

**Schematiseringshandleiding  
voor toetsing  
asfaltbekledingen**

WTI2017 product 5.31





# **Schematiseringshandleiding voor toetsing asfaltbekledingen**

WTI2017 product 5.31

Robert 't Hart

1220086-013



## Titel

Schematiseringshandleiding voor toetsing asfaltbekledingen

## Opdrachtgever

Rijkswaterstaat WV

## Project

1220086-013

## Kenmerk

1220086-013-HYE-0007-  
gbh

## Pagina's

42

## Trefwoorden

Toetsing, dijkbekleding, asfalt.

## Samenvatting

Deze rapportage geeft de toetser een handleiding, een beschrijving, aan de hand waarvan de juiste invoerparameters kunnen worden bepaald voor de wettelijke toetsing (WTI 2017) van asfaltbekledingen. Op grond van de verzamelde gegevens moeten namelijk rekenwaarden worden bepaald waarmee de toetsing moet worden uitgevoerd.

## Summary


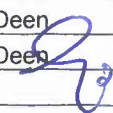
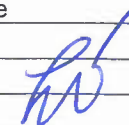
This report is a schematisation manual focusing on one specific structural element of water retaining structures, asphalt revetments. The manual has been set up in the framework of the research programme WTI-2017 assigned by Rijkswaterstaat. It will form part of the collection of background documents underlying the formal legally approved assessment procedure on the quality of the water retaining network in the Netherlands.

Schematisation concerns the procedure to organise, interpret and transform the available data to input data for the safety assessment method. The assessment may either be qualitative, or through calculations which have been partially included in the over-all assessment software model 'Ringtoets'.

The schematisation manual gives instructions on how to use data from the field, laboratory tests, drawings, engineering judgement and other available information to make a schematisation and determine parameters to perform the safety assessment. It contains a guideline in flow diagrams and covers the inventarisation of the available data, the hydraulic boundary conditions, determining the boundaries of dike sections and the input parameters.

## Referenties

WTI 2017

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
C1	Apr. 2015	Ir. R. 't Hart		Dr. B.G.H.M. Wichman		Ir. L. Voogt	
C2	juni 2015	Ir. R. 't Hart		Ir. J.G. Knoeff		Ir. L. Voogt	
Def	Aug. 2015	Ir. R. 't Hart		Dr. J.K. van Deen		Dr.ir. M.S. Sule	
Def2	sept. 2015	Ir. R. 't Hart		Dr. J.K. van Deen		Ir. L. Voogt	
Def3	dec. 2015	Ir. R. 't Hart		Dr. J.K. van Deen		Ir. L. Voogt	

## Status

definitief



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Algemeen	1
1.2	Doel	2
1.3	Doelgroep	3
1.4	Uitgangspunten	3
1.5	Leeswijzer	5
1.6	Disclaimer	5
<b>2</b>	<b>Stappenplan</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Vakindeling en geometrie representatieve dwarsdoorsnede</b>	<b>9</b>
3.1	Vakindeling	9
3.2	Geometrie representatieve dwarsdoorsnede	11
3.3	Voorland of dammen voor de waterkering	15
<b>4</b>	<b>Belastingen</b>	<b>17</b>
4.1	Type watersysteem	18
4.2	Toetspeil	18
4.3	Dichtheid water	18
4.4	Gemiddelde buitenwaterstand	19
4.5	Gemiddelde getijamplitude	20
4.6	Golfrandvoorwaarden	20
4.7	Overzicht herkomst belastingsparameters	20
<b>5</b>	<b>Constructieparameters</b>	<b>21</b>
5.1	Algemene constructiegegevens	21
5.1.1	Niveau boven/onderrand asfaltbekleding	21
5.1.2	Type asfaltbekleding	21
5.1.3	Samenstelling asfalt	21
5.1.4	Asfaltdikte	22
5.1.5	Type filterlaag	24
5.1.6	Steendiameter	24
5.1.7	Type ondergrond	24
5.1.8	Niveau grondwaterstand	24
5.2	Specifieke constructiegegevens voor beoordelingsspoor <i>Wateroverdrukken</i>	25
5.2.1	Dichtheid asfalt	25
5.2.2	Niveau boven/onderrand dichte bekleding	25
5.2.3	Dikte kleionderlaag	26
5.2.4	Factor maatgevende grondwaterstand	27
5.2.5	Lengte dicht teenschot, lengte dichte vooroeverbewerking	27
5.2.6	Taludhelling zone opdrukken	28
5.3	Constructiegegevens van belang voor de <i>Gedetailleerde toets</i> voor het beoordelingsspoor <i>Golfklap</i>	28
5.3.1	Stappenplan bepaling sterkteparameters voor het beoordelingsspoor <i>Golfklap</i>	28
5.3.2	Constructieopbouw	30
5.3.3	Dikte asfalttoplaag	31

5.3.4	Leeftijd van de bekleding op de peildatum	32
5.3.5	Holle ruimte asfalt	32
5.3.6	Stijfheidsmodulus asfalttoplaag	33
5.3.7	Sterkte asfalttoplaag	33
5.3.8	Eigenschappen tweede asfaltlaag	35
5.3.9	Dwarscontractiecoëfficiënt asfalt	36
5.3.10	Veerconstante ondergrond	36
5.4	Stuurparameters rekenmodel	37
5.5	Overzichtstabel modelparameters	37

## Bijlage(n)

<b>Literatuur</b>		<b>1</b>
<b>A Verwijderen uitbijters uit een dataset</b>		<b>A-1</b>
<b>B Bepalen karakteristieke waarden bij een beperkt aantal waarnemingen</b>		<b>B-1</b>
<b>C Verzamelen sterktegegevens voor de <i>Gedetailleerde toets</i> op golfklap</b>		<b>C-1</b>
C.1	Vorbereidingen	C-2
C.1.1	Meetraai en positionering	C-3
C.1.2	Radarmetingen	C-4
C.1.3	VGD metingen	C-4
C.1.4	Vastlegging voorbereidingen	C-4
C.2	Veldwerkzaamheden	C-5
C.2.1	Uitvoeren van valgewicht-deflectie- en temperatuursmetingen	C-5
C.2.2	Uitvoeren van radarmetingen	C-6
C.3	Analyse data VGD-metingen	C-8
C.3.1	Bepalen van de boorlocaties voor het sterkte onderzoek	C-8
C.3.2	Bepalen van de stijfheid van de bekleding en de ondergrond	C-9
C.4	Bepalen sterkteparameters asfalt, laboratoriumonderzoek	C-11
C.4.1	Boren van kernen uit de bekleding	C-11
C.4.2	Uitvoeren van buigtreksterkte- en vermoeiingsproeven	C-11
C.4.3	Bepalen van vermoeiingsparameters	C-13



# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

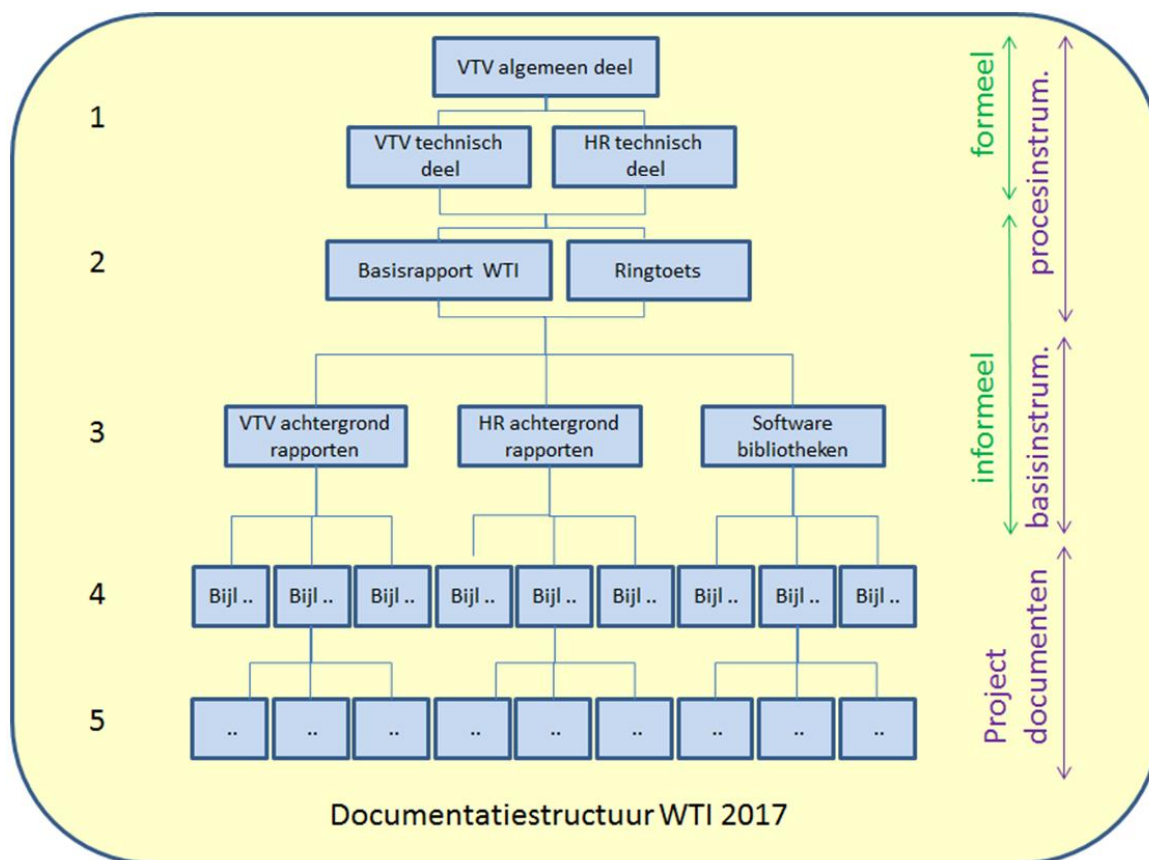
Deze schematiseringshandleiding is opgesteld in het kader van het Wettelijk Toets Instrumentarium 2017 (WTI 2017).

Het Wettelijk Toets Instrumentarium 2017 (afgekort WTI 2017) is opgebouwd uit de volgende vier wettelijke onderdelen:

1. *Voorschrift Toetsen op Veiligheid, Algemeen deel* (VTV Algemeen deel). Dit deel geeft de belangrijkste kaders en definities, beschrijft het toetsproces en geeft de beoordelings- en rapportageverplichtingen.
2. *Voorschrift Toetsen op Veiligheid, Technisch deel* (VTV Technisch deel). Dit deel geeft de inhoudelijke uitwerking van alle voorkomende toetssporen.
3. *Hydraulische Randvoorwaarden, Technisch deel* (HR Technisch deel). Dit deel geeft de maatgevende hydraulische belastingen voor primaire keringen ten behoeve van de toetsing.
4. *Software (Ringtoets)*. Dit betreft de software voor het uitvoeren van de *Eenvoudige toets* (toetslaag 1) en de *Gedetailleerde toets* (toetslaag 2).

Naast de wettelijke onderdelen, worden bij het WTI 2017 ook bouwstenen ontwikkeld die *niet wettelijk* worden vastgesteld. Deze schematiseringshandleiding is een van deze bouwstenen.

Algemeen geldt dat er een nauwe verwevenheid is tussen de schematiseringshandleidingen en het toetsproces (VTV technisch deel). De schematiseringshandleidingen zijn daarom onderdeel van de VTV achtergrondrapporten (laag 3 in figuur 1.1).



Figuur 1.1 Documentatiestructuur WTI 2017

## 1.2 Doel

Deze schematiseringshandleiding geeft aanwijzingen en is daarmee een hulpmiddel voor het op objectieve en uniforme wijze schematiseren van het toetsspoor vanuit veld-, laboratorium- en meetgegevens en kennis en ervaring, waardoor de eindresultaten van de toetsing beter met elkaar zijn te vergelijken.

Schematiseren wordt hier gedefinieerd als het vertalen of interpreteren van de beschikbare gegevens uit het veld naar invoer voor de methode (meestal een rekenmodel al dan niet in software) waarmee een bepaald faalmechanisme wordt beoordeeld. Beschikbare gegevens kunnen gegevens zijn uit het veld, laboratorium of tekeningen, maar ook kennis en ervaring. Hierbij speelt de beschikbare hoeveelheid gegevens en de kwaliteit ervan een grote rol. Bij weinig (betrouwbare) gegevens is de schematisering grof of globaal en conservatief. Naarmate er meer en betere gegevens beschikbaar zijn, wordt de schematisering fijner en preciezer.

Schematiseren is in veel gevallen een iteratief proces: er kan voor gekozen worden om te starten met veilige keuzes. Als gevolg van een onvoldoende toetsresultaat en/of het inwinnen van extra gegevens, kan de schematisatie worden verfijnd en aangescherpt. Het is uiteraard ook mogelijk om meteen een verfijnde schematisering op te stellen.

### 1.3 Doelgroep

De schematiseringshandleiding is geschreven voor een deskundig gebruiker die bekend is met de (deel)faalmechanismes en modellen die van toepassing zijn binnen het toetsspoor.

### 1.4 Uitgangspunten

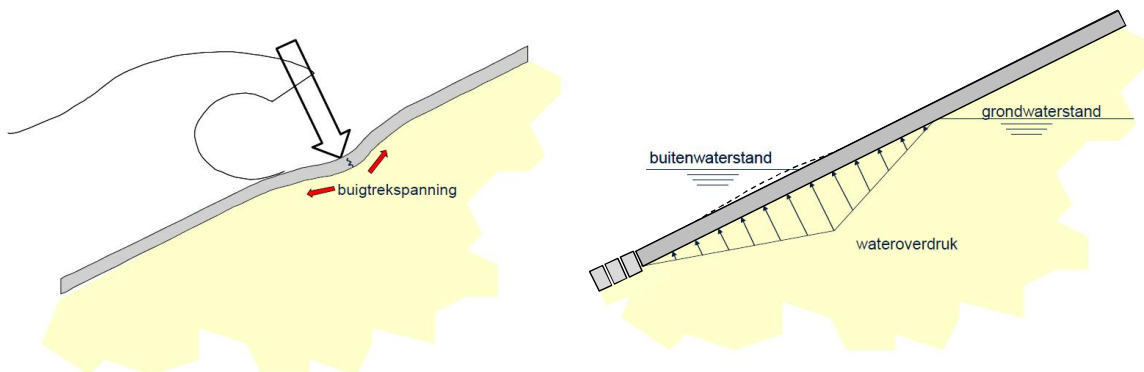
Voor deze schematiseringshandleiding gelden de volgende uitgangspunten:

- Het is geen voorschrift, maar geeft aanwijzingen en aandachtspunten voor het opstellen van een goede schematisering.
- Het is specifiek opgesteld voor primaire waterkeringen en kan daarom niet zomaar worden toegepast voor andere doeleinden (regionale keringen, ontwerp, etc.).
- Het kan worden gebruikt voor toetslagen 1, 2a (en 2b mocht deze in de toekomst beschikbaar komen). Voor toetslaag 3, de *Toets op maat*, zijn meer gegevens en mogelijk meer schematisaties nodig die niet in deze schematiseringshandleiding zijn opgenomen.
- De wijze waarop gegevens ingewonnen moeten worden (bijvoorbeeld hoe veldonderzoek of laboratoriumonderzoek uitgevoerd wordt) wordt slechts summier behandeld in deze schematiseringshandleiding. Deze handleiding geeft wel aanwijzingen voor het type en de benodigde hoeveelheid aan onderzoek om tot een goede schematisering te kunnen komen.
- Voor de gegevens die in Ringtoets worden ingelezen wordt een format voorgeschreven. Het format sluit aan bij de Aquo standaard. Verdere informatie hierover is te vinden in de Handleiding Datamanagement voor het uitvoeren van een toets met het WTI 2017 [33].
- Deze schematiseringshandleiding ondersteunt gebruikers in het omzetten van (veld)gegevens naar de juiste rekenparameters en goede schematiseringen die in de beoordelingsmethoden kunnen worden toegepast. Binnen Ringtoets vindt soms nog een bewerking tot modelinvoer plaats.

Het geeft tevens aanwijzingen voor conservatieve default waarden die voor parameters aangehouden kunnen worden als gegevens die een andere waarde rechtvaardigen niet aanwezig zijn.

Voor de stabiliteit van asfaltbekledingen (STBKA) moet volgens het WTI 2017 een toets worden uitgevoerd voor de volgende beoordelingssporen:

- 1 *Golfklap* (AGK).
- 2 *Wateroverdrukken* (AWO).
- 3 *Bezwijken onderlaag* (ABO).



Figuur 1.2 Mechanismen van de beoordelingssporen *Golfklap* en *Wateroverdrukken*. Links: scheurvorming als gevolg van herhaalde *golfklap*-belasting (AGK); rechts: *wateroverdrukken* die leiden tot oplichten van de bekleding (AWO)

De mechanismen van de beoordelingssporen *Golfklap* en *Wateroverdrukken* zijn weergegeven in Figuur 1.2. Het beoordelingsspoor *Bezwijken onderlaag* betreft de reststerkte van een eventuele onderlaag van klei. Deze is niet specifiek voor asfaltbekledingen, voor de feitelijke beoordeling wordt dezelfde methodiek als voor grasbekledingen gevolgd (GEBU) voor de situatie 'fragmentarische graszode'. Het beoordelingsspoor *Bezwijken onderlaag* blijft buiten beschouwing in deze handleiding omdat dat spoor voor asfaltbekledingen slechts uit een *Toets op maat* bestaat.

In vergelijking met het VTV2006 zijn de beoordelingssporen *Beoordeling ernstige schade* (AES), *Materiaaltransport* (AMT) en *Overgangsconstructies* (AOC) niet opgenomen in de toetsing. Deze beoordelingssporen betreffen vooral de beoordeling van schades. Dit valt onder de dagelijks beheer- en onderhoud door de beheerder en worden geacht in het kader van zorgplicht op orde te zijn.

Achtergrond informatie betreffende de bezwijkmechanismen die horen bij deze beoordelingssporen is te vinden in hoofdstuk 12 van de Handreiking dijkbekledingen, deel asfaltbekledingen [1] en in [34].

Voor de beoordeling van asfaltbekledingen is in WTI 2017 slechts een *Eenvoudige toets* (toetslaag 1) en een *Gedetailleerde toets* voor waterbouwasfaltbeton met een semi-probabilistische berekening (toetslaag 2A) uitgeschreven. In de software Ringtoets is slechts de berekening voor het beoordelingsspoor *Golfklap* die tot de score voor de *Gedetailleerde toets* leidt, geïmplementeerd.

Deze schematiseringshandleiding gaat vooral in op de gegevens die nodig zijn voor de *Eenvoudige* en de *Gedetailleerde toets* van asfaltbekledingen. Omdat voor asfaltbekledingen zowel de *Eenvoudige toets* (toetslaag 1) als een *Gedetailleerde toets* (toetslaag 2A) een semi-probabilistische beoordeling betreft, moet voor alle kwantificeerbare parameters een rekenwaarde worden gebruikt.

## 1.5 Leeswijzer

Het *stappenschema in hoofdstuk 2* vormt de basis van de schematiseringshandleiding. Dit stappenschema geeft een overzicht van de te volgen stappen in het proces van schematiseren. Voor veel stappen wordt een verwijzing gegeven naar een paragraaf of hoofdstuk van deze schematiseringshandleiding waarin dit verder wordt uitgewerkt. Dit hoofdstuk 2 kan dus als leeswijzer of leidraad voor het toepassen van dit rapport worden gebruikt.

De algemene opbouw is als volgt:

Onderwerp	Locatie
Stappenschema	Hoofdstuk 2
Vakindeling en geometrie representatieve doorsnede	Hoofdstuk 3
Belastingen	Hoofdstuk 4
Constructieparameters	Hoofdstuk 5

In de beschrijvingen van de verschillende parameters wordt soms een codering gegeven. Die codering, bestaande uit een letter en een volgnummer komt overeen met de parameterlijsten die ter voorbereiding op het verzamelen van alle gegevens voor de toetsing zijn opgesteld. In die codering staat de letter "K" voor een item uit de klasse "kernegegevens" en "M" voor "Modelinvoer".

Voor vragen of opmerkingen over de schematiseringshandleiding kan contact opgenomen worden met de Helpdesk Water.

## 1.6 Disclaimer

In dit rapport is een beschrijving gegeven van de parameters van belang voor de toetsing. Omdat de toetsing op het moment van schrijven nog niet geheel is uitgekristalliseerd, zal de beschrijving wellicht niet volledig aansluiten bij de beschrijvingen en naamgeving die in andere documenten en software worden gehanteerd. Zo is nu nog de nummering uit de laatst bekende "parameterlijst" gebruikt. Ook de literatuurlijst bevat een flink aantal documenten die nog "in bewerking" zijn.

Ook de naamgeving van de software die voor WTI 2017 wordt ontwikkeld (Ringtoets, Wavelmpact) zou nog kunnen wijzigen.

Voor wat betreft de beoordeling van de stabiliteit van asfaltbekledingen (STBKA) asfaltbekledingen zal met Ringtoets voornamelijk alleen de *Gedetailleerde toets* van waterbouwasfaltbetonbekledingen belast door golfklappen (AGK) kunnen worden uitgevoerd. Aangezien asfalt nog niet (definitief) in Ringtoets is geïmplementeerd, kunnen er nog aanpassingen in deze schematiseringshandleiding nodig zijn om deze in overeenstemming te brengen met wat Ringtoets van de gebruiker aan invoer verlangt.



## 2 Stappenplan

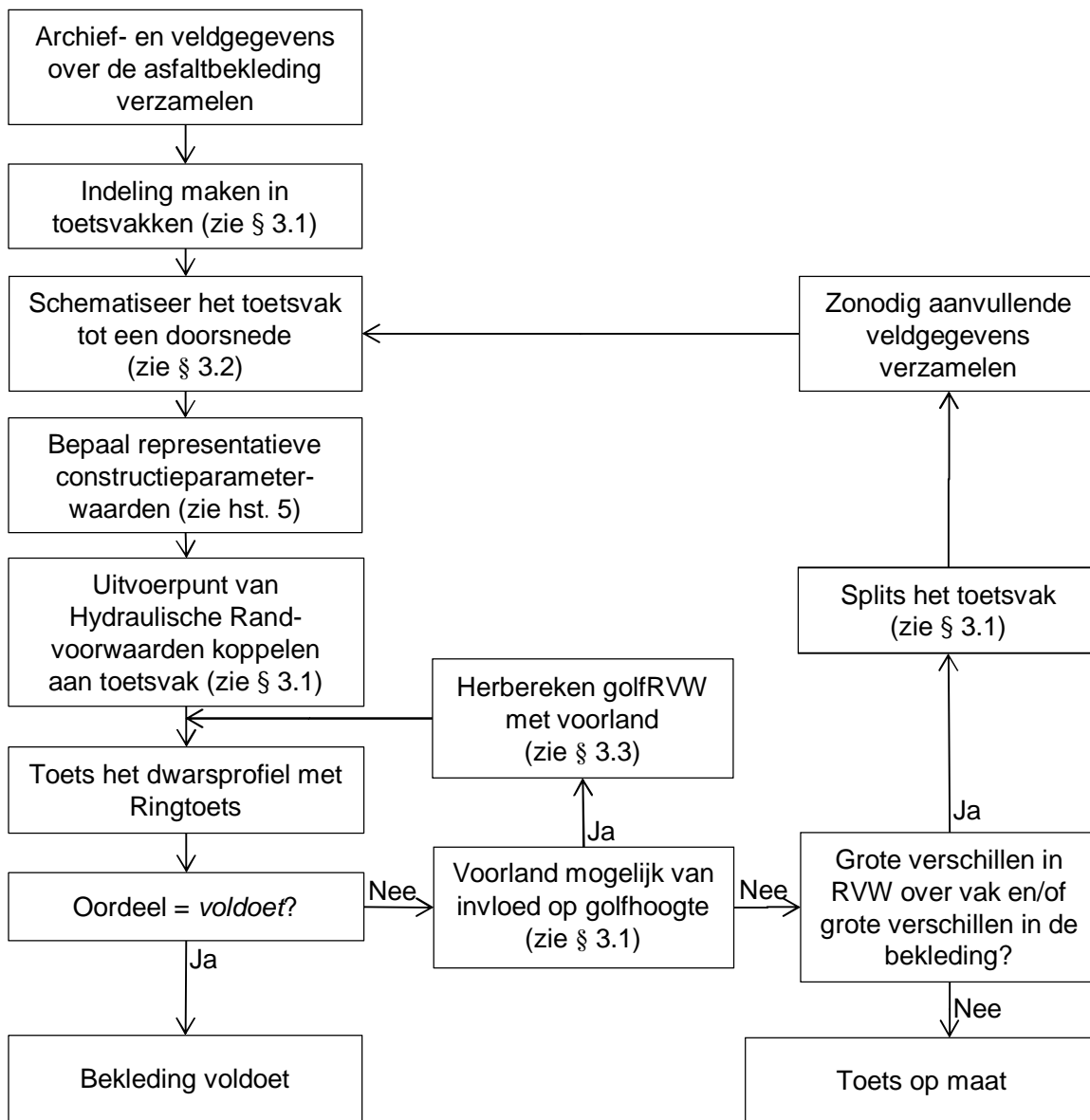
De meeste asfaltbekledingen zullen in het verleden al een keer getoetst zijn, zodat het merendeel van de gegevens al eens is bepaald en verzameld. Het hier gepresenteerde stappenplan, zie Figuur 2.1, geeft de stappen om te komen tot een toetsoordeel.

Op basis van de beschikbare data zal een grove indeling in toetsvakken worden gemaakt, zie paragraaf 3.1.

Voor de *Gedetailleerde toets* op het beoordelingsspoor *Golfklap* worden in eerste instantie golftrandvoorwaarden bepaald zonder de voorlandmodule. Als de beoordeling met deze randvoorwaarden leidt tot het oordeel *voldoet niet* en er mag verwacht worden dat het voorland de golfhoogte reduceert, dan ligt het voor de hand om, eerst de golftrandvoorwaarden opnieuw te bepalen, maar dan rekening te houden met het voorland, zie ook paragraaf 3.3.

Voor het te beoordelen vak zullen één of meer uitvoerpunten van de hydraulische randvoorwaardemodule golftrandvoorwaarden leveren. Door uit te gaan van de maximale golftrandvoorwaarde per waterstandsniveau wordt een conservatieve randvoorwaarde voor het toetsvak samengesteld. Voldoet de bekleding voor deze grove vakindeling en conservatieve randvoorwaarde, dan is de beoordeling van de bekleding gereed. Voldoet deze niet, dan moet verfijning van de vakindeling worden overwogen als er grote verschillen in hydraulische randvoorwaarden, danwel als er grote verschillen in bekledingseigenschappen langs het vak zijn. Opsplitsen van een vak kan het noodzakelijk maken dat meer constructiegegevens noodzakelijk zijn, als er na de splitsing per vak te weinig meetgegevens beschikbaar zijn.

Asfalt is een materiaal dat na verloop van enkele tientallen jaren in kwaliteit achteruit kan gaan. Om een goed inzicht te krijgen in de veiligheid van de asfaltbekleding, specifiek die volgens de *Gedetailleerde toets* op het beoordelingsspoor *Golfklap*, is het noodzakelijk om degradatiegevoelige materiaalparameters (stijfheid, buigtreksterkte) te extrapoleren naar de peildatum. In de toetsing wordt gewerkt met de werkelijke sterkte gemeten aan het dijkvak. Op het actualiseren van de sterktegegevens wordt ingegaan in paragraaf 5.3.



Figuur 2.1 Stappenplan beoordeling asfaltbekledingen



### 3 Vakindeling en geometrie representatieve dwarsdoorsnede

Dit hoofdstuk gaat in op de indeling van een dijkstrekking in toetsvakken en op het schematiseren van de dijkgeometrie tot een representatieve dwarsdoorsnede. Voor de beoordeling van een specifieke asfaltbekleding wordt per toetsvak het oordeel gegeven uitgaande van een representatieve dwarsdoorsnede.

#### 3.1 Vakindeling

Bij de indeling van een dijkstrekking in vakken zijn meerdere strategieën mogelijk. Allereerst kan ernaar worden gestreefd om zo min mogelijk vakken te onderscheiden, teneinde de hoeveelheid administratie en rekenwerk zoveel mogelijk te beperken. Anderzijds kan worden gekozen voor een equidistante vakindeling gekoppeld aan de kilometrering waarbij relatief kleine vakken worden beoordeeld. Alleen als er een duidelijke scheiding in een vak voorkomt, bijvoorbeeld een besteksgrens, zal zo een klein vak verder moeten worden opgedeeld.

Bij een tussenweg tussen de voornoemde uitersten wordt er alleen daar een vakgrens aangelegd waar ergens in een dijkdoorsnede één van de op het dijkprofiel aanwezige bekledingen van type verandert. Omdat momenteel de beoordeling van de verschillende bekledingen (asfalt, gras en steenzettingen) geheel losstaand van elkaar plaatsvindt, leidt deze tussenweg tot meer werk dan strikt nodig is.

In deze beschrijving is uitgegaan van de strategie waarbij het aantal vakken zo beperkt mogelijk wordt gehouden.

Voor de indeling in toetsvakken zijn voor asfaltbekledingen meestal de volgende drie aspecten leidend:

- 1 De eigenschappen van de betreffende bekleding.
- 2 De geometrie van het dijkprofiel.
- 3 De hydraulische randvoorwaarden.

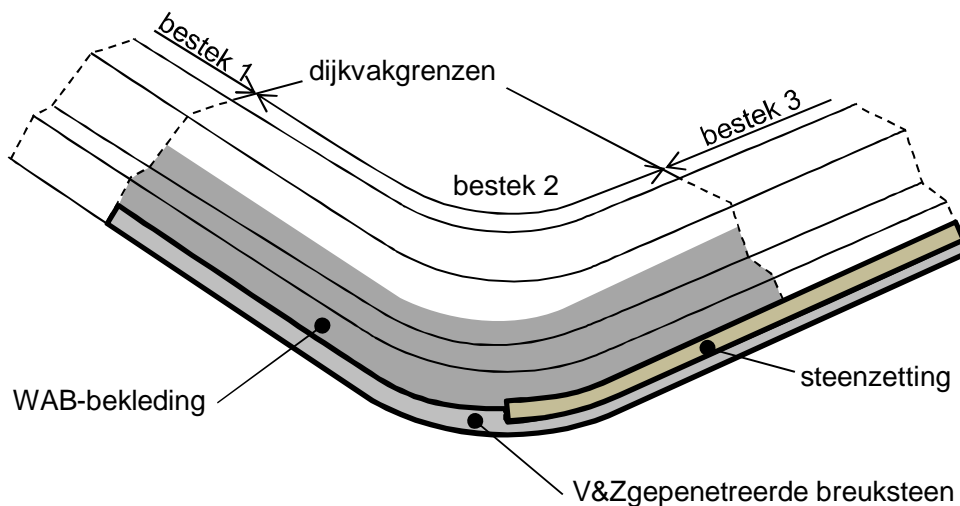
De vakindeling voor de toetsing van asfaltbekledingen wordt in eerste instantie gebaseerd op de eigenschappen van de betreffende bekleding (aspect 1). Het begin en het einde van de bekleding die met één en hetzelfde mengsel onder één bestek is aangelegd vormen de grenzen van het toetsvak. De genoemde combinatie van “onder één bestek aangelegd” en “één en hetzelfde mengsel” impliceert in feite dat de kwaliteit van deze bekleding redelijk homogeen is. De ouderdom van de bekleding en de wijze van aanleg zijn immers voor deze bekleding hetzelfde.

Als er sprake is geweest van ingrijpende reparaties in een dergelijk vak, dan kan dat reden zijn om het vak op te splitsen. Lokale reparaties moeten in principe leiden tot een constructie die even sterk of wellicht nog iets sterker is dan de omringende bekleding. Maar als het gaat over reparaties die flinke oppervlakken betreft en er grote afwijkingen ten opzichte van de rest van het vak mogen worden verwacht, dan kan dat aanleiding zijn om het ooit onder één bestek aangelegde vak te splitsen in twee of meer vakken met ieder hun eigen materiaalkwaliteit. Als toch besloten wordt om een enkel vak te handhaven, dan moet wel rekening worden gehouden met de slechtste materiaalkwaliteit die over grotere oppervlakten aanwezig is. Met “grotere oppervlakken” wordt in dit verband bedoeld: oppervlakken waarbinnen bezwijken van de bekleding kan worden geïnitieerd: één tot enkele meters. Een gerepareerde scheur zal, als die niet weer is open gaan staan en dan dus tot uitspoelen van de ondergrond kan leiden, nooit aanleiding zijn tot bezwijken van de bekleding.

Merk op dat de dijkvakindeling alleen is gebaseerd op de te beoordelen bekleding. Of hoger of lager gelegen bekledingen halverwege het betreffende strekking van type wisselen (zie het voorbeeld in Figuur 3.1) is niet relevant voor de beoordeling van asfaltbekleding omdat slechts de taludhelling van de aangrenzende bekledingen in het rekenmodel een rol speelt.

Als één van de andere aspecten erg grote verschillen laat zien langs de dijkstrekking waar de te beoordelen asfaltbekleding ligt, dan kan het wenselijk zijn om de vakindeling kleiner te kiezen dan op basis van alleen de besteksgrenzen.

Voor wat betreft de geometrie moet vooral worden gelet op de taludhelling. Hoe steiler het talud, des te zwaarder de golfbelasting op de asfaltbekleding. De geometrie die wordt doorgerekend bij de *Gedetailleerde toets* op het beoordelingsspoor Golfklap moet de steilste taluddelen uit het dijkvak in zich hebben.



Figuur 3.1 Dijkstrekking met een te beoordelen waterbouw-asfaltbeton-bekleding en grove dijkvakindeling op basis van de besteksindeling

De oriëntatie van de dijk ten opzichte van het noorden zal over het algemeen op zichzelf niet snel een rol spelen: voor asfaltbekledingen speelt de hoek van golfval nauwelijks een rol. In het rekenmodel dat wordt gebruikt voor de toetsing wordt namelijk geen rekening gehouden met de hoek van golfval. Alleen golven die aflandig zijn, zullen nooit als maatgevende worden aangemerkt.

Uiteraard zal een flinke knik in het verloop van de dijk vaak gepaard gaan met een verandering van de waterdiepte direct voor de dijk. De hoogte van het voorland kan in het beoordelingsspoor *Golfklap* al direct de rekenresultaten beïnvloeden, maar veelal zullen de hydraulische randvoorwaarden zoals berekend met Hydra de grootste verandering opleveren. Een verloop in onder- en bovenbegrenzing van de bekleding kan in eerste instantie worden genegeerd. Wel dient de bekleding in het profiel dat wordt doorgerekend te lopen van het niveau van het laagste punt van de bekleding in het dijkvak tot aan het niveau van het hoogste punt van de bekleding in het dijkvak.

Aldus kan een geschematiseerd profiel worden samengesteld dat misschien niet overeenkomt met een werkelijke aanwezige dijkdoorsnede maar dat bestaat uit de combinatie van

een aantal ongunstigste stukken. Als die doorsnede zonder problemen door de toetsing komt, dan wordt het dijkvak met een minimum aan berekeningen goedgekeurd.

Asfaltbekledingen zijn veelal over vrij grote lengtes aangelegd onder één en hetzelfde bestek. Dat betekent dat de Hydra-programmatuur meerdere uitvoerpunten langs zo een lang dijkvak kan hebben. Als de bekleding kan worden goedgekeurd door te rekenen met de zwaarste hydraulische randvoorwaarde die langs het dijkvak voorkomt, kan met een enkele berekening worden volstaan.

Als bij een eerste berekening met een grove vakindeling en zonder rekening te houden met een eventueel hoog voorland de bekleding (net) niet voldoet, dan moet een herberekening worden overwogen. Als het voorland dusdanig hoog is dat de gebruikte golfrandvoorwaarden eigenlijk niet reëel zijn, moeten met een geschematiseerd voorland, zie [32], nieuwe golfrandvoorwaarden worden gegenereerd en de beoordeling worden herzien, zie het teruglopende spoor in de tweede kolom van Figuur 2.1. Bij een (sterk) variërende geometrie en of golfrandvoorwaarde moet de toetsvakindeling worden verfijnd en de beoordeling nogmaals worden gedaan, zie het teruglopende spoor in de derde kolom van Figuur 2.1.

Bij een opsplitsing van het toetsvak moet worden nagegaan of de gemeten constructieparameters van de verschillende delen wezenlijk van elkaar verschillen. Normaliter zal dat niet het geval zijn omdat het oorspronkelijke toetsvak een onder hetzelfde bestek aangelegde bekleding betrof. Zonodig moeten nieuwe representatieve waarden voor de constructieparameters worden bepaald voor de na de splitsing ontstane dijkvakken. In uitzonderlijke gevallen kunnen zelfs aanvullende veldmetingen nodig zijn.

### 3.2 Geometrie representatieve dwarsdoorsnede

De beoordeling van een asfaltbekleding in een dijkvak vindt plaats aan de hand van een dwarsdoorsnede, die representatief is voor het dijkvak. Om te komen tot die representatieve doorsnede moet op basis van de geometrische gegevens van de dijk een schematisatie van het profiel worden gemaakt.

Bij het schematiseren van een dijkvak tot een representatieve dwarsdoorsnede moet worden gelet op verschillende aspecten:

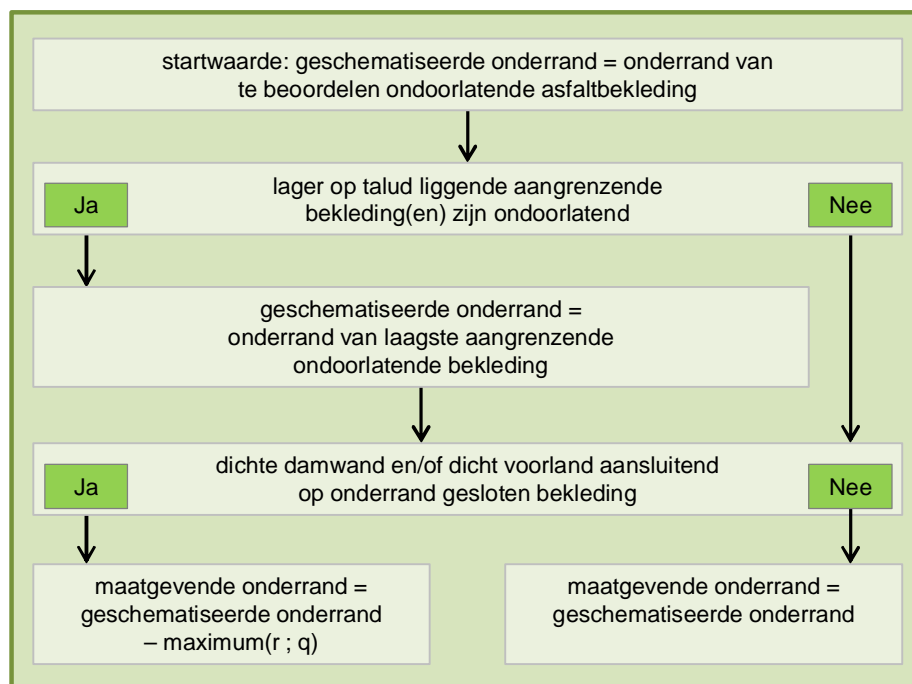
- 1 De schematisatie moet veilig zijn.
- 2 De schematisatie moet aansluiten bij het beoordelingsspoor.

Omdat bij de schematisatie van grof naar fijn wordt gewerkt, is het wenselijk dat de schematisatie voldoende veilig is. Dat betekent dat de grove schematisatie niet tot onterecht goedkeuren mag leiden. Om scherp te kunnen schematiseren moet duidelijk zijn welke factoren kritisch zijn. Deze kritische factoren zijn de taludhelling en de onderrand van de waterdichte bekleding.

Voor de beide beoordelingssporen, *Golfklap* en *Wateroverdrukken*, geldt hoe steiler de taludhelling, des te ongunstiger de stabiliteit. Dat betekent dat bij de schematisatie van alle dwarsdoorsneden uit het dijkvak tot de representatieve dijkdoorsnede erop moet worden gelet dat de steilste taluds die op het dijkvak voorkomen, moeten terugkomen in de geschematiseerde dwarsdoorsnede.

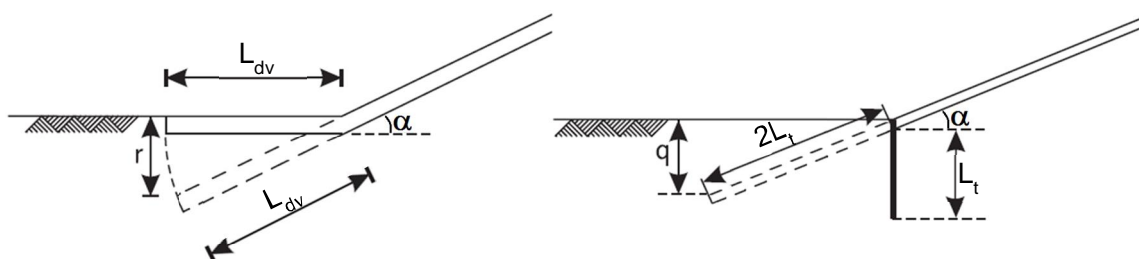
Ook voor wat betreft de maatgevende onderrand van de te beoordelen bekleding zijn de schematisaties voor de beide beoordelingssporen aan elkaar gelijk: hoe lager deze ligt des te ongunstiger kan de beoordeling uitpakken. Het laagste punt van de te beoordelen bekleding moet dus worden gebruikt als onderrand van de bekleding in de schematisatie.

Voor de *Eenvoudige toets op Wateroverdrukken* moet de schematisatie niet alleen de onder- en de bovenrand van de te beoordelen bekleding bevatten, maar ook de onder- en bovenrand van de gesloten bekleding. Voor de constructie is het ongunstig als de onderrand van de gesloten bekleding erg laag ligt. In het te schematiseren dijkvak moet dus gezocht worden naar de dwarsdoorsnede waar die onderrand het laagste ligt. Omdat het hier gaat om de, al dan niet fictieve, onderrand van alle gesloten bekledingen, moet daarbij verder worden gekeken dan de te beoordelen bekleding zelf. Een direct aansluitende ondoorlatende bekleding en/of een voorland met een ondoorlatende bodembescherming en/of een waterdichte damwand in de teen van het talud kunnen leiden tot een (fictieve) onderrand die beduidend lager ligt dan de onderrand van de te beoordelen bekleding zelf, zie Figuur 3.2. Een dichte damwand aan de teen van het talud of een op het talud aansluitende gesloten bodembescherming moet in rekening worden gebracht door het taluddeel grenzend aan de teen te verlengen zoals is aangegeven in Figuur 3.3. In die gevallen wordt dus gerekend met een fictieve onderrand, door het niveau van de onderrand van de gesloten bekleding te verlagen met de waarde  $r (= L_{dv} \sin(\alpha))$ , dan wel  $q (= 2 L_t \sin(\alpha))$ . Voor de maten steeds de buitenzijde van de constructie aanhouden.



Figuur 3.2 Beslisboom voor vaststellen maatgevende onderrand voor de beoordeling op Wateroverdrukken

Als het laagste niveau van de dichte onderrand wordt gecombineerd met het laagste niveau van de onderrand van de te beoordelen bekleding, dan wordt een conservatieve schematisatie verkregen.



Figuur 3.3 Invloed van een gesloten bodembescherming en van een damwand aan de teen van het talud (beoordelingsspoor Wateroverdrukken)

Voor de *Gedetailleerde toets op Golfklap* geldt veelal dat het laagste punt van de bekleding maatgevend is. Echter als de golfhoogte zeer sterk waterstandsafhankelijk is, zullen hoger op het talud de zwaarste golfklappen gaan optreden. Omdat het maatgevende punt dus niet bij voorbaat kan worden aangewezen moet de gehele bekledingsstrook worden beoordeeld. Daarom moet de onderrand van de te beoordelen bekleding op de representatieve dwarsdoorsnede gelijk worden genomen aan het laagste punt van de bekleding in het betreffende dijkvak. En de bovenrand van de te beoordelen bekleding moet op het niveau van het hoogste punt van de bekleding in het betreffende dijkvak worden aangenomen. Ringtoets berekent dan voor alle punten op de bekleding de mate van vermoeiing van het materiaal (Minersom:  $M$ ) en gebruikt daarvan de hoogste waarde voor de beoordeling.

Als het toetsoordeel negatief is en het maatgevende punt voor de beoordeling op *Wateroverdrukken* en/of op *Golfklap* ligt in de zone bij de onder- of bovenrand waar niet overal in het dijkvak de betreffende bekleding aanwezig is, dan kan een verdere onderverdeling van het toetsvak ertoe leiden dat toch delen van de bekleding positief worden beoordeeld.

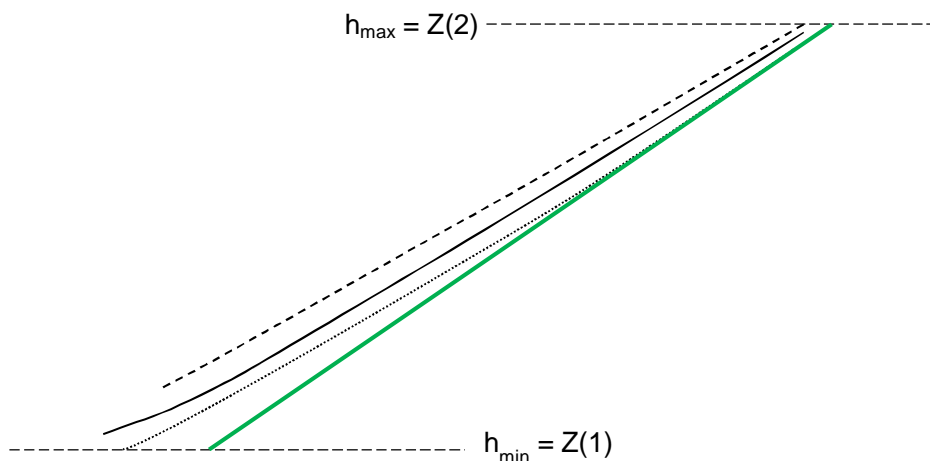
Doordat het geschematiseerde profiel in feite een combinatie is van alle ongunstigste onderdelen die in het toetsvak aanwezig zijn, hoeft het geschematiseerde profiel niet samen te vallen met een bestaande doorsnede. Uiteraard zal bij een eventuele verfijning van de vakindeling de geschematiseerde doorsnede meer op de werkelijke doorsnede gaan lijken.

Naast de bovengenoemde zaken waarmee rekening moet worden gehouden, moet met de schematisatie ook worden aangesloten bij de rekenregels dan wel de rekenprogrammatuur. De rekenregel voor *Wateroverdrukken* gaat uit van een talud dat overal dezelfde helling heeft. In werkelijkheid loopt het talud nooit volkomen recht. Het talud wordt tussen het hoogste en laagste niveau geschematiseerd met de steilste taludhelling, zie Figuur 3.4.

Voor de *Gedetailleerde toets op Golfklap* moet het buitenbeloop van de dijk met een zeer beperkt aantal taluddelen worden geschematiseerd. Dat is omdat de belasting op het buitenbeloop bepaald wordt door de wijze van breken van de golven op het talud. Die wijze is vooral afhankelijk van de helling van het deel van het talud onder de plek waar de golfklap inslaat. Omdat het rekenprogramma het ingevoerde verloop van het buitenbeloop niet verder schematiseert en slechts rekent met de taludhelling ter plaatse van het inslagpunt van de golfklappen, kunnen veranderingen in de taludhelling op korte afstand leiden tot rekenresultaten die weinig met de werkelijkheid te maken hebben. Overigens wordt voor de helling van een berm gerekend met de helling van het taluddeel onder de berm.

Het rekenmodel voor de *Gedetailleerde toets op Golfklap* zoals dat in Ringtoets is geïmplementeerd, deelt elk taluddeel dat wordt opgegeven door de begin- en eindcoördinaten op in een flink aantal gelijke stukken. Voor elk stuk wordt een maat voor de verhouding tussen sterkte en belasting berekend. Het punt op het talud wat het naar verhouding van zijn sterkte het zwaarst te verduren krijgt, bepaalt de eindscore voor dit mechanisme. Als het buitenbeloop met korte taluddelen wordt geschematiseerd, zal dit ten koste gaan van een veel langere rekentijd, terwijl de werkelijkheid niet per se beter wordt benaderd. Ringtoets checkt dan ook of alle opgegeven taluddelen ten minste 2 meter lang zijn.

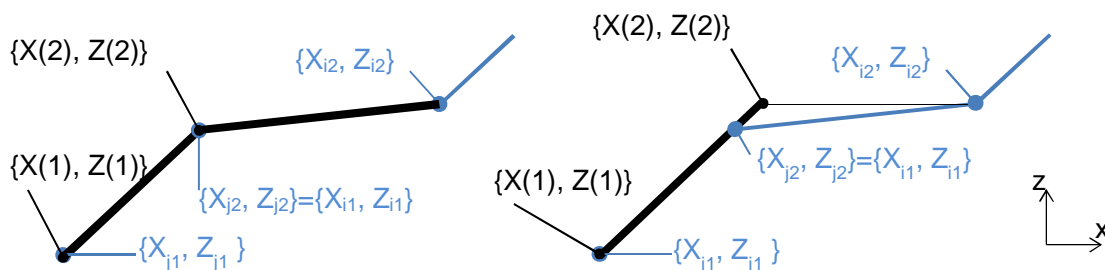
Per saldo zal na de schematisatie van de bekleding elk taluddeel worden beschreven door een rechte lijn tussen een set coördinaten van het begin- en eindpunt:  $\{X(1); Z(1)\}$ ,  $\{X(2); Z(2)\}$ .



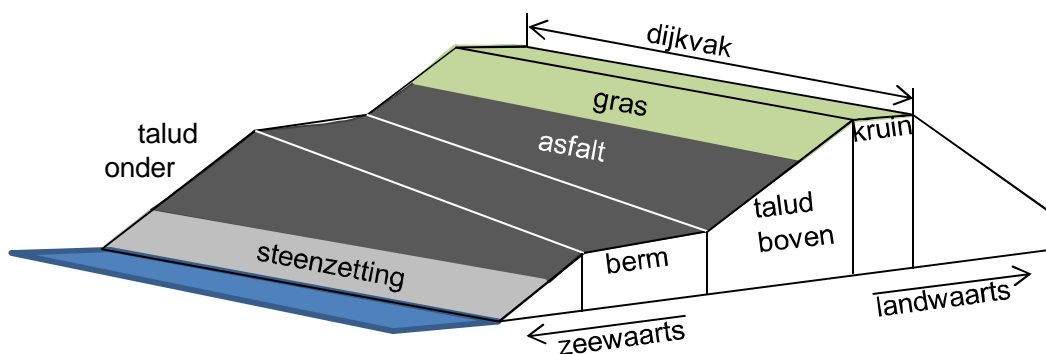
*Figuur 3.4 Voorbeeld veilige schematisatie die aansluit bij de rekenregel voor de toets op Wateroverdrukken: in zwart een drietal profielen van de dichte bekleding in een dijkvak met in groen daarnaast de schematisatie*

### **Bermen**

Een uitzondering op deze procedure in het WTI 2017 zijn taluddelen die door Ringtoets als berm worden geïdentificeerd (taludhelling  $\tan(\alpha) < 1/7$ ). Voor taluddelen die berm zijn, moet worden gerekend met de taludhelling van het talud onder de berm. Deze regel is in Ringtoets opgenomen. Het taluddeel direct beneden de berm (voor zover dat ook inderdaad een asfaltbekleding betreft) en de berm zelf worden door Ringtoets samengevoegd en als één taluddeel doorgerekend.



Figuur 3.5 Aanpassing coördinaten benedentalud van WAB door samenvoegen met berm bekleed met WAB. Links de geschematiseerde situatie; Rechts de situatie met berm verwerkt in het benedentalud, zoals dat door Ringtoets wordt afgehandeld



Figuur 3.6 Dijkvak waarbij de buitenberm sterk in hoogteligging verloopt, bijvoorbeeld in geval van een weg naar buitendijks gebied

Als de asfaltbekleding een berm bevat die langs de te beoordelen dijkstrekking nogal in hoogteligging verloopt, zie Figuur 3.6, dan kan de regel worden gevolgd dat op elk niveau de steilste taludhelling maatgevend is. Voor een in hoogte verlopende berm, zal de laagste bermligging maatgevend zijn als het talud boven de berm steiler is dan het talud onder de berm. Omgekeerd is de hoogste bermligging maatgevend als het ondertalud steiler is dan het boventalud.

### Indeling in stroken

Als bij een grove vakindeling, de grove schematisatie, niet wordt gekomen tot een positieve beoordeling (*voldoet*), dan kan, als er sprake is van verschillende taludhellingen in het dwarsprofiel, het opsplitsen van de bekleding in een aantal boven elkaar gelegen stroken het oppervlak aan afgekeurde bekleding reduceren, zie Figuur 2.1. Maar let hierbij op dat het wel om wezenlijke verschillen tussen de stroken moet gaan. Want als nu de eerste strook moet worden verbeterd en na een jaar is de volgende strook aan de beurt, dan is het efficiënter om de gehele bekleding in één keer op te knappen.

### 3.3 Voorland of dammen voor de waterkering

Voor beoordelingsspoor *Golfklap* is de golfbelasting een relevant onderdeel van de hydraulische belasting. Dammen die aanwezig zijn voor de waterkering en/of voorlanden hebben een reducerende werking op deze golfbelasting. Het schematiseren van deze dammen en voorlanden is daarom (een optioneel) onderdeel van het schematiseren van dit toetspoor.

De golfbelasting wordt bepaald met de Hydra-programmatuur (Q-variant). Daarbij wordt in eerste instantie geen rekening gehouden met het voorland.

In de rekenprocedure die in Ringtoets is opgenomen worden de golfbelasting ( $H_s$  en  $T_p$ ) geschematiseerd tot drukken op het oppervlak van de bekleding. Daarbij wordt er rekening gehouden met het feit dat als er slechts een beperkte waterdiepte voor de dijk aanwezig is, dat dan te hoge golven zullen breken vanwege de geringe waterdiepte. De belasting waarmee wordt gerekend kan dus worden gelimiteerd aan de hand van de waterdiepte. Om die waterdiepte te kunnen bepalen is de parameter *niveau bodem voorland* ( $h_{\text{voorland}}$ , [m+NAP], M32) is van belang voor de *Gedetailleerde toets* op het beoordelingsspoor *Golfklap*. Voor deze parameter moet dus de laagste waarde die op het betreffende dijkvak op de peildatum wordt verwacht, worden gebruikt voor de berekening. De rekenwaarde voor deze parameter is de gemiddelde hoogte van het voorland over de laatste 50 meter voor de teen van de dijk. Als er sprake is van sterke voorlanderosie, dan moet nog de verwachte erosie tot de peildatum in mindering worden gebracht op deze gemiddelde voorlandhoogte.

Als het voorland hoog is en/of er is sprake van een havendam die de golfhoogte ter plaatse van het dijkvak (sterk) reduceert, dan kan hiermee in tweede instantie (zie de terugkoppeling in de tweede kolom in Figuur 2.1) alsnog rekening worden gehouden bij het bepalen van de golfrandvoorwaarden. In de Schematiseringshandleiding Dammen en Voorlanden [32] is informatie te vinden over het meenemen van voorliggende dammen en voorlanden daarbij.



## 4 Belastingen

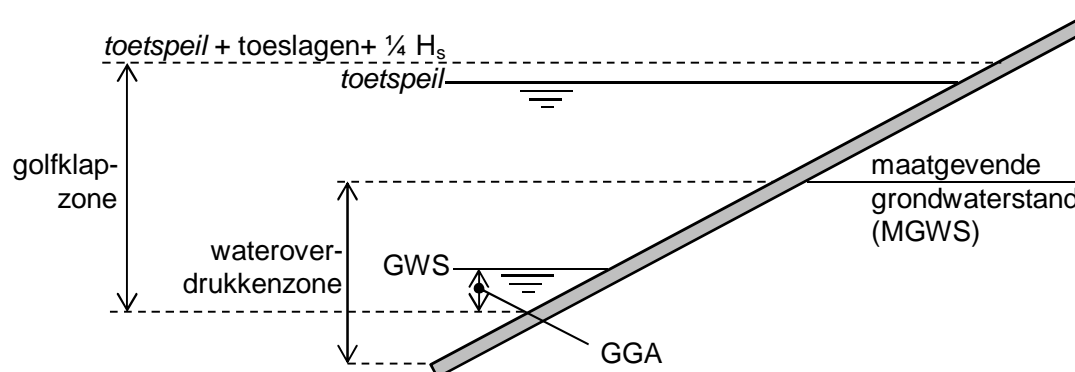
Voor de verschillende niveaus van de toetsing (*Eenvoudig / Gedetailleerd / Toets op maat*) en de beoordelingssporen *Golfklap* en *Wateroverdrukken* zijn uiteenlopende hydraulische randvoorwaarden nodig.

Tabel 4.1 geeft een overzicht van alle hydraulische gegevens die voor een *Eenvoudige* en de *Gedetailleerde toets* nodig kunnen zijn. In deze handleiding wordt niet ingegaan op wat nodig is voor de *Toets op maat*.

Beoordelings- spoor Toetsniveau	Golfklap (AGK)	Wateroverdrukken (AWO)
<b>Eenvoudig (1)</b>	type watersysteem; toetspeil; gemiddelde buitenwaterstand; gemiddelde getijamplitude; golfhoogte op toetspeil ( $H_s$ ).	type watersysteem; toetspeil; gemiddelde buitenwaterstand (GWS); dichtheid water.
<b>Gedetailleerd (2A)</b>	type watersysteem; dichtheid water; standaard waterstandsverloop, afhankelijk van toetspeil, gemiddelde buitenwaterstand (GWS) en gemiddelde getijamplitude (GGA); golfrandvoorwaarden.	-

Tabel 4.1 Hydraulische parameters van belang voor de verschillende beoordelingssporen en toetsniveaus

Veel van de genoemde hydraulische parameters spelen een rol bij de indeling van het talud in zones waar de verschillende beoordelingssporen betrekking op hebben, zie Figuur 4.1. In de golfklapzone moet de asfaltbekleding worden beoordeeld volgens het toetspoot *Golfklap* (AGK); in de wateroverdrukkenzone moet de asfaltbekleding worden beoordeeld volgens het toetspoot *Wateroverdrukken* (AWO).



Figuur 4.1 Zonering van het talud voor de verschillende beoordelingssporen voor asfaltbekledingen

#### 4.1 Type watersysteem

Het *type watersysteem* (M29) zie Tabel 4.2, is voor verschillende beoordelingssporen en toetsniveaus van belang.

Allereerst speelt het *type watersysteem* een rol bij het bepalen van de zonering op de dijk: het vaststellen welk deel van het talud moet worden beoordeeld met welk beoordelingsspoor. Afhankelijk van het *type watersysteem* zal er bij de zonering rekening moeten worden gehouden met verschillende toeslagen op het *toetspeil* [11].

Verder wordt voor de *Gedetailleerde toets* op *Golfklap* (AGK) op grond van het *type watersysteem* bepaald welk verloop van de buitenwaterstand moet worden gehanteerd; of er moet worden gerekend met een getij of niet. Aan de hand van de ligging van de waterkering (*Ligging waterkering*, K01, parameterlijst kerngegevens) selecteert Ringtoets hier het *type watersysteem* en vertaalt dit naar de typen die door de rekenroutine van Ringtoets worden onderscheiden, zie Tabel 4.2. Bij elk *type watersysteem* hoort een standaard waterstandsverloop, dat door de toetssoftware locatie specifiek wordt gemaakt op basis van de waarden voor *toetspeil*, *gemiddelde buitenwaterstand* en *gemiddelde getijamplitude*.

Watersysteem	Rekenroutine in Ringtoets
Noordzee	Kust
Westerschelde	
Waddenzee	Waddenzee
Meren	Merengebied
Oosterschelde	Oosterschelde
Bovenrivierengebied	Overig
Limburgse Maas	
Benedenrivierengebied	
IJssel en Vechtdelta	

Tabel 4.2 Relatie tussen watersystemen genoemd in HR2006 [11] en zoals gekarakteriseerd in de rekenroutine van Ringtoets [8]

#### 4.2 Toetspeil

De parameter *Toetspeil* [m+NAP] wordt bij de beoordeling van asfaltbekledingen op twee verschillende manieren gebruikt.

Allereerst speelt deze parameter een rol bij het bepalen van de zonering op de dijk: het vaststellen welk deel van het talud moet worden beoordeeld met welk beoordelingsspoor.

Ten tweede bepaalt de parameter het maximum van het verloop van de buitenwaterstand. Voor het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken* in de *Eenvoudige toets* is het *toetspeil* één van de parameters die de maatgevende grondwaterstand bepaalt. Voor het beoordelingsspoor *Golfklap* (*Gedetailleerde toets*) heeft het *Toetspeil* invloed op de duur van de belasting op de verschillende niveaus op de dijk.

De rekenwaarde voor het *Toetspeil* wordt voor de *Eenvoudige toets* ontleend aan de tabel met randvoorwaarden voor de *Eenvoudige toets* [31]. Voor de *Gedetailleerde toets* wordt de rekenwaarde bepaald door de Hydra-module die door Ringtoets wordt aangeroepen. De Hydra-module bepaalt deze waarde op basis van de voor het betreffende vak geldende normering.

#### 4.3 Dichtheid water

De *dichtheid water* ( $\rho_w$ , [kg/m<sup>3</sup>], M27) is van belang voor zowel de *Eenvoudige toets* op het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken* (AWO) als voor de *Gedetailleerde toets* op het beoordelingsspoor *Golfklap*. Er zijn twee defaultwaarden: 1025 kg/m<sup>3</sup> voor zeewater en 1000 kg/m<sup>3</sup> voor zoetwater. Welke van de twee defaultwaarden er moet worden gekozen is

afhankelijk van de *Ligging waterkering* (K01) en het daaraan gekoppelde *type watersysteem* (M29). Tabel 4.3 geeft de verdeling. Ringtoets vult deze defaultwaarde al in afhankelijk van de *Ligging waterkering* (K01)

Watersysteem	defaultwaarde $\rho_w$ [kg/m <sup>3</sup> ]
meren, bovenrivieren en benedenrivieren deelgebied 2 t/m 5*	1000
zee, estuaria en benedenrivieren deelgebied 1*	1025

Tabel 4.3 Defaultwaarden voor de factor voor de dichtheid van water. \* zie figuur 2-4 [11]

#### 4.4 Gemiddelde buitenwaterstand

De *gemiddelde buitenwaterstand* (GWS, [m+NAP], M30) is van belang voor de *Eenvoudige toets* op het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken* (AWO) en voor de *Gedetailleerde toets* op het beoordelingsspoor *Golfklap* (AGK).

De representatieve waarde voor de *gemiddelde buitenwaterstand* kan voor de locaties met zoutwater worden uitgegaan van NAP. Voor meren kan als representatieve waarde gebruik worden gemaakt van een reële waarde van het winterpeil. Dit zal veelal wat hoger liggen dan het winterstreefpeil.

Bij de keuze van de waarde voor deze parameter is het goed om te weten wat de consequenties zijn van deze keuze. De parameter speelt de volgende rollen in de beoordeling:

- Enerzijds bepaalt de *gemiddelde buitenwaterstand* de ondergrens voor de golftrandvoorwaarden die worden gebruikt: als de waarde te hoog wordt gekozen zou een zeer laag op het talud gelegen asfaltbekleding zover onder water kunnen komen te liggen dat de bekleding minder zwaar wordt belast. Gezien het niveau waarop waterbouwasfaltbekledingen liggen, zal hiervan niet snel sprake zijn, omdat golven gemiddeld inslaan op ca. een halve golfhoogte beneden de stilwaterlijn.
- Anderzijds bepaalt het niveauverschil tussen het *toetspeil* en de *gemiddelde buitenwaterstand* hoe lang de stormbelasting op een bepaald niveau van het talud inwerkt. Bij een groot niveauverschil, wordt de totale belasting gedurende de storm over een langer deel van het dijktaalud gespreid. Een relatief hoog gekozen waarde voor de *gemiddelde buitenwaterstand* leidt daarom op elk niveau op het talud tot een iets langere belastingsduur.

Omdat de berekende vermoeiingsschade (Minersom) recht evenredig is met de belastingsduur en de stabiliteit van de bekleding evenredig is met de logaritme uit de Minersom, beïnvloedt de waarde van de *gemiddelde buitenwaterstand* het berekeningsresultaat slechts in beperkte mate. Dat maakt dat een nauwkeurigheid van  $\pm 0,25$  m voor het niveau van de *gemiddelde buitenwaterstand* ruim voldoende is.

Watersysteem	defaultwaarde GWS
meren	-
zee, estuaria en benedenrivieren deelgebied 1*	NAP

Tabel 4.4 Defaultwaarden voor de factor voor de gemiddelde buitenwaterstand. \* zie figuur 2-4 [11]

#### 4.5 Gemiddelde getijamplitude

De *gemiddelde getijamplitude* (GGA, [m], M31) is van belang voor de *Gedetailleerde toets* op het beoordelingsspoor *Golfklap*.

De waarde voor de *gemiddelde getijamplitude* kan worden gebaseerd op het langjarig gemiddelde [27]. De representatieve waarde is de helft van het gemiddeld tijdverschil, afgerond op 5 cm.

#### 4.6 Golfrandvoorwaarden

De golfrandvoorwaarden zijn voor zowel de *Eenvoudige* als voor de *Gedetailleerde toets* van belang.

Voor de *Eenvoudige toets* is de golfhoogte bij *toetspeil* nodig om de bovengrens van de golfklapzone vast te stellen. Daarnaast wordt de golfhoogte gebruikt in een tweetal stappen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt of de belasting marginaal is ( $H_s < 0,5$  m) dan wel of de golfhoogte zeer extreem is ( $H_s > 3,0$  m). De golfrandvoorwaarden kunnen worden ontleend aan de tabel met randvoorwaarden voor de *Eenvoudige toets* [31].

Voor de *Gedetailleerde toets* van het beoordelingsspoor *Golfklap* zijn er voor verschillende waterstandsniveaus maatgevende combinaties van golfhoogte en golfperiode noodzakelijk. Deze gegevens ( $H_s$  [m] en  $T_p$  [s]) worden binnen Ringtoets door de Hydra-module gegenereerd. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van het geschematiseerde voorland, zie paragraaf 3.3.

Als het dijkvak grenst aan meerdere Hydra-uitvoerpunten moet in eerste instantie beoordeeld worden met per waterstandsniveau, de hoogste golfhoogte van de betreffende uitvoerpunten, zie hoofdstuk 2.

#### 4.7 Overzicht herkomst belastingsparameters

Tabel 4.5 geeft een overzicht van de belastingsparameters voor de *Gedetailleerde toets*. In de tweede kolom wordt aangegeven of Ringtoets een waarde bepaald, of dat de gebruiker de waarde kan bepalen. Als zowel Ringtoets als gebruiker zijn genoemd, dan stelt Ringtoets een defaultwaarde voor die door de gebruiker kan worden gewijzigd. Als de gebruiker in de database voor die locatie een waarde voor de betreffende parameter heeft opgenomen, dan vervangt die de default van Ringtoets als de "gebruiker" genoemd staat in de tweede kolom van de tabel.

Parameter	Ringtoets en/of gebruiker	Code
Watersysteem	Ringtoets	M29
Toetspeil	Ringtoets (Q-variant)	-
Dichtheid water	Ringtoets en/of gebruiker	M27
Gemiddelde buitenwaterstand	Ringtoets en/of gebruiker	M30
Gemiddelde getijamplitude	Gebruiker	M31
Golfrandvoorwaarden	Ringtoets (Q-variant)	-

Tabel 4.5 Overzicht met belastingsparameters voor *Gedetailleerde toets*, waarvoor Ringtoets waarden genereert, danwel waarvoor de gebruiker de waarde kan wijzigen of moet invoeren

## 5 Constructieparameters

Parameters die in dit hoofdstuk worden behandeld betreffen vooral de parameters zoals deze zijn genoemd in de "Parameterlijst toetsspoor Asfaltbekleding, tabblad Modelinvoer". Dit betreft dus specifiek de parameters die van belang zijn voor de toetsing. Daarbij is, waar nodig, onderscheid gemaakt tussen de *Eenvoudige* en *Gedetailleerde toets*. De gegevens zijn omwille van de logica in een wat andere volgorde geplaatst. In paragraaf 5.5 wordt een overzichtstabel gegeven waarin per parameter wordt aangegeven voor welk toetsniveau deze nodig is, de code volgens de parameterlijst en een verwijzing naar de (sub)paragraaf in deze schematiseringshandleiding.

Alleen de *Gedetailleerde toets*, het beoordelingsspoor *Golfklap*, wordt vooralsnog ondersteund door Ringtoets. Per parameter is in paragraaf 5.5 aangegeven of deze ook als invoerparameter van Ringtoets nodig is.

### 5.1 Algemene constructiegegevens

De algemene constructiegegevens die in deze paragraaf worden beschreven zijn vooral nodig om de constructie te typeren en om het schema van de *Eenvoudige toets* te doorlopen. Uitzondering daarop zijn specifieke gegevens die nodig zijn voor het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken*. Die specifieke gegevens worden behandeld in paragraaf 5.2.

#### 5.1.1 Niveau boven/onderrand asfaltbekleding

De parameters *niveau bovenrand* ( $h_{\max}$  [m+NAP], M46) en *niveau onderrand asfaltbekleding* ( $h_{\min}$  [m+NAP], M45) is van belang voor zowel de *Eenvoudige* als voor de *Gedetailleerde toets*. Zij begrenzen de zone die moet worden beoordeeld. De waarden volgen uit de schematisatie van het dijkvak, zie paragraaf 3.2.

#### 5.1.2 Type asfaltbekleding

De parameter *type asfaltbekleding* (M01) beschrijft de materiaalsoort waaruit de bekleding, de toplaag is samengesteld. Het betreft een keuze uit de volgende typen:

- Waterbouwasfaltbeton (WAB).
- Dicht asfaltbeton (DAB = wegenbouwmengsel).
- Open steenasfalt (OSA).
- Vol en zat geopenetreerde breuksteen.
- Zandasfalt (ZA).

In de waterbouw is in sommige gevallen ook grind in plaats van gebroken materiaal toegepast als steenfractie. Dit wordt wel aangeduid als grindasfaltbeton. Dit materiaal is een specifieke vorm van waterbouwasfaltbeton.

Het *type asfaltbekleding* is van belang voor de toepassingsvoorwaarden. Alleen voor waterbouwasfaltbeton kan de *Gedetailleerde toets* worden uitgevoerd.

Het *type asfaltbekleding* wordt ontleend aan besteksgegevens. Aan de hand van de samenstelling van het asfalt, zie paragraaf 5.1.3, wordt in de toepassingsvoorwaarden bepaald of de typering terecht is.

#### 5.1.3 Samenstelling asfalt

Alhoewel deze parameters niet expliciet worden genoemd in het toetsvoorschrift dienen zij om uitsluitel te geven voor de toepassingsvoorwaarden voor de verschillende rekenmodellen. Zo zal open steenasfalt, vanwege zijn open structuur niet worden beoordeeld

op *Wateroverdrukken*, en vragen de toepassingsvoorwaarden van de *Gedetailleerde toets* op *Golfklap* of het om *waterbouwasfaltbeton* gaat. Op grond van de materiaalsamenstelling kan worden nagegaan of de betreffende toetsregels mogen worden toegepast.

Daarbij is voor het bekledingstype *waterbouwasfaltbeton* de set parameters M05 t/m M08 relevant; voor het bekledingstype *open steenasfalt* is de set parameters M09 t/m M14 bepalend voor de samenstelling, zie Tabel 5.1.

Symbol	Volgnr.	Parameter	Eenheid
<b>Waterbouwasfaltbeton</b>			
M <sub>SGWAB</sub>	M05	steenslag/grind (> 2 mm)	massa % van 100% mineraal
M <sub>ZWAB</sub>	M06	zand (< 2 mm en > 63 μm)	massa % van 100% mineraal
M <sub>VWAB</sub>	M07	vulstof (<63 μm)	massa % van 100% mineraal
M <sub>BWAB</sub>	M08	bitumen	massa % <b>op</b> 100% mineraal
<b>Open steenasfalt</b>			
M <sub>SGOSA</sub>	M10	steenslag/grind (> 2 mm)	massa % van 100% mengsel
M <sub>MOSA</sub>	M11	mortel (<2 mm), bestek	massa % van 100% mengsel
M <sub>ΔMOSA</sub>	M09	afwijking op mortelpercentage	massa %
M <sub>ZOSA</sub>	M12	zand (< 2 mm en > 63 μm)	massa % van 100% mortel
M <sub>VOSA</sub>	M13	vulstof (<63 μm)	massa % van 100% mortel
M <sub>BOSA</sub>	M14	bitumen	massa % van 100% mortel

Tabel 5.1 Parameters samenstelling asfalt

Deze parameters worden bepaald met het zogenaamde standaardonderzoek, dat normaliter wordt uitgevoerd voor de opleveringscontrole. Uitzondering hierop is M<sub>ΔMOSA</sub>, de afwijking van het bij aanleg gerealiseerde mortelpercentage ten opzichte van het volgens het bestek beoogde mortelpercentage (M<sub>MOSA</sub>). Dit gegeven vormt een indicatie voor de duurzaamheid van het mengsel. Als de gegevens niet in het archief aanwezig zijn, dan zal alsnog een standaardonderzoek naar de materiaalsamenstelling moeten plaatsvinden. De proeven die onderdeel uitmaken van het standaardonderzoek zijn opgesomd in Bijlage C paragraaf C.4.2.

#### 5.1.4 Asfaltdikte

De parameter *asfaltdikte* ( $d_1$ , [m], M02) geeft een rekenwaarde voor de toplaagdikte van de asfaltbekleding in m. In deze handleiding wordt ervan uitgegaan dat de bekleding bestaat uit een enkele laag asfalt.

Zandasfalt dat als filterlaag onder een toplaag van open steenasfalt wordt toegepast wordt zuiver als filterlaag beschouwd. Er wordt niet op gerekend dat deze zodanig met de toplaag samenwerkt dat de buigspanningen in deze zandasfaltlaag maatgevend kunnen zijn.

Een onderlaag van zandasfalt onder waterbouwasfaltbeton zal normaliter een dusdanig geringe sterkte hebben dat deze niet als onderdeel van de asfalt(top)laag kan worden gezien. Als er sprake is van twee lagen waterbouwasfalt die samen de buigspanningen opnemen, dan kan worden gerekend met een tweelaag-systeem. In paragraaf 5.3.3 wordt op dit soort situaties ingegaan.

Een bekleding van waterbouwasfaltbeton of van vol en zat gepenetreerde breuksteen zal normaliter niet zodanig slijten dat hierdoor de dikte wordt gereduceerd. Alleen als uit visuele inspecties is gebleken dat er sprake is van serieuze aantasting van het oppervlak dan wel steenverlies, zal er opnieuw een dikte moeten worden vastgesteld. Als bij het boren van kernen voor het bepalen van de asfaltdikte blijkt dat er sprake is van stripping van het materiaal, dan moet worden aangenomen dat de heterogeniteit in de bekleding groot is. Voor

het bepalen van een rekenwaarde voor de dikte van de asfaltlaag is dan een uitgebreid boorprogramma nodig.

De wijze van bepalen van de asfaltdikte van de toplaag is afhankelijk van het bekledingstype, het niveau van de toetsing en het beoordelingsspoor.

De laagdikte van de asfaltbekleding van waterbouwasfaltbeton die voor de *Eenvoudige toets* op *Wateroverdrukken* (AWO) wordt gebruikt, kan worden gebaseerd op metingen gedaan bij de opleveringscontrole. De rekenwaarde voor *Wateroverdrukken* is de gemiddelde laagdikte. Let op, voor het bepalen van de asfaltdikte moeten alleen metingen worden gebruikt die gedaan zijn op de homogene bekleding. Als onderdeel van de overgangsconstructie naar andere bekledingen worden asfaltbekledingen nog wel eens voorzien van een naar een grotere dikte uitlopende rand. Asfaltdiktemetingen dienen dus nooit te dicht bij de rand plaats te vinden.

Als de bekleding bestaat uit twee lagen waterbouwasfalt is de voor *Wateroverdrukken* bepalende dikte de som van de dikte van de twee lagen.

Als er sprake is van een zandasfalt onderlaag, dan wordt de dikte van deze onderlaag voor de *Eenvoudige toets* op *Wateroverdrukken* (AWO) niet meegeteld. Als de hechting tussen de toplaag en de onderlaag van zandasfalt wordt aangetoond, dan kan het gewicht van deze onderlaag uiteraard in de *Toets op maat* wel worden meegeteld.

Als ten behoeve van de *Gedetailleerde toets* op *Golfklap* ooit al eens de asfaltdikte is gemeten met grondradar, dan wordt de gemiddelde asfaltdikte voor de *Eenvoudige toets* bij voorkeur gebaseerd op die metingen.

Voor de bepaling van de asfaltdikte voor de *Gedetailleerde toets* op *Golfklap* wordt verwezen naar paragraaf 5.3.3.

Voor het bepalen van de laagdikte van een vol-en-zat-gepenetreerde bekleding worden de meetgegevens van de aanleg geanalyseerd indien deze beschikbaar zijn. De laagdikte wordt gemeten op de toppen van de stenen zoals gemeten met de "highest point method" uit The Rock Manual [26] waarbij overigens wel de bovenste stenen voor minstens de helft moeten zijn ingebed in de penetratiemortel. De laagdikte is vervolgens 2/3 maal de gemeten steenlaagdikte.

Zijn geen aanleggegevens beschikbaar dan moet de laagdikte bepaald worden door 8 kernen per km te boren. Hierbij wordt aselekt geboord. De laagdikte per kern wordt met een nauwkeurigheid van 5 mm bepaald door binnen een half uur na boren de lengte van de kern te meten aan vier gelijkelijk over de omtrek verdeelde zijden van de kern en deze vier meetwaarden te middelen.

Voor de *Eenvoudige toets* op het toetsspoor *Wateroverdrukken* van vol en zat gepenetreerde breuksteenbekledingen is de rekenwaarde gelijk aan 0,8 maal de bestekslaagdikte of de gemiddelde gemeten laagdikte.

Voor de *Eenvoudige toets* op het toetsspoor *Golfklap* van vol en zat gepenetreerde breuksteenbekledingen is de rekenwaarde gelijk aan de 5% onderschrijdingswaarde op basis van de metingen of, wanneer die metingen ontbreken, 0,8 maal de bestekslaagdikte (veelal dus  $0,8 * 2/3 D_{n50}$ ). . Daarbij kan worden aangenomen dat de laagdikte normaal is verdeeld. Bijlage B geeft de wijze waarop deze karakteristieke waarde kan worden bepaald.

#### 5.1.5 Type filterlaag

Het *type filterlaag* (M15) is specifiek iets wat van belang is voor de *Toets op maat* van een toplaag van open steenasfalt. Er is veelal één van de volgende twee typen filterlaag aanwezig:

- Geotextiel.
- Zandasfalt.

#### 5.1.6 Steendiameter

De parameter *steendiameter* ( $D_{n50}$ , [m], M16) is relevant voor de *Eenvoudige toets* op het toetsspoor *Golfklap* van vol en zat gepenetreerde breuksteenbekledingen. De (nominale) waarde wordt ontleend aan het bestek.

#### 5.1.7 Type ondergrond

De parameter *type ondergrond* (M04) beschrijft de ondergrond van de asfaltbekleding. Er wordt onderscheid gemaakt in:

- Zand.
- Kleilaag.
- Kleikern.
- Overig.

Als er sprake is van een bekleding bestaande uit een toplaag van waterbouwasfaltbeton op een laag van zandasfalt dan gaat het bij de parameter *type ondergrond* om de laag onder het zandasfalt. Meest gebruikelijk onder een asfaltbekleding is een ondergrond van zand. In sommige gevallen is de bekleding aangelegd op een kleilaag of zelfs op de kleikern van de dijk. Als de classificering *Zand*, *Kleilaag* of *Kleikern* wordt gebruikt, dan moet het gaan om een redelijk homogeen materiaal, qua doorlatendheid en stijfheid. Bij twijfel of als er sprake is van een duidelijke variabele onderlaag, moet er worden gekozen voor de classificatie "overig". Dat is bijvoorbeeld het geval voor een onderlaag bestaande uit:

- De restanten van mijnsteen-spuitskades die na aanleg zijn geprofileerd tot het dijktafvlak.
- Keileem.

De typering van de ondergrond is van belang voor de *Eenvoudige toets* op *Wateroverdruk* (AWO) en voor de *Gedetailleerde toets* op *Golfklap* (AGK).

#### 5.1.8 Niveau grondwaterstand

Het *niveau grondwaterstand* (GRWS, [m+NAP], M19) tijdens maatgevende omstandigheden is, samen met het *niveau onderrand asfaltbekleding*, noodzakelijk om vast te stellen of de golfklappen zullen inslaan op een bekleding die ligt op een verzadigde ondergrond of op een onverzadigde ondergrond. Alleen voor dat laatste geval is de in Ringtoets geïmplementeerde berekening gekalibreerd.

Voor het bepalen van het *niveau grondwaterstand* tijdens maatgevende omstandigheden kan voor specifieke situaties een inschatting worden gemaakt op basis van bijlage 1 van [13]. In andere gevallen zal een prognose gemaakt moeten worden met een numeriek grondwaterstromingsmodel. IJken van dit model met behulp van waterspanningsmetingen (minimaal een getijmeting) wordt aanbevolen. Meer informatie over rekenmodellen en monitoring van waterspanningen is te vinden in [13].



## 5.2 Specifieke constructiegegevens voor beoordelingsspoor *Wateroverdrukken*

### 5.2.1 Dichtheid asfalt

De parameter *dichtheid asfalt* ( $\rho_a$ , [kg/m<sup>3</sup>], M28) is van belang voor de *Eenvoudige toets* op het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken* (AWO). De waarde is veelal bekend uit de opleveringscontrole. Als dat niet het geval is kan voor waterbouwasfaltbeton uitgegaan worden van de conservatieve (=lage) waarde van 2200 kg/m<sup>3</sup>.

Als met die conservatieve waarde niet wordt voldaan, dan kan worden gecontroleerd of met realistische waarden voor de dichtheid (2300 à 2350 kg/m<sup>3</sup>) wel wordt voldaan. Als dat het geval is, dan moet de *dichtheid asfalt* worden bepaald met een standaardonderzoek van boorkernen.

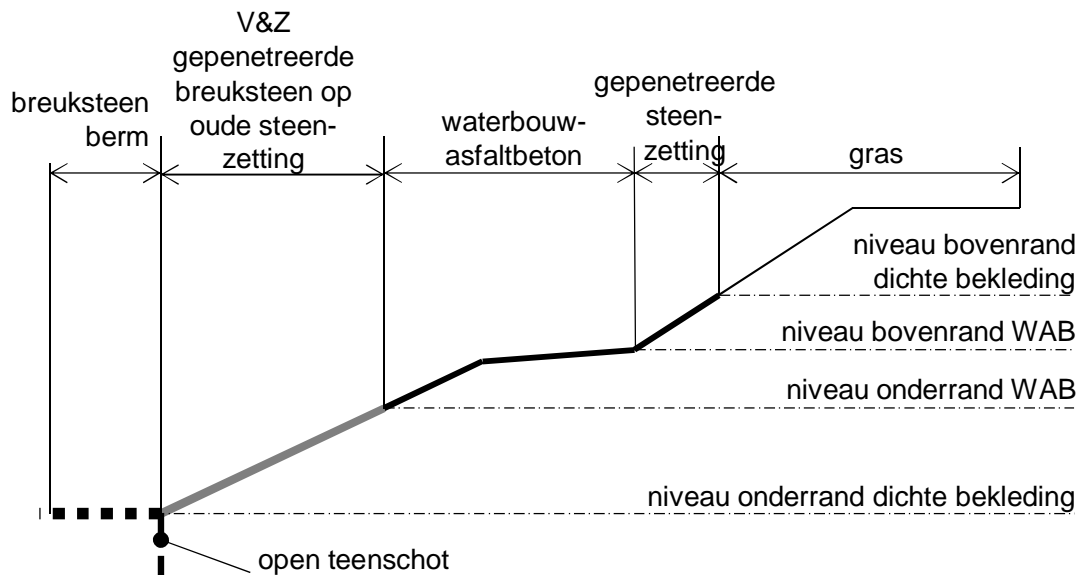
De *dichtheid asfalt* (proefstuk) wordt bepaald met proef 82 uit de standaard RAW-bepalingen [10].

Als rekenwaarde voor de *dichtheid asfalt* kan worden uitgegaan van het gemiddelde van de metingen.

Voor vol en zat gepenetreerde breuksteen kan voor de dichtheid bij de beoordeling op *Wateroverdrukken* uitgegaan worden van een conservatieve waarde van 2100 kg/m<sup>3</sup>. Ook voor de vol en zat gepenetreerde breuksteen geldt dat als met die conservatieve waarde niet wordt voldaan, dat dan kan worden gecontroleerd of met een realistische waarde voor de dichtheid (bijvoorbeeld 2450 kg/m<sup>3</sup>) wel wordt voldaan. Als dat het geval is, dan moet de *dichtheid* worden bepaald aan de hand van boorkernen. Let bij het bepalen van de in rekening te brengen dichtheid op de mate van penetratie. De dikte wordt namelijk bepaald op basis van de toppen van de stortsteen. Vol en zat penetratie vereist dat de bovenste steenlaag tot de helft is ingebed in de penetratiemortel. Voor een bekleding met een dikte van 1,5 D<sub>n50</sub> zal dus ten minste 1,0 D<sub>n50</sub> bestaan uit stortsteen gevuld met penetratie-mortel, terwijl de bovenste 0,5 D<sub>n50</sub> kan bestaan uit onge vulde stortsteen. Als, vanwege de begaanbaarheid, de penetratie volledig is uitgevoerd, dan mag de dichtheid bepaald aan een monster direct worden gebruikt als effectieve dichtheid van de bekleding. Is niet over de volledige laagdikte gepenetreerd, dan moet rekening houdend met de dichtheid van de steen en de mate van penetratie de effectieve dichtheid worden berekend.

### 5.2.2 Niveau boven/onderrand dichte bekleding

De parameters *niveau bovenrand* ([m+NAP], M21) en *niveau onderrand dichte bekleding* ([m+NAP], M22) is van belang voor de *Eenvoudige toets* van het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken* (AWO). De referentiewaarde is N.A.P. Let op: voor de boven- en onderrand van de waterdichte taludbekledingen gaat het om de randen van alle aan elkaar grenzende dichte bekledingen, zie bijvoorbeeld Figuur 5.1. De op te geven bovenrand van de dichte bekleding kan dus hoger liggen dan de bovenrand van de te beoordelen bekleding. Evenzo kan de op te geven onderrand van de dichte bekleding dus lager liggen dan de onderrand van de te beoordelen bekleding. Dat laatste is bijvoorbeeld het geval als er een gepenetreerde breuksteenbekleding direct aansluit op de te beoordelen bekleding van waterbouwasfaltbeton.



Figuur 5.1 Voorbeeld waarbij de randen van de dichte bekleding niet overeenkomen met de randen van de te beoordelen waterbouw-asfaltbekleding

### 5.2.3 Dikte kleionderlaag

De parameter *dikte kleionderlaag* ( $d_{\text{klei}}$ , [m], M20) is van belang voor de *Eenvoudige toets* van het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken* (AWO) en voor het spoor bezwijken onderlaag (ABO). Maar dat laatste spoor betreft alleen een *Toets op maat* en blijft hier dus buiten beschouwing. De *dikte kleionderlaag* is dus van belang in de zone waar wateroverdrukken kunnen optreden. Hierbij wordt verondersteld dat de klei als laag op het zandlichaam is aangebracht. De laagdikte is de dikte gemeten loodrecht op het taludoppervlak.

Als de asfaltbekleding eenmaal is aangelegd, kan de kleilaagdikte alleen worden bepaald door gaten in de toplaag te maken (boorkernen nemen). De kleilaagdikte wordt bij voorkeur gebaseerd op de revisietekeningen.

Als geen gegevens met betrekking tot de kleilaagdikte bekend zijn, dan kan alvorens er inspanning wordt gestopt in het bepalen van een kleilaagdikte, de beoordeling worden uitgevoerd met slechts de asfaltlaagdikte. Als deze beoordeling negatief uitvalt, dan dient alsnog de ontbrekende kleilaagdikte te worden bepaald. Door enkele extra opdruk-berekeningen uit te voeren kan worden bepaald welke kleilaagdikte leidt tot een positief toetsresultaat.

Is de kleilaagdikte slechts in de bestekstekening gegeven, dan is de representatieve waarde 0,8 maal de besteksdikte. Zijn er revisietekeningen dan is de representatieve waarde de dikte volgens de revisietekening. Daarbij wordt aangenomen dat besteks- en/of revisietekening aangeven dat de kleilaagdikte onder de asfaltbekleding niet afhankelijk is van de hoogte op het talud: de kleilaag is ooit aangelegd als één laag op een afgewerkt talud.

Als geen informatie over de kleilaagdikte beschikbaar is, maar deze informatie is wel noodzakelijk om te komen tot een positief toetsoordeel, dan wordt het nader onderzoek naar de kleilaagdikte geconcentreerd op de horizontale raai waar de grootste overdrukken worden verwacht. Voor veldonderzoek naar de werkelijk aanwezige kleilaagdikte onder een asfaltbekleding wordt op minimaal 8 punten de laagdikte door middel van een boring vastgesteld.

Het gaat om de laagdikte, dus gemeten loodrecht op het taludoppervlak. De rekenwaarde voor de kleilaagdikte is de gemiddelde waarde van de gemeten dikten.

Als er sprake is van een kleilaag die is ontstaan door het herprofilen van kleikaden waarbinnen het dijklichaam indertijd is opgebouwd, dan zal er sprake zijn van een zeer grote variatie in kleilaagdikte. Die is niet betrouwbaar vast te stellen met een paar meetpunten. Ook in een dergelijk geval kan in ieder geval worden gecontroleerd of de asfaltbekleding voldoet op het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken* zonder dat er rekening wordt gehouden met de kleilaagdikte.

#### 5.2.4 Factor maatgevende grondwaterstand

De parameter *factor maatgevende grondwaterstand* ( $f_{\text{MGWS}}$ , [-], M23) is van belang voor de *Eenvoudige toets* van het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken* (AWO). Hij is dus alleen van belang voor gesloten bekledingen en in de zone waar wateroverdrukken kunnen optreden. Er zijn voor de waarde van deze parameter een aantal defaultwaarden die afhankelijk zijn van het watersysteem dat op zijn beurt weer gekoppeld is aan de *Ligging waterkering* (K01), zie paragraaf 4.1. De relatie tussen *type watersysteem* en de factor is gegeven in Tabel 5.2.

Type watersysteem	defaultwaarde $f_{\text{MGWS}}$ [-]
Bovenrivieren, benedenrivieren deelgebied 2 t/m 5*	0,3
Meren	0,2
Zee, estuaria en benedenrivieren deelgebied 1*	0,5

Tabel 5.2 Defaultwaarden voor de factor voor de maatgevende grondwaterstand. \* zie figuur 2-4 [11]

Met deze factor is het niveau van de maatgevende grondwaterstand (MGWS) te berekenen uitgaande van *Toetspeil* (MHW) en de *gemiddelde buitenwaterstand* (GWS):

$$\text{MGWS} = \text{GWS} + f_{\text{MGWS}}(\text{MHW} - \text{GWS}) \quad (5.1)$$

Let op, de berekening van de maatgevende grondwaterstand zoals die voor het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken* moet worden uitgevoerd levert een wezenlijk ander grondwaterstand dan die welke nodig is voor het beoordelingsspoor *Golfklap*, zie paragraaf 5.1.8. Die grondwaterstand voor *Golfklap* is namelijk de hoogste grondwaterstand die wordt bereikt tijdens de storm, terwijl de maatgevende grondwaterstand voor wateroverdrukken wezenlijk lager kan liggen. Op het moment van de maximale *Wateroverdrukken* moet de buitenwaterstand al zijn gezakt tot een niveau dat wezenlijk lager ligt dan de grondwaterstand; de grondwaterstand is dan dus ook al weer gezakt.

#### 5.2.5 Lengte dicht teenschot, lengte dichte vooroeverbescerping

De parameters *lengte dicht teenschot* ( $L_t$ , [m], M25) en *lengte dichte vooroeverbescerping* ( $L_{dv}$ , [m], M26) zijn van belang voor de *Eenvoudige toets* van het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken* (AWO). Een voorbeeld van een dicht teenschot is een dicht damwandscherm; voorbeelden van een dichte vooroeverbescerping zijn een vol en zat gepenetreerde teenbestorting of een mastiekslab. De betreffende afmetingen van het teenschot en de dichte vooroeverbescerping zijn alleen van belang als zij waterdicht aansluiten op de onderrand van de dichte taludbekleding. Let op, evenals bij het niveau van

de onderrand van de dichte bekleding, hoeft dat dus niet de onderrand van de te beoordelen bekleding te betreffen, er kan nog een dichte bekleding tussen liggen.

Voor de *lengte dicht teenschot* zal de waarde worden gebaseerd op uitvoeringsgegevens (revisietekening), of als die niet beschikbaar zijn op de besteksgegevens. De *lengte dichte vooroeverbekleding* kan in eerste instantie ook uitgegaan worden van uitvoeringsgegevens (revisietekening), of als die niet beschikbaar zijn, van de besteksgegevens.

#### 5.2.6 Taludhelling zone opdrukken

De parameter *taludhelling zone opdrukken* ( $\alpha$ , [rad], M24) is van belang voor de *Eenvoudige toets* van het beoordelingsspoor *Wateroverdrukken* (AWO). Deze helling volgt uit de schematisatie van de geometrie van het talud. Zie paragraaf 3.2.

### 5.3 Constructiegegevens van belang voor de *Gedetailleerde toets* voor het beoordelingsspoor *Golfklap*

In de volgende subparagrafen wordt ingegaan op de verschillende (constructie)parameters die van belang zijn voor de *Gedetailleerde toets* van waterbouwasfaltbetonbekledingen op *Golfklap* (AGK).

Voordat op de constructieparameters afzonderlijk wordt ingegaan, wordt in de eerste subparagraaf (5.3.1) begonnen met het overkoepelende stappenplan voor de bepaling van de sterkteparameters.

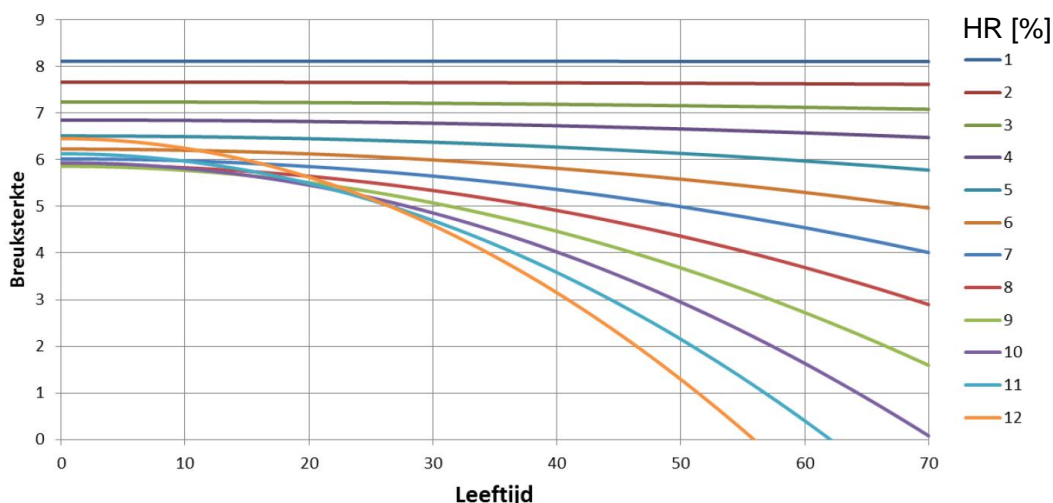
#### 5.3.1 Stappenplan bepaling sterkteparameters voor het beoordelingsspoor *Golfklap*

Waterbouwasfaltbeton is een constructiemateriaal wat, zoals alle constructiematerialen op de lange duur, in kwaliteit oftewel sterkte achteruit gaat. Dat maakt dat de sterkte gedurende de levensduur van de bekleding in principe moet worden gemonitord.

Omdat asfaltbekledingen verouderingsgevoelig zijn, moeten de sterkteparameters worden bepaald met het zogenaamde levensduurmodel [3]. Met het levensduurmodel kan een prognose voor de sterkte worden gemaakt op basis van de leeftijd van het materiaal (op de peildatum), het holle ruimte percentage en eventueel eerder bepaalde buigtreksterktes.

Het levensduurmodel beschrijft de buigtreksterkte ( $\sigma_{br}$ , [MPa]) als functie van het *holle ruimte* percentage (HR, [%]) en de *leeftijd* (Lft, [jaar]) als volgt, zie Figuur 5.2:

$$\sigma_{br} = 8,571 - 0,4616 \cdot HR + 1,98 \cdot 10^{-3} \cdot HR^3 - 1,195 \cdot 10^{-6} \cdot Lft^2 \cdot HR^3 \quad (5.2)$$



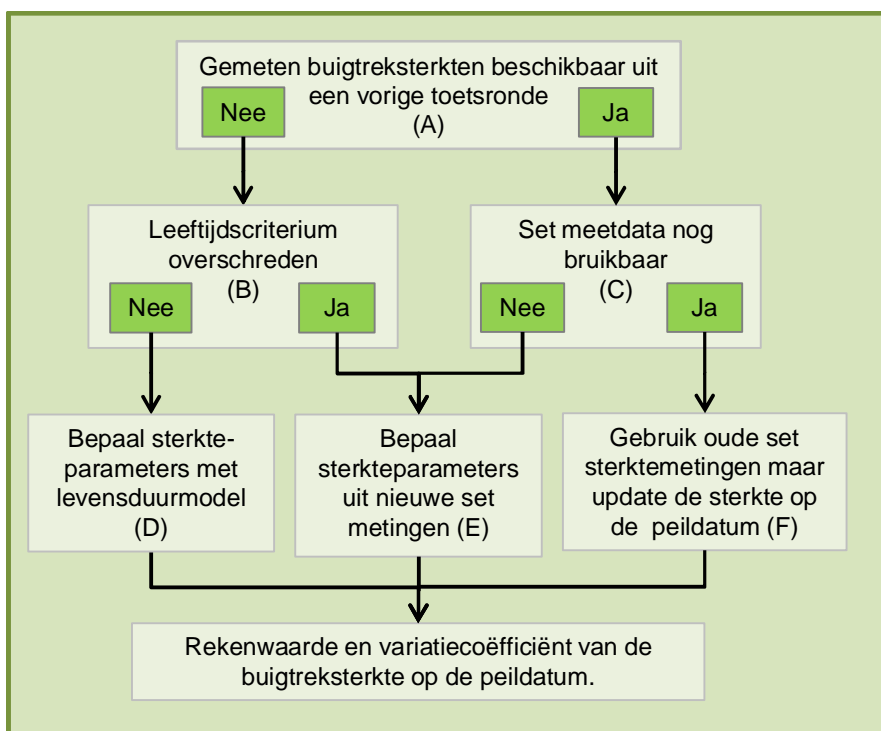
Figuur 5.2 Afname buigtreksterkte met leeftijd afhankelijk van het holle ruimte percentage (HR [%])

Het stappenplan voor de bepaling van de sterkteparameters is gegeven in Figuur 5.3.

*Stap A. Is er een oude set gemeten buigtreksterktes?*

Allereerst moet worden vastgesteld of er eerder al een set buigtreksterktes voor de betreffende bekleding is bepaald. Is dat niet het geval dan wordt in stap B nagegaan of met geprognostiseerde buigtreksterktes mag worden gerekend. Als er wel een set buigtreksterktes beschikbaar is dan wordt die set in stap C op bruikbaarheid beoordeeld.

*Stap B. Het leeftijdscriterium voor de prognose van de buigtreksterkte zonder buigtreksterkte metingen.*



Figuur 5.3 Stappenplan bepaling sterkteparameters

Tabel 5.3 geeft de drempelwaarden voor het leeftijdscriterium voor verschillende klassen van de gemiddelde *holle ruimte*. Als de leeftijd op de peildatum kleiner is dan de drempelwaarde dan kan op basis van de *holle ruimte* en het levensduur model een prognose worden gemaakt zonder dat buigtreksterktes zijn gemeten. Als de drempelwaarde is overschreden, dan moet de buigtreksterkte mede worden gebaseerd op aan monsters gemeten buigtreksterkten. Let op, stap B is uitsluitend bedoeld voor het geval dat er nooit eerder een set parameters door middel van buigtreksterkte proeven is bepaald. Als er al wel eens eerder sterkte proeven zijn uitgevoerd, dan wordt in stap (C) bepaald of die gegevens nog bruikbaar zijn.

Gemiddelde holle ruimte per werk [%]	Leeftijd [jaren]
0 – 5,4	30
5,5 – 10,4	20
> 10,4	10

Tabel 5.3 Drempelwaarden voor het leeftijdscriterium dat aangeeft of de sterkte van WAB mede moet worden bepaald op basis van gemeten sterkten, afhankelijk van de holle ruimte

### Stap C. Beoordeling of oude set buigtreksterkteproeven nog bruikbaar is.

Stap C heeft betrekking op de situatie waarbij in het verleden al eens een set sterkteproeven is uitgevoerd om het materiaalgedrag beter te kwantificeren dan met uitsluitend het levensduurmodel mogelijk is. Die dataset kan zijn verkregen in het kader van een opleveringscontrole, maar het is waarschijnlijker dat er in een vorige toetsronde al een onderzoek naar de sterkte is uitgevoerd.

Voor de bruikbaarheid van de dataset gelden een paar criteria:

- 1 De variatiecoëfficiënt in de bestaande dataset is niet groter dan 0,35.
- 2 De op basis van de dataset geprognoseerde 5%-waarde van de sterkte (zie paragraaf 5.3.7) is hoger dan 1,2 maal de vereiste sterkte.
- 3 De rekenwaarde van de variatiecoëfficiënt van de set geprognoseerde sterktes is niet groter dan 0,35.

Ad 1 en 3. Als de variabiliteit binnen het vak te groot is, is de onzekerheid groter dan de onzekerheid die wordt afgedekt door de gekalibreerde veiligheidsfactor. Met andere woorden, voor die gevallen kan de gedetailleerde toetsing (niveau 2A) met Ringtoets niet worden uitgevoerd, zoals is aangegeven in het betreffende toetsschema.

Ad 2. Als de geprognoseerde sterkte te dicht ligt bij de sterkte die volgens een iteratieve Ringtoets-berekening benodigd is, dan is het niet verantwoord om het toetsoordeel te baseren op de extrapolatie die de prognose met het levensduurmodel feitelijk is. Het is dan nodig om actuele sterktegegevens te verzamelen. Om de benodigde sterkte te bepalen zal met Ringtoets een set berekeningen moeten worden gemaakt voor verschillende waarden van de buigtreksterkte. Uitgaande van een hoge buigtreksterkte, waarvoor de beoordeling “voldoet” is en een lage buigtreksterkte, waarvoor de beoordeling “voldoet niet” is, kan door een berekening uit te voeren voor de gemiddelde waarde van de hiervoor genoemde buigtreksterkten het interval waarbinnen de vereiste buigtreksterkte ligt worden gehalveerd. Iteratief kan aldus vrij snel een goede benadering van de benodigde buigtreksterkte worden gevonden.

Voor de wijze waarop de sterkte op de peildatum kan worden geprognoseerd als er geen (stap D) of juist wel set sterktegegevens beschikbaar is (stap E en F), wordt verwezen naar paragraaf 5.3.7: Sterkte asfalttoplaag. Die procedure levert uiteindelijk de rekenwaarden voor de buigtreksterkte van het asfalt.

### 5.3.2 Constructieopbouw

De *constructieopbouw* (M18) van de bekleding is van belang voor de *Gedetailleerde toets* van waterbouwasfaltbekledingen, spoor *Golfklap*. De parameter geeft aan of er één of twee bitumineus gebonden lagen aanwezig zijn en, als er twee zijn, of er sprake is van een goede hechting tussen beide lagen. Als dat laatste het geval is, dan hoeft het bovenste deel van de toplaag niet als afzonderlijke bekleding te voldoen, want per saldo zullen de twee lagen als één bekleding samenwerken. Als de combinatie voldoende sterkte heeft, voldoet de bekleding. Een laag van zandasfalt onder een toplaag van waterbouwasfaltbeton wordt in de *Gedetailleerde toets* nooit als onderdeel van de toplaag beschouwd.

De parameter bevat de typering van de constructieopbouw. Er worden drie typen onderscheiden:

1. Enkele asfaltlaag.
2. Dubbele asfaltlaag, goede hechting.
3. Dubbele asfaltlaag, onvoldoende hechting.

Van onvoldoende hechting is sprake als bij één van de boorkernen, die worden genomen om materiaalmonsters te verkrijgen, de tweede laag kan worden gescheiden van de bovenste laag zodanig dat de laagscheiding het breukvlak vormt.

Als vanuit de aanleg niet bekend is dat de asfaltbekleding bestaat uit twee op elkaar aangebrachte lagen, dan is het denkbaar dat de twee afzonderlijk lagen tijdens het materiaalonderzoek niet worden onderkend omdat de materiaaleigenschappen van de twee lagen kennelijk zeer dicht bij elkaar liggen. Dat levert geen probleem op: de stijfheid van het pakket zoals die volgt uit de VGD-metingen geldt voor de combinatie van de twee lagen en de sterkte-eigenschappen worden toch bepaald aan de hand van monsters die worden gezaagd onder uit het asfaltpakket.

Als er sprake is van een dubbele asfaltlaag en de twee lagen dateren uit verschillende jaren van aanleg, dan mag alleen het type 2 worden toegekend als bij de overlaging van de oude bekleding de eventuele oppervlakbehandeling eerst is verwijderd en alle eventuele onvolkomenheden van de oude bekleding afdoende zijn gerepareerd.

*Ringtoets* ondersteunt vooralsnog alleen de beoordeling van *constructieopbouw 1*. *Constructieopbouw 2* kan echter ook worden berekend door aan te geven dat er sprake is van type 1 en de constructieparameters op een handige manier te kiezen. Hierop wordt ingegaan in paragraaf 5.3.8.

### 5.3.3 Dikte asfalttoplaag

In deze paragraaf is de parameter *dikte asfalttoplaag* ( $d_1$ , [m], M02) beschreven zoals deze wordt gebruikt in de *Gedetailleerde toets* van waterbouwasfaltbekledingen, toetsspoor *Golfklap*. Let op, als de *dikte asfalttoplaag* wordt gebaseerd op metingen, dan moeten voor het bepalen van de *dikte asfalttoplaag* alleen metingen worden gebruikt die gedaan zijn op het homogene deel van de bekleding. De naar een grotere dikte uitlopende rand als overgangsconstructie moet dus worden uitgesloten.

Voor jonge asfaltbekledingen, waarvoor het leeftijdscriterium nog niet is overschreden (stap B uit Figuur 5.3), kan de karakteristieke *dikte asfalttoplaag* voor de *Gedetailleerde toets* op *Golfklap* worden gebaseerd op de meetwaarden verkregen bij de opleveringscontrole. Als die ontbreekt, kan als conservatieve schatting worden uitgegaan van 0,8 maal de bestekslaagdikte.

Als het leeftijdscriterium is overschreden (stap B) dan wordt de *dikte asfalttoplaag* gebaseerd op grondradarmetingen. Op grond van het dikteverloop van de meting wordt beoordeeld of het vak homogeen is voor wat betreft de asfaltdikte. Als dat niet het geval blijkt te zijn, dan moet het vak worden opgesplitst.

De rekenwaarde voor het beoordelingsspoor *Golfklap* (AGK) is de 5%-onderschrijdingswaarde van de waarnemingen in het dijkvak.

Voor een beschrijving van de radarmetingen, de voorbereidingen, het veldwerk en de feitelijke veldmetingen wordt verwezen naar de beschrijving in bijlage B, waar deze metingen in samenhang met eventueel uit te voeren VGD-metingen en boorkernonderzoek worden beschreven.

### Data-analyse

De laagdikte van de bekleding die bij de *Gedetailleerde toets* op *Golfklap* wordt gebruikt, is een laagdikte zodanig dat de kans dat een kleinere dikte wordt aangetroffen gelijk is aan 5% ( $d_{5\%}$ ).

Omdat er bij radarmetingen sprake is van een grote set waarnemingen van de dikte, heeft het gebruik maken van een cumulatieve frequentieverdeling de voorkeur boven de gebruikelijke berekening van een 5%-waarde waarbij een verdelingsfunctie moet worden aangenomen. De cumulatieve frequentieverdeling wordt bepaald volgens NEN 1047 'Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen'. Uit deze verdeling zijn de gezochte karakteristieke waarde eenvoudig bij 5% af te lezen.

Ter controle of de bekleding wel homogeen is, dient het verloop van de asfaltdikte als functie van de afstand langs de meetraai te worden bekeken. Als blijkt dat het dijkvak inhomogeen is, verdient het aanbeveling eerst te checken of het vak voldoet uitgaande van de eigenschappen van het deel van de bekleding met de geringste karakteristieke dikte. Zo nodig moet het vak worden opgesplitst.

Als de constructieopbouw is gekenmerkt met *dubbele asfaltlaag, goede hechting*, dan kan deze bekleding in de berekening ook als enkelvoudige toplaag worden beoordeeld (*Constructieopbouw 1*). De asfaltdikte ( $d_1$ ) is dan de dikte van de gecombineerde lagen, de stijfheidsmodulus ( $E_1$ ) moet bepaald zijn uit de VGD-metingen waarbij in de interpretatie is uitgegaan van één asfaltlaag en de materiaaleigenschappen (breuksterkte en vermoeiing) moeten, zoals gebruikelijk, zijn gebaseerd op meetresultaten op monsters uit de onderkant van de asfaltlaag. Zie voor meer toelichting paragraaf 5.3.8.

#### 5.3.4 Leefijd van de bekleding op de peildatum

De *leeftijd* van de bekleding op de peildatum ( $L_{ft,p}$ , [jaar], M17) is van belang voor de *gedetailleerde toetsing* op *Golfklap*. Het leeftijds criterium bepaalt of er getoetst mag worden met gebruik van default sterkteparameters. Voorts wordt de betreffende *leeftijd* gebruikt om de buigtreksterkte op de peildatum te bepalen, zie paragraaf 5.3.7.

De waarde voor de parameter *leeftijd*, afgerond op een geheel aantal jaren, wordt berekend uit het jaartal van de *peildatum toetsing* (V01) minus het *jaar van aanleg* (V18) van de bekleding.

#### 5.3.5 Holle ruimte asfalt

De parameter *holle ruimte* (HR, [%], M03) speelt op twee niveaus een rol in de *Gedetailleerde toets* van het beoordelingsspoor *Golfklap*. Allereerst is het leeftijds criterium bij het bepalen of er getoetst mag worden met gebruik van default sterkteparameters afhankelijk van het holle ruimtepercentage (zie paragraaf 5.3.1 stap B). Voor die toepassing kan de waarde voor de *holle ruimte* worden gebaseerd op de opleveringscontrole, of als die gegevens niet beschikbaar zijn op een recenter uitgevoerd standaardonderzoek, zie ook paragraaf 5.1.3. De representatieve waarde hiervoor is de verwachtingswaarde op basis van de beschikbare waarnemingen gedaan voor de onderste helft van de asfaltlaagdikte.

Het tweede niveau waarop de parameter *holle ruimte* wordt gebruikt heeft betrekking op de voorspellingen van de sterkte op de peildatum.

Als aan het leeftijds criterium wordt voldaan, dan wordt (zie paragraaf 5.3.1 stap D) de parameter *holle ruimte* gebruikt om met het levensduurmodel de buigtreksterkte op de peildatum te prognosticeren. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van alle waarnemingen van de holle ruimte die voor de onderste helft van de asfaltlaagdikte zijn bepaald. Het gebruik van het levensduurmodel wordt behandeld in paragraaf 5.3.7.

Verder wordt de parameter *holle ruimte* gebruikt om met het levensduurmodel de buigtreksterkte op de peildatum te prognosticeren als er een bruikbare set gemeten



buigtreksterktes beschikbaar is. Die set buigtreksterktes en bijbehorende holle ruimtes kan recentelijk bepaald zijn (stap E, zie paragraaf 5.3.1), maar kan ook oudere meetgegevens betreffen (stap C en F, zie paragraaf 5.3.1). Bij die prognose wordt per monster waarvan de buigtreksterkte is bepaald het percentage *holle ruimte* gebruikt, dat aan dat monster is gemeten.

Als van de opleveringscontrole of eerdere toetsingen geen set gegevens met betrekking tot de *holle ruimte* beschikbaar is, moet door middel van boringen een set meetwaarden worden verzameld. Richtlijn hierbij is dat per dijkvak ten minste 8 kernen moeten worden genomen en per strekkende km minimaal één kern.

De *holle ruimte* wordt bepaald met proef 84 uit de standaard RAW-bepalingen [10].

### 5.3.6 Stijfheidsmodulus asfalttoplaag

De parameter *stijfheidsmodulus asfalttoplaag* ( $E_1$ , [MPa], M33) is van belang voor de *Gedetailleerde toets* op het beoordelingsspoor *Golfklap* (AGK).

Voor jonge asfaltbekledingen, waarvoor het leeftijds criterium nog niet is overschreden (stap B uit Figuur 5.3), kan een defaultwaarde van 9000 MPa als rekenwaarde worden gebruikt.

Als het leeftijds criterium is overschreden (stap B) dan wordt de stijfheidsmodulus gebaseerd op metingen met VGD-apparatuur, zie beschrijving in bijlage C.1.3 en C.3.2, dan dient het verloop van de stijfheid als functie van de afstand langs de meetraai te worden bekeken, ter controle of de bekleding wel homogeen is. Als blijkt dat het vak inhomogeen is, verdient het aanbeveling eerst te checken of het vak voldoet uitgaande van de stijfheid van het deel van de bekleding met de hoogste karakteristieke waarde. Zo nodig moet het vak worden opgesplitst.

Omdat een hoge stijfheid leidt tot hoge spanningen in de bekleding, is de representatieve waarde de 95%-waarde van de verdeling van de uit de VGD-metingen berekende stijfheden van de asfalttoplaag. Het aantal waarnemingen van de stijfheid is beduidend groter dan die van de buigtreksterkte, maar over het algemeen toch te gering om een betrouwbare waarde van de 95%-waarde voor de asfaltstijfheid af te leiden uit de cumulatieve frequentieverdeling. Daarom wordt, aannemende dat de stijfheden lognormaal zijn verdeeld, de 95%-waarde berekend door de logaritme van de waarnemingen zoals beschreven in Bijlage B.

### 5.3.7 Sterkte asfalttoplaag

De sterkte van de asfalttoplaag wordt gekarakteriseerd door de buigtreksterkte ( $\sigma_{b,1}$ , [MPa], M36), de Variatiecoëfficiënt van de buigtreksterkte ( $V_{\sigma_b}$ , [-], M37) en twee vermoeiingsparameters ( $v\alpha_1$ , [-], M34;  $v\beta_1$ , [-], M35). Deze sterkteparameters zijn van belang voor de *Gedetailleerde toets* op het beoordelingsspoor *Golfklap* (AGK).

Zoals in paragraaf 5.3.1 is aangegeven, zijn er verschillende manieren om te komen tot waarden voor de buigtreksterkte. Achtereenvolgens komen aan de orde:

1. Buigtreksterkte gebaseerd op het levensduurmodel (Stap D, zie Figuur 5.3).
2. Buigtreksterkte gebaseerd op gemeten waarden geëxtrapoleerd met het levensduurmodel naar de peildatum (Stap E en F, zie Figuur 5.3).

#### *Ad 1. (stap D) Buigtreksterkte gebaseerd op het levensduurmodel*

Voor relatief jong asfalt kan de buigtreksterkte geprognoseerd worden met het levensduurmodel [3]. Dit levensduurmodel beschrijft de buigtreksterkte als functie van het *holle ruimte* percentage (HR) en de *leeftijd* (Lft) (zie formule 5.2)

Als er binnen een bekleding een grote variatie is in *holle ruimte* dan mag worden verwacht dat de mate van veroudering binnen de bekleding in de loop van de tijd uiteen gaat lopen. Omdat asfaltbekledingen over de volle lengte van een dijkvak wordt aangevallen is niet de gemiddelde sterkte van belang voor de beoordeling, maar een relatief lage sterkte. De 5%

onderschrijdingswaarde voor de buigtreksterkte wordt als rekenwaarde in de beoordeling gehanteerd.

Als nooit eerder buigtreksterktes van materiaalmonsters zijn bepaald (stap A = “nee”, zie figuur 5.3), dan kan met formule (5.2) op basis van de set metingen van de *holle ruimte* bij de opleveringscontrole een prognose van een set buigtreksterktes worden gegenereerd. Op basis van die set buigtreksterktes wordt vervolgens de 5%-onderschrijdingswaarde en de variatiecoëfficiënt van de buigtreksterkte ( $\sigma_{b,5\%}$  en  $V_{\sigma b}$ ) bepaald. Aannemende dat de geprognosticeerde buigtreksterktes een log-normale verdeling hebben, kunnen deze waarden worden bepaald volgens bijlage B.

Omdat een grote onzekerheid in buigtreksterkte consequenties heeft voor de veiligheid van de bekleding, is de veiligheidscoëfficiënt afhankelijk van de variatiecoëfficiënt  $V_{\sigma b}$  in de buigtreksterkte ( $V_{\sigma b} = \sigma/\mu$ ). Als de buigtreksterkte wordt geprognosticeerd uit Holle Ruimte (HR, [%]) en leeftijd van de bekleding ( $L_{ft,p}$ , [jaar]), dan moet de berekende variatiecoëfficiënt nog met een factor 1,8 worden vergroot.

Ringtoets rekent als  $V_{\sigma b} < 0,2$  altijd met een waarde voor de veiligheidscoëfficiënt die is bepaald voor een variatiecoëfficiënt gelijk aan 0,2.

Als van de opleveringscontrole geen *holle ruimte* gegevens beschikbaar zijn, moet door middel van boringen een set meetwaarden worden verzameld, zie 5.3.5.

Omdat het levensduurmodel ook zijn beperkingen kent, wordt de periode waarover geprognosticeerd mag worden gelimiteerd. Dit leeftijdscriterium is in het stappenplan aangegeven als stap B, zie paragraaf 5.3.1.

Voor de vermoeiingsparameters  $v\alpha_1$  en  $v\beta_1$  kunnen als de buigtreksterkte wordt gebaseerd op het levensduurmodel (stap D) de volgende default waarden worden gebruikt:

$$v\alpha_1 = 0,5;$$

$$v\beta_1 = 4,8.$$

*Ad 2. (stap E en F) Buigtreksterkte gebaseerd op gemeten waarden geëxtrapoleerd met het levensduurmodel naar de peildatum*

Als er een nieuwe set buigtreksterktes moet worden vastgesteld (stap E), dan is daarvoor een procedure beschreven in bijlage C. De buigtreksterktes worden bepaald met de driepuntsbuigproef in het laboratorium op uit boorkernen gezaagde balkjes. De set gemeten buigtreksterktes wordt onderzocht op uitbijters. Aangezien wordt verondersteld dat de buigtreksterktes log-normaal zijn verdeeld, moet de procedure voor het onderkennen en verwijderen van uitbijters (zie Bijlage A) worden toegepast op de logaritme van de gemeten buigtreksterktes. Als er sprake is van een uitbijter dan is dat reden om aan de homogeniteit van de onderzochte bekleding te twijfelen. Alleen als een oorzaak van de uitbijter(s) kan worden aangewezen, en/of deze is (zijn) niet ongunstig voor de veiligheid, dan mag de set metingen worden gebruikt voor de *Gedetailleerde toets*.

Bij zowel stap E als F zijn er dus een aantal gemeten buigtreksterkten beschikbaar waarmee met het levensduurmodel [3] de toestand op de peildatum van de toetsing moet worden geprognosticeerd.

Als de set buigtreksterktes is ontdaan van uitbijters, wordt voor elk beproefd materiaalmonster een prognose gemaakt voor de buigtreksterkte op de peildatum. Daartoe wordt vanaf de gemeten sterkte  $\sigma_{b,m}$  bij de leeftijd op het moment van meten ( $L_{ft,m}$ ), gegeven

het holle-ruimte-percentage van het betreffende monster, de volgende vergelijking gebruikt om te extrapoleren naar de sterkte op de peildatum:

$$\sigma_{b,p} = \sigma_{b,m} - 1,195 \cdot 10^{-6} \cdot (Lft_p^2 - Lft_m^2) \cdot HR^3 \quad (5.3)$$

Aldus wordt een set buigtreksterktes op de peildatum verkregen aan de hand waarvan met de formules gegeven in bijlage B de 5%-waarde en de variatiecoëfficiënt kunnen worden bepaald.

De vermoeiingsparameters  $v\alpha_1$  en  $v\beta_1$  zijn de verwachtingswaarden op basis van een fit door de resultaten van de vermoeiingsproeven op ten minste een 8-tal proefstukken, waarbij ook de resultaten van de buigtreksterktebepaling zijn meegenomen. Voor het afleiden van deze vermoeiingsparameters kan gebruik worden gemaakt van de zogenaamde grafiekenmaker [2].

#### 5.3.8 Eigenschappen tweede asfaltlaag

Tot de eigenschappen van de eventueel aanwezige tweede asfaltlaag van de bekleding worden gerekend:

- Dikte asfaltonderlaag ( $d_2$ , [m], M38).
- Stijfheidsmodulus asfaltonderlaag ( $E_2$ , [MPa], M39).
- Vermoeiingsparameters asfaltonderlaag ( $v\alpha_2$ , [-], M40;  $v\beta_2$ , [-], M41).
- Buigtreksterkte asfaltonderlaag ( $\sigma_{b,2}$ , [MPa], M42).

Deze parameters zijn alleen van belang als er sprake is van een bekleding die bestaat uit twee goed op elkaar gehechte lagen waterbouw-asfaltbeton, zie ook paragraaf 5.3.2 en 5.3.3. Omdat er voor een asfaltbekleding die uit twee lagen is opgebouwd, geen directe ondersteuning door Ringtoets wordt geleverd, moet de berekening in Ringtoets worden gevoed met gegevens die uitgaan van een enkele asfaltlaag. In Figuur 5.4 wordt aangegeven met welke gegevens de berekening moet worden uitgevoerd als de interpretatie van de VGD-metingen is uitgevoerd met een enkele laagdikte. De sterkteparameters die in dat geval in rekening moeten worden gebracht hebben betrekking op de tweede, onderste asfaltlaag ook al is het bij het onderzoek wellicht niet onderkend dat er sprake was van twee lagen.

Als er bij de interpretatie van de valgewicht-deflectiemetingen gebruik is gemaakt van twee afzonderlijke asfaltlagen, en er dus twee stijfheidsmoduli zijn bepaald, dan kan met een effectieve dikte worden gerekend die betrekking heeft op de samengestelde constructie.

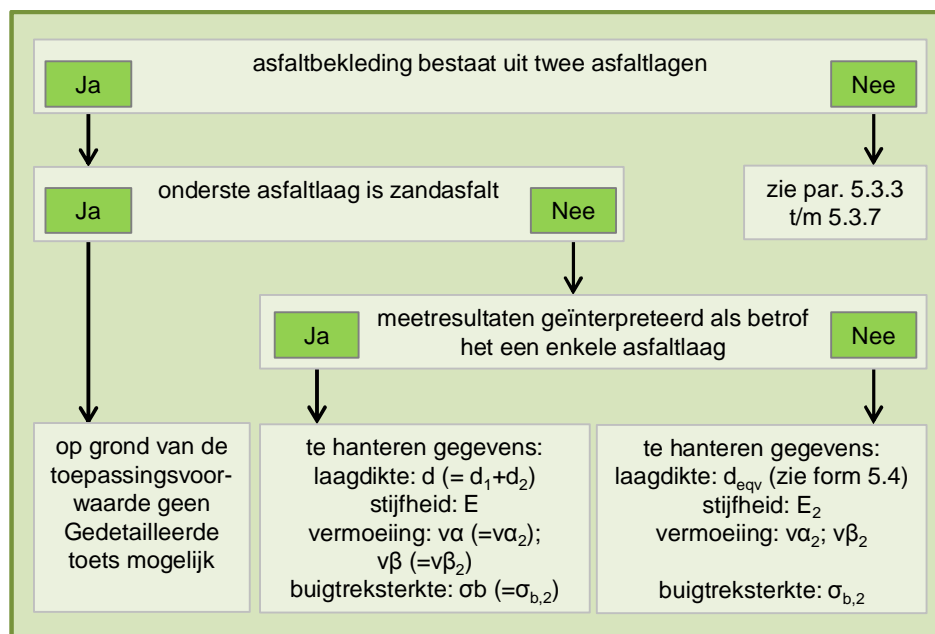
Als er voor beide asfaltlagen gegevens zijn bepaald, moeten de volgende waarden worden gehanteerd:

- Dikte asfaltlaag [m] ([25] zie paragraaf 3.6):

$$d_{\text{eqv}} = d_1 \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2}} + d_2 \quad (5.4)$$

- Stijfheidsmodulus asfalt:  $E_2$ , [MPa].
- Vermoeiingsparameters asfalt:  $v\alpha_2$ ,  $v\beta_2$ , [-].
- Buigtreksterkte asfalt:  $\sigma_{b,2}$  [MPa].

Voor het bepalen van de genoemde parameters van de asfaltonderlaag wordt eenzelfde aanpak gehanteerd als voor de enkelvoudige asfaltlaag, zie paragraaf 5.3.3 tot en met 5.3.7.



Figuur 5.4 Beslisboom asfaltparameters als de bekleding bestaat uit twee asfaltlagen

### 5.3.9 Dwarscontractiecoëfficiënt asfalt

De *dwarscontractiecoëfficiënt asfalt* ( $\nu$ , [-], M43) is een parameter van belang voor de *Gedetailleerde toets* op het beoordelingsspoor *Golfklap* (AGK). Voor deze parameter kan de defaultwaarde 0,35 worden aangehouden. Deze defaultwaarde wordt ook gehanteerd bij het bepalen van de asfaltstijfheid uit de VGD-metingen. Een eventuele afwijkende waarde van de dwarscontractiecoëfficiënt zit dus al verwerkt in de waarde van de asfaltstijfheid.

### 5.3.10 Veerconstante ondergrond

De *veerconstante ondergrond* ( $c$ , [MPa/m], M44) is een parameter van belang voor de *Gedetailleerde toets*.

Voor jonge asfaltbekledingen, waarvoor het leeftijds criterium nog niet is overschreden (stap B uit Figuur 5.3), kan voor de *veerconstante ondergrond* één van de volgende defaultwaarden worden gebruikt als rekenwaarde:

- Voor een ondergrond van zand: 64 MPa/m.
- Voor een ondergrond van klei: 30 MPa/m.

Als het leeftijds criterium wel is overschreden, dan wordt de stijfheidsmodulus van de ondergrond afgeleid uit metingen met VGD-apparatuur, zie beschrijving in bijlage C.3.2. Ter controle of de bekleding wel homogeen is, dient het verloop van de stijfheid als functie van de afstand langs de meetraai te worden bekeken. Als blijkt dat het vak niet homogeen is, verdient het aanbeveling eerst te checken of het vak voldoet uitgaande van de stijfheid van het deel van de bekleding met de laagste karakteristieke waarde. Zo nodig moet het vak worden opgesplitst.

Uit de stijfheid van de ondergrond kan met formule (5.5), zie [12], een beddingsconstante worden bepaald. In Ringtoets wordt verondersteld dat de beddingsconstante en de

veerconstante van de gehanteerde mechanica-schematisatie waarmee Ringtoets rekent, dezelfde zijn:

$$c = \frac{E}{2a(1-\nu^2)} \quad (5.5)$$

Hierin is:

c	veerconstante (MPa/m)
E	elasticiteitsmodulus van de ondergrond (MPa)
a	straal van de belaste zone (m)
$\nu$	dwarscontractiecoëfficiënt = 0,35 voor zand (-)

Omdat de proeven niet direct op het zand zijn uitgevoerd, kan voor de straal van de belaste zone *niet* worden volstaan met de straal van de voetplaat van het valgewicht. Aangenomen wordt dat de belasting onder een hoek van 45° spreidt door het asfalt. De waarde van a wordt dan dus gelijk aan de straal van de VGD-voetplaat (0,15 m) + de asfaltlaagdikte.

De representatieve waarde voor de veerconstante is de 5%-onderschrijdingswaarde. Let op, formule (5.5) moet worden gebruikt om de 5%-waarde voor de veerconstante te berekenen uit de 5%-waarde voor de elasticiteitsmodulus van de ondergrond. Aangenomen wordt dat de ondergrondstijfheden lognormaal zijn verdeeld, de 5%-waarde wordt berekend door de logaritme van de waarnemingen te evalueren, zoals beschreven in Bijlage B.

Op het bepalen van de stijfheid van de ondergrond wordt ingegaan in Bijlage C.3.2.

#### 5.4 Stuurparameters rekenmodel

Voor de *Gedetailleerde toets* van een asfaltbekleding op *Golfklap* (AGK) wordt in Ringtoets een rekenmodel gebruikt waarbij de bekleding en de belasting wordt onderverdeeld in kleinere elementen [8]. Die discretisatie moet zodanig zijn dat het verloop van belasting langs het beklede talud goed wordt beschreven en voor alle niveaus op de bekleding het overschrijden van het faalcriterium kan worden beoordeeld.

Voor die discretisatie van belasting en geometrie zijn een aantal stuurparameters nodig waarvoor de in Tabel 5.4 gegeven defaultwaarden kunnen worden gebruikt.

Parameter	Omschrijving	Defaultwaarde [-]
N <sub>1</sub> (M47)	Aantal rekenpunten	50
N <sub>2</sub> (M48)	Aantal inslagpunten	50
N <sub>3</sub> (M49)	Aantal niveaus stilwaterlijn	100

Tabel 5.4 Stuurparameters rekenmodel Gedetailleerde toets op Golfklap

#### 5.5 Overzichtstabel modelparameters

In het onderstaand overzicht is de volgorde aangehouden die de modelparameters hebben in de parameterlijst. De "Code" in de eerste kolom verwijst hiernaar.

Code	Symbol	Parameter	Toets*	Paragraaf
		Toetspeil	1,2R	4.2
	H <sub>s</sub>	Golfhoogte	1,2R	4.6
	T <sub>p</sub>	Golfperiode	2R	4.6
M01		Type asfaltbekleding	1,2	5.1.2

M02	$d_1$	Asfaltdikte	1W**	5.1.4
M02	$d_1$	Dikte asfalttoplaag	2R	5.3.3
M03	HR	Holle ruimte asfalt	2	5.3.5
M04		Type ondergrond	1,2	5.1.7
M05	$M_{SGWAB}$	Mengselsamenstelling WAB: steenslag/grind (> 2 mm)	2	5.1.3
M06	$M_{ZWAB}$	Mengselsamenstelling WAB: zand (< 2 mm en > 63 $\mu\text{m}$ )	2	5.1.3
M07	$M_{VWAB}$	Mengselsamenstelling WAB: vulstof (< 63 $\mu\text{m}$ )	2	5.1.3
M08	$M_{BWAB}$	Mengselsamenstelling WAB: bitumen	2	5.1.3
M09	$M_{\Delta MOSA}$	Mengselsamenstelling OSA: afwijking op mortelpercentage (< 2 mm)	3	5.1.3
M10	$M_{SGOSA}$	Mengselsamenstelling OSA: steenslag/grind (> 2 mm)	3	5.1.3
M11	$M_{MOSA}$	Mengselsamenstelling OSA: mortel (< 2 mm)	3	5.1.3
M12	$M_{ZOSA}$	Mengselsamenstelling OSA: zand (< 2 mm en > 63 $\mu\text{m}$ )	3	5.1.3
M13	$M_{VOSA}$	Mengselsamenstelling OSA: vulstof (< 63 $\mu\text{m}$ )	3	5.1.3
M14	$M_{BOSA}$	Mengselsamenstelling OSA: bitumen	3	5.1.3
M15				

Type filterlaag (OSA)			3	0
M16	$D_{n50}$	Steendiameter (V&Z)	1G	5.1.6
M17	$L_{ft_p}$	Leeftijd van de bekleding op de peildatum	2	5.3.4
M18		Constructieopbouw	2	5.3.2
M19	GRWS	Niveau grondwaterstand	1W	5.1.8
M20	$d_{klei}$	Dikte kleionderlaag	1W	5.2.3

Code	Symbool	Parameter	Toets*	Paragraaf
M21		Niveau bovenrand dichte bekleding	1W	5.2.2
M22		Niveau onderrand dichte bekleding	1W	5.2.2
M23	$f_{MGWS}$	Factor maatgevende grondwaterstand	1W	5.2.4
M24	$\alpha$	Taludhelling zone opdrukken	1W	3.2; 5.2.6
M25	$L_t$	Lengte dicht teenschot	1W	5.2.5
M26	$L_{dv}$	Lengte dichte vooroeverbekleding	1W	5.2.5
M27	$\rho_w$	Dichtheid water	1,2(R)	4.3
M28	$\rho_a$	Dichtheid asfalt	1W	5.2.1
M29		Type watersysteem	1,2(R)	4.1
M30	GWS	Gemiddelde buitenwaterstand	1,2R	4.4
M31	GGA	Gemiddelde getijamplitude	1,2R	4.5
M32	$h_{voorland}$	Niveau bodem voorland	2R	3.3
M33	$E_1$	Stijfheidsmodulus asfalttoplaag	2R	5.3.6
M34	$v\alpha_1$	Vermoeiingsparameter 1 asfalttoplaag	2R	5.3.7
M35	$v\beta_1$	Vermoeiingsparameter 2 asfalttoplaag	2R	5.3.7
M36	$\sigma_{b,1}$	Breuksterkte asfalttoplaag	2R	5.3.7
M37	$V_{ob}$	Variatiecoëfficiënt buigtreksterkte asfalt	2R	5.3.7
M38	$d_2$	Dikte asfalttoplaag	2R	5.3.8; 5.3.3
M39	$E_2$	Stijfheidsmodulus asfalttoplaag	2R	5.3.8; 5.3.6
M40	$v\alpha_2$	Vermoeiingsparameter 1 asfaltonderlaag	2R	5.3.8; 5.3.7
M41	$v\beta_2$	Vermoeiingsparameter 2 asfaltonderlaag	2R	5.3.8; 5.3.7
M42	$\sigma_{b,2}$	Breuksterkte asfaltonderlaag	2R	5.3.8; 5.3.7
M43	$v$	Dwarscontractiecoëfficiënt asfalt	2(R)	5.3.9
M44	$c$	Veerconstante ondergrond	2R	5.3.10
M45	$h_{min}$	Niveau onderrand asfaltbekleding	1,2	3.2; 5.1.1
M46	$h_{max}$	Niveau bovenrand asfaltbekleding	1,2	3.2; 5.1.1
M47	$N_1$	Aantal rekenpunten	2(R)	5.4
M48	$N_2$	Aantal inslagpunten	2(R)	5.4
M49	$N_3$	Aantal niveaus stilwaterlijn	2(R)	5.4

\* Het nummer geeft het toetsniveau aan, waarbij 2 altijd staat voor niveau 2A voor het beoordelingsspoor *Golfklap*; G = beoordelingsspoor *Golfklap*, dat betreft vol en zat gepenetreerde breuksteen; W = beoordelingsspoor wateroverdrukken; R = invoerparameter voor Ringtoets; (R) = default-waarde voor Ringtoets (veelal op basis van de locatie van het dijkvak); toetsniveau 3 is alleen genoemd als de betreffende parameter niet nodig is voor een lager toetsniveau.

\*\* Voor vol en zat gepenetreerde breuksteen is de laagdikte ook relevant voor de *Eenvoudige toets* voor het beoordelingsspoor *Golfklap*.



## Begrippen

Slijterosie: het door de waterbeweging op het talud afslijten van de bekleding, waardoor deze dunner wordt.

Stripping: het degradatieproces van asfaltmengsels onder invloed van water waardoor in de loop van de tijd de hechting tussen het bitumen en de korrels wordt verbroken.

## Afkortingen

AGK	beoordelingsspoor Golfklap voor asfaltbekledingen
AWO	beoordelingsspoor Wateroverdrukken voor asfaltbekledingen
ABO	beoordelingsspoor Bezwijken onderlagen voor asfaltbekledingen
AES	beoordelingsspoor Beoordeling ernstige schade voor asfaltbekledingen (VTV2006)
AMT	beoordelingsspoor Beoordeling ernstige schade voor asfaltbekledingen (VTV2006)
BCI	Base Curvature Index (VGD-metingen)
BCI	Base Damage Index (VGD-metingen)
DAB	dicht asfaltbeton (wegenbouwmengsel)
GGA	gemiddelde getijamplitude
GWS	gemiddelde buitenwaterstand
Hydra	programmatuur (module) om hydraulische randvoorwaarden te bepalen
MGWS	maatgevende grondwaterstand
OSA	open steenasfalt
SCI	Surface Curvature Index (VGD-metingen)
V&Z	vol en zat (gepenetreerde breuksteen)
WAB	waterbouwasfaltbeton
ZA	zandasfalt



## Literatuur

- [1] *Handreiking Dijkbekledingen, Deel 3: Asfaltbekledingen*. RWS-WVL, Lelystad, In bewerking 2015.
- [2] *Grafiekenmaker V4, Bepalen vermoeiingskarakteristiek ten behoeve van golfklapberekeningen*. Helpdeskwater.nl.
- [3] *Voorspellingsmodel voor breuksterkte, afhankelijk van leeftijd en holle ruimte*. J. Telman, Q-Consult, Arnhem, december 2013
- [4] *Operationalisering levensduurmodel (werktitel)* In bewerking
- [5] *Werkwijzebeschrijving voor het uitvoeren van een gedetailleerde toetsing op golfklappen op een bekleding van waterbouwasfaltbeton*. Versie 2, Rijkswaterstaat, Helpdeskwater.nl, april 2009
- [6] *Werkwijzebeschrijving voor het uitvoeren van een gedetailleerde toetsing op golfklappen op een bekleding van waterbouwasfaltbeton*. Versie 4, KOAC-NPC, Vught, maart 2011.
- [7] *Handreiking continu inzicht ... (werktitel)* In bewerking.
- [8] *Golfklap voor mechanisme-bibliotheek*. R. t Hart, Deltares, rapport 1207811-15, Delft, december 2013.
- [9] NEN 1047: 1967 nl. *Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen*. NEN, Delft, 1967.
- [10] Standaard RAW bepalingen 2015, CROW, ede, 2015.
- [11] *Hydraulische Randvoorwaarden Primaire Waterkeringen voor de derde toetsronde 2006-2011*, (HR2006) (ISBN 978-90-396-5761-8) Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, september 2007.
- [12] *Grondmechanica*, A. Verruijt, Delftse Uitgevers Maatschappij, Delft, 1983.
- [13] *Technisch rapport Waterspanningen bij dijken*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, ISBN-90-369-5565-3, DWW-2004-057, RWS-DWW, Delft, september 2004.
- [14] *Standard practice for dealing with outlying observations*. ASTM E178-02. West Conshohocken, USA, July 2002
- [15] *Prediction of AC Mat Temperature for Routine Load/Deflection Measurements*. S. Baltzer, H.J. Ertman-Larson, E.O. Lukanen and R.N. Stubstad. Proceedings, Fourth International Conference on the Bearing Capacity of Roads and Airfields, Volume 1. Minnesota Department of Transportation, pp. 401-412. 1995
- [16] *Deflectieprofiel geen valkuil meer, meet- en interpretatiemethodiek valgewichtdeflectiemetingen*. Publicatie 92, C.R.O.W., Ede, augustus 1995
- [17] *Evaluatie interpretatie naar aanleiding van de nieuwe methode voor de temperatuurcorrecties*. Rapport e1000057-3, KOAC•NPC, Nieuwegein, mei 2010
- [18] *State of the art asfaltdijkbekledingen*, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, STOWA, Amersfoort, December 2010
- [19] *Beproevingmethoden voor waterbouwasfaltbeton - Deel 1: Bepaling van de vermoeiingseigenschap van waterbouwasfaltbeton*. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, STOWA, Bijlage C bij [18]. Amersfoort, Januari 2011.
- [20] *Beproevingmethoden voor waterbouwasfaltbeton - Deel 2: Bepaling van de buigtreksterkte van waterbouwasfaltbeton*. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, STOWA, Bijlage C bij [18]. Amersfoort, Januari 2011.

- [21] *Beproevingmethoden voor waterbouwasfaltbeton - Deel 3: Bepaling van de dynamische elasticiteitsmodulus van waterbouwasfaltbeton.* Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, STOWA, Bijlage C bij [18]. Amersfoort, Januari 2011.
- [22] *Beproevingmethoden voor waterbouwasfaltbeton - Deel 4: zagen van proefstukken uit een waterbouwasfaltbeton boorkern.* Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, STOWA, Bijlage C bij [18]. Amersfoort, Januari 2011.
- [23] *Beproevingmethoden voor waterbouwasfaltbeton - Deel 5: Boren van kernen uit een waterbouwasfaltbetonbekleding.* Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, STOWA, Bijlage C bij [18]. Amersfoort, Januari 2011.
- [24] *Technisch rapport Asphalt voor Waterkeren*, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, november 2002.
- [25] *Gebruikershandleiding GOLFKLAP 1.3 RWS DWW*, Delft, April 2009.
- [26] *The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering (2<sup>nd</sup> edition)*. CIRIA, CUR, CETMEF, C683, ISBN 978-0-86017-683-1, London, 2007.
- [27] [http://www.rijkswaterstaat.nl/images/Referentiewaarden%20waterstanden\\_tcm174-326696.pdf](http://www.rijkswaterstaat.nl/images/Referentiewaarden%20waterstanden_tcm174-326696.pdf)
- [28] *Specificaties rekenhart GOLFKLAP (C#)*. R. 't Hart. Deltares, rapport 1220086-009, Delft, juni 2015.
- [29] *Specificatie t.b.v. implementatie GOLFKLAP in Ringtoets*. R. 't Hart, Deltares, concept rapport 1220086-009, juni 2015.
- [30] *Technisch Rapport Steenzettingen, deel Toetsing*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft, december 2003.
- [31] *Golfrandvoorwaarden voor Eenvoudige toets*. In bewerking.
- [32] *Schematiseringshandleiding Dammen & voorlanden*.?In bewerking, 2015.
- [33] *Handleiding Datamanagement voor het uitvoeren van een toets met het WTI 2017*. In bewerking, december 2015.
- [34] *Faalmechanismebeschrijving asfaltdijkbekledingen. WTI product 5.30*. B.G.H.M. Wichman Deltares rapport 1220086-007-HYE-0002, augustus2015.

## Lijst met Symbolen

Symbol	Omschrijving	Eenheid
a	straal van de belaste zone bij bepaling beddingsconstante	[m]
$B_{gem}$	boolean die aangeeft of de opgegeven buigtreksterkte is gemeten	[-]
BCI	Base Curvature Index $d_{600} - d_{900}$	[ $\mu$ m]
BDI	Base Damage Index $d_{300} - d_{600}$	[ $\mu$ m]
c	veerconstante ondergrond	[MPa/m]
$D_{n50}$	nominale steendiameter van de gepenetreerde breuksteen	[m]
$d_0$	deflectie gemeten in het hart van de voetplaat	[ $\mu$ m]
$d_1$	dikte bovenste asfaltlaag	[m]
$d_2$	dikte tweede asfaltlaag	[m]
$d_{300}$	deflectie gemeten op 300 mm van het hart van de voetplaat	[ $\mu$ m]
$d_{5\%}$	5% onderschrijdingswaarde van de asfaltdikte voor <i>Golfklap</i>	[m]
$d_{600}$	deflectie gemeten op 600 mm van het hart van de voetplaat	[ $\mu$ m]
$d_{gem}$	steekproefgemiddelde van de laagdikte	[m]
$d_i$	dikte gemeten in meetpunt i	[m]
$d_{klei}$	dikte kleionderlaag	[m]
E	elasticiteitsmodulus van de ondergrond	[MPa]
$E_1$	stijfheidsmodulus asfalttoplaag	[MPa]
$E_2$	stijfheidsmodulus tweede asfaltlaag	[MPa]
$f_{MGWS}$	factor maatgevende grondwaterstand	[-]
GGA	gemiddelde getijamplitude	[m]
GWS	gemiddelde buitenwaterstand	[m+NAP]
HR	holle ruimte	[%]
$H_s$	significante golfhoogte	[m]
$h_{max}$	niveau bovenrand van een taluddeel bekleed met asfalt	[m+NAP]
$h_{min}$	niveau onderrand van een taluddeel bekleed met asfalt	[m+NAP]
$h_{voorland}$	niveau bodem van het voorland	[m+NAP]
i	teller	[-]
$L_{dv}$	lengte dichte vooroeverbescherming	[m]
$L_{ft_p}$	leeftijd van de bekleding op de peildatum	[jaar]
$L_{ft_m}$	leeftijd van de bekleding op het moment van het materiaalonderzoek	[jaar]
$L_t$	lengte dicht teenschot	[m]
$M_{BOSA}$	massa bitumen in de mortel van het OSA	[%]
$M_{BWAB}$	massa bitumen ten opzichte van massa van het mineraal in het WAB-mengsel	[%]
$M_{MOSA}$	massa mortel (< 2 mm) in het OSA-mengsel	[%]
$M_{SGWAB}$	massa steen en grind (> 2 mm) in het WAB-mengsel	[%]
$M_{SGOSA}$	massa steen en grind (> 2 mm) in het OSA-mengsel	[%]
$M_{VWAB}$	massa vulstof (<63 $\mu$ m) in het WAB-mengsel	[%]
$M_{VOSA}$	massa vulstof (<63 $\mu$ m) in de mortel van het OSA	[%]
$M_{ZWAB}$	massa zand (< 2 mm en > 63 $\mu$ m) in het WAB-mengsel	[%]
$M_{ZOSA}$	massa zand (< 2 mm en > 63 $\mu$ m) in de mortel van het OSA	[%]
$M_{\Delta MOSA}$	afwijking van massa bitumen in de mortel van het OSA t.o.v. bestekswaarde	[%]
max	maximale waarneming in de steekproef	*
min	minimale waarneming in de steekproef	*
N	aantal lastherhalingen tot breuk optreedt	[-]
$N_1$	aantal rekenpunten op een bekledingsstrook	[-]
$N_2$	aantal inslagpunten	[-]

$N_3$	aantal niveaus stilwaterlijn	[-]
$n$	aantal waarnemingen	[-]
$SCI_{300}$	Surface Curvature Index $d_0 - d_{300}$	[ $\mu\text{m}$ ]
$SCI_{600}$	Surface Curvature Index $d_0 - d_{600}$	[ $\mu\text{m}$ ]
$s$	standaardafwijking van de steekproef	*
$T_{pm}$	golfperiode als berekend met Q-variant	[s]
$T_m$	gemiddelde golfperiode	[s]
$t$	waarde van de inverse Student-t-verdeling	[-]
$V_{\sigma b}$	variatiecoëfficiënt van de buigtreksterkte ( $\mu / \sigma$ )	[-]
$v\alpha_1$	vermoeiingsparameter 1 van de asfalttoplaag	[-]
$v\alpha_2$	vermoeiingsparameter 1 van de tweede asfaltlaag	[-]
$v\beta_1$	vermoeiingsparameter 2 van de asfalttoplaag	[-]
$v\beta_2$	vermoeiingsparameter 2 van de tweede asfaltlaag	[-]
WP	niveau winterpeil ten opzichte van NAP	[m]
$X(i)$	horizontale coördinaat van punt i	[m]
$X_{gem}$	gemiddelde van de logaritmes van de buigtreksterkten	
$x_i$	logaritme van de buigtreksterkte van proefstuk i	
$x_{5\%}$	5%-waarde van de logaritme van de buigtreksterkten	
$Z(i)$	verticale coördinaat van punt i	[m]
$\rho_a$	dichtheid asfalt (proefstuk)	[ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$\rho_w$	dichtheid water	[ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$\nu$	dwarscontractiecoëfficiënt	[-]
$\mu$	gemiddelde waarde van de steekproef	*
$\sigma$	spreiding	*
$\sigma_{b,1}$	buigtreksterkte asfalttoplaag	[MPa]
$\sigma_{b,2}$	buigtreksterkte tweede asfaltlaag	[MPa]
$\sigma_{b,m}$	gemeten buigtreksterkte van een asfaltmonster	[MPa]
$\sigma_{b,p}$	geprognostiseerde buigtreksterkte van een asfaltmonster op de peildatum van de toetsing	[MPa]
$\sigma_{b,5\%}$	5%-waarde van de geprognostiseerde buigtreksterkten op de peildatum van de toetsing	[MPa]

\* Eenheid afhankelijk van de parameter waarop de grootheid betrekking heeft.

## A Verwijderen uitbijters uit een dataset

Voor het verwijderen van uitbijters wordt een procedure gehanteerd die is gebaseerd op ASTM E178-02 [14]. Merk op dat deze procedure strikt genomen is bedoeld voor normaal-verdeelde gegevens. De datasets die in het kader van de toetsing zullen worden onderzocht, zullen in meer of mindere mate een afwijkende verdeling hebben.

Het verwijderen van uitbijters uit een set (meet)gegevens die wordt gebruikt voor de toetsing vraagt altijd om een verklaring van de aangetroffen uitbijters. Als die verklaring niet beschikbaar is, zal nader onderzoek nodig zijn.

De procedure voor het verwijderen van uitbijters kan worden toegepast op de set waarnemingen van de holle ruimte (HR [%]), maar ook voor de set gemeten buigtreksterktes ( $\sigma_{br}$  [MPa]). Let op, omdat wordt verondersteld dat de buigtreksterktes log-normaal zijn verdeeld, moet niet de set gemeten buigtreksterktes zelf worden genomen, maar de set van de logaritmes van de buigtreksterktes ( $\ln(\sigma_{br})$ ).

Van de set gemeten waarden worden de volgende grootheden bepaald:

- Gemiddelde waarde:  $\mu$
- Spreiding:  $\sigma$
- Maximumwaarde:  $\max$
- Minimumwaarde:  $\min$
- Aantal waarnemingen:  $n$

Vervolgens wordt gecheckt of de maximumwaarde een uitbijter betreft. Daartoe wordt de volgende grootheid berekend:

$$T_{\max} = \frac{\max - \mu}{\sigma} \quad (\text{A.1})$$

Als  $T_{\max} > T(n)$  volgens Tabel A.1, dan is  $\max$  een uitbijter en moet deze waarneming uit de dataset worden verwijderd, waarna wederom het bovenstaande lijstje grootheden moet worden bepaald van de opgeschoonde set waarnemingen. Vervolgens wordt gecheckt of de maximumwaarde van de opgeschoonde lijst waarnemingen ook nog een uitbijter betreft.

Als er onder de hoogste waarden geen uitbijter (meer) is, wordt gecheckt of de minimumwaarde een uitbijter betreft. Daartoe wordt de volgende grootheid berekend:

$$T_{\min} = \frac{\mu - \min}{\sigma} \quad (\text{A.2})$$

Als  $T_{\min} > T(n)$  volgens Tabel A.1, dan is  $\min$  een uitbijter en moet deze waarneming uit de dataset worden verwijderd, waarna wederom het bovenstaande lijstje grootheden moet worden bepaald van de opgeschoonde set waarnemingen. Vervolgens wordt gecheckt of de minimumwaarde van de opgeschoonde lijst waarnemingen wellicht ook nog een uitbijter betreft.

Het verwijderen van een uitbijter onder de laagste waarden kan theoretisch leiden tot een uitbijter onder de hoogste waarden, zodat als er één (of meer) lage uitbijter(s) is (zijn) verwijderd, dan moet nog worden gecheckt of er nog hoge uitbijters te verwijderen zijn.

<b>n</b>	<b>T(n)</b>	<b>N</b>	<b>T(n)</b>
-	-	11	2,234
-	-	12	2,285
3	1,153	13	2,331
4	1,463	14	2,371
5	1,672	15	2,409
6	1,822	16	2,443
7	1,938	17	2,475
8	2,032	18	2,504
9	2,110	19	2,532
10	2,176	20	2,557

Tabel A.1 T-waarden afhankelijk van het aantal waarnemingen n



## B Bepalen karakteristieke waarden bij een beperkt aantal waarnemingen

Soms is slechts een beperkt aantal waarnemingen beschikbaar omdat de metingen duur en/of destructief zijn. Zo wordt de buigtreksterkte bepaald aan materiaalmonsters verkregen uit een 8-tal boorkernen. Een 5%-onderschrijdingswaarde kan dan volgens de in deze bijlage beschreven aanpak worden afgeleid.

Als de set waarnemingen betrekking heeft op een parameter die normaal verdeeld is, dan kan de karakteristieke waarde  $x_{5\%}$  worden berekend uit:

$$x_{5\%} = x_{\text{gem}} - t \cdot s \sqrt{\frac{1}{n} + 1} \quad (\text{B.1})$$

Hierin is:

$$x_{\text{gem}} \quad \text{steekproefgemiddelde} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$x_i$  gemeten waarde in meetpunt  $i$

$t$  factor, afhankelijk van het aantal waarnemingen, zie Tabel B.1 [-]

$n$  aantal waarnemingen [-]

$$s \quad \text{standaardafwijking van de steekproef} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{gem}})^2}$$

n	t	n	t
1	-	15	1,761
2	6,314	20	1,729
3	2,920	30	1,699
4	2,353	40	1,685
5	2,132	50	1,677
6	2,015	60	1,671
7	1,943	80	1,664
8	1,895	100	1,660
9	1,860	200	1,653
10	1,833	$\infty$	1,645

Tabel B.1 Factor  $t$  (0,95% betrouwbaarheid) afhankelijk van het aantal waarnemingen  $n$

Let op, bij deze procedure wordt een normale verdeling verondersteld, het gaat om een homogeen vak en de waarnemingen moeten onafhankelijk zijn. Als er in de steekproef sprake is van een of meerdere uitbijters, dan moeten die eerst worden verwijderd, alvorens de 5%-waarde wordt bepaald. Bijlage A geeft een procedure voor het verwijderen van uitbijters. Als er sprake is van een uitbijter, dan is dat overigens reden om aan de homogeniteit van het vak te twijfelen. Alleen als een oorzaak van de uitbijter kan worden aangewezen en deze oorzaak is niet ongunstig voor de veiligheid, dan mag de set metingen worden gebruikt voor de gedetailleerde toetsing.

Van diverse parameters, zoals de buigtreksterkte en de asfaltstijfheid wordt verondersteld dat de waarnemingen lognormaal verdeeld zijn. Dat waarnemingen lognormaal verdeeld zijn wil

niets anders zeggen dan dat de logaritmen van de waarnemingen normaal zijn verdeeld. De formule (B.1) kan dus toch worden gebruikt, maar voor  $x_i$  moet wel de (natuurlijke) logaritme van waarneming  $i$  worden gebruikt. Voor bijvoorbeeld de buigtreksterkte komt dat neer op:

$$x_i = \ln(\sigma_{br,i}) \quad (B.2)$$

Uiteraard moet als de karakteristieke waarde  $x_{5\%}$  is bepaald deze dan nog worden omgerekend naar de juiste waarde voor de betreffende parameter door de inverse logaritme van de  $x_{5\%}$ -waarde te nemen.

$$\sigma_{br,5\%} = \exp(x_{5\%}) \quad (B.3)$$

Verder moet de variatiecoëfficiënt van de lognormaal verdeelde parameter worden berekend uit de standaardafwijking van de normaal verdeelde parameter  $x$  met de volgende formule:

$$V(\sigma_{br}) = \sqrt{\exp(s^2) - 1} \quad (B.4)$$

Let op, als er sprake is van een zeer gering aantal waarnemingen, dan is de 5%-waarde die gebaseerd is op de steekproef waarschijnlijk iets kleiner dan de werkelijke 5%-waarde van de betreffende bekleding. De factor  $t$  brengt namelijk de onzekerheid in rekening die het gevolg is van het geringe aantal waarnemingen. Extra waarnemingen verkleinen die onzekerheid. Daarom mag worden verwacht dat het vergroten van de steekproef zal leiden tot een wat hogere 5%-waarde, en dus tot een positievere uitkomst van de toetsing.

De 95%-onderschrijdingswaarde van een normale verdeling kan worden berekend met:

$$x_{95\%} = x_{gem} + t \cdot s \sqrt{\frac{1}{n} + 1} \quad (B.5)$$

## C Verzamelen sterktegegevens voor de *Gedetailleerde toets op golfklap*

In deze bijlage wordt ingegaan op de werkzaamheden die moeten worden uitgevoerd om uiteindelijk te komen tot de sterktegegevens waarmee de *Gedetailleerde toets* met Ringtoets kan worden uitgevoerd. Deze bijlage is grotendeels gebaseerd op de meest recente versie van de “Werkwijzebeschrijving” [6].

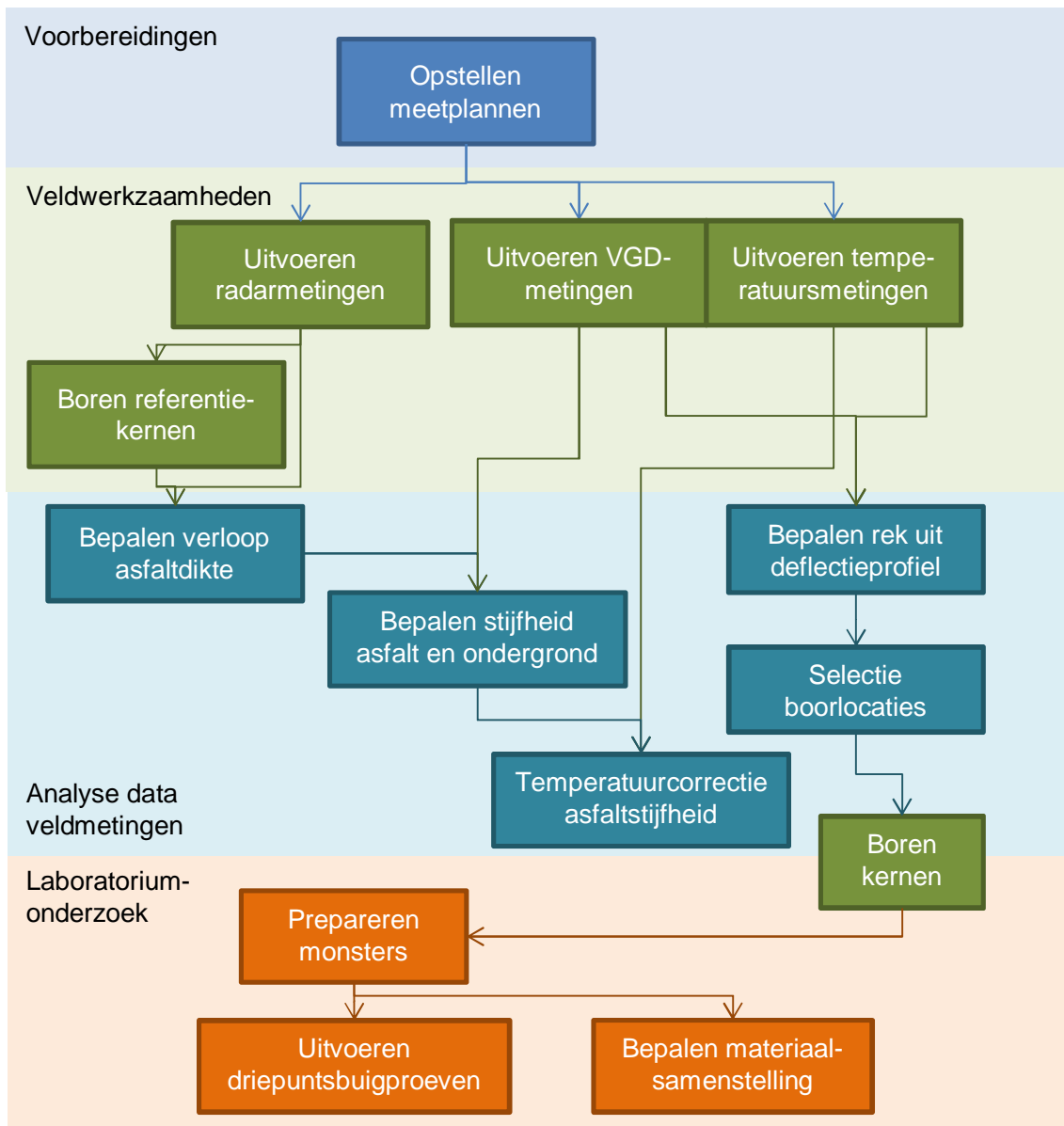
In deze bijlage zijn de verschillende fasen van het verzamelen van gegevens beschreven. Per fase zijn de randvoorwaarden en de resulterende producten en parameters beschreven. Dit heeft als doel om duidelijkheid te verschaffen voor de uitvoerende instantie, de opdrachtgever (de dijkbeheerder) en voor de dienst van Rijkswaterstaat die verantwoordelijk is voor het beschikbaar stellen van geschikte instrumenten voor het uitvoeren van een veiligheidsbeoordeling.

Het verzamelen van sterktegegevens voor de *Gedetailleerde toets* op Golfklap is verdeeld in de volgende fasen:

- Voorbereidingen
- Veldwerkzaamheden
- Analyse data veldmetingen
- Laboratoriumonderzoek

In Figuur C.1 is de fasering van de dataverzameling voor de *Gedetailleerde toets* op golfklappen gegeven. Door in de werkvolgorde de analyse van de rekken uit het deflectieprofiel en de selectie van de boorlocaties als eerste ter hand te nemen, kan het boren van referentiekernen voor de interpretatie van de radarmetingen worden gecombineerd met het boren van de kernen voor het laboratoriumonderzoek.

In de volgende paragrafen is telkens één van de bovengenoemde fasen verder uitgewerkt. In paragraaf C.1 zijn de voorbereidingen beschreven. Paragraaf C.2 behandelt de uit te voeren veldwerkzaamheden. Dit betreft het uitvoeren van radar-, valgewicht-deflectiemetingen en bijbehorende temperatuurmetingen. In paragraaf C.3 worden het bepalen van de relevante constructie-eigenschappen op basis van de meetdata en het selecteren van locaties voor het buigtreksterkte- en vermoeiingsonderzoek beschreven. Paragraaf C.4 behandelt het bepalen van het buigtreksterkte- en vermoeiingsgedrag van het asfalt met driepuntsbuigproeven.



Figuur C.1 Fasering met stappenplan van de dataverzameling voor de Gedetailleerde toets op golfklappen

## C.1 Voorbereidingen

De voorbereidingen betreffen het verzamelen van de beschikbare gegevens van de bekleding. Op basis daarvan kan het meetplan worden opgesteld. In principe zijn de belangrijkste gegevens voor de voorbereiding al bekend uit een voorafgaande toetsing. De volgende informatie is noodzakelijk in de voorbereiding:

- Locatiegegevens, te weten; dijkkring, naam beheerder, geografische ligging, goede metring, opbouw van de bekledingsconstructie inclusief laagopbouw / type ondergrond;
- Representatieve dwarsprofielen;
- Besteksgegevens: jaar van aanleg, mengselsamenstelling, besteksgrenzen;
- De zonering op basis van de hydraulische randvoorwaarden. Specifiek gaat het in deze om het bepalen van de golfklapzone.

- Beheersgegevens. Te denken valt aan de gegevens van de visuele inspecties en gegevens over in het verleden uitgevoerd onderhoud en over eventuele reparaties.

In het meetplan wordt vastgelegd op welke wijze grondradar- en valgewicht-deflectiemetingen (VGD metingen) worden uitgevoerd. De volgende gegevens worden opgenomen in het meetplan:

- Bedrijf/bedrijven die de metingen verrichten, contactpersonen;
- Apparatuur waarmee de metingen worden uitgevoerd;
- Beschrijving van de meetprocedure (radar, valgewicht en temperatuur);
- Indeling in homogene stukken bekleding;
- Bijzonderheden in de constructie zoals een in dikte verlopende bekleding, een verzwarende ter plaatse van de teen etc.;
- Aantal meetraaien;
- Locatie van de meetraaien;
- Hart op hart afstand van de meetpunten;
- Beoogde datum/periode van meting.

In afwijking van de dijkvakindeling voor de toetsing wordt de indeling in verschillende bekledingen waaraan wordt gemeten vooral gelet op homogeniteit van de constructie. Bepalend daarbij zijn:

- Besteksgrenzen;
- Verschillen in mengselsamenstelling;
- Verschillen in kwaliteit van asfalt, ook gegevens van de visuele inspectie (beheer) wegen daarbij mee;
- Verschillen in asfaltdikte. Een eventueel verzwaarde onderrand in de vorm van een asfaltscheg is geen reden om een bekleding op te delen in apart te onderzoeken delen. Maar om de metingen representatief te laten zijn voor de eigenlijke bekleding, moeten (verzwaarde) randen wel worden vermeden;
- Verschillen in type ondergrond.

Verschillen in hydraulische randvoorwaarden spelen geen rol; verschillen in dwarsprofiel zullen slechts een rol spelen als te steil talud, of grote hoeveelheden (stuif)zand op de bekleding de beoogde metingen onmogelijk maken.

#### C.1.1 Meetraai en positionering

Omdat de metingen primair bedoeld zijn voor de beoordeling op Golfklap dient de meetraai te liggen in de zone van de asfaltbekleding die door golven het zwaarst worden belast. Omdat de meeste golven onder de stilwaterlijn inslaan, wordt het onderste deel van het talud meestal het zwaarst belast. Daarom wordt de meetraai in de meeste gevallen zo laag mogelijk op het talud geplaatst.

Maar omdat de VGD-metingen worden beïnvloed door veranderingen in de bekleding, zal de meetraai ten minste 3 m van de overgang op de andere bekleding en eventueel verzwaard uitgevoerde scheggen vandaan liggen.

Wanneer onduidelijk is of er een verzwaard uitgevoerde scheg aanwezig is kunnen boringen uitgevoerd worden om vast te stellen wat het laagdikte verloop is. Hiervoor worden 5 kernen Ø 100 mm geboord vanaf de onderzijde van het talud. De boringen hebben een hart op hart afstand van 75 cm.

Voor het bepalen van de asfaltdikte voor de gedetailleerde toetsing is een eenmalige meting afdoende, omdat waterbouwasfaltbeton normaliter geen last heeft van slijterosie.

Wanneer de stijfheid van de bekleding moet worden bepaald, zijn grondradarmetingen noodzakelijk. De meting hoeft in dat geval alleen de dikte ter plaatse van de VGD-meetpunten op te leveren.

De radar- en VGD-metingen kunnen zowel gelijktijdig als na elkaar worden uitgevoerd. Bij het gelijktijdig uitvoeren van de metingen wordt de radarunit aan de aanhanger met het valgewicht gekoppeld. Hierdoor rijden beide meetunits dezelfde meetraai en is er een directe koppeling tussen beide metingen. Dit geeft de zekerheid dat van elk valgewicht-meetpunt tevens de laagdikte op dezelfde locatie is gemeten. Hierbij moet rekening worden gehouden met de afstand tussen het VGD-meetpunt bij de voetplaat van het VGD-apparaat en het meetpunt van de radar.

Een andere mogelijkheid is het uitvoeren van de radarmetingen nadat de valgewicht-deflectiemetingen zijn uitgevoerd. In dit geval moeten de locaties van de VGD-metingen zichtbaar op de bekleding zijn gemarkeerd. Er moet altijd rekening worden gehouden met de offset tussen de locatie van de VGD-meting en de markering op het talud. Omdat het apparaat dat de markering aanbrengt (verfspuit) niet op de voetplaat van het valgewicht gemonteerd wordt maar elders op de VGD-kar is er een offset tussen de markering en het werkelijke meetpunt. Tijdens het uitvoeren van de GPR-metingen moeten de locaties van de VGD-meetpunten in het meetbestand worden gemarkeerd zodat exact bij deze punten de laagdikte bepaald wordt.

## C.1.2 Radarmetingen

De antenne van de radarunit moet zijn afgestemd op de laagdikte die moet worden gemeten. Voor een bekleding van waterbouwasfaltbeton met een dikte tot maximaal 50 cm moeten antennes worden gebruikt met een frequentie van 800 tot 1200 MHz. Een hogere frequentie zorgt voor een te geringe penetratie van het signaal in het te onderzoeken medium, een lagere frequentie levert een te lage resolutie op.

De meting van de reistijd van het radarsignaal moet met een nauwkeurigheid van minimaal 0,5 ns worden uitgevoerd.

Om de locatie van de meetpunten voldoende nauwkeurig vast te leggen moeten de radarmetingen met een snelheid van maximaal 10 km/u worden uitgevoerd. Minimaal om de 20 cm langs de meetraai moet een meting worden uitgevoerd.

## C.1.3 VGD metingen

Per dijkvak worden minimaal 20 meetpunten onderzocht, bij dijkvakken langer dan 1,0 km wordt een hart op hart afstand van 50 m voor de meetpunten gehanteerd.

De valgewicht-apparatuur dient door CROW te zijn gecertificeerd en dient gekalibreerd te zijn.

Per meetpunt worden minimaal 3 metingen uitgevoerd met een kracht van ca. 50 kN. Minimaal 7 gefoons leggen het deflectieprofiel vast. Bij een afwijkende constructie kan de standaard gefoonopstelling (0, 300, 600, 900, 1200, 1500 en 1800 mm vanaf het lastcentrum) hierop worden aangepast. Het gebruikte valgewicht moet voorzien zijn van een voetplaat met een diameter van 300 mm. VGD-metingen kunnen alleen op een taludhelling van 1:3 of flauwer.

## C.1.4 Vastlegging voorbereidingen

De voorbereidingen worden vastgelegd in een rapportage van de voorstudie met daarin:

- Een overzicht met beschikbare gegevens
- Een indeling in te onderzoeken bekledingsvlakken
- Een meetplan dat de beoogde veldmetingen beschrijft.

## C.2 Veldwerkzaamheden

De volgende werkzaamheden worden uitgevoerd in deze stap van het uitvoeren van veldwerkzaamheden:

- Uitvoeren valgewichtdeflectiemetingen
- Meten van de heersende asfalttemperatuur (gelijktijdig met het uitvoeren van valgewicht-deflectiemetingen)
- Uitvoeren grondradarmetingen
- Opstellen van een boorplan
- Boren van referentiekernen uit de bekleding

In de onderstaande paragrafen zijn de hierboven beschreven activiteiten nader uitgewerkt.

### C.2.1 Uitvoeren van valgewicht-deflectie- en temperatuursmetingen

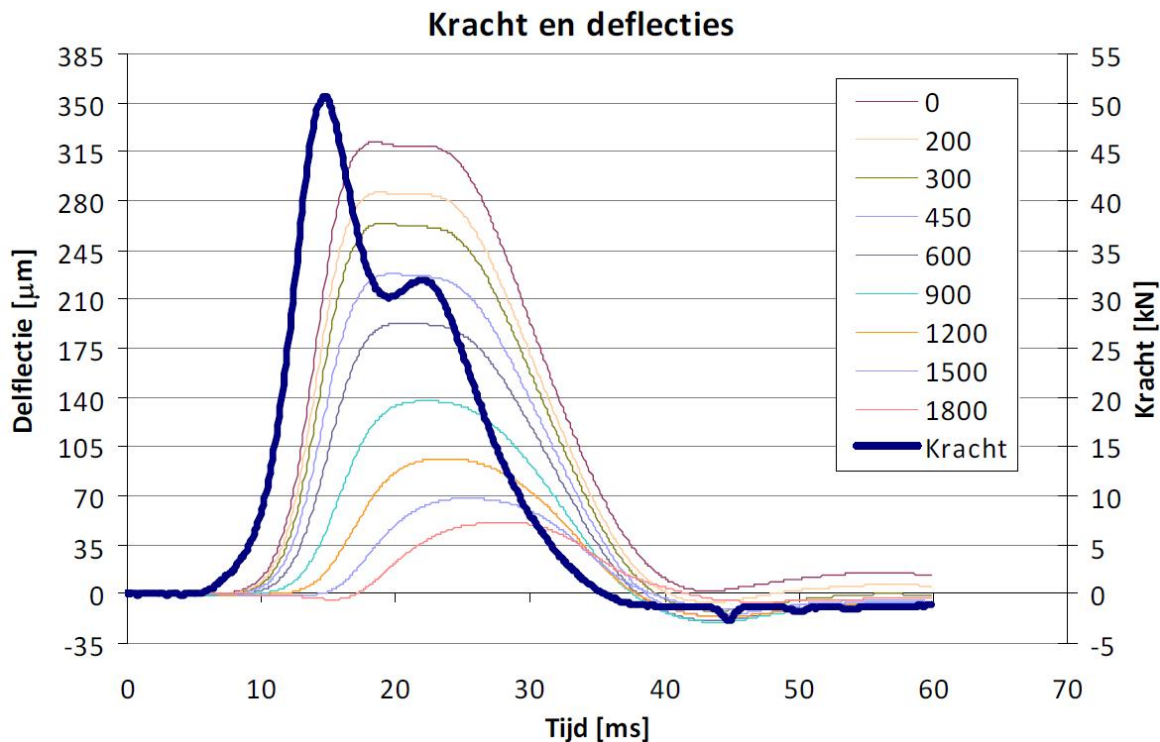
De VGD-metingen worden uitgevoerd zoals beschreven in het meetplan. Als de VGD-metingen voorafgaand aan de GPR-metingen worden uitgevoerd moeten de locaties waar de VGD-metingen worden uitgevoerd op de bekleding, worden gemarkeerd zodat met de radarunit de raai over deze VGD-meetpunten kan worden gemeten.

Tijdens het uitvoeren van de VGD-metingen wordt eveneens de temperatuur van het asfalt gemeten. Bij elke VGD-meting wordt de oppervlaktetemperatuur van het asfalt met infrarood gemeten. Hierbij wordt het tijdstip van meten geregistreerd. De over de bekledingsdikte gemiddelde asfalttemperatuur volgt uit de BELLS-vergelijking [15], de gemeten oppervlaktetemperatuur, de laagdikte en de gemiddelde temperatuur van het voorgaande etmaal.

Ter controle wordt de asfalttemperatuur in het midden van de bekleding in een boorgat gemeten conform de specificaties van het CROW [16]. De meting in een boorgat vindt plaats vanaf aanvang van de VGD-metingen. Data-loggers leggen de temperatuur gedurende de VGD-metingen vast. De met de BELLS-vergelijking bepaalde temperatuur wordt gemiddeld met de temperatuur geregistreerd door de datalogger.

De VGD-metingen worden alleen uitgevoerd bij een asfalttemperatuur van minimaal 0 en maximaal 15 °C tenzij er goede redenen zijn om hiervan af te wijken. Daarnaast, zolang de vorst nog in de grond zit, zijn betrouwbare metingen niet mogelijk. Ook wanneer de bekleding in de voorgaande 24 uur is belast door golfoploop is geen goede schatting van de gemiddelde asfalttemperatuur met de BELLS-vergelijking mogelijk, omdat hierdoor de temperatuurgradiënten in het asfalt sterk worden beïnvloed.

In Figuur C.2 is een voorbeeld gegeven van de registratie in de tijd van een opgelegde belasting en de deflectie van de bekleding op verschillende afstanden van het centrum van de belasting.



Figuur C.2 Deflecties op verschillende afstanden (in mm) van het lastcentrum en opgelegde belasting in de tijd

Het uitvoeren van VGD-metingen resulteert in een meetbestand met daarin voor elke meting de volgende gegevens:

- De locatie (coördinaat of metrering).
- Geofoonafstanden ten opzichte van het lastcentrum.
- Datum en tijd.
- Oppervlaktetemperatuur.
- Asfalttemperatuur gemeten in een boorgat.
- Opgelegde belasting.
- Maximale deflectie per geofoon.
- Eventueel het verloop van de deflecties in de tijd (bijvoorbeeld gedurende 60 ms).

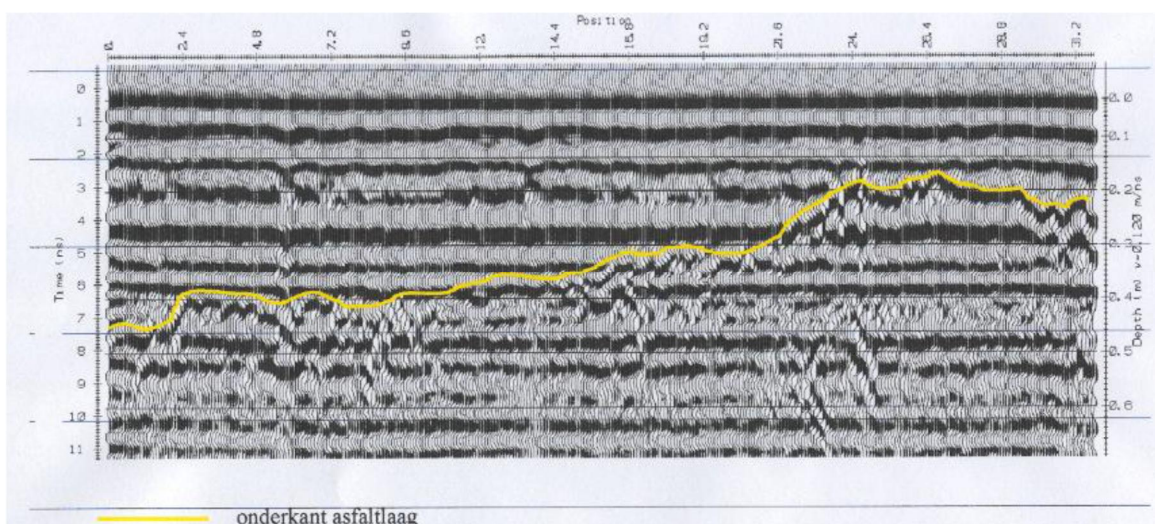
### C.2.2 Uitvoeren van radarmetingen

In geval van een zeedijk dient het talud droog te zijn: de aanwezigheid van zout water op of in het te onderzoeken bekleding kan het vaststellen van de laagdikte belemmeren omdat zout water het radarsignaal sterk dempt.

De metingen worden uitgevoerd zoals beschreven in het meetplan.

Een voorbeeld van een laagdikte met radar bepaald (in dwarsprofiel) is gegeven in Figuur C.3.





Figuur C.3 Radarechogram met geïnterpreteerd verloop van de laagdikte (dwarsprofiel)

### **Boren van kernen uit de bekleding ter bepaling van referenties voor de radarmeting**

Omdat radarmetingen referenties nodig hebben om een betrouwbaar verloop van de dikte op te leveren wordt op basis van de eerste resultaten van de radarmetingen een boorplan opgesteld. Een quick scan op het verkregen radarsignaal levert de locaties waar kernen moeten worden geboord om het radarsignaal te ijken. Onderscheid wordt gemaakt op basis van verschillen in reistijd van het radarsignaal. Daarnaast kunnen op locaties met een afwijkend signaal kernen worden geboord. Per min of meer homogene strekking wordt 1 kern met een diameter van 75 mm geboord. Er wordt minimaal een kern per 1 km genomen.

Deel 5 van de voorschriften voor waterbouw-asfaltbeton [23] geeft richtlijnen voor het boren van de kernen. Primair doel van deze kernen is het ijken van de radardata. In een later stadium kunnen deze kernen ook worden gebruikt om mechanisch onderzoek in het laboratorium (frequency sweeps) op uit te voeren.

De laagdikte ter plaatse van een kern is het gemiddelde van 8 metingen van de lengte van de kern. Gemeten wordt langs de 8 snijlijnen van mantel van de kern met vier vlakken door de as van de kern die daar onderling hoeken van  $45^\circ$  of een veelvoud daarvan met elkaar maken.

Met de laagdikten in de geboorde referentiepunten wordt uit de reistijd van het radarsignaal het verloop van de laagdikte berekend. De wijze waarop deze laagdikte is bepaald moet worden vastgelegd in documenten.

De grondradarmetingen resulteren in de volgende producten:

- Een meetrapport met daarin de volgende gegevens:
  - Onderzoeksmethode en werkwijze.
  - Beschrijving van de gebruikte apparatuur incl. type(n) antenne(s).
  - Locatie van de uitgevoerde metingen inclusief metrering.
  - Datum en tijdstip van de metingen.
  - Een tabel met per boorkern de volgende gegevens:
    - Lengte.
    - Reistijd.
    - Diëlektrische constante.
  - Resultaten per dijkvak.
  - Bijzonderheden.
- Een meetbestand met een laagdikte, locatie (coördinaat of metrering), datum en tijdstip voor elk gemeten punt (minimaal elke 20 cm).

- Een meetbestand met de laagdikte, locatie (coördinaat of metring), datum en tijdstip voor elk VGD-meetpunt.

Op basis van de set gemeten laagdikten kan de representatieve laagdikte voor de gedetailleerde toetsing worden bepaald, zie paragraaf 5.3.3.

### C.3 Analyse data VGD-metingen

Per meetpunt (= positie voetplaat) zijn bij drie klappen van ca. 50 kN de verplaatsingen op vaste afstanden van de klap gemeten.

De meting van de 3<sup>e</sup> klap op een meetpunt is over het algemeen het betrouwbaarst. Daarom wordt in eerste instantie gekeken naar de resultaten van die meting. Voordat de meting wordt verwerkt, wordt elke meting gevalideerd door het deflectieprofiel te controleren. De criteria daarbij zijn:

- de deflectie is kleiner naarmate de afstand tot de voetplaat groter is;
- het verloop van de deflectie, het deflectieprofiel, is vloeiend.

Voldoet het meetresultaat niet aan deze criteria dan wordt nagegaan of het deflectieprofiel van de 2<sup>e</sup> klap wel aan deze criteria voldoet. Deflectieprofielen met grote discontinuïteiten worden niet verwerkt en als onbetrouwbaar gemarkeerd.

Is een meting bij de validatie goedgekeurd, dan vindt ten behoeve van het berekenen van de rekken normalisatie van de gemeten deflecties plaats naar een klapgrote van 50 kN en een temperatuur van 5 °C. Deze temperatuurnormalisatie is beschreven in [17].

De rek wordt berekend met een functie waarbij de gemeten deflecties en daarvan afgeleide waarden de invoerparameters zijn. De relatie tussen afgeleiden van het deflectieprofiel en de asfaltrek luidt:

$$\log(\varepsilon) = 2,2633 + 2,098 \cdot \log(d_0) - 1,4151 \cdot \log(d_{300}) - 0,4299 \cdot \log(d_{600}) + 4,3248 \cdot \log(\text{SCI}_{300}) - 7,6085 \cdot \log(\text{SCI}_{600}) + 3,5674 \cdot \log(\text{BDI}) + 0,39567 \cdot \log(\text{BCI}) \quad (\text{C.1})$$

Waarin:

$\varepsilon$	maximum rek onderin asfalt onder belasting van 50 kN [ $\mu\text{m}/\text{m}$ ]
$d_i$	deflectie onder belasting van 50 kN gemeten op afstand $i$ mm vanaf het lastcentrum [ $\mu\text{m}$ ]
$\text{SCI}_{300}$	Surface Curvature Index $d_0 - d_{300}$ [ $\mu\text{m}$ ]
$\text{SCI}_{600}$	Surface Curvature Index $d_0 - d_{600}$ [ $\mu\text{m}$ ]
BDI	Base Damage Index $d_{300} - d_{600}$ [ $\mu\text{m}$ ]
BCI	Base Curvature Index $d_{600} - d_{900}$ [ $\mu\text{m}$ ]

Bij meetpunten die een berekende rek hebben die erg afwijken van het gemiddelde beeld wordt nogmaals het deflectieprofiel gecontroleerd en eventueel de grafiek met het verloop van de gemeten waarden als functie van de tijd. Alleen als daartoe op grond van deze gegevens aanleiding toe is, wordt de rek van dit meetpunt verwijderd uit het bestand en het meetpunt als onbetrouwbaar gemarkeerd.

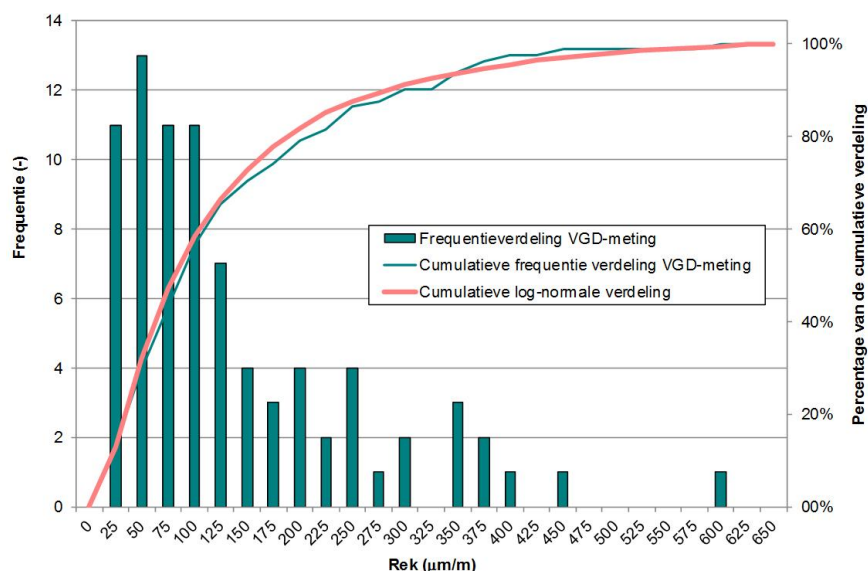
#### C.3.1 Bepalen van de boorlocaties voor het sterkte onderzoek

De sterkte-eigenschappen worden bepaald voor elk dijkgedeelte dat onder één bestek is aangelegd. Er kan worden besloten meerdere van deze dijkgedeelten te groeperen en hiervoor gezamenlijk de vermoeiingseigenschappen te bepalen als wordt voldaan aan de volgende voorwaarden:

- De constructieopbouw van de verschillende dijkgedeelten is gelijk.

- De mengselsamenstelling en holle ruimte van de verschillende dijkgedeelten is vergelijkbaar.
- Er zijn geen grote verschillen in aanlegjaar van de verschillende dijkgedeelten.
- De resultaten van de VGD-metingen zijn overeenkomstig.

Voor elk dijkgedeelte waarvoor het laboratoriumonderzoek naar de sterkte-eigenschappen wordt uitgevoerd, wordt de cumulatieve log-normale verdeling van de rek bepaald. Een voorbeeld hiervan is gegeven in Figuur C.4.



Figuur C.4 Voorbeeld van de gemeten rek bij VGD-metingen en de daarbij behorende frequentie- en cumulatieve frequentieverdeling

Als boorlocaties voor de kernen van het sterkteonderzoek wordt een keuze uit de VGD-meetpunten gedaan volgens de volgende aanpak. Voor elk 1/8e deel van de lengte van de bekleding worden random twee locaties getrokken uit de set VGD-meetpunten op het betreffende 1/8e deel van de bekleding. Op de eerste van die twee locaties wordt een kern geboord. Alleen als de boorkern uit elkaar valt bij het nemen van het monster, wordt ook op de tweede locatie een kern geboord.

### C.3.2 Bepalen van de stijfheid van de bekleding en de ondergrond

De elasticiteitsmoduli van het asfalt en de ondergrond worden teruggerekend met een computermodel gebaseerd op de zogenaamde Odemark-Boussinesq methode voor equivalente laagdikten. Hierbij wordt bij gegeven laagdikten een combinatie van stijfheden van top- en onderlagen gezocht die een berekend deflectieprofiel geeft dat het gemeten profiel het dichtst benadert.

Voor het terugrekenen van de stijfheden worden alleen de meetpunten gebruikt die bij de validatie een betrouwbare meting laten zien. De gemeten deflecties zonder de temperatuurnormalisatie worden hiervoor gebruikt. Een voorbeeld van een gemeten en teruggerekend deflectieprofiel is weergegeven in Figuur C.5.



Figuur C.5 Gemeten en berekend deflectieprofiel (deflectie in  $\mu\text{m}$  en afstand in mm)

Voor elk meetpunt wordt de bijbehorende representatieve gemiddelde asfalttemperatuur berekend met de BELLS-vergelijkingen [15]. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de gemeten oppervlakte temperatuur en de dagtemperatuur van de dag voor de dag van meten.

Dit is het gewogen gemiddelde van de temperatuur over de dikte van de bekleding. deze temperatuur wordt gemiddeld met de in een boorgat gemeten temperatuur, zie paragraaf C.2.1. Vervolgens wordt met software, Care, Elmod of een ander gelijkwaardig programma het deflectieprofiel gefit wat resulteert in de ondergrond en een stijfheid van de bekleding bij de meettemperatuur en een belastingfrequentie van 17 Hz.

Voor de *Gedetailleerde toets* voor het beoordelingsspoor *Golfklap* is echter de stijfheid bij 5 °C en 10 Hz maatgevend. Oftewel de gevonden asfaltstijfheden moet worden omgezet naar deze temperatuur en belastingfrequentie. Daarvoor kan gebruik worden gemaakt van de software HUSAROAD en frequency sweeps als die ooit voor het betreffende materiaal zijn uitgevoerd. Zijn frequency sweeps voor het betreffende materiaal niet beschikbaar, dan kan gebruik worden gemaakt van standaard mastercurves.

Ter controle worden de stijfheden die uit de VGD-metingen zijn bepaald, vergeleken met de stijfheden die in het laboratorium worden bepaald. Deze controle kan op twee momenten plaatsvinden:

- De stijfheden uit eerder uitgevoerde frequency sweeps in de trek-drukopstelling kunnen worden vergeleken met de stijfheden uit de VGD-metingen. De stijfheden die in de trekdrukopstelling zijn bepaald, zijn gemeten aan het proefstuk en hebben een hoge nauwkeurigheid.
- Voorafgaand aan de vermoeiingsproeven (zie paragraaf C.4.2) kan de elasticiteitsmodulus van de proefstukken bij 5 °C en 10 Hz worden bepaald. De elasticiteitsmodulus wordt bepaald conform het proefschrift voor waterbouwasfaltbeton deel 3.

Deze kunnen worden vergeleken met de elasticiteitsmoduli uit de VGD-metingen.

Voor het vergelijken van de stijfheden geldt dat de stijfheid uit de valgewichtmeting moet worden vergeleken met de stijfheid van het proefstuk dat uit hetzelfde meetpunt afkomstig is. De kernen zijn immers exact op de VGD-meetpunten geboord. De te vergelijken stijfheden moeten eerst met HUSAROAD of een vergelijkbare methode worden genormeerd naar eenzelfde temperatuur en frequentie voordat ze met elkaar kunnen worden vergeleken.

De veerconstante voor de ondergrond volgt uit de stijfheid de ondergrond met de formule als aangegeven in paragraaf 5.3.10. Aangezien een geringe ondergrondstijfheid leidt tot relatief hoge buigtrekspanningen in het asfalt, moet voor de stijfheid van de ondergrond worden uitgegaan van de 5% onderschrijdingswaarde. Aangezien er een groot aantal waarnemingen van de ondergrondstijfheid bekend zijn, wordt voor het bepalen de cumulatieve

frequentieverdeling opgesteld waaruit de 5%-waarde voor de ondergrondstijfheid is af te lezen.

#### **C.4 Bepalen sterkteparameters asfalt, laboratoriumonderzoek**

De sterkteparameters worden bepaald met proeven op materiaal-monsters. Die monsters zijn afkomstig van locaties die aselekt zijn geselecteerd uit de VGD-meetpunten, zie paragraaf . Om te komen tot de sterkteparameters zijn de volgende werkzaamheden noodzakelijk:

- Boren van kernen uit de bekleding.
- Meten van de laagdikte aan de kernen.
- Opstellen van een onderzoeksplan.
- Voorbereiden van de proefstukken.
- Bepalen van de elasticiteitsmodulus.
- Uitvoeren van de buigtreksterkte- en vermoeiingsproeven.
- Uitvoeren van standaardonderzoek op zaagrestanten.
- Opstellen van vermoeiingslijnen.
- Opstellen rapportage.

In de onderstaande paragrafen zijn de hierboven beschreven activiteiten nader uitgewerkt. Een gedetailleerde beschrijving van beide proeven is gegeven in de proefvoorschriften voor waterbouwasfaltbeton deel 1 [19] en 2 [20].

##### **C.4.1 Boren van kernen uit de bekleding**

Op basis van de rekken in de bekleding zijn de locaties voor het boren van kernen voor het laboratoriumonderzoek vastgelegd, zie paragraaf C.3.1.

Algemene richtlijnen voor het boren zijn gegeven in het proefvoorschrift waterbouwasfaltbeton deel 5 [23]. De 8 kernen moeten exact op de locaties worden geboord waar ook de VGD-metingen zijn uitgevoerd. Hiertoe zijn de VGD-meetpunten op de bekleding gemarkeerd.

De diameter van de kernen bedraagt 250 mm. Als een kern bij het boren uiteenvalt, dient voor die kern op de reserve-locatie van het betreffende deel van de bekleding, een substituuut te worden geboord. Op deze manier worden ten minste 8 boorkernen verkregen die op afdoende wijze individueel moeten worden gemerkt.

Van de kernen wordt de laagdikte en de eventuele laagopbouw bepaald. Voor het bepalen van de laagdikte wordt de lengte van de kern 8 maal gemeten door uit te gaan van vier vlakken die onderling hoeken van 45° of een veelvoud daarvan met elkaar maken. De laagdikte wordt vergeleken met de met grondradar bepaalde laagdikte op deze locaties. Op deze wijze wordt achteraf een indicatie verkregen van de nauwkeurigheid van de laagdikte die met de radar-metingen is verkregen. De gemeten laagdikte en eventuele verschillen met de radarmetingen worden voor alle geboorde kernen gerapporteerd.

##### **C.4.2 Uitvoeren van buigtreksterkte- en vermoeiingsproeven**

Algemene richtlijnen voor het uitvoeren van buigtreksterkte- en vermoeiingsproeven zijn gegeven in Beproevingsmethoden voor waterbouwasfaltbeton - Deel 1 [19] en Deel 2 [20]. Voorafgaand aan de laboratoriumwerkzaamheden wordt een onderzoeksplan opgesteld waarin de uit te voeren werkzaamheden zijn beschreven.

Uit de onderzijde van elke kern wordt een schijf gezaagd waaruit 2 balkvormige proefstukken worden gezaagd van 225 x 50 x 50 mm [21]. De proefstukken worden gedroogd aan de lucht waarna de dichtheid proefstuk wordt bepaald door middel van meten en wegen.

Voor het onderzoek zijn 16 balkjes uit 8 kernen beschikbaar. Per kern wordt in de driepuntsbuigopstelling eenmaal de buigtreksterkte bepaald en wordt 1 vermoeiingsproef

uitgevoerd. De buigtreksterkte wordt bepaald bij een temperatuur van 5 °C en een verplaatsingssnelheid van 0,35 mm/s.

Het krachtniveau van de vermoeiingsproeven wordt bepaald op basis van de buigtreksterkte van de tweelingbalkjes. Hiervoor wordt de volgende procedure gevolgd:

- De balkjes voor de vermoeiingsproeven worden gesorteerd en genummerd op basis van de buigtreksterkte van de tweelingbalkjes waarbij het balkje met de hoogste buigtreksterkte nummer 1 krijgt en het balkje met de laagste buigtreksterkte (in het geval van 8 vermoeiingsproeven) nummer 8.
- De op te leggen kracht tijdens de vermoeiingsproef wordt vastgesteld door het krachtniveau bij breuk van het tweelingbalkje te vermenigvuldigen met de factor zoals aangegeven in Tabel C.1.

Volgorde buigtreksterkte	Factor belastingsniveau
1	0,47 – 0,60
2	0,25 – 0,35
3	0,35 – 0,47
4	0,60 – 0,70
5	0,60 – 0,70
6	0,35 – 0,47
7	0,25 – 0,35
8	0,47 – 0,60

Tabel C.1 Factoren voor het vaststellen van de krachtniveaus van de vermoeiingsproeven

In de tabel is een bereik in de factoren opgegeven om de proefnemer naar inzicht en ervaring een keuze te laten maken.

Voorafgaand aan de vermoeiingsproeven kan de elasticiteitsmodulus van de proefstukken bij 5 °C en 10 Hz worden bepaald en eventueel bij de asfalttemperatuur tijdens het uitvoeren van de VGD-metingen. Deze worden gebruikt ter controle van de elasticiteitsmoduli uit de VGD-metingen. De controle van de elasticiteitsmoduli uit de VGD-metingen kan ook worden uitgevoerd met de resultaten van de eerder uitgevoerde frequency sweeps. Zie ook paragraaf 4.5. Als er geen frequency sweeps zijn uitgevoerd, is het bepalen van de elasticiteitsmodulus van de proefstukken in de driepuntsbuigopstelling noodzakelijk. Het bepalen van de elasticiteitsmodulus is omschreven in een proefvoorschrift .

Ter onderbouwing van de resultaten van de sterkteproeven wordt op de proefstukken en/of zaagrestanten een standaardonderzoek uitgevoerd. De proeven van het standaardonderzoek zijn beschreven in de Standaard RAW bepalingen [10] en Europese normen. Het betreffende RAW-proef-nummer of de norm is tussen haakjes achter elke eigenschap weergegeven. Het standaard onderzoek betreft de volgende eigenschappen:

- Dichtheid proefstuk door middel van meten en wegen (RAW 82) (voor elk proefstuk);
- Dichtheid mengsel (RAW 83);
- Holle ruimte op basis van de voorgaande gegevens (RAW 84) (voor elk proefstuk);
- Korrelverdeling mineraalaggregaat (natte zeping volgens RAW 11.0);
- Bitumenpercentage (RAW 80.2);
- Bitumeneigenschappen, te weten:
  - Penetratie (NEN-EN 1426);
  - Verwekingspunt (NEN-EN 1427);
  - Penetratie-index (NEN-EN 12591, Annex A).

Het bitumen voor het bepalen van de bitumeneigenschappen wordt teruggewonnen volgens (RAW 89/NEN 3971).

### C.4.3 Bepalen van vermoeiingsparameters

Door het laboratoriumonderzoek zijn voor elke kern gepaarde waarnemingen beschikbaar gekomen van de buigtreksterkte en een resultaat van een vermoeiingsproef. De vermoeiingsparameters volgen uit een fit van de vermoeiingslijn door deze gepaarde waarnemingen. De te fitten relatie tussen het aantal lastherhalingen tot bezwijken (N) en de buigtreksterkte ( $\sigma_{b,p}$ ) en opgelegde spanning ( $\sigma_o$ ) luidt:

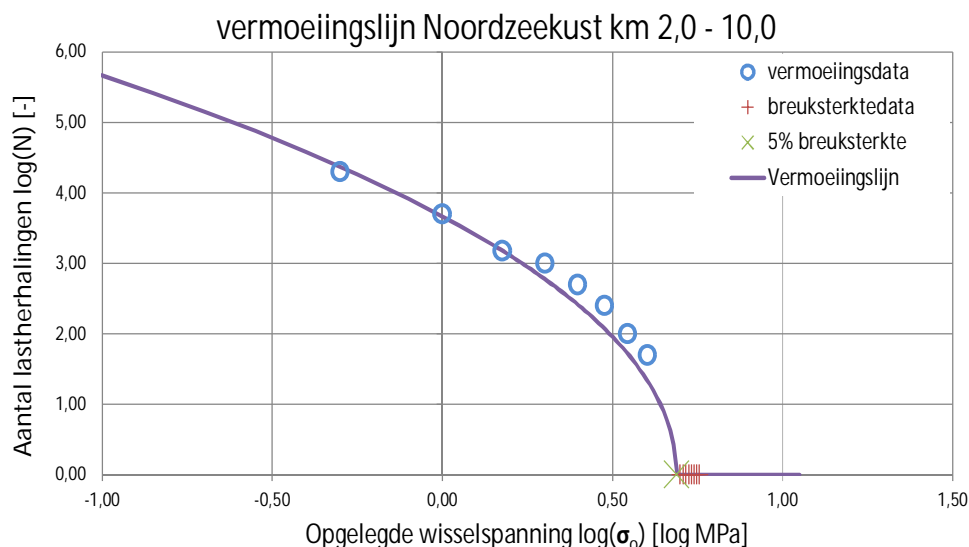
$$\log(N) = v\beta \left( \log(\sigma_{b,p}) - \log(\sigma_o) \right)^{v\alpha} \quad (\text{C.2})$$

Waarin:

- $v\alpha$     macht in de vermoeiingsrelatie [-]
- $v\beta$     factor in de vermoeiingsrelatie [-]

Voor het opstellen van de vermoeiingslijn wordt gebruikt van het MS-Excel-sjabloon: grafiekenmaker karakteristieke vermoeiingslijn. Voor de laatste versie hiervan en de bijbehorende handleiding wordt verwezen naar [www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl). (Software moet nog worden aangepast).

Een voorbeeld van een gefitte vermoeiingslijn op basis van vermoeiingsproeven is gegeven in Figuur C.6.



Figuur C.6 Voorbeeld van een gefitte vermoeiingslijn

Paragraaf 5.3.7 gaat in op de bepaling van de rekenwaarde van de buigtreksterkte.

De “procedure herhalingsmetingen” die onderdeel uitmaakte van de zogenaamde werkwijzebeschrijving die bij de 3<sup>e</sup> toetsronde werd gehanteerd [6] is hier niet opgenomen. Deze herhalingsmetingen zullen onderdeel moeten worden van metingen die in het kader van de zorgplicht worden uitgevoerd.