het ontwerp, maar vooral ook bij de uitvoering, de nodige aandacht te worden besteed. Ook als een membraan wordt aangebracht onder (delen van) het asfalt, moet een goede verdichting worden gerealiseerd, vooral bij naden en aansluitingen met schampkanten en voegovergangen. Op plaatsen waar niet met een wals kan worden verdicht, moet op andere wijze adequaat worden verdicht.

#### B4.3.3 Asfaltconstructie met een dichte deklaag op een nieuw betonnen kunstwerk

*Deze constructie wordt vrijwel nooit meer toegepast op kunstwerken in rijkswegen waar geluidsreducerende deklagen standaard zijn geworden, en voornamelijk nog toegepast op kunstwerken in het onderliggende wegennetwerk.*

De standaard asfaltconstructie met een dichte deklaag op een nieuw betonnen kunstwerk heeft dezelfde opbouw als die met een open deklaag op een nieuw kunstwerk, exclusief de DZOAB of tweelaags DZOAB deklaag (zie paragraaf B4.3.2), waarbij de waterdichtende tussenlaag uit paragraaf B4.3.2 nu een waterdichtende deklaag wordt van waterdichte AC 16 surf of AC 16 surf met een waterdichtend membraan. De opmerkingen uit die paragraaf, niet betreffende de DZOAB laag, zijn onverkort van toepassing.

#### B4.3.4 Asfaltconstructie met een open deklaag op een bestaand betonnen kunstwerk

*Toepassing van DZOAB op bestaande kunstwerken met een dichte deklaag, die tevens de waterdichte laag is, kan problemen opleveren. Deze hebben vooral betrekking op een verlies aan draagkracht en de meestal noodzakelijke aanpassing of vervanging van schampkanten en voegovergangen. Toepassing van een DZOAB deklaag zal ook gevolgen hebben voor de capaciteit van de goot en de stijlhoogtes van de geleiderail constructie. Er wordt hier wel opgemerkt dat de meeste bestaande betonnen kunstwerken inmiddels al zijn voorzien van een DZOAB deklaag.*

Indien op een bestaand betonnen kunstwerk reeds een asfaltconstructie met open deklaag ligt, en deze constructie voldoet aan de eisen van afwatering en waterdichtheid, kan deze deklaag of constructie bij groot onderhoud in principe worden vervangen door een nieuwe open deklaag of asfaltconstructie volgens hetzelfde ontwerp.

Uitdagingen kunnen ontstaan wanneer een bestaand kunstwerk met een dichte deklaag moet worden voorzien van een asfaltconstructie met open deklaag (meestal wegens geluidreductie). In principe heeft dan de standaardoplossing volgens paragraaf B4.3.2 de voorkeur, behalve dat de bestaande beton niet meer kan worden gehydrofobeerd.

Dit betekent mogelijk dat de bestaande waterdichte deklaag kan worden gehandhaafd, of worden vervangen door een waterdichte tussenlaag, en het DZOAB hierop aangebracht.

Dit betekent echter dat de dikte, en daarmee ook het gewicht, ten opzichte van uitsluitend een dichte deklaag, in principe zal toenemen met de dikte respectievelijk het gewicht van de open deklaag.

Middels constructieve berekeningen volgens de vigerende normen moet worden gecontroleerd of het kunstwerk voldoende draagkracht heeft voor deze belastingstoename.

Voegovergangen dienen zodanig te worden aangepast dat de bovenzijde overeenstemt met de nieuwe bovenzijde van de deklaag, terwijl tegelijkertijd de waterafvoer over de laag onder de open deklaag bij de goten niet wordt gehinderd.



Verder dienen schampkanten en geleiderails zonodig te worden aangepast aan de hoogte van de nieuwe bovenzijde van de deklaag.

*Er moet rekening mee worden gehouden dat de constructie onder de open deklaag aan een grotere belasting door dooizouten kan worden blootgesteld omdat:*

- *onderin de open deklaag gedurende (veel) langere tijd chloridenconcentraties kunnen optreden als gevolg van enerzijds een lagere afstroomsnelheid door de open deklaag en anderzijds de mogelijk niet volledige vlakheid van het onderliggende dichte AC-asfaltlaag. Dit treedt in versterkte mate op in gedeelten met weinig langshelling en/of verkanting;*
- *op de open deklaag normaliter meer zout (circa anderhalfmaal zoveel) wordt gestrooid dan op een dichte deklaag;*
- *de open deklaag vervuild kan raken, waardoor er meer schadelijke stoffen langdurig aanwezig kunnen zijn.*

Om bij toepassing van DZOAB op bestaande kunstwerken met een dichte deklaag, die tevens de waterdichte laag is, tot aanvaardbare oplossingen te komen, zullen compromissen gesloten moeten worden. Uitgangspunt is hierbij enerzijds de bestaande deklaag zoveel mogelijk te benutten (mits de kwaliteit dit toelaat) en anderzijds de laag DZOAB met een zodanige dikte aan te brengen dat voldaan wordt aan de eisen voor de geluidreductie. Dit brengt met zich mee dat het nodig is om vooraf een grondig onderzoek in te stellen naar de kwaliteit van de bestaande deklaag en het onderliggende beton, de dikte van de bestaande deklaag en de (eventuele reserve aan) draagkracht van het kunstwerk. De kwaliteit van het dichte AC-asfaltlaag dient zowel visueel als door boorkernenonderzoek (holle ruimte, bitumengehalte, eigenschappen van het teruggewonnen bitumen) beoordeeld te worden. Indien de holle ruimte meer bedraagt dan 5,0% dient de asfaltconstructie te worden vervangen. Indien wordt verwacht dat de chloridegehalten in het beton onaanvaardbaar zijn, dan kan het ook nodig zijn om betononderzoek uit te voeren en opgetreden schades te repareren. Dit zou alsnog de aanleiding kunnen zijn om de volledige bestaande asfaltconstructie te vervangen.

Voor toepassing van DZOAB op bestaande kunstwerken met een dichte deklaag bestaat geen eenduidige oplossing. Het is daarom nodig om van geval tot geval in een vroeg stadium, in overleg met Grote Projecten en Onderhoud van Rijkswaterstaat, de (on)mogelijkheden van een acceptabele toepassing van DZOAB op bestaande kunstwerken te onderzoeken. Een goede beslissing kan pas worden genomen na een integrale afweging van enerzijds de technische aspecten en praktische mogelijkheden in samenhang met de kosten, en anderzijds de voordelen van toepassing van DZOAB in de concrete situatie. Hierbij dient ook de relatie met de restlevensduur van de bestaande deklaag, en zonodig eveneens die van het kunstwerk, te worden betrokken.

*Pas vanaf 1984 is de standaard werkwijze van Rijkswaterstaat om te rekenen met de standaard verkeersbelasting op vluchtstroken. Voor kunstwerken van Rijkswaterstaat van vóór 1984 en voor kunstwerken ontworpen door derden kan het zijn dat de vluchtstrook niet berekend is om deze als rijstrook te gebruiken. Het verkeer vanwege tijdelijke werkzaamheden in een 3-1 dan wel 4-0 systeem over een dergelijk kunstwerk voeren kan gevaarlijk zijn. Dit is alleen toegestaan als uit herberekening blijkt dat het kunstwerk deze belasting op de vluchtstrook kan opnemen. Hiermee moet rekening worden gehouden bij de planning van de uitvoering van het verhardingsonderhoud op het kunstwerk, wat invloed kan hebben op het ontwerp van de verharding.*

#### B4.3.5 Asfaltconstructie met een dichte deklaag op een bestaand betonnen kunstwerk

De standaardoplossing voor een dichte deklaag op een nieuw betonnen kunstwerk (paragraaf B4.3.3) is van toepassing, behalve dat het bestaande beton niet meer kan worden gehydrofobeerd.

#### B4.3.6 Aanvullende eisen

##### B4.3.6.1. Waterdichtend membraan

Aanbrengen van een membraan dient te geschieden conform de verwerkingsinstructie van de leverancier. Deze verwerkingsinstructie dient op het werk aanwezig te zijn. Voor gespoten bitumineuze membranen gelden de verwerkingsinstructies uit Bijlage 9 en 10 van deze richtlijn, voorzover deze niet strijdig zijn met de verwerkingsinstructie van de leverancier.

Waar de waterdichting op een betonnen kunstwerk volgens het ontwerp wordt ontleend aan een waterdicht membraan op basis van gespoten bitumenemulsie, aangebracht direct op het beton van het kunstwerk, is hydrofoberen van het beton niet vereist.

*In het verleden bestond er bij RWS een lijst met enkele gespoten bitumineuze membranen die werden geaccepteerd voor toepassing in de standaardoplossingen. Deze lijst is komen te vervallen. Deze membranen waren destijds geaccepteerd onder auspiciën van RWS-GPO, op basis van praktijkervaringen en beproeving van diverse eigenschappen, waaronder de waterdoorlatendheid volgens B3.2 van deze richtlijn.*

*Voor andere soorten membranen dient de opdrachtnemer / leverancier in een validatieproces onder auspiciën van RWS-GPO aan te tonen dat het membraan geschikt is voor toepassing onder asfalt.*

*Hierbij kan gedacht worden aan de volgende aspecten:*

- 1. waterdichtheid, ook van naden en aansluitingen*
- 2. bestandheid tegen aanbrengen van hete asfaltlagen*
- 3. bestandheid tegen mechanische beschadiging*
- 4. hechting*
- 5. waterabsorptie*
- 6. scheuroverbrugging*
- 7. waterdampdoorlatendheid*
- 8. hydrofoberen van het beton*
- 9. overbruggen van abrupte onvlakheden en knikken in het oppervlak van het kunstwerk en de aansluiting aan verticale vlakken*
- 10. geschiktheid van het membraan voor toepassing op verticale oppervlakken (vooral voor gespoten producten)*
- 11. de hoogteligging van het membraan in de asfaltverharding. Het is wenselijk dat het membraan niet direct onder de deklaag is gelegen, omdat het dan bij deklaagvervangings makkelijk beschadigd raakt. Als het membraan dieper in de constructie is gelegen, moet worden voorkomen dat zich water kan ophopen op het membraan, bv. in min of meer poreuze lagen.*

*Al deze aspecten moeten worden beschouwd in relatie tot de uitvoeringsomstandigheden (bv. de tijd tussen aanbrengen van het membraan en overlaging met asfalt, werkverkeer, neerslag, vervuiling, enz.).*

*Verwezen wordt naar NEN-EN 14695 voor geprefabriceerde membranen (geplakte rollen) en naar "ETAG 033: Guideline for European Technical Approval of Liquid Applied Bridge Deck Waterproofing Kits" voor gespoten membranen. (NB ETAG 033 is niet bedoeld voor gespoten bitumineuze membranen maar bepaalde proeven kunnen mogelijk worden toegepast.)*

#### *B4.3.6.2. Schampkanten en flexigoot*

Het asfaltbeton moet tegen de schampkanten worden aangebracht. Tijdens het asfalteren moet er op worden gelet dat de schampkanten niet worden beschadigd of worden besmeurd.

Langs de schampkanten, zowel aan de hoge als de lage zijde van het kunstwerk, moeten 0,10 m brede en minimaal 50 mm dikke stroken van flexigoot komen. Dit is een flexibel mengsel bestaande uit een polymeerbitumen en steenslag van één zeefmaat (e.e.a. conform de samenstelling van een bitumineuze voegovergang). De holle ruimte na aanleg dient ten hoogste 4,0% (inclusief proeftolerantie en zonder aanvullende toleranties) te bedragen. Het polymeerbitumen moet voldoen aan de specificaties in tabel B4.1.

**Tabel B4.1 Specificaties van polymeerbitumen voor flexigoot**

Eigenschap	eenheid	norm	waarde	Klasse EN 14023
Penetratie bij 25°C	0,1 mm	NEN-EN 1426	75-130	7
Conuspenetratie bij 25°C	0,1 mm	BS 2499-3	50-70	n.v.t.
Verwekingspunt Ring en Kogel	°C	NEN-EN 1427	≥80	2
Kracht-ductiliteit bij 5°C	J/cm <sup>2</sup>	NEN-EN 13589	≥3	2
Weerstand tegen verharding na RTFOT en PAV:	-	NEN-EN 12607-1 & NEN-EN 14769	-	-
- Resterende penetratie bij 25°C	%		≥40	n.v.t.
- Penetratie bij 25°C	0,1 mm		25-55	n.v.t.
- Verhoging verwekingspunt	°C		≤ 8	n.v.t.
- Elastische terugvering bij 25°C	%		≥50	n.v.t.
Weerstand tegen vloeï	mm	NEN-EN 13880-5	≤2	n.v.t.
Breekpunt Fraass	°C	NEN-EN 12593	≤-12	6
Elastische terugvering bij 25°C	%	NEN-EN 13398	≥50	5

Deze flexigoot kan pas worden gemaakt nadat de laag asfaltbeton op 0,10 m uit de schampkant is ingezaagd en het asfaltbeton tussen schampkant en zaagsnede is verwijderd over over ten minste de volledige diepte van de waterdichte asfaltlaag of beschermende asfaltlaag op een membraan. Om zeker te weten dat het asfalt wordt verwijderd t/m de onderzijde van de waterdichte laag, wordt aanbevolen om het asfalt over de volledige diepte te verwijderen. Inzagen mag echter hooguit tot 15 mm boven het kunstwerk. Het weg te zagen asfalt dient tegen de schampkant te worden aangedraaid en tot 1 à 2 cm vanaf de schampkant te worden verdicht, om te borgen dat het asfalt aan de blijvende zijde van de zaagsnede voldoende verdicht is. Het gebruik van (houten) balken voor het maken van een sparing voor de flexigoot is niet toegestaan.

De term flexigoot betekent niet dat boven de flexigoot een waterafvoerende goot aanwezig moet zijn. Bij een DZOAB deklaag is aan de hoge zijkant van een kunstwerk een dergelijke goot namelijk niet nuttig en zelfs ongewenst omdat zich daar vuil kan ophopen.

#### B4.3.6.3. Langsnaden tussen asfaltbanen

Bij toepassing van een waterdicht membraan met asfalt beschermlaag gelden geen extra eisen voor de langsnaden tussen de asfaltbanen.

Bij toepassing van een waterdichte asfaltlaag moet de langснаad van de waterdichte asfaltlaag 'warm tegen warm' worden aangebracht, bij voorkeur met meerdere asfaltspreiders in echelon, of anders zodanig dat de koudste laag nog ten minste 100°C is wanneer de warme laag ertegen wordt aangebracht. Als dit niet mogelijk is, dient van de koude laag 0,10 m breedte verwijderd te worden na inzagen. Daarbij mag het kunstwerk niet beschadigd worden. Vervolgens een bitumineuze afdichtingsstrip aanbrengen, verticaal tegen de naad. Tenslotte de warme laag tegen de koude laag aanbrengen.

*Als alternatief kunnen naden waterdicht worden gemaakt door over de naad (en ten minste 0,30 m aan weerszijden) een waterdicht membraan aan te brengen op de asfaltlaag. Dit is echter wel kwetsbaar bij onderhoud aan bovenliggende lagen.*

#### B4.3.6.4. Voegovergangen

Op de plaats van na het asfalteren aan te brengen voegovergangen (inclusief voeg) moet het asfaltbeton zonder onderbreking worden aangebracht. Waar voegovergangen reeds aanwezig zijn, dient het asfalt goed verdicht te zijn tot aan de voegovergang.

Bij aansluitingen tegen vooraf aangebrachte voegovergangsconstructies, de asfaltconstructie over de volledige hoogte over een breedte van 25 mm inzagen en aangieten met polymeerbitumen; alternatief is een bitumineuze afdichtingsstrip.

Bij toepassing van (geluidarme) voegovergangen dient te worden voldaan aan de eisen uit RTD 1007-3 omtrent de aansluiting van het asfalt aan de voegovergang.

*Als DZOAB wordt toegepast om het verkeersgeluid te beperken, moet extra aandacht besteed worden aan de voegovergangsconstructies. Klachten van omwonenden hebben vaak betrekking op de geluidsproductie van voegovergangen. Zonder speciale voorzieningen zal dit bij toepassing van een geluidsreducerende deklaag alleen maar geaccentueerd worden. Voegovergangsconstructies die continu zijn, dat wil zeggen naadloos en qua oppervlaktestructuur niet of weinig afwijkend van de geluidsreducerende deklaag, geven het geringste verschil in geluidsproductie. In RTD 1007-3 zijn eisen opgesteld voor geluidsreductie van voegovergangen, die afhankelijk zijn van de geluidsreductie van het aangrenzende asfalt.*

#### B4.4 Asfaltconstructie op stalen kunstwerk

##### B4.4.1 Asfaltconstructie met een open deklaag op een stalen kunstwerk

Asfaltconstructies met een open deklaag op stalen kunstwerken hebben een kortere levensduur dan constructies met een dichte deklaag. Die laatste hebben dan ook de voorkeur. Een keuze voor een (semi)open deklaag dient alleen te worden gemaakt waar een geluidsreducerende deklaag echt noodzakelijk is. Voor die situaties geeft tabel B4.2 een voorbeeld van de opbouw.

**Tabel B4.2 Asfaltverharding voor stalen kunstwerk met open deklaag**

PA 11 met polymeerbitumen (35 mm)
Bovenmembraan: Icopal Parafor Ponts of Lucobit-Bit
Gietasfalt met polymeerbitumen (25 mm)
Ondermembraan: Icopal Mistral C of Lucobit-PV-Bit
Primer (laagdikte volgens opgave leverancier)
Stalen rijvloer rijvloer (reinheid SA 2,5 volgens ISO 8501-1; ruwheid Rz = 50 - 100 µm, gemeten volgens ISO 8503-4)
Minimale totale laagdikte 50 mm (bij afwijkingen van bovengenoemde nominale maten)

*Andere membranen dan genoemd in Tabel B4.2 moeten worden gevalideerd onder auspiciën van RWS-GPO.*

*Vanwege de beweeglijkheid van een stalen brug zal de DZOAB-deklaag kortere levensduur hebben dan een DZOAB-deklaag op aardebaan. Hoeveel korter zal, behalve van de verkeersbelasting, de dikte en constructie van het stalen brugdek en de temperatuur, onder meer afhangen van de werking (functionaliteit, effectiviteit) van de bitumineuze membranen, die op hun beurt weer afhangen van de hechting en de relevante mechanische eigenschappen (afschuifstijfheid en vermoeiingssterkte). Omdat deze eigenschappen momenteel niet goed bekend zijn, is zoveel mogelijk aangesloten bij het BRIOS-advies [12].*

De samenstelling van het PA 11 moet voldoen aan de bepalingen voor DZOAB 11 opgenomen in de vigerende Standaard RAW Bepalingen, afgezien van de polymeermodificatie. Verder dient het grove aggregaat te voldoen aan de eisen voor steenslag 3 uit de Standaard RAW Bepalingen 2015.

Polymeerbitumen moet voldoen aan specificaties artikel 4 (zie B4.4.3.1).

Voor gietasfalt wordt het mengsel volgens het BRIOS advies voorgeschreven (zie B4.4.3.2).

De aanleg dient plaats te vinden bij droog weer of onder bescherming tegen neerslag middels een tent o.i.d.

Geschikte primers voor toepassing op stalen rijvloeren zijn bijvoorbeeld:

- Siplast Eco-Active primer;
- Icopal Siplast primer;
- Icopal Sa primer;
- Bolidt primer.

Voor eisen aan de membranen wordt verwezen naar paragraaf B4.4.3.3.

*Het membraan tussen de gietasfaltlaag en de DZOAB -deklaag heeft een spannings- en rekreducerende functie. Daardoor wordt de levensduur van de DZOAB-deklaag en die van de gietasfaltlaag verlengd, en de kans op scheurdoorgroei vanuit de DZOAB -deklaag beperkt. De hechting tussen de membranen en boven- en onderliggende lagen is van groot belang voor een goede werking van de gehele asfaltverharding.*

#### B4.4.2 Asfaltconstructie met een dichte deklaag op een stalen kunstwerk

De standaard asfaltverharding met een dichte deklaag op vaste stalen kunstwerken is gegeven in tabel B4.3.

*Op basis van ervaring is de verwachte onderhoudsvrije levensduur minimaal 7 tot 10 jaar. Uitzondering hierop waren enkele orthotrope brugdekken met zwevende dwarsdragers, die inmiddels zijn overlaagd met Hoge Sterkte Beton.*

**Tabel B4.3 Asfaltconstructie met dichte deklaag bij stalen kunstwerken**

Gietasfalt, polymeergemodificeerd (25 mm) of AC surf met polymeerbitumen (40 mm)
Gietasfalt met polymeerbitumen (25 mm)
Ondermembraan: Icopal Mistral C of Lucobit-PV-Bit
Primer (hechting: minimaal 0,2MPa bij 20°C) (laagdikte volgens opgave leverancier)
Stalen rijvloer (reinheid SA 2,5 volgens ISO 8501-1; ruwheid Rz = 50 – 100 µm, gemeten volgens ISO 8503-4)
Minimale totale laagdikte 50 mm (bij afwijkingen van bovengenoemde nominale maten)

De opmerkingen onder Tabel B4.2 zijn ook van toepassing op Tabel B4.3.

*Incidenteel is tussen de deklaag en de gietasfalt onderlaag wel een bovenmembraan toegepast, zoals in Tabel B4.2. Dit is echter niet de standaardoplossing.*

#### B4.4.3 Achtergrond en aanvullende eisen

##### B4.4.3.1 Specificaties polymeerbitumen

Een gemodificeerd bindmiddel bij toepassing in PA11 en gietasfalt moet voldoen aan de specificaties in tabel B4.4.

**Tabel B4.4 Specificaties polymeerbitumen**

	Eigenschap	eenheid	norm	waarde	Klasse EN 14023
S	Penetratie bij 25°C	0,1 mm	NEN-EN 1426	50-70	4
1)	Verwekingspunt Ring en Kogel	°C	NEN-EN 1427	≥90	2
	Kracht-ductiliteit bij 5°C	J/cm <sup>2</sup>	NEN-EN 13589	≥3	2
	Weerstand tegen verharding:		NEN-EN 12607-1		
	Resterende indringing	%		≥60	7
	Verhoging verwekingspunt	°C		≤8	2
	massaverandering	%		≤0,5	3
	Vlampunt	°C	NEN-EN-ISO 2592	≥235	3
	Breekpunt Fraass	°C	NEN-EN 12593	≤-15	7
	Elastische terugvering bij 25°C	%	NEN-EN 13398	≥80	2
I	Dichtheid bij 25°C	g/cm <sup>3</sup>	NEN-EN 15326	1,00-1,10	
1)	Oplosbaarheid	% m/m	NEN-EN 12592	≥99	
	Mengtemperatuur	°C		185±5	-
	Verdichtingstemperatuur	°C		175±5	-

1) S = Specificaties, I = Informatief

*Gietasfalt op stalen orthotrope brugdekken wordt blootgesteld aan extreem zware belastingen. Bijvoorbeeld Shell Cariphalte DM-B is speciaal ontwikkeld als bindmiddel in gietasfalt op stalen brugdekken om de optredende hoge rekken op te kunnen vangen.*

#### B4.4.3.2 Polymeergemodificeerd gietasfalt

Gemodificeerd gietasfalt voor de standaardoplossing voor de rijbanen van een stalen brugdek (bijvoorbeeld MA 8 Cariphalte DM-B) moet bestaan uit steenslag 4/8 en 2/5 in de verhouding 1:1, rivierzand en fijn zand in de verhouding 2:1, zeer zwakke kalksteenvulstof (CC90) en polymeer bitumen. Toepassing van asfaltgranulaat is verboden. De samenstelling van het mengsel moet voldoen aan de specificatie in tabel B4.5.

**Tabel B4.5 Samenstelling polymeergemodificeerd gietasfalt**

	Massapercentages		
	Gewenst	Min.	Max.
Toeslagmateriaal door zeef			
C8	100	98	100
2 mm	48	43	53
0,063 mm	19	17	21
(oplosbaar) bitumen (%m/m) in 100% (m/m) mengsel	8,4	8,0	8,8

*Deze samenstelling is gebaseerd op het BRIOS-advies uit 1989, hoewel toen geen Cariphalte DM-B is toegepast maar Styrelf met EVA-toevoeging. Nader onderzoek [15] adviseerde een gewijzigde korrelsamenstelling van het gietasfalt (met 26,0% door zeef 2 mm en op zeef 63 µm, 22,0 door zeef 63 µm), en toepassing van 8,8% (m/m "op", dus 8,1% "in") bitumen Cariphalte DM-B. Voor dit mengsel wordt aangegeven dat het moeilijker verwerkbaar is dan het BRIOS-mengsel. Omdat het BRIOS-mengsel ongevoelig voor permanente vervorming (spoorvorming) is gebleken, is dit als standaardoplossing gekozen.*

*Gietasfalt voor toepassing als wegverharding is niet opgenomen in de Standaard RAW Bepalingen 2015. Voor wegverhardingen zijn de eisen voor gietasfalt voor gebonden bekledingsconstructie voor Kust- en Oeverwerken conform Deelhoofdstuk 52.5 van de Standaard RAW Bepalingen 2015 niet van toepassing.*

Het polymeergemodificeerd gietasfalt voor de standaardoplossing dient te voldoen aan de volgende eisen voor de breukenergie in de statische SCB-proef, de vervormingsnelheid in de triaxiaalproef, en de indringing in de stempelproef volgens NEN-EN 12697-20. De proefstukken worden vervaardigd uit boorkernen uit een proefplaat van 60 mm dikte.

### Statische SCB proef

Dit betreft het belasten van diametraal gezaagde "halve maan" proefstukken uit asfaltcilinders in een driepunts buigopstelling met een constante vervormingsnelheid tot bezwijken onder de hierna volgende condities:

Temperatuur:  $T=0^{\circ}\text{C}$  en  $15^{\circ}\text{C}$ , 2 uur acclimatiseren, uitvoeren binnen een halve minuut bij kamertemperatuur.

Proefstuk:  $D=150\text{ mm}$ ;  $H=1/2D$ ;  $B=60\text{ mm}$ , zonder kerf; Ten behoeve van de buitenopleggingen moeten vlakke stalen plaatjes worden opgelijmd.

Proefopstelling: Middenoplegging vlak 12 mm midden tussen de buitenopleggingen.

Buitenopleggingen gelagerde rollen  $D=35\text{ mm}$ , opleglengte = 130 mm in afwijking van DWW-proefvoorschrift IL-N-98.038

Belasting: Constante vervormingsnelheid 0,085 mm/s tot bezwijken

Uitvoering: Conform NEN-EN 12697-44. In de proef wordt het krachtverloop als functie van de vervorming gemeten en vastgelegd. Te bepalen parameters zijn de maximale kracht en de opgenomen energie in de krachtopbouw- en de krachthandhavingsfase.

Eisen:

Proef	Temperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ )	breukenergie ( $\text{kJ}/\text{m}^3$ )
Statische SCB-proef	0	Ten minste 50
	15	Ten minste 40

### Triaxiaal proef

Dit betreft het belasten van asfaltcilinders in een opstelling met alzijdige belasting om de permanente vervorming als functie van het aantal lastwisselingen te meten.

Temperatuur:  $T=40^{\circ}\text{C}$

Proefstuk:  $D=150\text{ mm}$ ;  $B=60\text{ mm}$ ;

Proefopstelling: Proefstuk te klemmen tussen twee stalen platen waarbij de positie van één plaat door middel van een bolscharnier kan worden gesteld. Hydraulisch gestuurde vijzel aan de andere plaat. Tussen proefstuk en plaat wrijvingsreductie aanbrengen middels een mengsel van glycerine en grafietpoeder (in afwijking van [NEN-EN 12697-25]). Aan de zijkant horizontale steundruk (statische belasting) opleggen.

Belasting: Cyclische, krachtgestuurde blokbelasting met een frequentie van 1 Hz (blokpuls van 0,2 s en daarna 0,8 s rust).  $S_{\max}$  ( $F_{\max}/\text{opp}$ ) = 0,2 MPa,  $S_{\min}$  = 0,02 MPa. Statische belasting  $S$  = 0,02 MPa. De eerste tien lastherhalingen worden beschouwd als voorbelasting.

Uitvoering: Conform methode B uit [NEN-EN 12697-25]. De proefduur bedraagt twee uur, of wordt eerder afgebroken wanneer het proefstuk bezwijkt. Een proefstuk wordt beschouwd bezweken te zijn wanneer er meer dan 10% vervorming heeft plaats gevonden.

Eisen:

Proef	Temperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Vervormingsnelheid ( $(\mu\text{m}/\text{m})/\text{s}$ )
Triaxiaalproef	40	Ten hoogste 1,8

### Indringingsproef

Dit betreft het bepalen van de indringdiepte van een ronde stempel van  $500\text{ mm}^2$  (25,2 mm diameter) in een gietasfalt proefstuk van  $69 \times 69 \times 70\text{ mm}^3$  ( $l \times b \times h$ ) onder een kracht van 525 N gedurende 60 minuten. Tijdens de proef is het proefstuk zijdelings opgesloten in een nauwpassende stalen mal. De indringingsproef wordt uitgevoerd conform NEN-EN 12697-20m met uitzondering van de roeftemperatuur. Om aansluiting te houden met in het verleden behaalde resultaten is de proeftemperatuur 25 i.p.v. de voorgeschreven  $40^{\circ}\text{C}$ .

*Eisen:*

<i>Proef</i>	<i>Temperatuur (°C)</i>	<i>Indringingsgetal (0,1 mm)</i>
<i>Indringingsproef NEN-EN 12697-20</i>	<i>25</i>	<i>Ten minste 10 en ten hoogste 40</i>

*B4.4.3.3 Bitumineuze membranen*

Voor bitumineuze membranen in asfaltverhardingen in de standaardoplossing voor stalen bruggen zijn de volgende membranen geaccepteerd, mits aangebracht volgens de voorschriften van de leverancier:

- tussen gietasfalt en een open deklaag: Parafor Ponts van Icopal of Lucobit-Bit van Lucobit BV;
- tussen staaldek en gietasfaltlaag: Mistral C van Icopal, Trema TM5 van Nordic Waterproofing of Lucobit-Bit van Lucobit BV.

Opgemerkt wordt dat Trema TM5 geschikt is voor toepassing als membraan voor een enkellaags asfaltconstructie op een stalen dek. Toepassing van Trema TM5 als membraan tussen staaldek en gietasfaltlaag in combinatie met toepassing van Trema TM5 als membraan tussen gietasfalt en een open deklaag is als minder geschikt bevonden. Als Trema TM5 in een tweelaags asfaltconstructie op een stalen dek wordt toegepast met een ander type membraan dan Trema TM5 tussen de twee asfaltlagen, dient de geschiktheid van deze tweelaags asfaltconstructie middels een validatieonderzoek onder auspiciën van het Steunpunt Wegen en Geotechniek te worden aangetoond.

Bij aanbidding van een alternatief moet de gelijkwaardigheid ten opzichte van de hierboven genoemde membranen worden aangetoond.

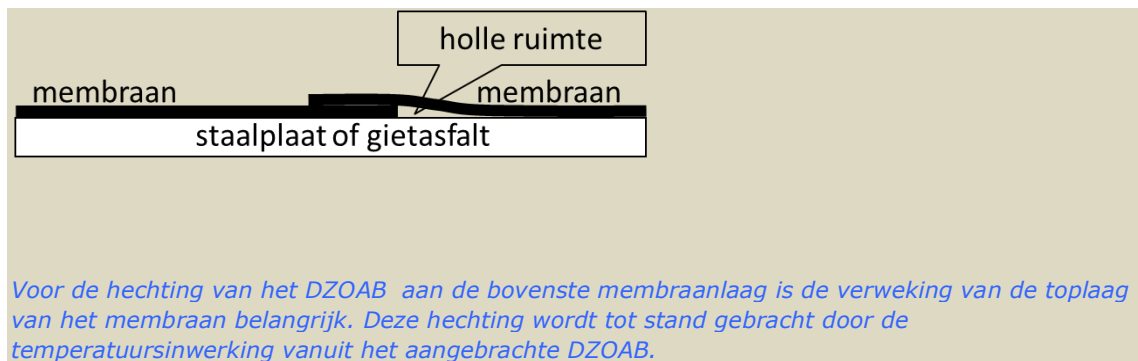
Voor toepassing op stalen kunstwerken worden geen aanvullende eisen gesteld aan de dampdichtheid van de membranen, bovenop de productnorm EN 14695. Voor stalen brugdekken wordt dit namelijk niet relevant geacht, omdat middels een goede uitvoering dient te worden voorkomen dat water tussen brugdek en membraan kan komen en daar blaasvorming kan veroorzaken.

*Uit studie en onderzoek van de Technische Universiteit Delft met betrekking tot de asfaltverharding op de Van Brienoordbrug [5][8] is gebleken dat de membranen belangrijke structurelementen van de verharding zijn die een bijdrage leveren aan de levensduur van de open deklaag. Membranen moeten volgens deze studie bij voorkeur zo stijf mogelijk zijn, maar niet zo stijf dat de daardoor veroorzaakte schuifspanningen in de membranen de vermoeiingssterkte kunnen overschrijden. Proeven om dit te kwantificeren zijn echter per 2015 niet beschikbaar, en ook in de producent-eigen specificaties van bovengenoemde membranen staat hierover niets vermeld.*

*De goede hechting van de membranen is een wezenlijke invloedsfactor op de levensduur van de verhardingsconstructie. Oorzaken voor slechte hechting en loslaten van membranen kunnen zijn:*

- *Aanbrengen membraan tijdens regenval;*
- *Aanbrengen membraan op vochtig brugdek of vochtig gietasfalt;*
- *Aanbrengen membraan bij temperaturen onder het dauwpunt;*
- *Aanbrengen membraan op vuil geprimerd brugdek of vuil gietasfalt;*
- *Onvoldoende afbranden van de brandfolie onder het membraan;*
- *Doorponsen van stenen bij het aanbrengen van DZOAB of onder de verkeersbelasting en daaruit resulterende waterindringing;*
- *Toepassing van membranen die onvoldoende gelijkwaardig zijn aan de referentiemembranen.*
- *Holle ruimte onder overlappende lassen van membranen, zie onderstaande figuur.*





## B5 Bijlage 5: Uitvoeringsrisico's en aandachtspunten

Bij voorbereiding en uitvoering en het opstellen van verificatieplannen dient ten minste rekening te worden gehouden met de volgende risico's en aandachtspunten. Deze dienen voor elke afzonderlijke laag/werkgang apart beschouwd te worden omdat ze per laag/materiaal kunnen verschillen. Niet alle risico's en aandachtspunten zijn voor elke laag en elke situatie van toepassing.

- algemeen
  - weersomstandigheden
    - neerslag
    - luchttemperatuur
    - windsnelheid
    - relatieve luchtvochtigheid
    - dauwpunt
    - aanwaaiend stof
  - benodigde werktijd
    - tijdsduur benodigde werkzaamheden/handelingen
    - tijdsduur benodigde chemisch/fysische processen (afkoelen, uitharden, drogen, "omslaan" van kleef, "breken" van emulsies, etc.)
  - benodigde lichtcondities (bv. zichtbaarheid bij nacht)
  - benodigde werkruimte
  - bekwaamheid en ervaring in te zetten personeel (en vervanging)
  - benodigde inzet van materieel (en voldoende vervanging)
- voorbereiding
  - hydrofoberen nieuwe betonnen kunstwerken (behalve onder membranen op basis van bitumenemulsie)
  - controle chloridegehalte bestaand betonnen kunstwerk
  - verwijderen oude verharding, zonder beschadiging van kunstwerk, te handhaven waterdichtingslagen, afwatering, of voegovergangen (bv. d.m.v. frezen, schrapen zonodig na voorverwarming, stralen)
  - noodzakelijke reparaties van beschadigingen aan kunstwerk, afwatering, of voegovergangen (Voor betonnen kunstwerken zie BRL 3201 en NEN-EN 1504 delen 1 t/m 10) NB De eventuele noodzaak van reparaties is meestal niet (volledig) te bepalen voordat de oude verharding is verwijderd. Voor deze reparaties dienen echter wel voldoende tijd en middelen beschikbaar gehouden te worden.
  - aanbrengen nieuwe voegovergangen,
  - inzagen zonder beschadiging van het kunstwerk
  - plaatsvast lokaal aanbrengen onthechtingslaag (bv. onder later te verwijderen delen, bv. t.b.v. flexigoot of voegovergang)
  - overbruggen / afdichten lekken
  - afdichting constructievoegen in betonnen kunstwerken
  - reinigen onderliggende en aansluitende oppervlakken
- oppervlak kunstwerk of bovenzijde vorige lagen (zie inspecties volgens Bijlage 6)
  - geen lekken
  - hoogteligging
  - vlakheid
    - zonodig glooiend uitvullen van abrupte hoogteverschillen
    - zonodig uitvullen van nagels, bouten e.d.
    - zonodig uitvullen van onvlakheden
    - zonodig uitvullen van knikken (bv. bij aansluiting tussen rijvloer en schampkanten)
  - ruwheid / textuur (in relatie tot eigenschappen bovenliggende laag)
  - samenhang (ook kwaliteit kunstwerk, noodzaak reparaties)
  - reinheid (o.a. cementshuid, resten van curingcompound, verhardingsresten, roest, los vuil of stof, ...)
  - temperatuur
  - vochtgehalte
  - conditie bestaande hechtlagen

- afstrooilaag
- materialen
  - min/max laagdiktes
  - verwerkingstemperaturen van de bouwstoffen (Tmin/Tmax)
  - verwerkingstijd van afkoelende, uithardende of drogende materialen (mogelijk in relatie tot temperatuur)
  - vochtigheid
  - kwetsbaarheid voor UV-straling
  - kwetsbaarheid voor mechanische of chemische aantasting
  - verblijftijd van het materiaal (bv. bindmiddel) in de opslag
  - voorkómen ontmenging
  - geschikt voor aanbrengen op verticale vlakken? (voorzover relevant)
- eigenschappen aangevoerde materialen (inclusief eventuele afwijkingen / invloeden bij productie, transport en tussenopslag)
  - juiste materialen (leverbon / verpakingslabel overeenkomstig ontwerp-specificaties?)
  - zonodig monsternamen / afnamecontroles
  - inspecteren / testen op beschadigingen of afwijkingen (o.a. homogeniteit, samenstelling, temperatuur, ...)
- verwerking/aanbrengwijzen
  - bescherming omgeving (bv. afplakken)
  - (voor)verwarming
  - mengen (wijze, temperatuur, duur)<sup>12</sup>
  - spuiten
  - aanbrengen met roller / kwast / borstel / bezem
  - afrollen / voorkómen opkrullen/opbollen / voorkómen terugrollen
  - voorkómen breuk
  - verwijderen anti-hechtingslaag
  - vastbranden
  - plakken
  - vastdrukken
  - benodigde overlap
  - asfalteren
  - laagdikte (of hoeveelheid/m<sup>2</sup>) van de aan te brengen laag
    - gewenste nominale dikte inclusief gewenste variaties (bv. uitvullingen),
    - toegestane afwijkingen of minimum en maximum laagdikte
  - walsen / verdichten
  - aantal werkgangen
  - afzanden / afstrooien (inc. hechting instrooimateriaal)
  - droogtijden / uithardingstijden
  - voorkómen van schade door belopen / berijden werkverkeer
- verwerking / aanbrengen conform voorschriften van producent / leverancier
- voorkómen van ongewenste lucht- of vochtinsluitingen
- voorkómen / herstellen van beschadigingen (van kunstwerk, omliggende verharding, te handhaven waterdichting, reeds aangebrachte nieuwe verhardingslagen, afwatering, voegovergangen); o.a.:
  - niet te diep frezen van oude asfaltlagen
  - voorkomen van schade aan afdichtingen aangebracht op o.a. voegen tussen prefab betonnen liggers en betonnen buigslappe voegovergangen
  - zorgvuldig afschrappen van (restanten van) oude asfaltlagen
  - niet trillend verdichten van asfaltlagen
  - voorzichtig walsen tegen schampkanten of tegen voegovergangen
  - voorkómen walsen op voegovergangen of omliggende (DZOAB) verhardingen, of bescherming van deze onderdelen
  - niet belopen/berijden kwetsbare oppervlakken
  - niet te diep inzagen verharding t.b.v. aanbrengen waterdichte aansluitingen

<sup>12</sup> Vooral voor (polymeergemodificeerd gietasfalt) is de verblijftijd en –temperatuur in de roerketel erg kritisch.

- niet te diep boren voor monsternames voor kwaliteitscontrole
- De hechting tussen de staalvezel betonnen balk en het asfalt kan zo sterk zijn dat er extra aandacht nodig is voor de balk bij het verwijderen van het asfalt.
- voorkómen van schade aan conserveerlagen door de hitte van aan te brengen nieuw asfalt  
*(tot circa 165°C voor asfalt met een penetratiebitumen, tot circa 185°C voor polymeergemodificeerd asfalt en circa 220°C voor gietasfalt, mogelijk hoger)*
- realiseren voldoende verdichting
  - vooral bij naden, randen en aansluitingen en in hoeken
  - zonodig keuren (proef, tijdstip t.o.v. aanbrengen, aantal)
  - voorkómen oververdichting (wegens vervormingsgevoeligheid)
- realiseren voldoende waterdichting
  - vooral bij naden, randen en aansluitingen en in hoeken
  - rekening houden met krimp
  - zonodig keuren (proef, tijdstip t.o.v. aanbrengen, aantal)
- realiseren voldoende hechting
  - zonodig keuren (proef, tijdstip t.o.v. aanbrengen, aantal)<sup>13</sup>
- extra aandacht voor naden, randen, aansluitingen en alle andere discontinuïteiten
- uitvoeringseisen voortkomend uit ontwerp(keuzen)
- realiseren gewenste hoogteligging en langs- en dwarsprofiel
- realiseren voldoende afwatering
  - langshelling / dwarshelling / hoogteligging
  - voorkómen kuilen iv.m. plasvorming
  - vooral bij randen en aansluitingen
- minimale en maximale wachttijd tot openstelling voor het verkeer

<sup>13</sup> Hierbij kan ook worden gedacht aan visuele controle op blaasvorming, ondersteund door thermografie. (Onthechting kan zich aftekenen als een afwijkende oppervlaktetemperatuur, wegens afwijkende warmtegeleiding van/naar de onderliggende lagen.)

Voor asfaltverhardingen op stalen brugdekken worden onderstaand de vijf belangrijkste risico's genoemd.

	Risico	kans	gevolg
1	<i>Uitvoeringsconditie</i>	<i>M</i>	<i>H</i>
TL	<i>Gekozen dient te worden voor zo gunstig mogelijke uitvoeringscondities. Er dient voldoende uitwijkmogelijkheid te zijn en een duidelijk go-no go moment. De ervaring is dat als het werk gestart is er nauwelijks mogelijkheid meer is tot uitstel of afstel</i>		
2	<i>Hechting van de materialen onderling</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
TL	<i>Nieuwbouw DZOAB: bij een DZOAB deklaag is met name de hechting van het tussenmembraan risicovol. Met name het plakken en eventuele doorponsing van het membraan door granulaat bij het walsen kunnen vocht onder het tussenmembraan tot gevolg hebben. Bij reconstructie werk ligt dit nog gevoeliger omdat dan geplakt moet worden op gefreesd (niet vlak) gietasfalt. Bij reparatiewerk wordt dit risico nog extra verhoogd door de vele naden in de reparatievakken, die kunnen ontstaan.</i>		
3	<i>Asfaltdekking</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
TL	<i>Bij de keuze van asfaltdekking dient rekening te worden gehouden met oneffenheden in de stalen constructie zoals klinknagelstroken enz. Altijd zal hier voldoende asfaltdekking moeten zijn bij aanleg en over moeten blijven bij een eerste reconstructie van de deklaag. Met name bij een DZOAB deklaag zal bij reconstructie ook het tussenmembraan moeten worden vervangen. Dit kan risicovol zijn voor de dikte van de overblijvende onderlaag.</i>		
4	<i>Niet verwachte reparaties bij reconstructies</i>	<i>L</i>	<i>H</i>
TL	<i>Met name bij reconstructie van zowel een deklaag als de gehele asfaltconstructie dient na verwijderen van het te reconstrueren deel de onderlaag geïnspecteerd te worden. Mogelijk dienen hierbij reparaties aan deze laag te worden uitgevoerd. Hier dient tijd, materiaal, materieel en personeel voor beschikbaar te zijn, veelal op het inspectiemoment.</i>		
5	<i>Aansluiting bij eindvoegen (brug afhankelijk)</i>	<i>M</i>	<i>H</i>
TL	<i>Naast een geëiste waterdichte aansluiting tegen de voegovergangen dient extra aandacht te worden besteed aan de verdichting van de deklaag. Omdat bij dergelijke aansluitingen met name het zware verkeer extra invloed kan hebben op de belasting van de eerste meters asfalt. Hierbij kan een vervroegd schadebeeld ontstaan zoals rafeling en/of spoorvorming.</i>		

L = laag, M = Midden, H = Hoog, TL = Toelichting

## B6 Bijlage 6: Aandachtspunten voor inspecties van asfaltverhardingen op betonnen kunstwerken

Deze bijlage beschrijft de aandachtspunten voor inspecties van asfaltverhardingen op betonnen kunstwerken, vóór en na het aanbrengen van de waterdichtende laag. Er zijn verschillende aandachtspunten voor een waterdichte asfaltlaag of een gespoten bitumineus waterdicht membraan. De inspecties dienen uitgevoerd te worden door deskundige en ervaren personen.

### B6.1 Asfaltverharding met waterdichte asfaltlaag

#### B6.1.1 *Inspectie op het brugdek vóór het aanbrengen van de waterdichte asfaltlaag*

Aandachtspunten:

- Zijn oneffenheden in het betonoppervlak voldoende vlak uitgevuld (met reparatiemortel of AC base)?
- Is het dek schoon en droog?
- Kan er geen materiaal uit naderhand aan te brengen voegovergangen over het schone dek worden uitgereden (blijft hangen aan de banden van kleef- of spuitwagen)?
- Is de dubbele kleeflaag ( 2 x 0,3 kg/m<sup>2</sup>) op het betondek aangebracht en volledig dekkend?
- Is er in de uitvullagen overal voldoende dikte aangebracht i.r.t. de maximale steenmaat (geen sleepplekken, los materiaal en verbrijzelde stenen zichtbaar)?
- Zijn de juiste maatregelen genomen om het asfalt langs de schampkanten zonder schade aan de betonconstructie naderhand te verwijderen t.b.v. van het vervaardigen van de flexigoot?
- Zijn de membranen langs voegovergangen aangebracht?

#### B6.1.2 *Inspectie op het brugdek na het aanbrengen van de waterdichte asfaltlaag*

Aandachtspunten:

- Is de waterdichte laag tegen de schamprand aangedraaid en voldoende verdicht tot op 1 à 2 cm van de rand?
- Is de waterdichte laag ver genoeg doorgezet t.o.v. later in te bouwen voegovergangen?
- Zijn de aansluitingen op ingebouwde voegovergangen waterdicht gemaakt (kijken naar de kritische hoeken)?

### B6.2 Asfaltverharding met (gespoten) bitumineus waterdicht membraan

#### B6.2.1 *Inspectie op het brugdek vóór het aanbrengen van het waterdichte membraan*

Aandachtspunten:

- Zijn oneffenheden in het betonoppervlak voldoende vlak uitgevuld (met reparatiemortel of AC base)?
- Is het dek schoon en droog?
- Kan er geen materiaal uit naderhand aan te brengen voegovergangen over het schone dek worden uitgereden (blijft hangen aan de banden van kleef- of spuitwagen)?
- Is de hechtprimer op het betondek aangebracht en volledig dekkend?
- Is er in de uitvullagen overal voldoende dikte aangebracht i.r.t. de maximale steenmaat (geen sleepplekken, los materiaal, verbrijzelde stenen zichtbaar)?

#### B6.2.2 *Inspectie op het brugdek na het aanbrengen van het waterdichte membraan*

## Aandachtspunten:

- Is er geen materiaal uit de naderhand aan te brengen voegovergangen e.d. tijdens het aanbrengen van het membraan alsnog over het schone dek uitgereden?
- Is het membraan dicht genoeg tegen de schampkant aangespoten (< 8 cm ruimte tot de rand i.v.m. flexigoot)?
- Is het membraan ver genoeg doorgezet t.o.v. later in te bouwen voegovergangen?
- Zijn er geen plekken overgeslagen?
- Is er goed afgestrooid (niet te veel en niet te weinig, niet te fijn en niet te grof)? Het teveel aan los materiaal moet worden verwijderd voor het aanbrengen van de laag asfalt.
- N.a.v. het uitcijferen kan de juiste laagdikte van de AC bin worden bepaald, rekening houdend met een minimum laagdikte van 40 mm.



**Figuur B6.1 Informatief: Te dunne laagdikte bij de rand van uitvullaag met grove steenslag (losse en verbrijzelde stenen)**



**Figuur B6.2 Informatief: Niet uitgevuld “gat”, gevuld met vuil water**



**Figuur B6.3 Informatief: Vervuiling van kleeflaag door materiaal uit voegsparring**





**Figuur B6.4 Informatief: Kleeflaag niet dekkend en te ver van schampkant aangebracht**



**Figuur B6.5 Informatief: goed afgestrooid membraan (circa 50% bedekt)**



**Figuur B6.6 Informatief: teveel afgestrooid membraan (volledig bedekt en deels zelfs dubbel)**

## B7 Bijlage 7: Bepaling van de adhesieve bindingsterkte van membranen met de Membraan Adhesie Test (MAT)

### B7.1. Reikwijdte

Deze specificatie bevat gedetailleerde procedures voor het bepalen van de adhesieve bindingssterkte en vermoeiingsenergie tussen een membraanlaag en een substraat. Een gebrand of gespoten membraan op bitumineuze basis van 400 mm lang en 100 mm breed wordt getest onder monotone of cyclische belasting tot bezwijken.

### B7.2. Relevante documenten

De volgende lijsten zijn de standaarden die momenteel worden gebruikt om de fysische eigenschappen van de verschillende soorten membranen te kwantificeren. Voor deze specificatie moeten de te testen membranen volledig aan de eisen voldoen van de volgende normen.

#### B7.2.1 Normen voor bitumineuze membranen:

- EN 13416:2001, Flexible sheets for waterproofing- Rules for sampling
- EN 13375:2004, Flexible sheets for waterproofing - Waterproofing of concrete bridge decks and other concrete surfaces trafficable by vehicles - Specimen preparation
- EN 1848-1, Determination of length, width and straightness — Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing
- EN 1849-1: 1999, Flexible sheets for waterproofing- Determination of thickness and mass per unit area
- EN 1850-1, Flexible sheets for waterproofing - Determination of visible defects - Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing
- EN 1109, Determination of flexibility at low temperatures
- EN 1107-01, Determination of dimensional stability- Part 1
- EN 1110, Determination of flow resistance at elevated temperature
- NF EN 1928, Test method for water tightness
- EN 12039:1999, Flexible sheets for waterproofing — Bitumen sheets for roof waterproofing — Determination of adhesion of granules
- EN 12311-1, Flexible sheets for waterproofing- Part 1: Bitumen sheets for waterproofing- Determination of tensile properties
- EN 1296, Method of artificial ageing by long term exposure to elevated temperature
- EN 1931, Determination of water vapour transmission properties
- EN 13596, Determination of bond strength
- EN 13653, Determination of shear strength
- EN 14223, Determination of water absorption
- EN 14224, Determination of crack bridging ability
- EN 14691, Compatibility by heat conditioning
- EN 14692:2005, Determination of the resistance to compaction of an asphalt layer
- EN 14693, Determination of the behaviour of bitumen sheets during application of mastic asphalt
- EN 14694, Determination of resistance to dynamic water pressure after damage by pre-treatment

#### B7.2.2 Normen voor vloeistof gespoten membranen:

- ASTM C 836, Standard Specification for High Solids Content, Cold Liquid-Applied Elastomeric Waterproofing Membrane for Use with Separate Wearing Course
- EN 1931, Determination of water vapour transmission properties
- ASTM D 146, Low temperatures permeability test, Standard Test Methods for Sampling and Testing Bitumen-Saturated Felts and Woven Fabrics for Roofing and Waterproofing
- ASTM E154, Puncture resistance, Standard Test Methods for Water Vapor Retarders Used in Contact with Earth Under Concrete Slabs, on Walls, or as Ground Cover
- ASTM D1044, Abrasion resistance, Standard Test Method for Resistance of Transparent Plastics to Surface Abrasion
- ASTM-G8-90 method B, Cathodic disbonding

- BS 4147, Resistance to flow and heat during road surfacing
- BS 903 part A2 1989, Elongation
- BS 903 part A3, Tear strength
- BS 903 part A2 1989, Tensile strength
- UK Dept of Transport Tech, memo BE27 DIN1048, Water penetration
- BS 4147 report RAT 9359, Resistance to flow and heat during road surfacing
- UK Dept of transport Tech, Memo BE27 900C Appendix B Low temperature flexibility, Resistance to embrittlement
- UK Dept of Transport checks, Appendix B BD47/94, Resistance to chisel impact

#### *B7.2.3 Normen voor materiaalspecificaties voor gietasfalt en zeer open asfaltbeton*

- NEN-EN 13108-6 Bitumineuze mengsels - Materiaal specificaties- Deel 6: Gietasfalt
- NEN-EN 13108-7 Bitumineuze mengsels - Materiaal specificaties - Deel 7: Zeer open asfaltbeton
- Deelhoofdstuk 81.2 Asfaltverhardingen, CROW Standaard RAW Bepalingen 2015.

#### *B7.2.4 Normen voor de voorbereiding van de oppervlakte van de staalplaten*

- ENV 1090-5 Execution of steel structures - Part 5: Supplementary rules for bridges
- NEN EN ISO 8501-1 Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings
- EN ISO 8503-1 Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates - Part 1: specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces
- NEN-EN-ISO 8503-4 This Part of ISO 8503 specifies the stylus instrument and describes the procedure for calibrating ISO surface profile comparators conforming to the requirements of ISO 8503-1.

#### *B7.2.5 Blister test artikelen*

- M.T. Heitzmann, M. Hou, M. Veidt, P. Falzon, (2011), Influence of nonlinearities on the accuracy of the analytical solution for the shaft loaded blister test. International Journal of Solids and Structures. vol 48 :1424-1435
- B. Cotterell and Z.Chen, (1997), The blister test – Transition from plate to membrane behaviour for an elastic material. International Journal of Fracture, vol 86: 191–198.

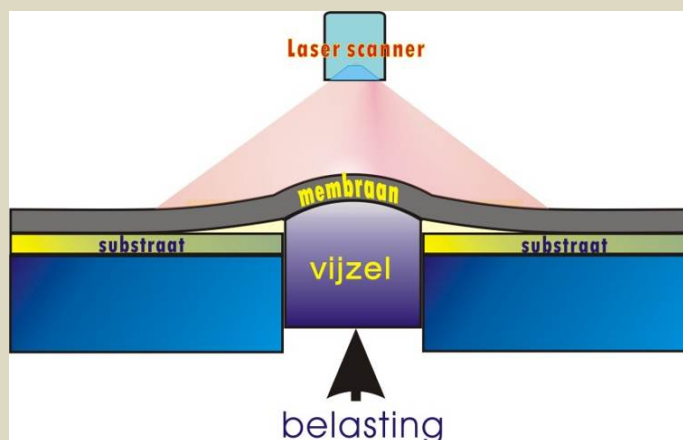
### **B7.3. Terminologie**

#### *B7.3.1 Onthechting initiatie*

Voor de monotone verplaatsingsgestuurde test vertoont het proefstuk de maximale krachtreductie.

#### B7.4. Testprincipe en betekenis

In de opzet van de Membraan Adhesie Test (MAT) wordt een membraan op een substraat vervormd door de verplaatsing van een vijzel onder een monotone belastingsconditie, figuur B7.1.



**Figuur B7.1** Schematische voorstelling Membraan Adhesie Test (MAT)

De verplaatsing van de vijzel veroorzaakt geleidelijke onthechting van het membraan van het substraat. Een continue meting van de vervorming van het membraan en de belasting geven een maat voor de energie die nodig is voor de onthechting. Hiermee wordt de kwaliteit van de adhesieve eigenschappen van het membraan op de ondergrond (substraat) aangegeven. Het voordeel van de test is dat eigenschappen zoals de adhesieve breukenergie en de mechanische eigenschappen van het membraan kan worden bepaald op basis van één enkele test.

#### B7.5. Apparaat

##### B7.5.1 Teststelsysteem

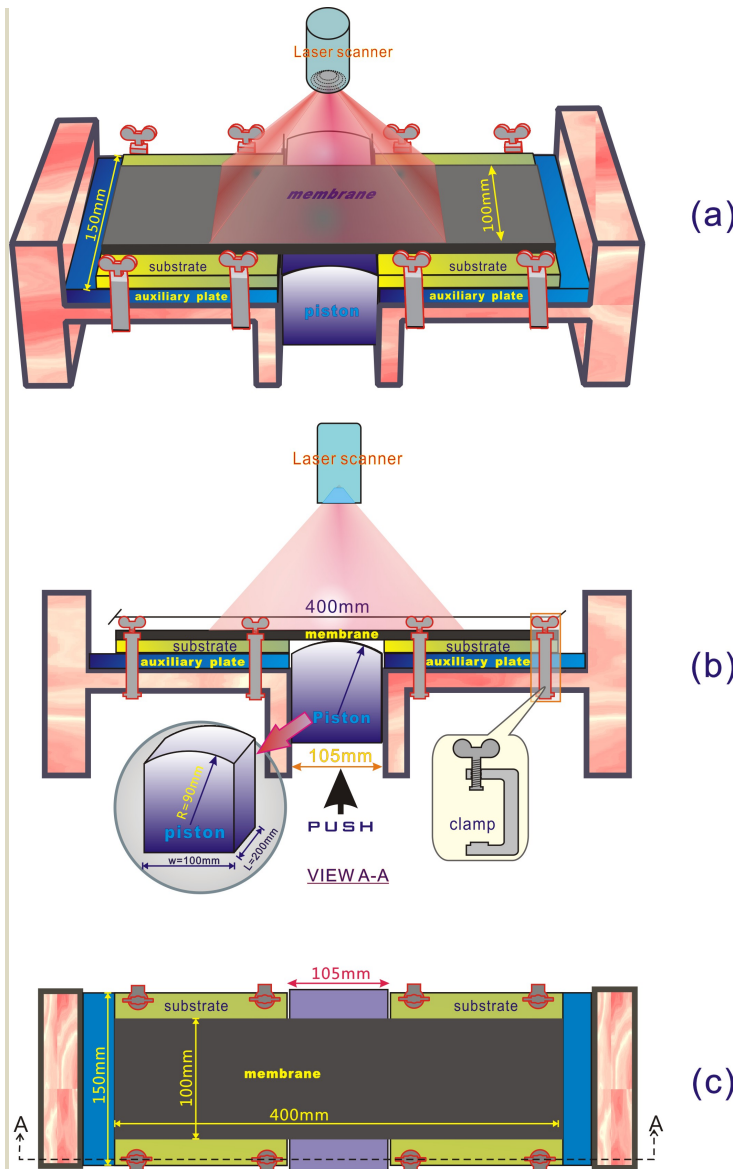
Het teststelsysteem bestaat uit een belastingapparaat, een klimaatkast, een laserscanner en een data-acquisitiesysteem. Het teststelsysteem voldoet aan de specificaties zoals gespecificeerd in tabel B7.1.

**Tabel B7.1. Specificaties teststelsysteem**

Belastingmeting en -regeling	Bereik van krachtopnemer 1: 0 ~ 5 kN Bereik van krachtopnemer 2: 0 ~ 0,5 kN Nauwkeurigheid: 1 % tot 5 % van de volledige belasting
Verplaatsingsmeting en -regeling	Bereik: 0 ~ 130 mm (monotone modus) Snelheid: 0 ~ 75 mm / s (monotone modus) Nauwkeurigheid: 1%
Frequentieregeling (dynamische modus)	Bereik: 1 ~ 5 Hz Nauwkeurigheid: <1 %
Laser scanner	Bereik: 150 mm breedte Frequentie: tot 250 Hz

##### B7.5.1.1 Belastingapparaat

Het MAT-belastingapparaat bevat een computergestuurde setpoint generator die zowel een monotone toenemende verticale beweging kan opleggen (ramp), alsook een dynamische kracht op het specimen kan uitoefenen. Het belastingapparaat moet in staat zijn om (1) een herhaalde haversine belasting met een frequentie bereik van 0 Hz tot 5 Hz uit te voeren, (2) een maximale afstand van 130 mm van de vijzel, na contact met het te testen membraan, af te leggen (in monotone modus), (3) een maximale kracht tot 2 kN te verschaffen (in monotone modus), (4) uitgerust te worden met twee vijzeluiteinden met een straal van 90 mm en 75 mm. Figuur B7.2 geeft de onderdelen van het MAT-apparaat weer.



**Figuur B7.2 Set-up voor MAT-apparaat**

**B7.5.1.2 Laser scanning systeem**

Het laser scanning systeem detecteert de vorm van het vervormde object en verzamelt gegevens die de locatie van de buitenkant van het membraan bepaalt. Een lijnlaser wordt gebruikt om het membraan in de tijd te meten over het profiel van 150 mm breedte. De laserscanner kan worden gebruikt bij temperaturen van -10 °C tot 55 °C. De frequentie van de laserscanner is tot 250 Hz voor het volledige bereik.

**B7.5.1.3 Klimaatkamer**

Het proefstuk dient gedurende het testen op een gecontroleerde temperatuur gehouden te worden. Een klimaatkamer is niet vereist indien de temperatuur van de omgeving kan worden gehandhaafd binnen de gestelde grenzen. Indien een klimaatkamer gehanteerd wordt dient het gehele proefstuk hierdoor omsloten te zijn. De klimaatkamer heeft een temperatuurbereik van -15 °C tot 80 °C en een relatieve luchtvochtigheidsbereik van 10 % tot 95 %.

**B7.5.1.4 Meet- en regelsysteem**

Tijdens elke cyclus moet het meet- en regelsysteem in staat zijn om de belasting en de vervorming van het specamen te meten. Daarnaast moet het in staat zijn de belasting of verplaatsing,

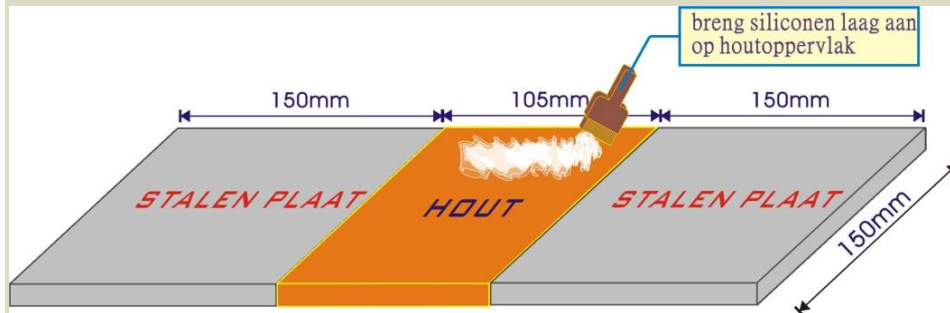
toegepast door het belastingapparaat en de belastingfrequentie, aan te passen. Bovendien moet het de belastingcycli, de toegepaste belastingen, en de vervormingen van het specimen te kunnen registreren.

### B7.6. Proefstukpreparatie

In deze paragraaf worden drie typen proefstukken gepresenteerd.

#### B7.6.1 Staal-membraan proefstuk (SM)

Voor de SM proefstukpreparatie worden twee vierkante stalen platen met een afmeting van 150 mm bij 150 mm met een dikte van 6 mm gebruikt. De stalen plaat moet worden schoongemaakt in overeenstemming met EN ISO 8503-1. Een houten plaat met afmetingen van 150 x 105 x 6 mm wordt geplaatst als afstandshouder tussen de twee stalen platen zoals weergegeven in figuur B7.3. Een siliconen coating wordt aangebracht op het houten oppervlak, zodat het te verwijderen is nadat het membraan is aangebracht. Het membraan met de afmeting 400 x 150 x t (t is de dikte van het te testen membraan) wordt bevestigd aan de stalen plaat in overeenstemming met de standaard procedures die door membraan fabrikanten zijn aangeleverd, figuur B7.4. Het uiteindelijke staal-membraan proefstuk is weergegeven in figuur B7.5.



Figuur B7.3 SM proefstukpreparatie



Figuur B7.4 Installatie van het membraan op de stalen plaat



Figuur B7.5 Schematische weergave van het uiteindelijke staal membraan proefstuk

#### B7.6.2 Gietasfalt-membraan proefstuk (GM)

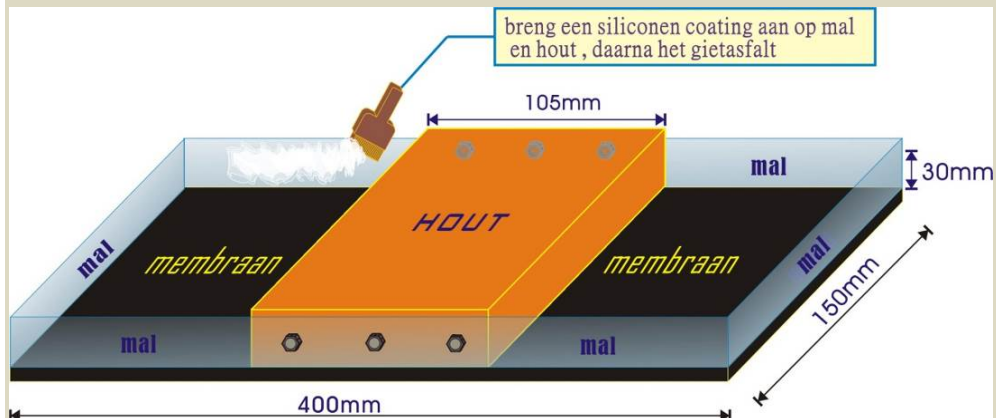
Omdat het GM-systeem uit twee interfaces bestaat (één is het membraan aan de onderkant van het gietasfalt en de andere is het membraan aan de bovenkant van het gietasfalt) moeten twee soorten GM proefstukken worden vervaardigd. Als gevolg van de fysieke kenmerken van gietasfalt moet een mal worden gebruikt voor de bereiding van de GM proefstukken. Het aanbrengen van het

membraan op de boven- of onderkant van het gietasfalt wordt volgens de door de membraanfabrikanten geleverde procedures verricht.

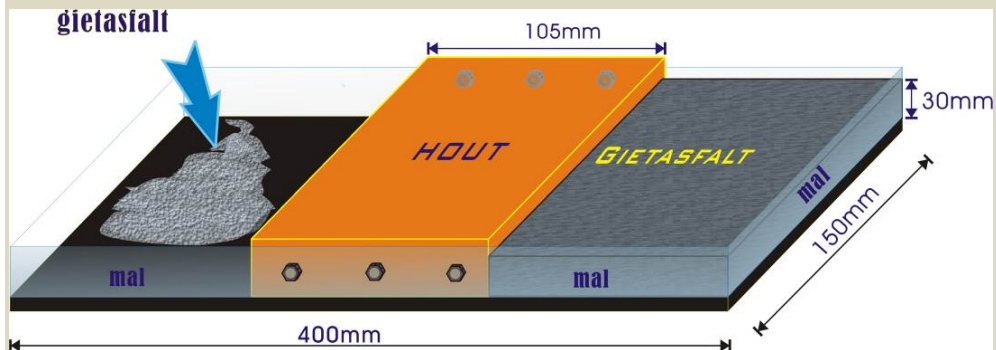
#### B7.6.2.1 Gietasfalt en onderkant membraan systeem

Het membraan wordt aangebracht op de bodem van de mal met afmetingen van 400 x 150 x 30 mm. Hierop wordt een houten plaat met afmetingen van 150 x 105 x 30 mm geplaatst. Deze dient als een afstandshouder, figuur B7.6.

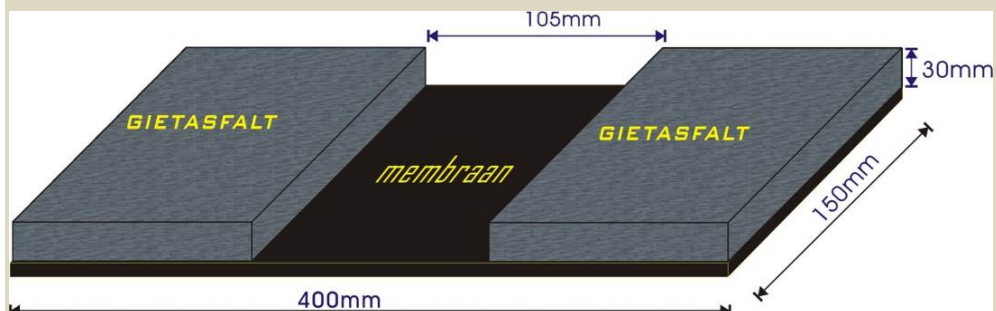
Een siliconen coating wordt aangebracht op de binnenkant van de mal, waarna gietasfalt in de mal wordt gegoten, figuur B7.7. Het gietasfalt vereist een minimale bestervingstijd van 14 dagen en een maximale bestervingstijd van acht weken voorafgaand aan het testen. Na uitharding van het gietasfalt worden de mal en de houten plaat verwijderd. Het uiteindelijke GM proefstuk is weergegeven in figuur B7.8.



Figuur B7.6 GM proefstukpreparatie



Figuur B7.7 Gietsen van gietasfalt in de mal

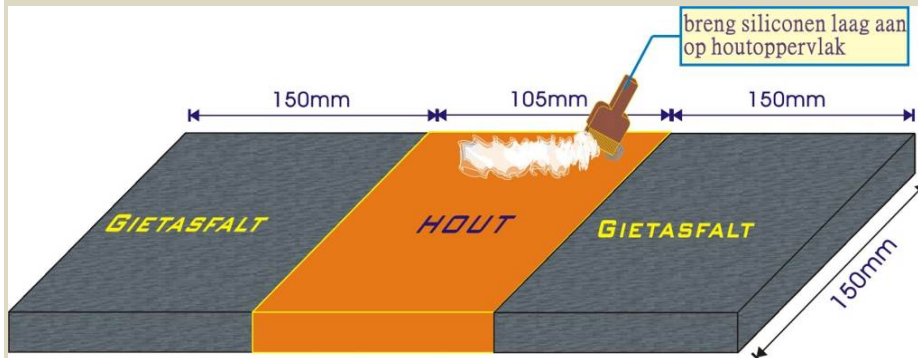


Figuur B7.8 Schematische weergave van het uiteindelijke GM proefstuk

#### B7.6.2.2 Gietasfalt en bovenkant membraan systeem



Voor de preparatie van de proefstukken wordt dezelfde mal gebruikt als beschreven in B7.6.2.1 met afmetingen van 400 x 150 x 30 mm. Een houten plaat met een afmeting van 150 x 105 x 30 mm wordt in de mal geplaatst als afstandshouder, figuur B7.6. Een siliconen coating wordt aangebracht op de binnenkant van de mal, waarna gietasfalt in de mal wordt gegoten, figuur B7.7. Na uitharding van het gietasfalt wordt een siliconen coating aangebracht op de bovenkant van de houten plaat, zodat het kan worden verwijderd na het aanbrengen van het membraan, figuur B7.9. Tenslotte zal het membraan worden aangebracht op de bovenkant van het gietasfalt, figuur B7.10, en wordt de houten afstandshouder verwijderd, figuur B7.11.



Figuur B7.9 Aanbrengen siliconenlaag op de houten plaat



Figuur

B7.10 Membraan-installatie op de bovenkant van GA



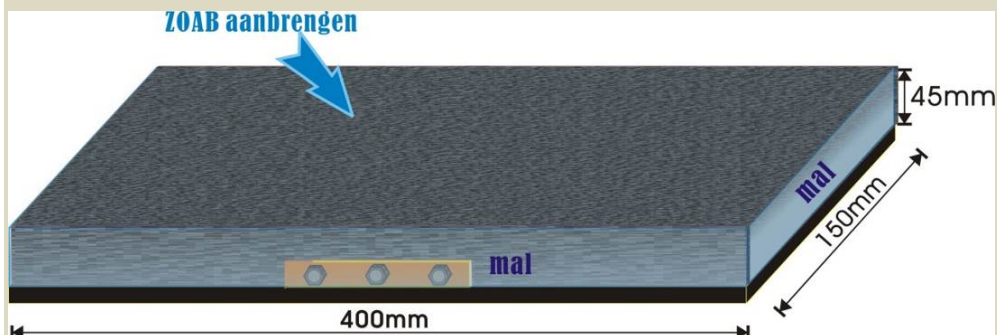
Figuur B7.11 Membraan op de bovenkant van GA proefstuk

### B7.6.3 Poreus asfalt-membraan proefstuk (PM)

Voor de voorbereiding van het PM proefstuk wordt dezelfde mal gebruikt als beschreven in B7.6.2.1 met afmetingen van 400 x 150 x 30 mm. Het PM proefstuk heeft een afmeting van 400 x 150 x 45 mm, figuur 13. Het te testen membraan moet worden geplaatst op de bodem van de mal met daar bovenop een houten plaat als afstandshouder, figuur B7.12. De houten plaat heeft een afmeting van 105 mm breed en 10 mm hoog. Het poreuze asfalt moet bovenop het membraan worden aangebracht en worden verdicht, figuur B7.13.



Figuur B7.12 Voorbereiding van de mal en houten plaat voor PM proefstuk



Figuur B7.13 Schematische voorstelling van een PM proefstuk



Figuur B7.14 Schema van het zagen van het PM proefstuk

Na verdichting moet het overtollige asfalt boven de houten plaat worden verwijderd, dit door middel van zorgvuldig zagen of een andere techniek, figuur B7.14. Het poreuze asfalt vereist een minimale bestervingstijd van 14 dagen en een maximale bestervingstijd van acht weken voorafgaand aan het testen. Voorbereiding van poreus asfalt wordt uitgevoerd in overeenstemming met NEN-EN 12697-33.

#### B7.6.4 Insnijden van het membraan

Bij alle drie soorten proefstukken uit de vorige paragrafen wordt het membraan tot op het substraat ingesneden op circa 25 mm van de langsrand van het proefstuk en de losgeneden rand verwijderd van het substraat, zodat een membraanbreedte van  $100 \pm 1$  mm resteert. Het substraat blijft 150 mm breed.

### B7.7. Procedure

#### 7.7.1 Installatie proefstuk

Het te testen proefstuk, bestaande uit de stalen ondergrond en het membraan of het asfaltmengsel en het membraan, wordt met klemmen in de juiste positie op het MAT apparaat vastgezet (zie kader schets in figuur 2 b). De klemmen worden aangebracht op de buitenste 25 mm van het proefstuk, dus buiten het membraan. Zonodig kunnen stalen hulpplaten onder het proefstuk worden gelegd om de juiste hoogte te verkrijgen.

### *B7.7.2 Testtemperatuur*

De monotone testen worden uitgevoerd in een klimaatkamer bij -5 °C, 5 °C en 10 °C met een tolerantie van  $\pm 0,5$  °C. De conditioneringstijd voor het proefstuk bij de testtemperatuur is ten minste 4 uur.

### *B7.7.3 Testschema*

De monotone test wordt gebruikt om de adhesiekracht per membraan-interface te karakteriseren. In de monotone test wordt een continue verplaatsing toegepast met een constante snelheid van het begin tot bezwijken. De testen worden uitgevoerd bij een verplaatsingssnelheid van 5,0 mm/s en bij twee temperaturen (-5 °C, 5 °C en 10 °C).

### *B7.7.4 Verzameling gegevens en evaluatie*

De testresultaten worden vastgelegd met behulp van een data-acquisitiesysteem. De uitgeoefende kracht wordt geregistreerd.

## **B7.8. Rapportage**

- 1 Beschrijving asfaltmengsel - het bindmiddeltype, bindmiddelgehalte, gradering en holle ruimte percentage worden gerapporteerd.
- 2 Beschrijving staalsoort – de staalsoort wordt gerapporteerd.
- 3 Proefstuk afmetingen - De proefstuklengte, de gemiddelde hoogte en de gemiddelde breedte in mm worden gerapporteerd.
- 4 De testtemperatuur wordt gerapporteerd.
- 5 Monotone test.
  - 5.1 De verplaatsingssnelheid van de monotone belastingtest wordt gerapporteerd.
  - 5.2 De maximale belasting waarbij onthechting is gestart voor de monotone belastingtest wordt gerapporteerd.
  - 5.3 De vervorming gedurende test van het membraan en de bijbehorende belasting worden gerapporteerd.

## B8 Bijlage 8: Voorbeeld ontwerpproces met membranen voor stalen brugdekken (informatief)

### *Ontwerp van de asfaltconstructie op de Merwedebrug. Voorbeeld van een ontwerpproces met onderbouwende materiaalproeven en numerieke modellering (informatief).*

#### **B8.1 Inleiding**

*In 2013 moest de asfaltconstructie van de Merwedebrug (in de A27 bij Gorinchem, bouwjaar 1961) worden vervangen. Omdat het staaldek van deze brug slechts circa 10 mm dik is, ontstaan bij verkeersbelasting grote spanningen en rekken in dit staaldek en het bovenliggende asfalt. Daarom heeft RWS een onderzoek laten uitvoeren door de Technische Universiteit Delft, met een focus op de eigenschappen van gebruikelijke en alternatieve membranen en hun invloed op de asfaltconstructie. Uitgegaan is van de RWS standaard oplossing voor een open asfalt op een stalen dek, van onderaf bestaande uit: het stalen dek, een primerlaag, een onderste membraan, een laag polymeergemodificeerd gietasfalt, een bovenste membraan, een laag DZOAB. In het onderzoek zijn de volgende activiteiten verricht:*

- Ontwikkeling van de Membraan Adhesie Test (MAT)*
- Uitvoering van de MAT op 8 membraanproducten, om enkele materiaaleigenschappen te bepalen. Deze proeven zijn uitgevoerd bij rekcondities die overeenkomen met de resultaten van EEM modellering van de Merwedebrug.*
- Eindige Elementen Methode (EEM) modellering van de MAT en simulatie van de uitgevoerde proeven, om de vertaling van materiaaleigenschappen naar EEM-model te calibreren.*
- Uitvoering van vijfpuntsbuigproeven (5PB) op een proefstuk, dat een stuk brugdek van met drie verstijvingsribben simuleert.*
- EEM modellering van de 5PBT en simulatie van de uitgevoerde proeven, ter verdere verificatie van de EEM-materiaal en interface-modellering.*
- Eindige Elementen Methode (EEM) modellering van een vijftal velden van de Merwedebrug, onder belasting met een dubbellucht of breedband wiellast op maatgevende posities. Hiermee zijn maatgevende rekken en spanningen in de verschillende constructielagen bepaald, en de resulterende schades.*

*Gepland is het volgende onderzoek, dat medio zomer 2016 gereed is::*

- Beproeving op semi-praktijkschaal van twee verschillende asfaltconstructies op een stalen brugdek, middels de Lintrack zwaar-verkeer simulator.*

*In deze bijlage wordt dit onderzoek samengevat, als een voorbeeld van een validatietraject van niet-standaard materialen of constructies voor een specifieke ontwerpsituatie. Voor meer details wordt verwezen naar de betreffende literatuur [20][21][22][23]. Voor andere materialen, constructies of ontwerpsituaties kan mogelijk een ander traject nodig zijn.*

*De modellering is uitgevoerd in het EEM-softwarepakket CAPA-3D van de TU Delft. Dit pakket is ook voor derden beschikbaar, maar wordt niet "commercieel" ondersteund. Conversie van de gebruikte modellen naar andere EEM-pakketten is in principe mogelijk.*

*1 op 1 vertaling van het TU Delft model voor andere projecten is echter niet zo relevant, omdat in principe per brug de geometrie van die brug moet worden gemodelleerd (afmetingen van dwarsdragers, verstijvingsribben en dekplaat). Indien de materiaalparameters, de verkeers- en klimatologische belasting en de geometrie van de brug bekend zijn, kunnen alle brugdekconstructies met het TU Delft model worden berekend.*

#### **B8.2 Membraan Adhesie Test (MAT)**

*De MAT wordt in detail beschreven in Bijlage 7.*

*Door TU Delft zijn 8 membraan-producten van 6 leveranciers onderzocht onder constante belasting [23]. De producten worden geanonimiseerd beschreven en aangeduid met A1, A2, B, C1, C2, D, E, en F (gelijke letter betekent dezelfde leverancier). Producten A1, A2, B, C1, C2 en D waren*

voorgevormde (polymeergemodificeerde) bitumineuze rollen met weefsels of vliezen van verschillend materiaal en sterkte als inwendige versterking. Product E was een gespoten 3-componenten kunststof, en product F was een glasvezelnet in een warmgespoten polymeerbitumen. Per product is aangegeven of deze bestemd was als onder-membraan (M1) of boven-membraan (M2) of beide.

Voor de beproefde membranen is telkens zowel de hechting met het onderliggende materiaal bepaald, als die met het bovenliggende materiaal. In dat laatste geval is het proefstuk dus "ondersteboven" beproefd. Voor een onder-membraan is dus de hechting met zowel staal als gietasfalt bepaald, voor een boven-membraan de hechting met gietasfalt en DZOAB. Daarnaast is voor boven-membranen ook de hechting bepaald met AC surf. Tabel B8.1 toont de beproefde combinaties. De proeven zijn per interface en per membraan uitgevoerd bij 3 temperaturen (-5 °C, +5 °C en +10 °C), elk in duplo. De belastingsnelheid was telkens 5,0 mm/s. Deze snelheid was bepaald op basis van EEM-modellering van enkele velden van de Merwede brug. Voor andere brugdekken zijn mogelijk andere snelheden relevant.

Qua hechting scoren die producten het best, die de hoogste strain energy release rate hebben, met zowel het bovenliggende als het onderliggende materiaal. Alhoewel er soms verschuivingen optraden in rangschikking tussen de verschillende proeftemperaturen was de rangschikking per interface vaak vergelijkbaar. Tussen interfaces waren er grote verschillen in rangschikking. Tabel B8.1 toont welke beproefde combinaties worden aanbevolen.

**Tabel B8.1 Monotoon beproefde (X) en aanbevolen (✓) combinaties van membraanproducten en interfaces**

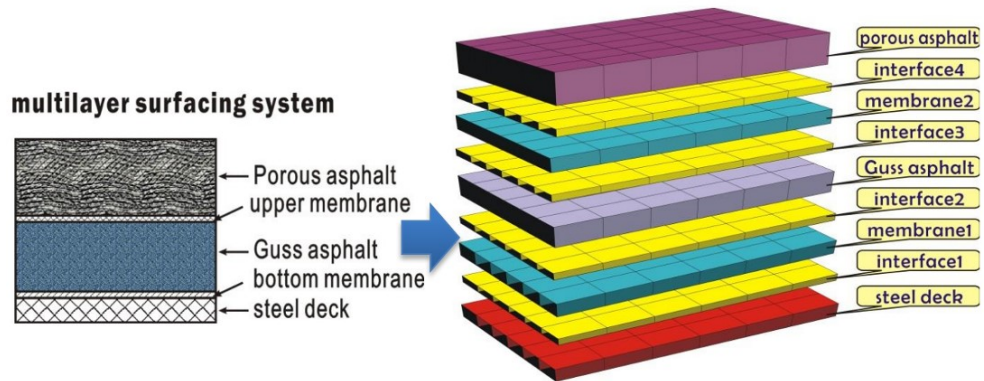
Membraan	A1	A2	B	C1	C2	D	E	F
Interface								
M2 - AC surf		X ✓	X ✓		X ✓	X ✓		X
M2 - DZOAB		X ✓	X ✓		X ✓	X		X
Gietasfalt - M2		X ✓	X		X ✓	X		X
M1 - gietasfalt	X		X ✓	X ✓	X ✓	X	X	X
Staal - M1	X		X ✓	X ✓	X	X	X ✓	X

Vier van deze producten (A1, A2, C1 en C2) zijn ook onderzocht op vermoeiing voor hun respectieve interfaces onder cyclische belasting van 5Hz in de [21]. Daarbij zijn bij 10 °C achtereenvolgende krachtniveaus van 150, 250 en 350 N gebruikt, elk voor 432.000 lastwisselingen. Bij 30 °C zijn achtereenvolgend krachtniveaus van 50 en 100 N gebruikt, elk voor 864.000 lastwisselingen. De rangschikking en conclusies van de MAT-vermoeiingsproeven (gebaseerd op gedissipeerde energie en onthechtingslengte) waren in overeenstemming met die van de monotone MAT-proeven

Op basis van de MAT proeven zijn speciale niet-lineaire interface-elementen ontwikkeld binnen het EEM-softwarepakket CAPA-3D. Deze elementen kunnen zowel de schuifhechting als de trekhechting en het bijbehorende vervormingsgedrag beschrijven. De vertaling van de MAT-resultaten naar element-eigenschappen is gekalibreerd door de experimentele MAT-resultaten te vergelijken met EEM-simulaties van de MAT-proeven met deze interface elementen.

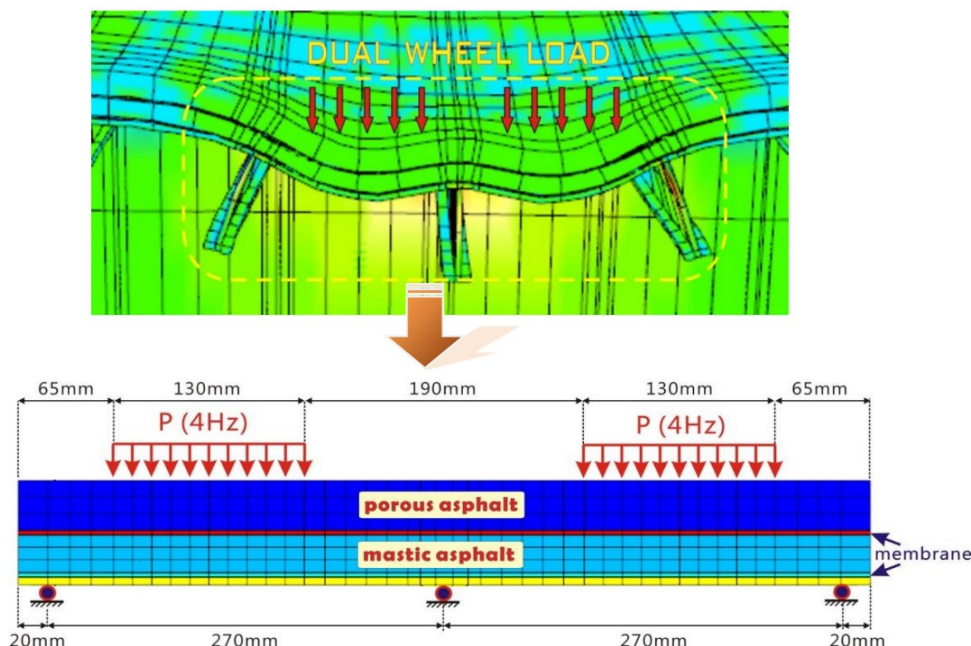
### B8.3 Vijfpuntsbuigproeven (5PB)

Gebruikmakend van de interface elementen is de beschouwde asfaltconstructie gemodelleerd in CAPA-3D. Essentieel aan de modellering van de asfaltconstructie is het feit dat elk membraan in drie lagen wordt gemodelleerd, namelijk een boven-interface, het membraan zelf en een onder-interface, zie Figuur B8.3.



**Figuur B8.3** Schema van de verhardingsopbouw en de EEM-modellering daarvan [20]

Met deze verhardingsopbouw is de vijfpuntsbuigproef (5PB), naar de Franse norm NF-P98-286, gemodelleerd. Deze proef is de schematisering van een dubbellucht wielstel met de wielen aan weerszijden van een langsverstijvingsrib, zie Figuur B8.4. Het proefstuk meet 580 mm bij 100 mm (volgens NF-P98-286 zou dit 200 mm moeten zijn), met twee overspanningen van 270 mm. De belasting wordt opgelegd middels staalplaten op rubberplaten, beide van 130x100 mm. De Franse norm vraagt uitvoering bij -10°C (tot 1 miljoen lastwisselingen of ernstige schade) en +10°C (tot 2 miljoen lastwisselingen of ernstige schade), elk in duplo.



**Figuur B8.4** Schema van de wiellast op een orthotroop stalen brugdek en de vijfpuntsbuigproef [20]

Om het EEM-model met de interface elementen te valideren is een aantal 5PB proeven uitgevoerd en zijn de resultaten vergeleken met die van de modelsimulatie. De proefstukken bestonden uit een 10 mm dikke staalplaat, een 2-4 mm dik onderste membraan, 30 mm gietasfalt (Guss Asphalt of Mastic Asphalt), een 4,7-4,8 mm dik bovenste membraan, en 40 mm DZOAB (Porous Asphalt). De beproefde membraansystemen waren:

- 1 Onder product A1, boven A2;
- 2 Onder en boven product B;
- 3 Onder product C1, boven C2;
- 4 Onder en boven product C2.

De test is uitgevoerd bij temperaturen van  $-5^{\circ}\text{C}$  en  $+10^{\circ}\text{C}$ , zowel statisch met een belasting van 18,1 kN voor beide platen samen (0,707 MPa), als cyclisch met een sinus-belasting tussen  $0,1 \cdot F_{\max}$  en  $F_{\max}$  gedurende 2 miljoen lastwisselingen.

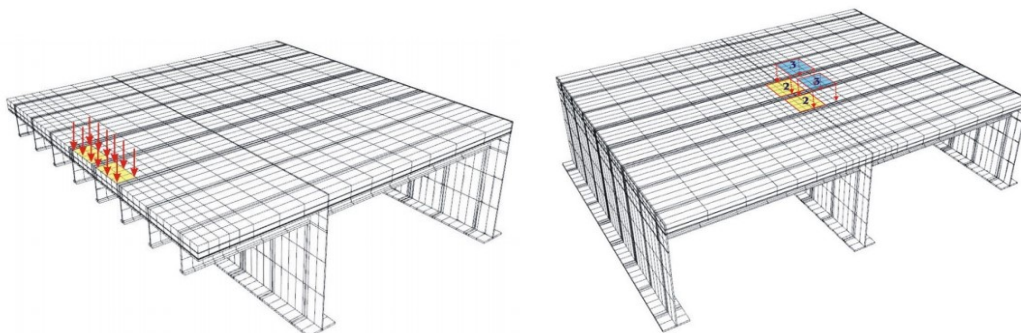
In de modelsimulatie bleek in systeem 3 (onder product C1, boven C2) de minste schade op te treden, zowel in de interfaces als in de materiaallagen. Ook in de laboratoriumproeven presteerde systeem 3 het beste.

Ook zijn nog simulaties uitgevoerd met onthechting op 1 of meer interfaces, onder de belastingsvoeten of boven het middensteunpunt [20]. Daaruit bleek dat spanningen en rekken al bij kleine onthechtingslengte snel toenamen, dus dat volledige hechting een vereiste is voor goed functioneren van de constructie.

Uit de 5PB proeven (zowel simulatie als experimenteel) bleek dat de DZOAB laag sterk vervormde onder de belasting, en onder de belasting werd "weggeperst", wat een vertekening kan geven van het gedrag van de overige constructielagen. Voor beproeving van asfalt met DZOAB-lagen is de 5PB dus minder geschikt.

#### **B8.4 EEM-modellering van brugdek en verkeersbelasting**

Voor de vertaling van de proefresultaten naar de praktijk is een deel van het werkelijke brugdek met een wiellast gemodelleerd, gebruikmakend van de gevalideerde elementen en materiaalkarakteristieken uit de voorgaande proeven en modellen. Hierbij zijn anderhalf (gebruikmakend van symmetrie) of twee velden gemodelleerd, inclusief twee of drie dwarsdragers, 8 langs-verstijvingsribben, het stalen dek en de bovenliggende asfaltconstructie, zie Figuur B8.5.



**Figuur B8.5** Schema van EEM-modellering van de Merwedebrug, met een dubbelluchtwiellast halverwege een veld (links), of boven of vlak naast een dwarsdrager (rechts) [20]

Voor de Merwedebrug zijn vier verschillende asfaltconstructies gemodelleerd, met dezelfde sets membranen als gebruikt in de 5PB (zie B8.3).

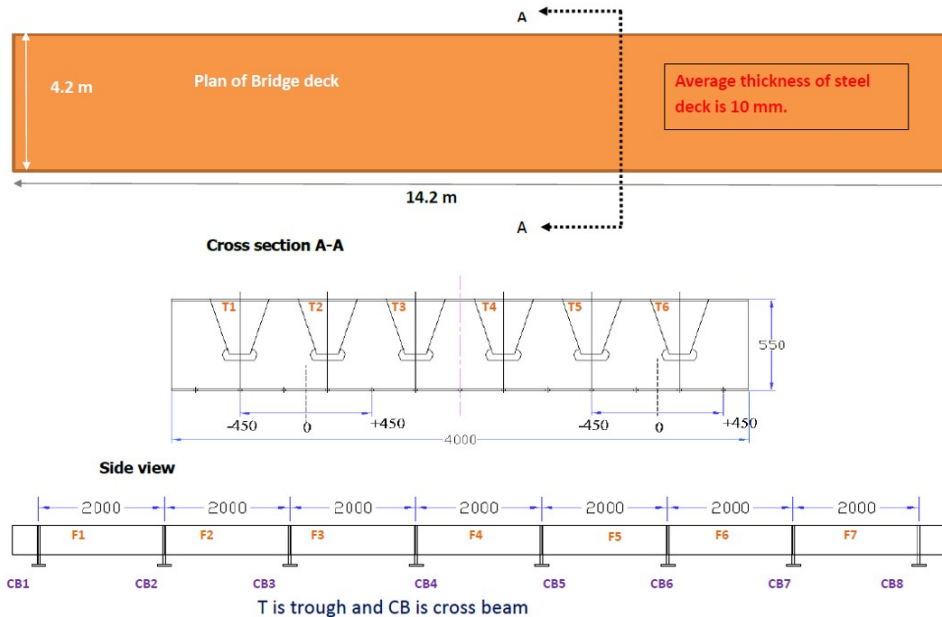
Voor de verkeersbelasting is een dubbellucht wielstel van 100 kN (20 tons aslast) met een constante verticale contactspanning van 0,7 MPa (2x 220 mm breed, h.o.h. 280 mm, 320 mm lang) gemodelleerd, zowel statisch op drie maatgevende posities (zie Figuur B8.5), als rollend over 1 langsraai. Daarnaast is ook een rollende enkelvoudige breedband gemodelleerd (270 mm breed, 320 mm lang, 1,157 MPa).

Over verschillende posities in de constructie, en over verschillende spanningsrichtingen beschouwd, gaf constructie 3 (onder C1, boven C2) de minste schade en dus de beste prestatie. Deze constructie wordt daarom aanbevolen. Constructies 1 (A1 onder en A2 boven) en 4 (onder en boven C2) presteerden vergelijkbaar in de middenmoot, en worden gezien als bruikbare tweede optie. Constructie 2 (onder en boven product B) presteerde het slechtst en wordt niet geadviseerd voor Nederlandse orthotrope stalen brugdekken.

### B8.5 Beproeving onder Lintrack

Als extra validatie voor de ontwerpmethodiek en de rangschikking van de beschouwde asfaltconstructies, zijn de asfaltconstructies 1 (met membranen A1 en A2) en 3 (C1 en C2) met een lengte van 14,2 m en een breedte van 2,1 m elk aangebracht op een replica van een stuk van de Van Brienoordbrug. Deze replica was nog beschikbaar van eerder onderzoek van Medani en is wegens de kostenbesparing gekozen, hoewel deze replica, in afwijking van de Merwedebrug, een gesloten U-vormige verstijvingsribben heeft, zie Figuur B8.6. De asfaltconstructies zullen worden belast met enkele honderdduizenden lastovergangen van een breedband vrachtwagenwiel met 50 kN wiellast in de Lintrack zwaar-verkeer simulator, bij circa 20 °C en snelheden van 12 en 20 km/h, waarbij rekken en vervormingen worden gemeten en het bezwijkgedrag geobserveerd. De planning is dat dit onderzoek medio zomer 2016 gereed is.





Figuur B8.6 Schema van de replica van een stuk Moerdijkbrug voor de Lintrack proeven.

### B8.6 Aanbeveling voor eisen aan membranen voor stalen brugdekken.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek voor de Merwedebrug adviseert TU Delft de volgende eisen voor de hechting van membranen in de bovenbeschreven toepassingen als onder- of bovenmembraan, in een constructie met een stalen brugdek, een onderste membraan, 30 mm gietasfalt, een bovenste membraan, en 40 mm DZOAB.

1. In een monotone belastingsproef bij 10 °C in de MAT dient de "Strain Energy Release Rate" (SERR) van het membraan ten minste 1800 J/m<sup>2</sup> te bedragen. Dit geldt zowel voor het interface met de onderliggende laag, als voor het interface met de bovenliggende laag. De proef dient te worden uitgevoerd conform Bijlage 7 van RTD1009 en de SERR dient te worden berekend volgens [23].
2. In een cyclische belastingsproef bij 10 °C met een krachtniveau van 150 N in de MAT dient het aantal lastwisselingen, totdat een onthechtingslengte van 25 mm tussen membraan en aangehecht substraat wordt bereikt, ten minste 800.000 te bedragen. Dit geldt zowel voor het interface met de onderliggende laag, als voor het interface met de bovenliggende laag. De proef dient te worden uitgevoerd conform Bijlage 7 van RTD1009 en [21].

Hierbij wordt opgemerkt dat de Merwedebrug vermoedelijk maatgevend is voor alle Nederlandse bruggen met een orthotroop stalen brugdek van ten minste 10 mm dikte. Dit moet echter nog worden aangetoond. Bovenstaande hechtingeisen zijn echter mogelijk strenger dan nodig voor bruggen met een staaldek dikker dan 10 mm.

Opgemerkt wordt dat met bovenstaande hechtingeisen nog niet alle relevante aspecten zijn afgedekt voor het functioneren van membranen in asfaltconstructies op stalen brugdekken. Zo zijn ook de dikte, stijfheid, sterkte en vermoeiingsweerstand van de membranen van belang. Voor de door de TU Delft onderzochte membranen waren die eigenschappen niet maatgevend ten opzichte van de hechtingseigenschappen. Ook de waterdichtheid en de gevoeligheid voor mechanische of thermische beschadiging zijn relevant, evenals mogelijk andere eigenschappen, maar niet afgedekt door het TU Delft onderzoek of de hechtingeisen.

Per brug dient de ontwerper daarom aan te tonen dat met de gekozen constructie en de gekozen membranen de vereiste levensduur wordt behaald.

*Verder heeft het onderzoek van TU Delft de praktijkervaring onderbouwd dat een goede hechting tussen alle constructielagen en membranen essentieel is voor een goede werking van de constructie. Bij de aanleg moet er dan ook de uiterste zorg worden besteed dat elke vierkante centimeter van de membranen volledig gehecht is aan zowel onderliggende als bovenliggende laag. Er mogen geen holtes of plooiën zijn, en de membranen moeten volledig aansluiten. Discontinuïteiten zoals moeren, bouten of klinknagels moeten adequaat (en goed hechtend) worden uitgevlakt voordat membranen worden aangebracht.*

## B9 Bijlage 9: Werkinstructie aanbrengen warm gespoten bitumineus membraan

*Onderstaande instructies zijn ontleend aan [4].*

Inzet van gespecialiseerd personeel en het juiste materieel is gewenst.

### ONTWERP EN VOORBEREIDING

- De constructieopbouw moet zijn afgestemd op het gebruik.
- Het membraan bij voorkeur niet direct onder de deklaag aanbrengen.
- Overlagen met voldoende asfalt, minimaal 40 mm.
- Vaststellen van het type membraan, bitumen specificaties en hoeveelheden te spuiten product(en) en afstrooimateriaal op basis van richtlijnen van de leverancier.
- De constructieopbouw, de datum en het tijdstip van aanbrengen communiceren met de opdrachtgever.
- Bij aanleg onder winterse omstandigheden in het voortraject overleg voeren met de leverancier.

### ONDERGROND

- De ondergrond moet absoluut schoon en volledig droog zijn.
- Het membraan aanbrengen op een vlak oppervlak. Gaten, scheuren en andere onregelmatigheden vooraf repareren, zo nodig een uitvullaag van asfalt aanbrengen.
- De ondergrond zo nodig vooraf reinigen met een wegdekreiniger.
- Op betonoppervlakken in overleg met de leverancier zo nodig een primer aanbrengen.
- Bij ondergrond anders dan asfalt of beton vooraf overleg met leverancier.

### SPUITEN BITUMINEUS MEMBRAAN

- Op locatie checken of aan alle uitgangspunten als genoemd onder 'ontwerp en voorbereiding' en 'ondergrond' is voldaan.
- Handwerk zoveel mogelijk voorkomen.
- Sproei het voorgeschreven product met bijbehorende hoeveelheid, als bepaald tijdens het ontwerp en de voorbereiding op basis van de richtlijnen van de leverancier. Bij afwijkingen tijdens de uitvoering in samenspraak met de aannemer contact opnemen met de leverancier.
- Als er een sproeirapport is geëist, dit opstellen en aan de opdrachtgever overhandigen.

### AFSTROOIEN

- Het bindmiddel zo snel mogelijk na het sproeien afstrooien met steenslag, nadat het membraan de eerste besterving<sup>14</sup> heeft gehad.
- Het afstrooien moet vakkundig geschieden en wel zo dat de helft van het oppervlak bedekt wordt met steenslag. Dit komt bij toepassing van steenslag 4/8 neer op  $\pm 5 \text{ kg/m}^2$ , bij steenslag 8/11 op  $\pm 6 \text{ kg/m}^2$ . Te veel strooien is niet toegestaan.
- Bij stilstand van de strooiwagens niet aan het stuurwiel draaien.
- Om aankleven van membraan te voorkomen kan water met zeepsop of een ander daartoe geschikt antikleefmiddel (geen gasolie) worden aangebracht op de banden van de strooiauto's.
- Rondom putten en aansluitingen afstrooimateriaal handmatig verspreiden.

### NA AANBRENGEN BITUMINEUS MEMBRAAN

- Behalve de asfaltaanvoer geen verkeer toelaten voordat het membraan is overlaagd met asfalt.
- Geen stalen walsen toelaten op het afgestrooide membraan.
- Nadat het membraan is afgekoeld en volledig is bestorven 1) (bij voorkeur pas na een nacht), overtollig afstrooimateriaal verwijderen door zuigen (niet vegen met veegwagen!).

<sup>14</sup> Het besterven van een warm gespoten bitumineus membraan is het proces waarbij onder invloed van afkoeling de moleculen in het bitumen hun definitieve positie innemen. In de praktijk wordt gehanteerd dat een eerste besterving is opgetreden als een hand steenslag over het membraan wordt gegoid en de stenen blijven doorrollen en niet blijven plakken. Het membraan is in ieder geval volledig bestorven als het een nacht heeft overgelegen, afhankelijk van de weersomstandigheden kan dit al eerder het geval zijn.

#### ASFALTVERWERKING

- Het is absoluut verboden om voor het asfalteren een kleeflaag aan te brengen.
- Asfalttransporten altijd in directe lijnen naar de asfaltmachine laten rijden; het keren van voertuigen is ten strengste verboden.
- De maximale snelheid van de afwerkmachine zo instellen dat er geen schade ontstaat aan het membraan. Schranken van de machine zoveel mogelijk voorkomen.
- Om aanklevingsproblemen te voorkomen moeten de rupsen en banden van het asfalterings- en transportmaterieel worden voorzien van water met zeepsop of een ander daartoe geschikt antikleefmiddel (geen gasolie).
- Als er ondanks de voorzorgsmaatregelen voorafgaand aan het aanbrengen van de asfaltverlaag toch kleine beschadigingen ontstaan, deze direct herstellen. Bijvoorbeeld met bitumenemulsie of door het membraan dicht te vloeien met een brander.
- De walsen moeten langzaam rijden, plotselinge stops zoveel mogelijk voorkomen en, indien mogelijk, uitrijden over een aangrenzende koude baan.

B10

## Bijlage 10: Werkinstructie aanbrengen gespoten bitumineus membraan op emulsiebasis

*Onderstaande instructies zijn ontleend aan [4].*

Inzet van gespecialiseerd personeel en het juiste materieel is gewenst.

### ONTWERP EN VOORBEREIDING

- De constructieopbouw moet zijn afgestemd op het gebruik.
- Het membraan bij voorkeur niet direct onder de deklaag aanbrengen.
- Overlagen met voldoende asfalt, minimaal 40 mm.
- Vaststellen van het type membraan, bitumen specificaties en hoeveelheden te sproeien product(en) en afstrooimateriaal op basis van richtlijnen van de leverancier. Een membraan op basis van bitumenemulsie moet altijd in twee lagen worden aangebracht.
- De constructieopbouw, de datum en het tijdstip van aanbrengen communiceren met de opdrachtgever.
- Bij aanleg onder winterse omstandigheden in het voortraject overleg voeren met de leverancier.

### ONDERGROND

De ondergrond moet absoluut schoon zijn, bij bitumenemulsie mag er geen zichtbaar water op de ondergrond staan.

Het membraan aanbrengen op een vlak oppervlak. Gaten, scheuren en andere onregelmatigheden vooraf repareren, zo nodig een uitvullaag van asfalt aanbrengen.

De ondergrond zo nodig vooraf reinigen met een wegdekreiniger.

Bij ondergrond anders dan asfalt of beton vooraf overleg met leverancier.

### SPUITEN BITUMINEUS MEMBRAAN

Op locatie checken of aan alle uitgangspunten als genoemd onder 'ontwerp en voorbereiding' en 'ondergrond' is voldaan.

- Handwerk zoveel mogelijk voorkomen.
- Sproei het voorgeschreven product met bijbehorende hoeveelheid, als bepaald tijdens het ontwerp en de voorbereiding op basis van de richtlijnen van de leverancier. Bij afwijkingen tijdens de uitvoering in samenspraak met de aannemer contact opnemen met de leverancier.
- Als er een sproeirapport is geëist, dit opstellen en aan de opdrachtgever overhandigen.

### AFSTROOIEN

- De bitumenemulsie zo snel mogelijk na het sproeien afstrooien met steenslag.
- Het afstrooien moet vakkundig geschieden, per laag  $\pm 5$  à  $6 \text{ kg/m}^2$  steenslag 2/6.
- Bij stilstand van de strooiwagens niet aan het stuurwiel draaien.
- Om aankleven te voorkomen water met zeepsop of een ander daartoe geschikt antikleefmiddel (geen gasolie) aanbrengen op de banden van de strooiauto's.
- De tweede laag van het membraan na het afstrooien aanwalsen.

### NA AANBRENGEN BITUMINEUS MEMBRAAN

- Behalve de asfaltaanvoer geen verkeer toelaten voordat het membraan is overlaagd met asfalt.
- Geen stalen walsen toelaten op het afgestrooide membraan.
- Nadat de emulsie volledig is omgeslagen (bij voorkeur pas na een nacht) overtollig afstrooimateriaal verwijderen door zuigen (niet vegen met veegwagen!).

### ASFALTVERWERKING

- Het is absoluut verboden om voor het asfalteren een kleeflaag aan te brengen.
- Asfalttransporten altijd in directe lijnen naar de asfaltmachine laten rijden; het keren van voertuigen is ten strengste verboden.
- De maximale snelheid van de afwerkmachine zodanig instellen dat er geen schade ontstaat aan het membraan. Schranken van de machine zoveel mogelijk voorkomen.

- Om aanklevingsproblemen te voorkomen moeten de rupsen en banden van het asfalterings- en transportmaterieel worden voorzien van water met zeepsop of een ander daartoe geschikt antikleefmiddel (geen gasolie).
- Als er ondanks de voorzorgsmaatregelen voorafgaand aan het aanbrengen van de asfaltverlaag toch kleine beschadigingen ontstaan, deze direct herstellen. Bijvoorbeeld met bitumenemulsie of door het membraan dicht te vloeien met een brander.
- De walsen moeten langzaam rijden, plotselinge stops zoveel mogelijk voorkomen en, indien mogelijk, uitrijden over een aangrenzende koude baan.