

## Rapport

---

Projectnummer: 6500978000

Referentienummer: Referentienummer

Datum: 24-9-2018

---

## Nota van Uitgangspunten, deel 2

Dijkversterking Wijk bij Duurstede - Amerongen

Status 90% versie

Opdrachtgever:  
HDSR  
Poldermolen 2  
3994 DA Houten

Sweco Nederland B.V.  
De Holle Bilt 22  
3732 HM De Bilt  
Postbus 203  
3730 AE De Bilt  
T +31 88 8116600  
Handelsregister 30129769

Arcadis Nederland B.V.  
Piet Mondriaanlaan 26  
3812 GV Anersfoort  
Postbus 220  
3800 AE Amersfoort  
T +31 88 4261261  
Handelsregister 09036504

## Revisiebeheer

Revisie	Datum	Status	Belangrijkste wijzigingen
Revisie 1	17-08-2018	60% versie	Eerste volledig samengevoegde versie.
Revisie 2	04-09-2018	60% versie	Technische opmerkingen HDSR verwerkt
Revisie 3	12-09-2018	60% versie	Aanpassingen ruimtelijke kwaliteit verwerkt
Revisie 4	24-09-2018	90% versie	Hoofdstuk indeling aangepast, hoofdstuk project toegevoegd, Commentaar 60% versie verwerkt.

CONCEPT

## Verantwoording

Titel	Nota van Uitgangspunten
Subtitel	Sterke Lekdijk
Projectnummer	Projectnummer
Referentienummer	Referentienummer
Revisie	90%
Datum	23-9-2018
Auteur(s)	Jannes van Hove, Martijn Steenstra, Tom Raadgever, Jana Steenbergen, Leo Kwakman, Marco Veendorp, John Boon
E-mailadres	<a href="mailto:martijn.steenstra@sweco.nl">martijn.steenstra@sweco.nl</a>
Gecontroleerd door	Marc Laeven
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	Naam en Achternaam
Paraaf goedgekeurd	



## UW WATERSCHAP

### Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>7</b>
1.1	Aanleiding en doel .....	7
1.2	Documentenstructuur .....	7
1.3	Leeswijzer .....	8
<b>2</b>	<b>Het project</b> .....	<b>9</b>
2.1	Programma Sterke Lekdijk .....	9
2.2	Deelproject Dijkversterking Wijk bij Duurstede-Amerongen .....	10
2.3	De projectaanpak in fases .....	10
2.4	Verkenningfase .....	11
2.5	Planuitwerkingsfase .....	11
<b>3</b>	<b>Veiligheid</b> .....	<b>12</b>
3.1	Opgave .....	12
3.2	Veiligheidseisen .....	13
3.2.1	Overstromingskans norm .....	13
3.2.2	Ontwerpinstrumentarium .....	13
3.2.3	Ontwerplevensduur .....	14
3.2.4	Faalkansruimte .....	14
3.3	Geometrie .....	15
3.3.1	Maaiveldligging .....	15
3.3.2	Autonome bodemdaling .....	15
3.3.3	Klink en zettingen .....	15
3.3.4	Eisen vanuit beheer en onderhoud: .....	16
3.3.5	Afmetingen watergangen / geometrie watergangen .....	16
3.4	Vakindeling .....	17
3.4.1	Algemeen .....	17
3.4.2	Dijkvakverdeling beoordeling (scope bepaling): .....	17
3.4.3	Keuze dijkvakken ontwerp: .....	17
3.5	Schematiseren ondergrond en geotechnische parameters .....	18
3.5.1	Stappenplan karakterisatie ondergrond macrostabiliteit .....	18
3.5.2	Stappenplan karakterisatie ondergrond piping en heave + geohydrologie .....	19
3.5.3	Analyse peilbuisdata- berekening van de stijghoogte relatie .....	20
3.5.4	Vaststellen uitgangspunten en parameters .....	20
3.6	Belastingen .....	20

## UW WATERSCHAP

3.6.1	Soorten belastingen .....	20
3.6.2	Hydraulische randvoorwaarden .....	21
3.6.3	Overige belastingen .....	23
<b>4</b>	<b>Omgeving .....</b>	<b>25</b>
4.1	Opgave .....	25
4.2	Participatie: betere plannen door samenwerking .....	26
4.3	Uitgangspunten omgang met wensen en zorgen uit de omgeving .....	29
4.3.1	Wensen .....	30
4.3.2	Zorgen .....	31
4.3.3	Uitgangspunten en spelregels omgang met koppelkansen .....	31
4.4	Uitgangspunten conditionerende aspecten .....	31
4.4.1	Ecologie .....	31
4.4.2	Bodem en (grond)water .....	32
4.4.3	Archeologie .....	33
4.4.4	Landschap en cultuurhistorie .....	33
4.4.5	Verkeer en mobiliteit .....	34
4.4.6	Kabels en leidingen (K&L) .....	34
4.4.7	Niet Gesprongen Conventionele Explosieven (NGCE) .....	34
4.5	Grondverwerving .....	35
4.6	Uitgangspunten vergunningen en procedures .....	35
<b>5</b>	<b>Ruimtelijke kwaliteit .....</b>	<b>37</b>
5.1	Opgave .....	37
5.2	Uitgangspunten .....	37
5.2.1	Punt 1: Ontwikkel de dijk als leesbare en krachtige verdediging tegen het water. ....	37
5.2.2	Punt 2: Maak de geschiedenis van de dijk beter zichtbaar. ....	38
5.2.3	Punt 3: Geef vorm aan het landschap vanuit historische inspiratie. ....	39
5.2.4	Punt 4: Maak de dijk een beleving voor alle gebruikers. ....	40
5.2.5	Punt 5: Gebruik de dijk als ecologische verbinding. ....	41
5.2.6	Punt 6: Maak een zichtbare relatie tussen de dijk en kruisende structuren over de rivier. ...	42
5.2.7	Punt 7: Behoud en verbeter woonplekken en beplantingstructuren. ....	42
<b>6</b>	<b>Innovatie en duurzaamheid .....</b>	<b>44</b>
6.1	Innovatie .....	44
6.1.1	Doel en aanpak .....	44
6.1.2	Resultaten .....	44

---

## UW WATERSCHAP

---

6.1.3	Uitgangspunten.....	46
6.2	Duurzaamheid .....	47

**Bijlage 1 Technische uitgangspunten per faalmechanisme**

**Bijlage 2 Onderbouwing ambitie duurzaamheid**

**Bijlage 3 Bronnen**

CONCEPT

## 1 Inleiding

### 1.1 Aanleiding en doel

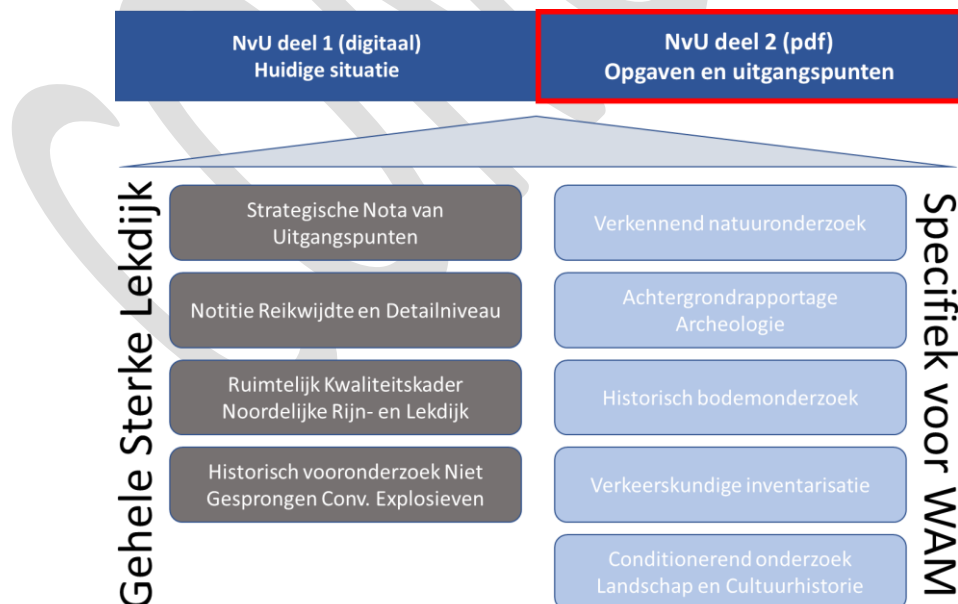
In de Nota van Uitgangspunten (NvU) voor het deelproject dijkversterking wijk bij Duurstede-Amerongen (WAM) worden de huidige situatie, de opgaven en de uitgangspunten voor het dijkontwerp beschreven voor dit deeltraject. De Nota van Uitgangspunten wordt door het dagelijks bestuur van Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden vastgesteld. De uitgangspunten staan centraal in het verdere ontwerpproces.

### 1.2 Documentenstructuur

De Nota van Uitgangspunten bestaat uit twee delen. In het eerste deel wordt de huidige situatie beeldend en interactief beschreven aan de hand van kaarten en illustraties. Hieraan liggen onderzoeken naar de condities voor waterveiligheid ter plaatse en onderzoeken naar de omgeving van de dijkversterking ten grondslag. Het eerste deel is als i-report digitaal gepresenteerd. Klik [hier](#) om deze te benaderen.

Voorliggende stuk is het tweede deel van de Nota van Uitgangspunten. Hierin worden de opgaven voor de dijkversterking Wijk bij Duurstede-Amerongen beschreven en worden de uitgangspunten voor het ontwerp van de dijk beschreven. Er is voor gekozen hier een los document van te maken zodat deze eenvoudig te downloaden en te printen is.

De Nota van Uitgangspunten is geschreven op basis van verschillende andere documenten, zie Figuur 1-1 voor een overzicht. Een deel van deze documenten heeft betrekking op het gehele Sterke Lekdijk project. Zo is er ook een Strategische Nota van Uitgangspunten waar dit document een specifiekere uitwerking van is. Daarnaast zijn er in het kader van het deelproject Wijk bij Duurstede-Amerongen nadere studies uitgevoerd. Conclusies uit deze studies zijn overgenomen in de Nota van Uitgangspunten.



Figuur 1-1 Documentenstructuur NvU Wijk bij Duurstede- Amerongen

### 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een kort overzicht van het project Wijk bij Duurstede -Amerongen. Voor een meer uitgebreid beeld van het project sterke Lekdijk en een beschrijving van de huidige situatie van het traject WAM, zie deel 1 van de NvU.

Hoofdstuk 3 gaat in op de veiligheidsopgave en uitgangspunten voor het dijkontwerp. De technische uitgangspunten worden in bijlage 1 uitgewerkt per faalmechanisme.

Hoofdstuk 4 gaat in op de opgave en de uitgangspunten met betrekking tot de omgeving. Er wordt in gegaan op de aspecten met betrekking tot de inpassingsopgave en de gebiedsopgave. Vervolgens worden de uitgangspunten met betrekking tot participatie, de conditionerende aspecten, koppelkansen en vergunningen en procedures beschreven.

In hoofdstuk 5 wordt de opgave voor ruimtelijke kwaliteit beschreven en wordt een specifiek kader voor de ruimtelijke kwaliteit voor het traject Wijk bij Duurstede – Amerongen gepresenteerd.

In hoofdstuk 6 worden de specifieke innovatieve aspecten en duurzaamheidsaspecten van het project toegelicht.

Bijlage 1 bevat een nadere uitwerking van de technische uitgangspunten per faalmechanisme. Bijlage 2 bevat een onderbouwing van de het ambitieniveau op vlak van duurzaamheid behorende als nadere toelichting op paragraaf 6.2. In bijlage 3 is een lijst met gebruikte bronnen opgenomen.



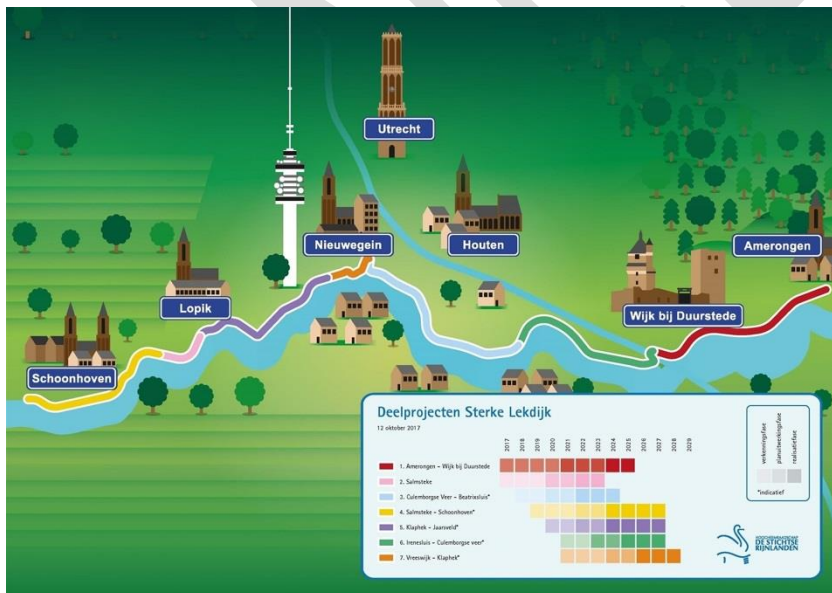
## 2 Het project

### 2.1 Programma Sterke Lekdijk

Onder de noemer Sterke Lekdijk werkt Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HDSR) aan het versterken van de Lekdijk tussen Amerongen en Schoonhoven (Figuur 2-1). De Lekdijk, in beheer en onderhoud van HDSR, strekt zich uit langs de noordelijke oever van de Lek en Nederrijn van Schoonhoven tot Amerongen over een lengte van 55 kilometer. De dijk is bijna 1000 jaar oud en beschermt een groot deel van Midden- en West-Nederland tegen hoge waterstanden in de Lek en Nederrijn. HDSR heeft de taak om de dijk aan de nieuwe normering van de Waterwet te laten voldoen.

Het programma Sterke Lekdijk is onderdeel van het Hoogwaterbeschermingsprogramma en is verdeeld in zeven deelprojecten van oost naar west (Figuur 2-1):

1. Wijk bij Duurstede – Amerongen
2. Irenesluizen – Culemborgse Veer
3. Culemborgse Veer – Beatrixsluis
4. Vreeswijk – Klaphek
5. Klaphek – Jaarsveld
6. Salmsteke
7. Salmsteke – Schoonhoven



Figuur 2-1 Locatie Lekdijk met deelproject Wijk bij Duurstede-Amerongen geheel rechts

## UW WATERSCHAP

### 2.2 Deelproject Dijkversterking Wijk bij Duurstede-Amerongen

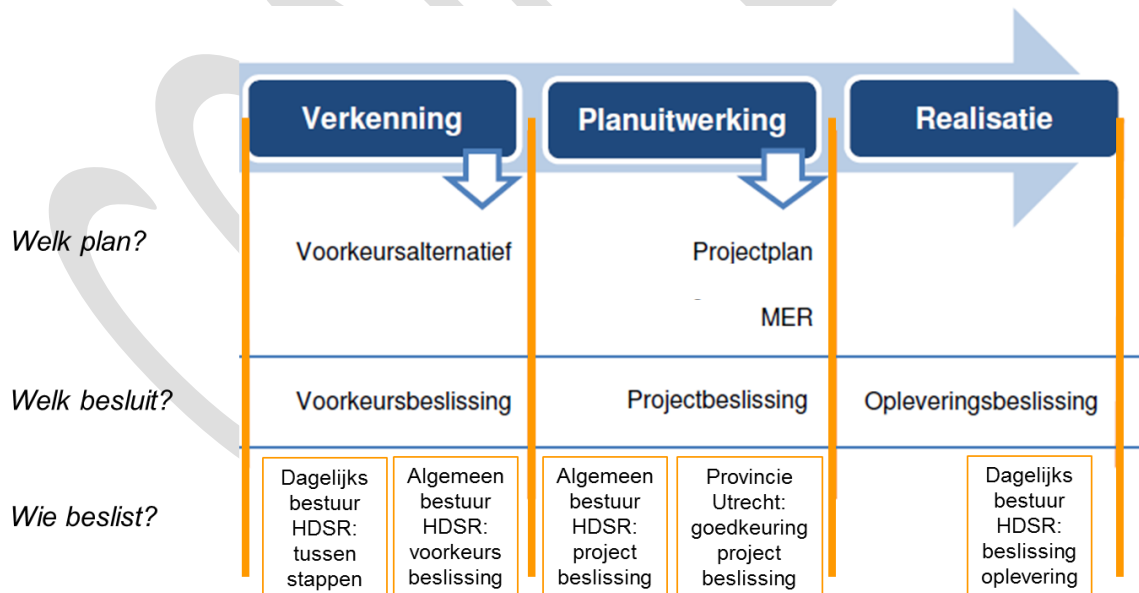
De grenzen van het project liggen bij de dijkpalen 0 en 105. Het project begint aan de rand van de kern Amerongen en loopt tot aan de Prinses Irenesluizen bij Wijk bij Duurstede. Het sluiscomplex zelf maakt geen onderdeel uit van het project. Het project bestrijkt daarmee 11 kilometer aan primaire kering.

Binnen de grenzen van het project zijn meerdere 'kunstwerken'. Hiermee bedoelen we waterstaatkundige objecten in of op de dijk. Dit zijn het inlaatwerk bij de Prinses Irenesluis, de afsluitbare coupure in de beermuur bij Wijk bij Duurstede en het inlaatwerk van de Kromme Rijn.

De dijk tussen Wijk bij Duurstede en Amerongen maakt onderdeel uit van dijktraject 44-1 dat loopt van Amerongen tot aan de Beatrixsluizen bij Nieuwegein. In de nieuwe Waterwet uit 2017 is voor dit dijktraject een overstromingskans norm vastgesteld voor het zichtjaar 2050. Deze norm bestaat uit twee waarden: een signaleringswaarde en een maximaal toelaatbare kans. De maximaal toelaatbare kans per jaar is 1:30.000. Berekeningen hebben uitgewezen dat de dijk in 2050 daar niet aan zal voldoen. Daarom is het waterschap gestart met deze dijkversterking.

### 2.3 De projectaanpak in fases

Alle deelprojecten werken conform de werkwijze uit het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT). Deze werkwijze beslaat drie afzonderlijke fasen: verkenningsfase, planuitwerkingsfase en realisatiefase. Iedere fase sluiten we af met een besluit. Dit is weergegeven in Figuur 2-2:



Figuur 2-2 Project fases en besluitvorming

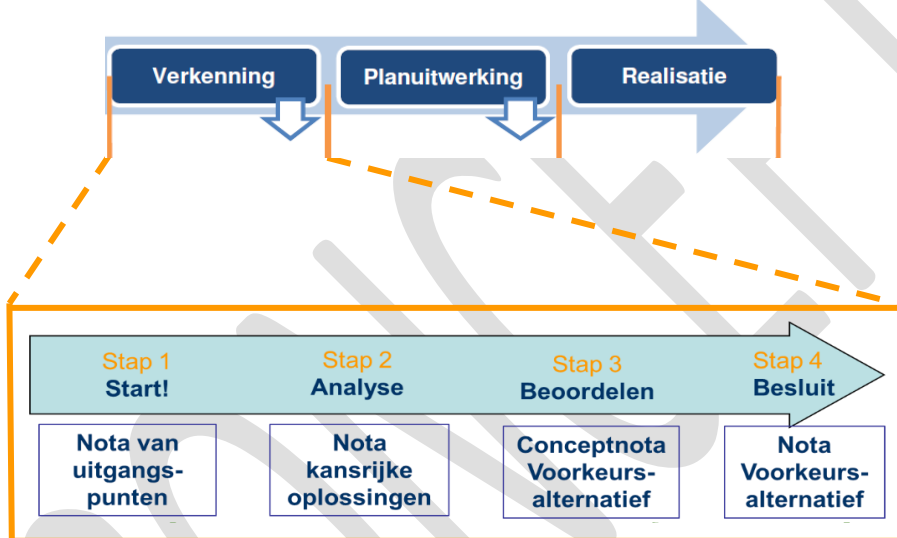
## UW WATERSCHAP

### 2.4 Verkenningfase

Dijkversterking Wijk bij Duurstede-Amerongen staat aan de start van de verkenningfase. Het ontwerpproces in de verkenningfase leidt tot een integraal voorkeursalternatief. In het voorkeursalternatief beschrijven we op hoofdlijnen wat de beste oplossing is om de dijk te versterken. Met integraal bedoelen we niet alleen het beste plan voor de veiligheid en techniek maar ook voor de omgeving en ruimtelijke kwaliteit. Omdat negatieve milieueffecten bij dit project niet op voorhand zijn uit te sluiten werken we op hoofdlijnen ook een ilieu effect Rapportage (MER) uit, een milieueffectrapportage.

De verkenningfase is in vier stappen verdeeld (zie Figuur 2-3):

- Stap 1: Vaststellen uitgangssituatie in de Nota van Uitgangspunten;
- Stap 2: Samenstellen van kansrijke oplossingen;
- Stap 3: Van kansrijke oplossingen naar conceptnota voorkeursalternatief (VKA);
- Stap 4: Besluitvorming over de definitieve Nota Voorkeursalternatief.



Figuur 2-3 stappen in de verkenningfase

### 2.5 Planuitwerkingsfase

In de planuitwerkingsfase werken we het voorkeursalternatief verder uit tot een gedetailleerd plan, het projectplan. Ook werken we de milieueffectrapportage in meer detail uit. Gelijktijdig met het besluit over het projectplan wordt ook een besluit genomen over eventuele vergunningen en planologische wijzigingen zoals een bestemmingsplanwijziging. Ten slotte treffen we voorbereidingen om de realisatie te kunnen starten, zoals het verwerven van eventueel benodigde grond en het verleggen van de belangrijkste kabels & leidingen.

Net als in de verkenningfase nodigen we u graag uit om mee te denken en mee te doen om het plan nauwkeurig uit te werken. Hoe u dit kunt doen, werken we bij de start van de planuitwerkingsfase nader uit.

Mocht u het na vaststelling van het projectplan toch niet eens zijn met het besluit, dan kunt u tegen dit projectbesluit formeel bezwaar en beroep aantekenen.

## 3 Veiligheid

### 3.1 Opgave

In deel 1 van de Nota van Uitgangspunten (zie [i-report](#)) is opgenomen waar de dijk volgens de (voorlopige) veiligheidsopgave uit de beschikbare beoordeling van de Sterke Lekdijk [3] niet voldoet aan de gestelde norm. Deze opgave wordt bij het schrijven van deze nota nog nader doorgerekend.

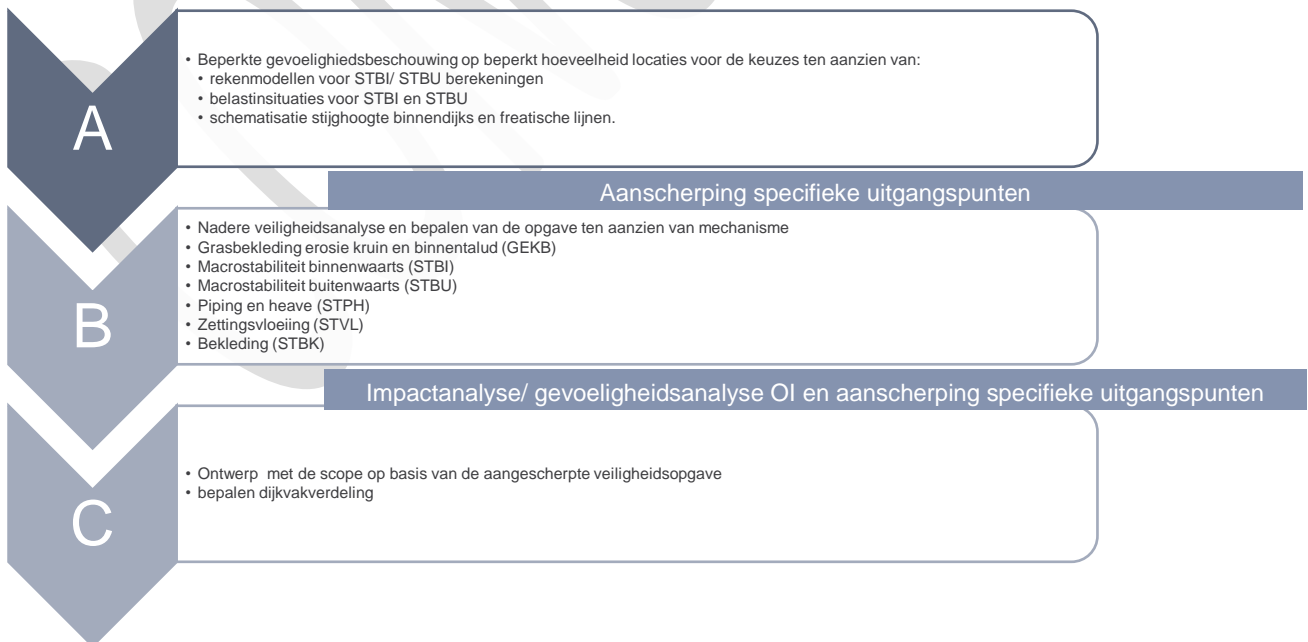
Het recent uitgevoerde veld- en laboratoriumonderzoek levert nieuwe inzichten die nodig zijn voor het bepalen van de exacte veiligheidsopgave. Deze nieuwe inzichten zijn nodig omdat we met nieuwe methodes de bodem gaan schematiseren en de rekenparameters gaan bepalen. Hiermee kunnen we (tevens met nieuwe methodes van het OI) op een later moment de opgave bepalen.

Dit hoofdstuk is een project specifieke aanvulling op de technische uitgangspunten uit de 'Strategische Nota van Uitgangspunten Sterke Lekdijk' (SNU) [1] en de BasisSpecificatie Dijk (BSD) [2].

Voorafgaand aan elke nieuwe fase in het project worden de technische uitgangspunten geactualiseerd op basis van de op dat moment beschikbare informatie (data).

Dit werkproces is schematische weergegeven in Figuur 3-1.

*Figuur 3-1: Indicatie stapschema voor de uitwerking dijkversterking WAM in relatie tot de (technische) uitgangspunten (conceptversie)*



Nota bene: Alle tekst die in dit hoofdstuk *cursief* (zowel zwarte als *blauwe tekst*) is weergegeven, is direct overgenomen uit de 'Strategische Nota van Uitgangspunten Sterke Lekdijk' [1]. Er is bewust ervoor gekozen om deze tekst letterlijk over te nemen en niet te herschrijven. Als een andere keuze wordt gemaakt is de **tekst rood**. Eventuele aanvullingen zijn in gewoon schrift toegevoegd.

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten uit de Strategische Nota van Uitgangspunten Sterke Lekdijk' beschreven en verder gespecificeerd met betrekking tot:

- Veiligheidseisen
- Geometrie
- Vak indeling
- Schematiseren van de ondergrond en geotechnische parameters
- Belastingen

### 3.2 Veiligheidseisen

#### 3.2.1 Overstromingskans norm

*Het project Sterke Lekdijk omvat de normtrajecten 15-1 en 44-1. Voor beide normtrajecten is de signaleringsnorm 1/30.000 per jaar. Het projectgebied vanaf Wijk bij Duurstede tot Amerongen, is onderdeel van het normtraject 44-1. Aan het einde van de levensduur moet de waterkering nog voldoen aan de ondergrens: een overstromingskans van 1/10.000 per jaar.*

#### 3.2.2 Ontwerpinstrumentarium

*Het ontwerpinstrumentarium (OI) is afgeleid van het wettelijk beoordelingsinstrumentarium (WBI) en geeft een set rekenregels voor het ontwerpen op de nieuwe overstromingskansnorm. Dit rekeninstrumentarium is nog volop in ontwikkeling. Nieuwe ontwikkelingen worden onder andere vastgelegd in factsheets van het Kennisplatform Risicobenadering (KPR) en de Programmadirectie Hoogwaterbescherming (HWBP) of komen via het WBI tot stand.*

*Bij de start van een projectfase wordt de kennis 'bevroren' bij de vaststelling van de nota van uitgangspunten voor die fase. Er vindt een technische expertsessie plaats ten behoeve van het 'bevriezen' van de uitgangspunten. Op basis hiervan en de resultaten van het recent uitgevoerde veld- en laboratoriumonderzoek vindt de bodemschematisatie, de parameterbepaling en uiteindelijk het vaststellen van de definitieve veiligheidsscope plaats.*

Uitgangspunt is dat met de meest recente versie van het ontwerpinstrumentarium wordt gewerkt. Op het moment van vaststellen van deze nota is dat het Ontwerp Instrumentarium 2014, versie 4 (OI2014v4)<sup>1</sup> [12], en de meest recente factsheets van het KPR en de schematiseringshandleidingen vanuit WBI2017. Aan het eind van de verkenningsfase wordt een impactanalyse uitgevoerd van de nieuwste inzichten, en zo nodig verwerkt in het ontwerp.

---

<sup>1</sup> Er wordt een nieuw ontwerpinstrumentarium voorzien, dat als werktitel OI2018 heeft.

## UW WATERSCHAP

### 3.2.3 Ontwerplevensduur

*Bij het ontwerp gaan we voor grondlichamen uit van een levensduur van 50 jaar (2073).*

*Voor kunstwerken en waterkerende constructies hanteren we een levensduur van 100 jaar (2123). Dit geldt ook voor vervangende waterkerende constructies bij bijvoorbeeld hogedruk leidingen.*

*Een ontwerp moet vervolgens worden geoptimaliseerd op basis van de levenscyclusbenadering (LCC). Dat wil zeggen, dat de kosten van de investering, beheer en onderhoud (zowel dagelijks als groot onderhoud), en vervanging moeten worden geoptimaliseerd over een periode van 100 jaar.*

### 3.2.4 Faalkansruimte

*De overstromingskans van 1/10.000 per jaar is de resultante van de faalkansen van alle faalmechanismen over het gehele normtraject. Voor het maken van een ontwerp moet de overstromingskans worden verdeeld over de verschillende faalmechanismen.*

*In het OI is een standaard verdeling over de faalmechanismen gegeven, zie Tabel 3-1.*

*Omdat bij voorbaat langs de Lekdijk geen faalmechanismen kunnen worden uitgesloten, is er geen reden om de faalkansen anders te verdelen dan in het OI wordt aangegeven. Geen faalmechanismen kunnen worden uitgesloten, is er geen reden om de faalkansen anders te verdelen dan in het OI wordt aangegeven.*

Voor het ontwerp wordt de standaard faalkansbegroting uit het OI2014v4 aangehouden (zie Tabel 3-1):

Tabel 3-1: Standaard faalkansverdeling OI2014v4

Toetsspoor	Kansbijdrage
<b>Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)</b>	0,24
<b>Piping (STPH)</b>	0,24
<b>Macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts (STBI, STBU)</b>	0,04
<b>Gras Erosie Buitentalud (GEBU)</b>	0,05
<b>Overige bekledingen buitentalud</b>	0,05
<b>Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk (BSKW)</b>	0,04
<b>Piping bij kunstwerk (PKW)</b>	0,02
<b>Sterkte en stabiliteit kunstwerk (STKWp)</b>	0,02
<b>Overige toetssporen</b>	0,30

*Wanneer het ruimtebeslag van een ontwerpmaatregel nèt een probleem oplevert, kan worden overwogen de faalkansverdeling alsnog aan te passen. De effecten van het aanpassen van de faalkansruimtefactor op een deeltraject moeten dan wel worden uitgewerkt over het gehele normtraject. Het is dus een ontwerpvrijheid maar de gevolgen kunnen hierdoor verstrekking zijn en moeten overkoepelend op programmaniveau worden afgestemd!*

---

## UW WATERSCHAP

---

### 3.3 Geometrie

#### 3.3.1 Maaiveldligging

Het verloop van het maaiveld wordt bepaald aan de hand van AHN3 [8]. Dit is een digitale hoogtekartaar voor heel Nederland vervaardigd door middel van laseraltimetrie. Gegevens over de bathymetrie zijn aangeleverd door HDSR.

#### 3.3.2 Autonome bodemdaling

*Bodemdaling is een natuurlijk proces door inklinking van de slappe bodemlagen in laag Nederland en door andere processen zoals oxidatie van veen, isostasie en geologische kanteling. Zettingen en kruindaling treden op door het gewicht van de dijk zelf en zijdelings uitzakken van de grond.*

Voor de Sterke Lekdijk (exclusief het traject WAM) zijn bodemdaling en (rest)zetting ter plaatse van de dijk afgeleid m.b.v. TerraSAR-X satellietmetingen. Met behulp van radarmetingen die gedurende een jaar elke 11 dagen zijn gedaan, zijn de veranderingen in de hoogteligging bepaald. Voor het traject WAM zijn deze geverifieerd met extra TerraSAR-X beelden om de 22 dagen, tijdens een voorafgaande periode van 1,5 jaar, aangevuld met vrij beschikbare Radarsat-XF beelden.

Uit de meetpunten is per 100 meter de 50%-waarde (50% van de meetwaarden zakt sneller) bepaald, en vervolgens verdeeld in klassen. Specifiek voor WAM geldt voor de autonome bodemdaling, vermeerder met secundaire zetting van eerdere dijkophogingen een bandbreedte van 0 – 2 mm per jaar. Als rekenwaarde geldt: 2 mm / jaar

*Het uitgangspunt is, dat de bodemdaling en zetting gedurende de levensduur (zie paragraaf 3.2.3) volledig worden opgenomen in de aanleghoogte.*

#### 3.3.3 Klink en zettingen

Overige aspecten die invloed hebben op de aanleghoogte zijn zetting en klink. Zetting treedt op in de ondergrond door het aanbrengen van extra belasting. Klink vindt plaats in het dijklichaam zelf.

De mate van zetting zal worden bepaald. Hierbij dient onderscheid gemaakt te worden tussen directe (primaire) zetting en kruip (secundaire zetting). De zetting zal worden gekwantificeerd op basis van samendrukkingsparameters die volgen uit nog uit te voeren gedetailleerde berekeningen.

Klink van vers aangebrachte grond is slechts bij benadering te bepalen. Voor de klink van gerijpte klei wordt conform Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [10] een waarde van 10% aangehouden. Bij zorgvuldige uitvoering en verdichting kan dit worden teruggebracht naar 5% van de aangebrachte laagdikte.

Voor de klink van zandophogingen wordt een waarde van 5% gehanteerd. Bij een goede verdichting is de klink verwaarloosbaar klein ten opzichte van de zettingen van de ondergrond [10].

---

## UW WATERSCHAP

---

### 3.3.4 Eisen vanuit beheer en onderhoud:

Voor een groene dijk wordt een minimale kruinbreedte van 3 m gehanteerd met het oog op onderhoud vanaf de kruin, alsmede inspectie en bereikbaarheid in geval van hoge waterstanden. Voor een dijk met een openbare verkeersweg wordt de kruinbreedte gedomineerd door de breedte van de weg.

De dijk dient geschikt te zijn om machinaal te maaien. Om deze eis in te willigen mogen de hellingen van de grastaluds niet steiler zijn dan 1:3.

De onderhoudswegen en stroken dienen geschikt te zijn voor de gebruikelijke landbouwvoertuigen, maaimachines en voertuigen met aanhangers waarmee het gemaaid gras wordt afgevoerd.

De dijk dient net onder het buitentalud een onderhoudsstrook te hebben, minimaal 5 m breed en met een helling van ten hoogste 1:10. De strook is goed te berijden en voldoende droog in de dagelijkse situatie. De strook heeft een afschot van minimaal 1:30 voor het afvoeren van water en ligt minimaal 50 cm boven het gemiddelde waterpeil in het voorland.

Nieuwe op- en afritten van de dijk die bereikbaar moeten zijn voor het beheermaterieel van HDSR moeten:

- tenminste 4 m breed zijn;
- niet te steil zijn voor de gebruikelijke landbouwvoertuigen, maaimachines en voertuigen met aanhangers waarmee gemaaid gras wordt afgevoerd;
- volledig verhard zijn of voorzien van een halfverharding (grasbetontegels of gelijkwaardig, geen puin of schelpen).

De eisen aan de overige afritten zullen op basis van de KES specifiek ingevuld worden in de planuitwerkingsfase.

Buitendijkse nieuwe op- en afritten van de dijk moeten bovendien: geen scherpe hoeken hebben maar glooiend zijn aangelegd;

- voor het publiek zijn afgesloten met een poort (betreft op- en afritten voor de landbouw);
- met stroming mee liggen of 'parallel' tegen de dijk aan liggen zodat er geen oksel is.

Eisen voor bestaande op- en afritten moeten project specifiek worden bepaald en met de beheerder worden afgestemd.

### 3.3.5 Afmetingen watergangen / geometrie watergangen

Eisen aan watergangen zijn conform de Leggerafmetingen



---

## UW WATERSCHAP

---

### 3.4 Vakindeling

#### 3.4.1 Algemeen

De keuzes voor de vak-indeling hebben een belangrijke invloed op de betrouwbaarheid van de (beoordeling/ontwerp) berekeningen en ook niet in onbelangrijke mate op een efficiënt en werkbaar ontwerpproces.

De vak-indeling is in beginfase flexibel en het is een startpunt voor de uitvoering van de nog uit te voeren berekeningen

De belangrijkste aspecten die bepalend zijn voor de keuze van een dijktraject zijn:

- bodemopbouw op basis van het lenteprofiel als resultaat van de nog te bepalen bodemschematisatie;
- geometrische kenmerken, zoals ligging van het voorland en achterland, hoogte en steilheid van het dijkprofiel, aan-afwezigheid van een berm;
- aanwezigheid en lengte van het voorland;
- aanwezigheid van de sloten of strangen;
- richting van de normaal van de dijk;
- polderpeilen (geohydrologische situatie).

Voor het gehele dijktraject zijn dwarsprofielen gemaakt per 100 m op basis van de AHN3. Per dijkvak is vervolgens het maatgevend profiel bepaald. Voor de bepaling van de dijkvakken wordt gekeken naar eerdergenoemde aspecten in relatie tot relevante faalmechanismen.

#### 3.4.2 Dijkvakverdeling beoordeling (scope bepaling):

Voor het bepalen van de veiligheidsopgave delen we het projectgebied in dijkvakken, separaat per faalmechanisme.

Voor mechanisme **hoogte** en voor de beoordeling van de **bekleding** zullen de dijkvakken gekozen worden op basis van de veranderingen van de richting van de dijk in combinatie met de lengte en hoogte van het voorland en steilheid van het buitentalud.

Voor de **stabiliteit binnenwaarts** en **buitenwaarts** als ook voor mechanisme **piping** zullen de dijkvakken gekozen worden voornamelijk op basis van de veranderingen in het verloop van de grondlagen op basis van de bodemschematisatie en veranderingen in de geohydrologische uitgangspunten.

Voor de bijzondere dwarsprofielen in de dijkvakken zoals bijvoorbeeld bij de woningen zal binnen het NWO-spoor afzonderlijk het profiel beoordeeld worden.

#### 3.4.3 Keuze dijkvakken ontwerp:

De keuze voor de dijkvakverdeling is in basis de dijkvakverdeling per mechanisme voortkomend uit de uitgangspunten uit paragraaf 3.4.2. De mechanismen macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts samen met piping zijn de belangrijkste items voor de te maken keuzes.

Voor de ontwerpogave zullen naast de technische keuzes ook de omgevingseisen bepalend zijn voor de uiteindelijke dijkvakverdeling. Voor de keuze van de ontwerpvakken voorzien we daarom een integrale sessie met de omgeving en landschap.

### 3.5 Schematiseren ondergrond en geotechnische parameters

De schematisering van de dijk en ondergrond en het vaststellen van de geotechnische parameters is een eindproduct van gedetailleerde berekeningen.

#### Scope:

Om tot een karakterisatie van de ondergrond te komen per faalmechanisme wordt een bodemschematisering opgesteld op basis van het in 2018 uitgevoerde veld- en laboratoriumonderzoek.

Voor alle faalmechanismes worden de benodigde geotechnische parameters vastgesteld. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen het vaststellen van de schematisering en parameters voor macrostabiliteit en piping en heave. Op basis van deze uitkomsten kunnen ook de overige geotechnische faalmechanismes beschouwd worden.

In de onderstaande paragrafen is een stappenplan opgenomen die onze aanpak beschrijft:

#### 3.5.1 Stappenplan karakterisatie ondergrond macrostabiliteit

Stap 1 Opstellen regionale geotechnische sterkteparameters voor de beoordeling van de binnen- en buitenwaartse macrostabiliteit, specifiek voor het traject WAM. Dit betreft concreet het vaststellen van te onderscheiden grondlagen en per grondlaag bepalen van:

- a. Volumegewicht ( $\gamma_{nat}$ ;  $\gamma_{sat}$ ).
- b. Gedraineerde schuifsterkteparameter: hoek van inwendige wrijving ( $\phi$ ).
- c. Ongedraineerde schuifsterkteparameters: schuifsterkteratio (S), macht (m).
- d. Conusfactor: correlatie tussen de netto conusweerstand ( $q_{net}$ ) en de in het laboratorium gemeten ongedraineerde schuifsterkte ( $N_{kt}$ ) en de variatiecoëfficiënt (VC).
- e. Samendrukkingsparameters voor abc-Isotache (CUR Aanbeveling 101[27]) of Bjerrum (CUR Aanbeveling 101 [27], NEN 5118 [28]) en Koppejan-methode (indien beschikbaar).
- f. Bepaling van OCR/ POP uit samendrukkingsproeven (indien beschikbaar voor de zettingsberekeningen en (ongedraineerde) stabiliteitsberekeningen).
- g. Atterbergse grenzen, watergehalte en organische stofgehalte (indien beschikbaar) ten behoeve van de duiding van ongedraineerd gedrag en onder andere verificatie van de interne consistentie van de proevenverzameling.

De basis hiervoor betreft de medio september 2018 op te leveren veld- en laboratoriumonderzoeken [9] verdeeld over vier proefvelden en de reeds beschikbare onderzoeken uit 2015 en 2017.

Stap 2. Schematiseren van de bodemopbouw voor alle beschikbare klasse 1 en 2 sonderingen uitgevoerd tussen 2015 en 2018 met behulp van de CPT-tool van Deltares (versie 1.1). De basis voor de schematisering betreft de in het kader van [9] opgestelde geotechnische lengteprofielen. Input voor de CPT-tool zijn de parameters uit punt 1.

De CPT-tool verwerkt per sondering de volgende data:

---

## UW WATERSCHAP

---

- a. Ruwe sondeerdata + laaginterpretatie + insitu spanningen + Su, OCR en grensspanning per 1 of 2 centimeter.
- b. Onderscheiden lagen met bijbehorende ongedraineerde schuifsterkte-eigenschappen aan de onder- en bovenzijde van de laag: Su, OCR en grensspanning. Betreft zowel verwachtingswaarden als karakteristieke waarden.
- c. Onderscheiden lagen met bijbehorende ongedraineerde schuifsterkte-eigenschappen per laag: Su, OCR en grensspanning. Betreft zowel verwachtingswaarden als karakteristieke waarden.

Stap 3. Inlezen van alle databestanden uit de CPT-tool in Soilview. Met behulp van deze door Arcadis ontwikkelde tool wordt alle data verzameld in databases. Dit maakt het mogelijk om analyses uit te voeren op de volledige dataset.

De tool produceert de volgende deelproducten:

- a. Vereenvoudigde geotechnisch lengteprofielen op basis van de vastgestelde laagscheidingen uit de CPT-tool over het voorland, kruin, berm en achterland.
- b. Ongedraineerde schuifsterkteprofielen op basis van de ongedraineerde schuifsterkte, grensspanning, OCR en POP. Data wordt gevisualiseerd per 1 of 2 cm over het voorland, kruin, berm en achterland.
- c. Data -analyse op alle onderscheiden grondlagen en parameters, bepaling gemiddelde, standaarddeviatie, minimale en maximale waarden en karakteristieke waarden.

Deze stap geeft inzicht in de werkelijk optredende variaties in de ongedraineerde schuifsterkte binnen het tracé van WAM en geeft de mogelijkheid om onderbouwd vast te stellen welke doorsnedes maatgevend wat betreft sterkte-eigenschappen per deeltraject.

Stap 4. Vaststellen te beschouwen doorsnedes per onderscheiden deeltrajecten. Op basis van onze inschatting verwachte we circa 15 deeltrajecten) voor de binnenwaartse macrostabiliteit. Voor de buitenwaartse macrostabiliteit gaan we uit van circa 4 deeltrajecten. Dit betreft per deeltraject de volgende doorsnedes:

- a. Maatgevende geometrie.
- b. Maatgevende bodemopbouw.
- c. Indien nodig maatwerklocatie, bijvoorbeeld ten opzichte van een woning.

Stap 5. Per doorsnede worden de vastgestelde schematisering en geotechnische parameters gepresenteerd. Dit betreft de input voor de uit te voeren geotechnische berekeningen.

### 3.5.2 Stappenplan karakterisatie ondergrond piping en heave + geohydrologie

1. Opstellen regionale parameterset voor de beoordeling van piping en heave voor het traject WAM. Dit betreft concreet het vaststellen van de sleutelparameters:
  - a. Doorlatendheid van watervoerende zandlagen en zandtusslagen (k)
  - b. Zandgrofheid (d70)
  - c. Weerstand deklaag
2. Per doorsnede van 100 m vaststellen van lokale parameters:
  - a. Kwelweglengte (L)
  - b. Aanwezigheid en dikte watervoerende zand(tussen)lagen (D)
  - c. Niveau uittredepunt (maaiveld of polderpeil)

## UW WATERSCHAP

De basis voor punt 1 en 2 betreft het in 2018 uitgevoerde veld- en laboratoriumonderzoek [9] waar ook het piping-proefveld met pompproef en de HPT-sonderingen onderdeel van uitmaken

### 3.5.3 Analyse peilbuisdata- berekening van de stijghoogte relatie

Er zijn door HDSR voor vier locaties binnen het traject WAM-peilbuismetingen van de stijghoogte in het watervoerende pakket beschikbaar gesteld met metingen gedurende hoogwaterperiodes. Voor de vastgestelde geohydrologische parameters wordt middels modelberekeningen nagegaan in hoeverre de meetdata overeenkomt met de theoretische berekende potentiaal. Indien daar aanleiding voor is kan dit leiden tot het bijstellen van de geohydrologische parameters.

### 3.5.4 Vaststellen uitgangspunten en parameters

Op 18 september 2018 is een expertsessie georganiseerd met het HWBP en KPR waarin de werkwijze en technische uitgangspunten, voor zover toen bekend, zijn besproken en vastgesteld.

## 3.6 Belastingen

### 3.6.1 Soorten belastingen

*Voor de verschillende geotechnische faalmechanismen zijn verschillende belastingsituaties maatgevend voor de veiligheid- en ontwerpogave. De situaties bestaan uit combinaties van buitenwaterstand, golfoploop, overslagdebiet, waterniveau in het achterland, stijghoogterespons, verloop van de freatische lijn in de dijk en verkeersbelasting.*

Per faalmechanisme hanteren we de belastingsituaties uit de Strategische Nota van Uitgangspunten [1], **met uitzondering van de in rood weergegeven situaties**, zie hiervoor Tabel 3-2.

De in rood aangegeven situaties achten wij niet maatgevend voor de veiligheids- en ontwerpogave. Wij voeren een gevoeligheidsbeschouwing uit voor maximaal 4 dwarsprofielen om onze aanname te verifiëren en te onderbouwen.

Tabel 3-2: Maatgevende belastingsituaties per faalmechanisme

Toetsspoor	Belastingsituaties
<b>Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hydraulisch Belastingniveau (HBN) behorend bij een bepaald kritiek overslagdebiet, rekening houdend met zetting en bodemdaling.</li> <li>Lager belastingniveau behorend bij een hoger kritiek overslagdebiet (behorend bij een BGT).</li> </ul>
<b>Piping (STPH)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waterstand Bij Norm (WBN);</li> </ul> <p>De waterstand kan binnendijks op het maaiveld staan tenzij dit vanuit waterbeheer niet mogelijk is.</p>
<b>Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waterstand bij norm (WBN) zonder verkeersbelasting</li> <li>Significante overslag, waardoor het dijklichaam verzadigd raakt (conform KPR-memo "Voorlopige werkwijze macrostabieliteit i.c.m. golfoverslag OI2014v4" van 14 maart 2017 [20])</li> <li>Lagere waterstand met hogere verkeersbelasting (behorend bij een BGT)</li> </ul>

## UW WATERSCHAP

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Lagere waterstand met een extreme neerslag: verhoogde freatische lijn</i></li> </ul> <p><i>In alle situaties kan de waterstand binnendijks op polderpeil worden gehouden of op maaiveld staan.</i></p>
<b>Macrostabieleit buitenwaarts (STBU)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Val na hoog water: hoge freatische lijn en lage waterstand</i></li> <li>• <i>Extreem laag water: normale freatische lijn en extra lage waterstand (een laagwaterstand die eens per 10 jaar wordt onderschreden)</i></li> <li>• <i>Extreme neerslag: verhoogde freatische lijn en gemiddelde laagwaterstand (GLW)</i></li> </ul>
<b>Gras Erosie Buitentalud (GEBU)</b> <b>Overige bekledingen buitentalud</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Waterstand net onder norm (WBN) met golfploop</i></li> <li>• <i>Lagere waterstand met grotere golfploop</i></li> </ul>
<b>Piping bij kunstwerk (PKW)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Waterstand Bij Norm (WBN) en binnendijkse waterstand</i></li> </ul>
<b>Sterkte en stabiliteit kunstwerk (STKWP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Waterstand bij norm (WBN) zonder verkeersbelasting</i></li> <li>• <i>Significante overslag</i></li> <li>• <i>Lagere waterstand met hogere verkeersbelasting (behorend bij een BGT)</i></li> </ul>

### 3.6.2 Hydraulische randvoorwaarden

#### Randvoorwaarden

Voor het bepalen van de hydraulische belastingen moet voldaan worden aan een aantal randvoorwaarden die staan beschreven in de strategische Nota van uitgangspunten:

- *Afvoer Lobith van 16.000 m<sup>3</sup>/s, conform 6.3.2 Afvoerstatistiek [1]*
- *Klimaatscenario W+ (KNMI,2006) wat overeenkomt met de klimaatopgave*
- *Deltascenario's Stoom en Warm (SW), conform 6.3.3 Klimaatontwikkeling [1].*

De uitgangspunten worden afgeleid voor het zichtjaar 2073

#### WBN

Voor het bepalen van de Waterstand Bij Norm (WBN) staat in de strategische nota van uitgangspunten een database voorschreven voor traject 44-1, namelijk: DPa\_Riv\_Rijn\_oever\_2015\_ref\_S10\_DM1p1p12\_v01.mdb". en WBI2017\_Bovenrijn\_44-1\_v03

*Voor het traject 44-1 wordt gerekend met de DPa-database, met één uitvoerpunt per km. Voor de tussenliggende punten per 100 m wordt een inschatting gemaakt door vergelijking met de WBI-database.*

In de vervolgfase wordt bepaald of deze database onverkort van toepassing is. In deze fase is een indicatieve berekening van de WBN uitgevoerd voor drie locaties (uitvoerpunten). Tabel 3-3 geeft de resultaten weer.

#### HBN

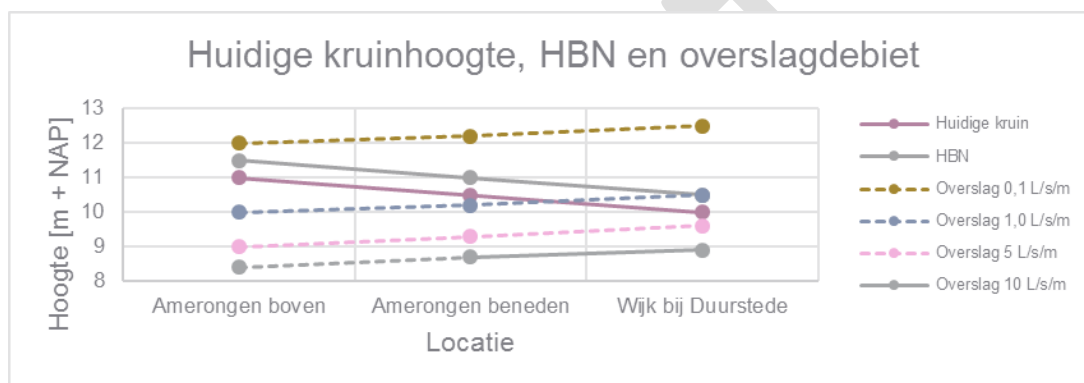
Het hydraulisch belasting niveau wordt bepaald in Hydra NL aan de hand van de hoogte-eis. *Voor ontwerpen in de verkenningsfase wordt uitgegaan van een maximaal toelaatbaar overslagdebiet van 5 l/s/m voor de uiterste grenstoestand [1].* In bijlage A van SNU [1] is

## UW WATERSCHAP

reeds de berekening van de HBN's per overslagdebiet van 10 l/s/m, 5 l/s/m en 1 l/s/m beschikbaar.

Het effect op de ontwerpkeuzes bij aanpassingen van het toelaatbare overslagdebiet wordt nader beschouwd in de gevoeligheidsanalyse. *Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen een debiet van 10, 5, 1 en 0,1 L/s/m [1].*

In Tabel 3-2 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is het effect (indicatief) van vereiste overslagdebiet op de eis aan de hoogte van de kruinligging (HBN) aangegeven. Ook is de huidige kruinhoogte weergegeven.



Figuur 3-2: Relatie kruinhoogte, HBN per overslagdebiet (indicatief)

In de aanvullende analyses zal in acht genomen worden dat:

*In tegenstelling tot het OI2014v4 is een onzekerheidstoeslag van 0,30 m op zowel de WBN als het HBN niet meer van toepassing.* N.B. hierbij zijn onzekerheden uit-geïntegreerd.

*Op basis van deze uitgangspunten zijn de HBN bij verschillende overslagdebieten en de WBN berekend voor punten langs de dijk met een tussenafstand van 100 m. Deze zijn opgenomen in bijlage A [1].*

*In het ontwerp wordt rekening gehouden met de hydraulische randvoorwaarden aan het einde van de levensduur. Deze worden bepaald door lineaire interpolatie tussen de berekende waarden.*

### Golfbelasting

De golfbelasting voor de veiligheids- en ontwerpogave van de buitenbekleding zal bepaald worden met Hydra -NL waarbij voor de *Gras Erosie Buitentalud (GEBU)* een golfbelasting wordt gehanteerd met een terugkeertijd van 1 / 222.222 per jaar (dit is de faalkanseis per doorsnede, zie paragraaf 6.2.3 van [1]). Tevens wordt rekening gehouden met een aantal verschillende onzekerheden, bijvoorbeeld de waterstand, golfhoogte en golfperiode.

### Waterstanden

Tabel 3-3 geeft voor drie punten de Waterstand bij Norm (WBN) voor het traject WAM *De waterstand bij val na hoogwater volgt voor het bovenrivierengebied uit het waterstandsverloop en is de waterstand die 240 uur na de lokale topwaterstand optreedt.*

## UW WATERSCHAP

*Dit waterstandsverloop is niet te bepalen met de waterstandsverlooptool van het WBI.*

De aanbevelingen uit de KPR factsheet 'Omgang met macro-stabiliteit buitenwaarts' versie 2 worden hierbij meegenomen. Belangrijk hierbij is de wijze van schematiseren van de freatische lijn.

Voor de gemiddelde waterstand en het gemiddeld laagwater is gebruik gemaakt van het Tienjarig overzicht 1981-1990. Ter weerszijden van de stuw bij Amerongen zijn de waterstanden apart berekend voor "Amerongen boven" en "Amerongen beneden". Alle waterstanden zijn op dit moment indicatief (gekleurd).

Tabel 3-3: Tienjarig overzicht 1981 - 1990 afvoeren en waterstanden, Ministerie Infrastructuur en Waterstaat

Dijkpaal nummer	Illustratiepunt	WBN (T=10.000) [m + NAP]	**Gem. waterstand [m + NAP]	***Gem. laagwater [m + NAP]
Amerongen boven	NR_1_44- 1_dk_00231	9,506	5,81	3,63
Amerongen beneden	NR_1_44- 1_dk_00282	9,076	3,42	2,48
Wijk bij Duurstede	NR_1_44- 1_dk_00318	8,926	3,08	2,28

\* WBN met als zichtjaar 2073 is bepaald in Hydra NL. Interpolatie tussen de klimaatscenario's 2050 en 2100

\*\*Gemiddelde waterstand is bepaald op basis van de 50%

\*\*\*Gemiddeld laagwater is bepaald op basis van een meetreeks van 10 jaar, waarbij het gemiddelde is genomen van de laagste waterstanden in deze periode.

Per dijkpaal de volgende buitenwaterstanden vaststellen voor zichtjaar 2073:

- Waterstand Bij Norm (WBN)
- Waterstand bij golfoverslag 1 l/m/s
- Gemiddelde Hoog Water (GHW)
- Gemiddelde Laag Water (GLW)
- Gemiddelde waterstand
- Extreem Laag Water LW<sup>1/10</sup>

### Grondwaterstand (polderpeilen)

*Het polderpeil volgt uit het peilbesluit voor het betreffende peilvak. In de uiterste grenstoestand wordt er rekening mee gehouden, dat het polderpeil op maaiveldniveau staat.*

### 3.6.3 Overige belastingen

#### Verkeersbelasting

*Bij de UGT mag ervan uit worden gegaan, dat er geen verkeersbelasting op de dijk is.*

Dit betreft een realistische keuze op grond van aanbevelingen in de KPR-factsheet Verkeersbelasting en macrostabiliteit (versie 28 juli 2016).

*De verkeersbelasting bij lagere dan maatgevende omstandigheden (BGT) is beschreven in paragraaf 6.2.4 van de SNU.*

Bij de overige situaties zal een verkeersbelasting van 13,3 kN/m<sup>2</sup> worden aangehouden op een breedte van 2,5 m.

---

## UW WATERSCHAP

---

### Ijsbelasting

*Ijsbelasting wordt in Nederland niet gezien als een bedreiging voor de dijken. Wanneer ijsvorming in combinatie optreedt met hoge waterstanden of zware golfaanval, kan wel dijkbekleding beschadigen, waardoor erosie kan optreden. Gelet op de gemiddelde temperatuur van het rivierwater (o.a. door koelwaterlozingen) wordt de kans op deze belastingcombinatie verwaarloosbaar geacht.*

*In het ontwerp wordt geen rekening gehouden met ijsbelasting.*

### Golfbelasting scheepvaart

*Op veel plekken ligt de vaargeul ver van de dijk door de aanwezigheid van voorland. De golfbelasting door scheepvaart is op die plaatsen verwaarloosbaar. Op de dijkvakken met smal voorland of schaaldijken speelt golfbelasting mogelijk wel een rol.*

*In het ontwerp wordt waar nodig rekening gehouden met golfbelasting door scheepvaart.*

### Aanvaringen en drijvende voorwerpen

*Een aanvaring met een schip of een ander groot drijvend voorwerp zal zelden voorkomen. In extreme omstandigheden mag ervan uit worden gegaan, dat de scheepvaart wordt stilgelegd. Echter, tijdens een storm kan een schip stuurloos of op drift raken en de waterkering treffen. Dit is alleen een gevaar voor schaaldijken (bij normale waterstanden) en sluizen en voor dijken waar de maatgevende omstandigheden storm gedomineerd zijn.*



## UW WATERSCHAP

### 4 Omgeving

#### 4.1 Opgave

De uitgangspunten die in dit hoofdstuk worden benoemd zijn gericht op de wijze waarop belangen, wensen en zorgen uit de omgeving worden betrokken in het ontwerpproces. Deze zijn onderdeel van het borgen van een integraal ontwerp waarin we technische en ruimtelijke uitgangspunten en omgevingswensen meenemen.

De effecten van de dijkversterking op de omgeving worden gedurende het project beoordeeld. Dit gebeurt per thema, zoals ecologie, bodem, archeologie, cultuurhistorische en landschappelijke waarden, verkeer, grondverwerving en kabels en leidingen. Belangrijkste uitgangspunt is het streven dat op deze thema's geen verslechtering optreedt. We doen dit door ernaar te streven dat het gebied netjes achterblijft na het werk. Dit noemen we een goede 'inpassing'.

Daarnaast wil het waterschap op zoek gaan naar mogelijkheden om het gebied nog mooier of beter te (laten) maken dan het nu al is. Dit noemen we de 'gebiedsopgave'. Dit doen we onder meer door anderen de ruimte te geven hun ideeën mee te realiseren met de dijkversterking ('koppelkansen') of door andere projecten om de ruimtelijke kwaliteit te verhogen. Hier zijn wel belangrijke voorwaarden aan verbonden. Dit is in paragraaf 4.3.3 nader toegelicht.

Daarmee onderscheiden we drie type opgaven rond de dijkversterking die nauw met elkaar verweven zijn: de veiligheidsopgave (hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**), de gebiedsopgave (paragraaf 4.3) en de inpassingsopgave (hieronder, hoofdstuk 4.4). In onderstaand kader lichten we dit nader toe.

#### Verskil Inpassingsopgave & gebiedsopgave

##### *Inpassingsopgave*

De inpassingsopgave betreft het op een goede wijze inpassen van de dijkversterkingsmaatregelen rondom bestaande waarden en functies, zodat het niveau van omgevingskwaliteit behouden blijft. Deze inpassingsopgave is een wettelijk verplicht onderdeel van dit project.

In het Ruimtelijk Kwaliteitskader Lekdijk zijn de belangrijkste waarden en functies van het gebied reeds geïnventariseerd. Dit zijn natuurwaarden, landschappelijke, cultuurhistorische en archeologische waarden en recreatieve waarden. De functie van de dijk is naast het keren van water ook het faciliteren van economisch, bestemmings- en recreatief verkeer. Uitgangspunten met betrekking tot het inpassen van functies zijn opgenomen in dit hoofdstuk. Uitgangspunten met betrekking tot de ruimtelijke kwaliteit zijn opgenomen in hoofdstuk 5.

##### *Gebiedsopgave*

Onder de gebiedsopgave verstaan we het behalen van zoveel mogelijk maatschappelijke meerwaarde met de dijkversterking, bijvoorbeeld door het benutten van koppelkansen. Dit is een belangrijke ambitie van het waterschap. Zo kunnen de totale maatschappelijke kosten voor de dijkversterking of voor projecten in de omgeving lager uitvallen, omdat

## UW WATERSCHAP

maatregelen voor waterveiligheid tegelijk worden uitgevoerd met maatregelen voor bijvoorbeeld natuur, bereikbaarheid of recreatie. Eventuele meerkosten voor het realiseren van dergelijke koppelkansen worden niet door het HWBP gesubsidieerd. Hiervoor is aanvullende financiering nodig van derden.

In de beschrijving van de huidige situatie in de [i-report](#) is een overzicht opgenomen van de kansen die tot nu toe zijn geïdentificeerd. We nodigen belanghebbenden uit om mee te denken en ideeën of kansen in te dienen.

### *Raakvlakprojecten*

Tot slot spelen er nog diverse raakvlakprojecten in de omgeving die relevant kunnen zijn voor de dijkversterking, maar die niet direct een koppelkans vormen. Het gaat daarbij om projecten waar reeds besluitvorming over heeft plaatsgevonden of die reeds in uitvoering zijn. We zorgen ervoor dat er goede afstemming plaatsvindt met deze projecten.

#### **4.2 Participatie: betere plannen door samenwerking**

We werken vanuit de visie dat we de beste oplossingen vinden door belangen, wensen en eisen vanaf de start integraal te bekijken. Deze integraliteit bereiken we het beste als belanghebbenden zelf mee ontwerpen: mensen kunnen immers zelf het beste aangeven wat ze belangrijk vinden. Deze manier van werken met enerzijds vroegtijdige intensieve participatie en anderzijds integrale planvorming is volledig in de geest van de nieuwe Omgevingswet.

Om dit mogelijk te maken is het eerst nodig om alle belangen en belanghebbenden in beeld te brengen. Voor het ophalen van belangen, wensen en eisen voor het dijkontwerp onderscheiden we meerdere groepen belanghebbenden, namelijk uit de eigen organisatie (HDSR), particulieren, (semi) professionele organisaties, instellingen en belangenverenigingen, andere overheden en bestuurlijke belanghebbenden.

In de afgelopen projectfase hebben we een eerste inventarisatie van belangen en stakeholders opgesteld. Aan elke stakeholder is een participatieniveau gekoppeld. Hoe hoger het participatieniveau, hoe intensiever het contact met de stakeholders is ingezet en wordt onderhouden. Uit de contactmomenten filteren we zoveel mogelijk wensen en koppelkansen. Een deel hiervan wordt uiteindelijk in het voorkeursalternatief (VKA) vastgelegd. Een uitputtende lijst van stakeholders, hun belangen en wensen en mogelijke koppelkansen wordt door de projectorganisatie geregistreerd. (zie paragraaf 4.3.1 – Wensen).

LET OP: De inventarisatie van wensen en kansen loopt door tot het moment dat de kansrijke oplossingen worden beoordeeld en gewogen. In het i-report is een deel van de geïnventariseerde wensen en kansen opgenomen in een zogenaamde koppelkansen kaart.

In onderstaande tabellen is aangegeven wat de uitgangspunten zijn voor de betreffende stakeholders als het gaat om ophalen, valideren en honoreren van wensen en koppelkansen. Het proces van honoreren/afwijzen moet nog nader worden uitgewerkt. Uitgangspunt daarbij is dat er een gezamenlijk advies wordt gegeven door omgevings- en technische deskundigen. De finale besluitvorming hierover ligt bij het waterschap.

## UW WATERSCHAP

Particulieren		
Belanghebbende	Belangen	Participatie niveau
Bewoners aan of op de dijk	Bereikbaarheid, leefbaarheid, uitzicht, behoud woning	Meedoen
Bewoners en bedrijven in invloedssfeer van de dijk, wijk/buurtverenigingen	Bereikbaarheid, recreatieve mogelijkheden	Informeren of afstemmen
Grond-/vastgoedeigenaren (particulier of organisaties)	behoud gronden/vastgoed, bereikbaarheid, leefbaarheid	Meedoen of ad-hoc meedoen
Agrarische ondernemers, pachters, LTO en andere bedrijven op de dijk.	Doorgang bedrijfsvoering, bereikbaarheid, leefbaarheid	Meedoen
Recreatie: Jachthavens (2), Stichting Wijk nog Leuker, recreanten.	Goede recreatieve ontsluiting, fiets- en wandelinfrastructuur	Meedoen, afstemmen of informeren
Weggebruikers, Ton Paulus veerbedrijf, Veerdienst Amerongen	Bereikbaarheid, doorgang bedrijfsvoering	Informeren of afstemmen

## (semi) Professionele organisaties, instellingen en belangenverenigingen

Belanghebbende	Belangen	Participatie niveau
Terrein Beherende Organisaties (o.a. Kolland, Utrechts Landschap, Staatsbosbeheer)	Natuurontwikkeling, ruimtelijke kwaliteit, beheerbaarheid gronden.	Participeren
Belangenorganisaties recreatie: Fettersbond, Wandelbond, Hengelsportvereniging	Goede recreatieve ontsluiting, fiets- en wandelinfrastructuur	Ad hoc betrekken
Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed	Behoud monumenten en historie	Ad hoc betrekken
Regionaal Historisch Centrum ZO Utrecht, Historische kring tussen Rijn en Lek, culturele verenigingen	Kennis over het gebied uitbreiden en verdiepen	Ad hoc betrekken
Natuur- en milieuorganisaties, zoals VNMW Wijk bij Duurstede	Goede natuurwaarden	Ad hoc betrekken



## UW WATERSCHAP

Netbeheerders	Onverstoord functioneren kabel of leiding	Ad hoc betrekken
---------------	---	------------------

### Overheden en bestuurlijke stakeholders

Belanghebbende	Belangen	Rol	Participatie niveau
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	Goede projectuitvoering, dijkveiligheid, grondwater, waterkwaliteit, beheersbaarheid dijk	Initiatiefnemer, beheerder	Initiatiefnemer
Provincie Utrecht	Waterveiligheid, natuur, recreatie, cultuurhistorie, ruimtelijke inrichting en kwaliteit	Bestuurlijke partner, bevoegd gezag, investeerder	Consensus
Gemeente Wijk bij Duurstede	Leefbaarheid inwoners, verkeersveiligheid en bereikbaarheid, monumentenzorg	Bevoegd gezag, wegbeheerder, bestuurlijke partner, investeerder	Consensus
Gemeente Utrechtse Heuvelrug	Leefbaarheid inwoners, verkeersveiligheid en bereikbaarheid, monumentenzorg	Bevoegd gezag, wegbeheerder, bestuurlijke partner, investeerder	Consensus
Rijkswaterstaat	Beschikbare afvoer- en bergingscapaciteit van het rivierbed, veilige doorstroming scheepvaart, waterkwaliteit	Bevoegd gezag (Rivierbeheerder, nautisch beheerder) beheerder prinses Irenesluis, investeerder (KRW-doelen)	Consensus
Programmadirectie HWBP	Veiligheid m.b.t. hoogwater op grote rivieren, sobere en doelmatige besteding subsidiegelden, vlotte realisatie van projecten	Subsidieverstrekker, toetsen eindresultaat, bewaken tempo	Informereren en afstemmen
Gebiedscoöperatie O-Gen	Realisatie van gebiedsontwikkeling in Lunenburgerwaard, o.a. natuur recreatie en agrarische herstructurering	Institutionele/bestuurlijke partner, verzilveren koppelkansen	Participeren
ILT Inspectie Leefomgeving en transport	Waterveiligheid	Toetsen veiligheidsoordeel, toezicht op zorgplicht beheerder primaire keringen	Ad hoc betrekken

## UW WATERSCHAP

Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat	Waterveiligheid	Stelt normen dijkveiligheid, vaststellen beschikking	Informereren
Andere gemeenten langs de Lekdijk	Projectoverstijgende thema's zoals spelregels koppelkansen en samenhang ruimtelijke kwaliteit	Bestuurlijke partners	Informereren
Veiligheidsregio Utrecht (VRU)	Veiligheidsbewustzijn bij bewoners, goede evacuatie routes	Afstemming met burgemeesters	Informereren

### 4.3 Uitgangspunten omgang met wensen en zorgen uit de omgeving

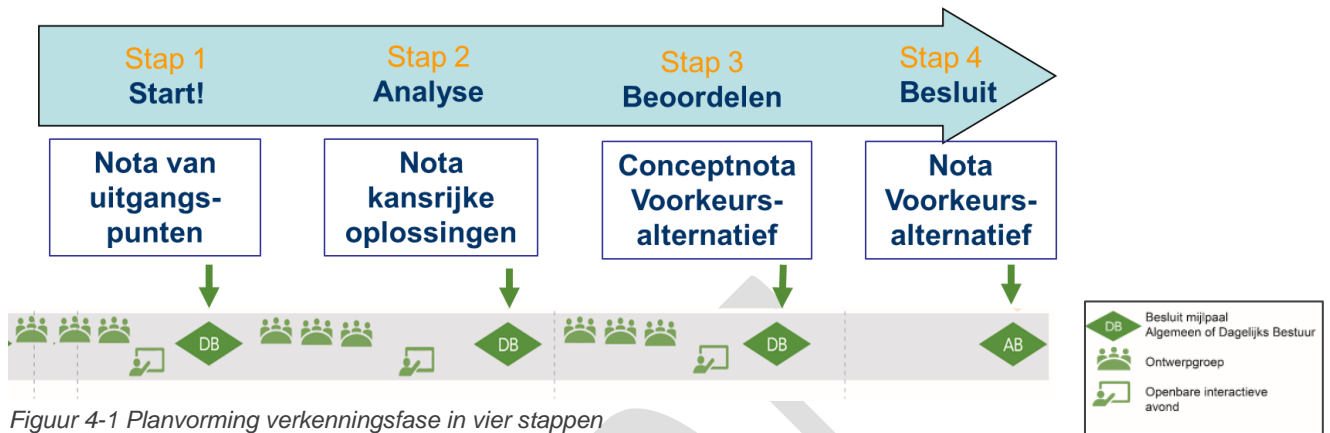
De uitgangspunten die in dit hoofdstuk worden benoemd zijn gericht op de wijze waarop wensen en zorgen uit de omgeving worden betrokken in het ontwerpproces. Gedurende de verkenning kunnen aanvullende belangen en wensen van stakeholders worden toegevoegd. Dit is onderdeel van het borgen van een integraal ontwerp waarin technische en ruimtelijke uitgangspunten en omgevingswensen zijn meegenomen.

In deze vroege fase van de dijkversterking is in beperkte mate al zicht op wat belanghebbenden belangrijk vinden. Dit brengen we gaandeweg steeds nauwkeuriger in beeld. Dit doen we onder meer via de volgende stappen:

- We werken van grof naar fijn. In de verkenningsfase komen we in vier stappen tot een plan, waarin steeds nauwkeuriger oplossingen en effecten in beeld brengen.
- Belanghebbende particulieren, lokale verenigingen, organisaties en overheden betrekken we vanaf het begin bij het ontwerpproces. We organiseren daarvoor onder meer een "Ontwerpgroep", waarin actieve bewoners, lokale ondernemers en andere belanghebbenden kennis, belangen en ideeën inbrengen om tot het beste ontwerp te komen. Voorafgaand aan belangrijke mijlpalen organiseren we minimaal één openbare, interactieve informatieavond.
- In werkplaatsen met 'experts' vanuit alle mogelijke partijen verdiepen we issues en kansen die zijn gekoppeld aan specifieke thema's zoals verkeer of natuur (niet opgenomen in onderstaand figuur).
- Indien nodig halen we in bilaterale keukentafelgesprekken met direct belanghebbenden de benodigde informatie op, stemmen af wat mensen belangrijk vinden en wat oplossingen voor hen betekenen.
- Overheden betrekken we als gebiedspartners in een Ambtelijke Werkgroep en een Bestuurlijk Overleg.

Dit is gevisualiseerd in Figuur 4-1:

## UW WATERSCHAP



Figuur 4-1 Planvorming verkenningfase in vier stappen

Communicatie is hierbij een belangrijk aspect. Alleen door goed te luisteren en helder te vertellen is het mogelijk om tot een goede (wederzijdse) samenwerking met belanghebbenden te komen. Hiervoor hanteren we de volgende uitgangspunten:

- We luisteren en voeren gerichte dialoog, zijn oprecht geïnteresseerd, onderzoeken belangen in de omgeving proactief en nemen deze serieus.
- We proberen eventuele onvrede zo vroeg mogelijk in de verkenning weg te nemen. Tegelijk realiseren we ons dat in een dergelijk complex project het onmogelijk is om iedereen tevreden te stellen.
- We houden een open, uitnodigende en proactieve houding aan voor koppelkansen. Wij zijn open over het proces, de voortgang en onze manier van werken. We streven naar meerwaarde voor alle partijen.
- We maken transparante afwegingen en delen deze tijdig met de betreffende partijen. Tegelijk zijn we duidelijk in zowel de mogelijkheden als de onmogelijkheden.

Communicatie en participatie zijn dynamische processen, die voortdurend worden beïnvloed door interne en externe ontwikkelingen. Om te zorgen dat de communicatie- en participatieaanpak op de juiste wijze blijft verlopen, monitoren we het proces voortdurend en stellen we waar nodig bij. We nodigen belanghebbenden dan ook graag uit om aan te geven als het beter of anders kan.

### 4.3.1 Wensen

Op dit moment is er nog geen compleet overzicht op de specifieke wensen van bewoners en bedrijven langs de dijk. Ook de wensen die kenbaar zijn gemaakt vanuit mede-overheden waarvan beoordeeld moet worden of zij in het dijkontwerp kunnen worden betrokken, zijn nog niet allemaal in beeld.

We werken met een klanteis specificatieproces (KES). Dit betekent dat wensen en kansen bij iedere mijlpaal in het ontwerpproces beoordeeld worden of deze worden gehonoreerd (of niet) en verder meegenomen in dijkontwerp. Als wensen en kansen worden gehonoreerd typeren we deze als 'klanteis'. Een voorbeeld van een wens is dat een boerderij tijdens de werkzaamheden altijd bereikbaar moet blijven voor de melkvrachtwagen.

Van belanghebbenden vragen we daarom zo concreet mogelijk aan te geven waar we rekening mee moeten houden bij het plan voor de dijkversterking of tijdens de

## UW WATERSCHAP

werkzaamheden. Dit betekent overigens niet dat we ook alle wensen kunnen honoreren. We streven ernaar daar zoveel mogelijk rekening mee te houden.

### 4.3.2 Zorgen

Ook de zorgen zijn niet uitputtend inzichtelijk op dit moment. Zorgen zijn vaak te identificeren als de tegenhangers van de wensen. Voor zover inzichtelijk gaat het bijvoorbeeld om de volgende zaken (bron: belevingswaardeonderzoek 2017):

- Een verslechtering van de verkeersveiligheid.
- Bereikbaarheid van (agrarische) bedrijven en woningen tijdens de realisatie.
- Toename van autoverkeer, motoren en wielrenners door toenemende initiatieven en recreatiedruk in het gebied.
- De veiligheid van de dijk tijdens de uitvoering van werkzaamheden.

Ook met zorgen die er leven willen we zoveel als mogelijk rekening houden.

### 4.3.3 Uitgangspunten en spelregels omgang met koppelkansen

<NB>

## 4.4 **Uitgangspunten conditionerende aspecten**

Conditionering betreft de onderzoeken en voorbereidingen in de fysieke omgeving die nodig zijn om effecten te beoordelen en om de dijk te kunnen versterken in de realisatiefase.

Daarbij gelden de volgende algemene uitgangspunten:

- Tenminste voldoen aan wet- en regelgeving;
- Bestaande functies en waarden buiten het wettelijk kader zo veel mogelijk behouden en/of terugbrengen.
- Uitvoering van de dijkversterking en eventuele koppelkansen en raakvlakprojecten veroorzaken zo min mogelijk overlast en hinder.

In de i-report op tabblad 'dijk en omgeving' zijn de reeds uitgevoerde onderzoeken beschreven. Hieronder vatten we per thema de uitgangspunten voor het ontwerp, de onderzoeken en voorbereidingen in de rest van de verkenningsfase samen, met een doorkijk naar de vervolgfases.

### 4.4.1 Ecologie

De Wet natuurbescherming (Wnb) voorziet sinds 1 januari 2017 in de wettelijke bescherming van planten- en diersoorten. De basis wordt gevormd door de zorgplicht (artikel 1.11) voor bescherming van gebieden (Natura 2000-gebieden en bijzondere nationale natuurgebieden) en de bescherming van soorten.

Naast de wettelijke bescherming geldt in Nederland de planologische bescherming van gebieden vastgelegd in het Natuurnetwerk Nederland (NNN; voorheen Ecologische Hoofdstructuur (EHS)). De bescherming van het NNN vindt plaats door toetsing van de bestemmingsplannen en omgevingsvergunningen aan het NNN-beleid.

### **Soortenbescherming**

Uit de bureaustudie Ecologie [31] blijkt dat de voorgenomen maatregelen (negatieve) effecten kunnen hebben op een selectie van beschermde soorten. De kans hierop is het

## UW WATERSCHAP

grootst bij het dempen en verondiepen van wateren in de directe omgeving van de Lekdijk. In het rapport Ecologie is een waarnemingenoverzicht van beschermde soorten opgenomen.

### Gebiedsbescherming

De gebiedsbescherming voorziet in de bescherming van natuurgebieden van Europees belang welke behoren tot het Natura 2000-netwerk. Deze gebieden worden beschermd om de gunstige staat van instandhouding van vogelsoorten, habitattypen en andere planten- en diersoorten te behouden en waar nodig te herstellen. Tussen Wijk bij Duurstede en Amerongen grenst de dijk aan twee N2000-gebieden, te weten Rijntakken en Kolland & Overlangbroek.

### Natuurnetwerk Nederland

Delen van het invloedsgebied zijn ook aangewezen als NNN en hebben natuurdoelen in de vorm van beheertypen. Afhankelijk van de uiteindelijke werkzaamheden kan het project leiden tot negatieve effecten op deze doelen.

Thema	Wettelijk kader	Uitgangspunten
<i>Ecologie</i>	Natuurbeschermingswet Provinciaal beleid	<ul style="list-style-type: none"> <li>We streven er eerst naar om negatieve effecten of verstoring te voorkomen. Indien dit toch noodzakelijk blijkt, zoeken we naar manieren om negatieve effecten te mitigeren of compenseren. Compensatie voeren we bovenlokaal uit, in overleg met het bevoegd gezag, als dit beter is voor de natuur.</li> <li>Voor de twee N2000 gebieden beperken we stikstofuitstoot van het project zo veel mogelijk. Indien de uitstoot hoger is dan de drempelwaarde, wordt het project aangemeld voor de PAS. Hiertoe wordt voor de worst case oplossingsrichting en de kansrijke alternatieven de stikstofdepositie berekend.</li> </ul>

#### 4.4.2 Bodem en (grond)water

Het vooronderzoek (water)bodem [32] is verricht op basis van onderzoeksprotocollen NEN 5725 (vooronderzoek landbodem) en NEN 5715 (vooronderzoek waterbodem). Voor dit vooronderzoek zijn alleen (digitale) gegevens over de locatie opgevraagd c.q. verkregen.

Thema	Wettelijk kader	Uitgangspunten
<i>Bodem</i>	Wet Bodembescherming Besluit uniforme Saneringen Waterwet Keur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wanneer locaties die potentieel verdacht dan wel verontreinigd zijn door de werkzaamheden worden geraakt, is het noodzakelijk om aanvullend bodemonderzoek uit te voeren. Dit vindt in principe in de planuitwerkingsfase plaats. Mogelijk</li> </ul>



## UW WATERSCHAP

wordt risico-gestuurd al vervolgonderzoek uitgevoerd in de Verkenningsfase.

- Grond (zand/klei) en andere materialen worden zo duurzaam en efficiënt mogelijk gebruikt. Hiertoe wordt voor de kansrijke alternatieven globaal de grondstromen in beeld gebracht.
- De dijkversterking mag geen significante negatieve effecten hebben op de (grond)waterhuishouding. Speciale aandacht gaat uit naar kwel in het N2000-gebied Kolland en Overlangbroek.

### 4.4.3 Archeologie

Het bureauonderzoek archeologie [33] is uitgevoerd conform protocol 4002 van de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA 4.0). Op basis van het bureauonderzoek zijn verschillende archeologische verwachtingszones in kaart gebracht.

Thema	Wettelijk kader	Uitgangspunten
<i>Archeologie</i>	Erfgoedwet, WRO, Waterwet Ontgrondingenwet Bestemmingsplan, gemeentelijke, provinciale of waterschapsverordeningen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij de AMK-terreinen worden archeologische resten in principe in situ behouden.</li> <li>• Bij geplande werkzaamheden in gebieden met een archeologische verwachtingswaarde wordt conform wettelijke richtlijnen nader onderzoek uitgevoerd (KNA-bureauonderzoek archeologie en evt. verkennend booronderzoek). Dit vindt in principe in de planuitwerkingsfase plaats.</li> </ul>

### 4.4.4 Landschap en cultuurhistorie

De dijk tussen Wijk bij Duurstede en Amerongen is een zeer fraai en afwisselend gebied. Dit varieert van weidse vergezichten richting Lek, het oude cultuurland richting Langbroek en zicht op de Heuvelrug. Het bevat een weelderig rijke historie, met nog vele zichtbare en minder zichtbare relictten waaronder de 'geboortegrond' van de Lekdijk. Ook zijn er vele verhalen te vinden rondom de dijk. Dit is het behouden meer dan waard. landschappelijke en cultuurhistorische waarden zijn in beeld gebracht met een bureauonderzoek [34].

Thema	Wettelijk kader	Uitgangspunten
<i>Landschap en cultuurhistorie</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Om te borgen dat landschappelijke en cultuurhistorische waarden worden behouden, dient de dijkversterking te voldoen aan het Kader Ruimtelijke Kwaliteit (zie Hoofdstuk 5).</li> </ul>

- We zetten een onafhankelijk team Omgevingskwaliteit (Q-team) in onder leiding van vml Rijksadviseur Eric Luiten, welke adviseert over behoud en verbetering van.

#### 4.4.5 Verkeer en mobiliteit

De huidige situatie en de wensbeelden met betrekking tot herinrichting zijn geïnventariseerd in een verkeerskundige studie[35]. De wegen op en rond de dijk zijn in beheer van de gemeenten Wijk bij Duurstede en Utrechtse Heuvelrug, uitgezonderd enkele opritten. We brengen (indien nodig) na realisatie minimaal dezelfde weginrichting weer terug. We zien echter ook dat in het gebied veel mensen de weg en dijk als verkeersonveilig ervaren. De twee gemeenten zoeken met de dijkversterking naar mogelijkheden om de verkeerssituatie te verbeteren.

Thema	Wettelijk kader	Uitgangspunten
Verkeer	Gemeentewet Wegenverkeerswet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het project mag de huidige verkeerssituatie na realisatie niet verslechteren. Dit wordt geborgd door een verkeerskundige effectanalyse voor de kansrijke alternatieven</li> <li>• Uitgangspunt is dat bereikbaarheid van bedrijven, bewoners en voor nooddiensten geborgd blijft tijdens realisatie en daarna.</li> <li>• Tijdens uitvoering beperken we verkeershinder zo veel mogelijk.</li> </ul>

#### 4.4.6 Kabels en leidingen (K&L)

Kabels en leidingen in, langs, door of onder de waterkering worden verlegd conform de Beleidsregel kabels en leidingen in, op of langs waterkeringen van HDSR. Voor de inpassing in het ontwerp wordt in de verkenningsfase een inventarisatie, knelpuntenanalyse en verleggingsplan opgesteld. Bij het verplaatsen van kabels en leidingen, maar ook van andere niet waterkerende objecten, wordt rekening wordt gehouden met de ruimte die nodig is voor toekomstige dijkversterkingen. Het benodigde ruimtebeslag zal als profiel van vrije (PVR) ruimte worden opgenomen in de legger.

We zien de wens tot aanleg van glasvezelkabel in het buitengebied. K&L in de dijk zijn echter niet gewenst vanwege de veiligheid. We zoeken daarom mogelijkheden om deze wens te faciliteren anticiperend op de komende dijkversterking.

#### 4.4.7 Niet Gesprongen Conventionele Explosieven (NGCE)

Veilig werken staat boven alles. Niet gesprongen explosieven, bijvoorbeeld uit WO-II, behandelen we met de grootste zorgvuldigheid. Hiervoor is een vooronderzoek uitgevoerd [36]. Daaruit blijkt dat op enkele plaatsen verdacht gebied is. Bij graafwerkzaamheden in deze gebieden volgen we wettelijk verplichte stappen om mogelijke explosieven veilig te identificeren en onschadelijk te maken.

## UW WATERSCHAP

Thema	Wettelijk kader	Uitgangspunten
<i>Ecologie</i>	Gemeentewet Arbeidsomstandighedenwet, Bestemmingsplan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het historisch vooronderzoek bevat voldoende detailniveau voor de afweging tussen de kansrijke oplossingen in de verkenningfase.</li> <li>• Indien (grond)werkzaamheden aan de dijk plaatsvinden op verdachte locaties volgen we voor de veiligheid de wettelijk verplichte vervolgstappen in explosievenopsporing.</li> </ul>

### 4.5 Grondverwerving

Het beleid van waterschap is vastgelegd in de Kadernota grondzaken en vastgoed 2015-2020. HDSR zal bij dijkversterking actief gronden verwerven. Het waterschap acht dit de beste garantie voor noodzakelijk en doelmatig uitvoeren van beheer en toekomstige dijkversterkingen.

Om de dijkversterking uit te kunnen voeren moet HDSR tijdig kunnen beschikken over de benodigde grond. In mei 2018 heeft het algemeen bestuur daarvoor een strategie vastgesteld (zie onderstaand figuur, bron: [Beleid grondverwerving](#)). Dit vormt de basis om een grondverwervingsplan op te stellen specifiek voor de dijkversterking tussen Wijk bij Duurstede en Amerongen.



Grondverwerving is geen doel op zich, maar een noodzakelijke voorwaarde om de dijk te kunnen versterken. Uitgangspunt is dat we tot het uiterste streven naar een minnelijke afspraak met eigenaren die voor alle partijen acceptabel is. Vanwege het grote belang van de dijkversterking zijn we bereid om als ultimo remedium over te gaan tot het inzetten van juridische instrumenten uit de Onteigeningswet en Waterwet (gedoogplicht). Het grondverwervingsproces begint vanaf de vaststelling van het voorkeursalternatief als globaal duidelijk is geworden wat het (uiteindelijke) ruimtebeslag wordt.

### 4.6 Uitgangspunten vergunningen en procedures

De procedure voor de dijkversterking kent twee parallelle besluitvormingsprocedures: de lijn volgens de Waterwet (Projectplan) en de lijn van de Wet op de milieu-effect-rapportage (m.e.r.-procedure). Daarnaast moeten diverse andere procedures worden gevolgd en vergunningen worden verleend om (delen van) het werk mogelijk te maken. Voor de

---

## UW WATERSCHAP

---

kansrijke alternatieven wordt in beeld gebracht welke procedures moeten worden doorlopen en welke vergunningen aangevraagd.

Belangrijkste uitgangspunten zijn:

- De dijkversterking moet voldoen aan de eisen uit de Waterwet. Om dit aan te tonen doorlopen we de Projectplan Waterwet procedure (in de planuitwerkingsfase).
- De dijkversterking doen we conform de Wet op de milieu-effect-rapportage. De aanwezigheid van Natura 2000 gebieden maakt naar verwachting een Passende Beoordeling (in de planuitwerkingsfase) en een plan-m.e.r. noodzakelijk. In de verkenningsfase starten we de m.e.r.-procedure formeel op met een Notitie Reikwijdte en Detailniveau geldig voor het gehele project Sterke Lekdijk.
- De dijkversterking moet passen binnen de Wet op de ruimtelijke ordening. Om dit mogelijk te maken doorlopen we indien nodig de bestemmingsplanprocedure in de planuitwerkingsfase.
- In de planuitwerkingsfase worden de hoofdvergunningen aangevraagd (o.a. Omgevingsvergunningen, Nbw-vergunning / ontheffing flora en fauna, Ontgrondingenvergunning of melding).
- Omdat de Omgevingswet nog niet geheel is uitgekristalliseerd werken we als overheden gezamenlijk en gecoördineerd om te leren werken met de instrumenten uit deze wet, met name het Projectbesluit. Hiermee anticiperen we op de inwerkingtreding van de Omgevingswet, nu voorzien vanaf 2021. Mocht de inwerkingtreding verder worden uitgesteld, gaan we uit van een gecoördineerde aanpak conform de Projectplanprocedure uit de Waterwet.
- We anticiperen we op de Omgevingswet door Vroegtijdige participatie; een Integraal ontwerpproces; Bevorderen inzichtelijkheid, voorspelbaarheid en gebruiksgemak voor belanghebbenden; Vlotte en kwalitatief goede besluitvorming over het project; Digitaliseren van plannen en van onderlinge verbindingen tussen betrokken overheden; Onderling informatiemanagement; Transparante en toegankelijke informatievoorziening naar belanghebbenden;

## 5 Ruimtelijke kwaliteit

### 5.1 Opgave

In 2016 is voor de gehele Noordelijke Rijn- en Lekdijk Amerongen – Schoonhoven een kwaliteitskader opgesteld [37].

Dit kwaliteitskader verwoordt de ruimtelijke opgave voor de dijk in een visie die uit 7 hoofdpunten met steeds een aantal sub-punten bestaat. De 7 hoofdpunten zijn:

1. Ontwikkel de dijk als een leesbare en krachtige verdediging tegen het water.
2. Maak de geschiedenis van de dijk zichtbaar.
3. Geef vorm aan het landschap vanuit historische inspiratie.
4. Maak de dijk een beleving voor alle gebruikers;
5. Gebruik de dijk als ecologische verbinding.
6. Maak een zichtbare relatie tussen de dijk en kruisende structuren over de rivier.
7. Behoud en verbeter woonplekken en beplantingsstructuren.

### 5.2 Uitgangspunten

De 7 hoofdpunten met sub-punten uit het kwaliteitskader vormen uitgangspunt voor deelproject Wijk bij Duurstede - Amerongen. Hier worden deze uitgangspunten aangescherpt en specifieker gemaakt voor dit project. Daarbij is de hoofdstructuur letterlijk overgenomen uit het kwaliteitskader Sterke Lekdijk, de aanscherping is hier in de vorm van bullits aan toegevoegd.

#### 5.2.1 Punt 1: Ontwikkel de dijk als leesbare en krachtige verdediging tegen het water.

##### **a) Houd de dijk grootschalig en continue.**

De dijk tussen Wijk bij Duurstede en Amerongen is een helder en kenmerkend element in het subtiel veranderende rivierenlandschap. Het is van belang de beleving van de dijk over de gehele lengte als autonoom, herkenbaar en grootschalig element te behouden.

- Versterk de dijk als een continu lijnelement met een zo lang mogelijk aaneengesloten dijkprofiel en zo min mogelijk profielovergangen.

##### **b) Zorg voor een zichtbare hoofdvorm met een smalle kruin.**

Om de herkenbaarheid van de dijk als autonoom en scherp element in het landschap te behouden is het wenselijk om het karakteristieke profiel (met relatief steile taluds en smalle kruin) zoveel mogelijk te behouden.

- Voor dit tracé heeft vanuit landschappelijke karakteristieken, en het waarborgen van een herkenbaar profiel, een vierkant dijkprofiel de voorkeur. Waar dit vanuit waterveiligheid niet mogelijk is gaat de voorkeur uit naar een profiel met één berm (bij voorkeur binnendijs). Een dijk met zowel binnen- als buitendijs een berm is niet wenselijk omdat de hoofdvorm dan duidelijk minder zichtbaar is.
- Het dijktaald heeft een helling van 1:3 of steiler. (AT – Afstemming Techniek)
- Voorkeur voor een getailleerd profiel (een taald waarbij de helling toeneemt naar de kruin toe).

## UW WATERSCHAP

- Houd de 'kop' van de dijk in verhouding tot het gehele grondlichaam inclusief bermen voldoende hoog (minimaal  $\frac{3}{4}$  hoogte van het totale grondlichaam van de dijk). (AT)
- Zorg voor een scherpe knik tussen het maaiveld en de teen van de dijk. Waar een 'pipingberm' toegepast is/wordt is eveneens een scherpe knik gewenst op de plek waar het dijktalud en de berm elkaar kruisen.
- Houd dijkopgangen ondergeschikt aan de hoofdvorm van de dijk. (AT)

### **c) Maak technische oplossingen subtiel zichtbaar.**

(AT – Afstemming Techniek)

### **d) Ontwikkel en beheer de dijk als een grens tussen twee werelden die doorlopen tot boven aan de dijk.**

De dijk in dit traject vormt zowel visueel-ruimtelijk als functioneel-ruimtelijk een heldere scheidslijn. Dit contrast tussen binnen- en buitendijks is karakteristiek voor dit traject en een belangrijke kwaliteit.

Binnendijks is de historische cope-ontginning min of meer haaks op de dijk georiënteerd. De landbouw heeft van oudsher een belangrijke rol gespeeld in het beheer en onderhoud van de dijk. Dit is nu op veel plekken nog steeds zichtbaar door de afrastering die direct aan de kruin grenst.

Het buitendijkse gebied heeft een natuurlijke uitstraling waar de oriëntatie van landschappelijke elementen (geulen, beplantingen) meer parallel aan de rivier (en dijk) georiënteerd is. Het contrast tussen binnen- en buitendijks is een belangrijke kwaliteit die met deze dijkversterkingsopgave verder benut kan worden.

- Streef naar een aaneengesloten natuurgebied in de uiterwaarden en een dijktalud met bloemrijk grasland aan de zuidzijde van de dijk. Eventuele hekken staan hier niet bovenop de kruin maar juist bij de dijk- of bermvoet.
- Streef binnendijks naar zoveel mogelijk aaneengesloten agrarische gronden langs de dijk die visueel en functioneel doorlopen tot aan de kruin met behoud/herstel van afrastering bovenop de kruin.

### 5.2.2 Punt 2: Maak de geschiedenis van de dijk beter zichtbaar.

#### **a) Behoud bijzondere kronkels in het tracé.**

De dijk kan gezien worden als een 900-jarig monument in het landschap. Op het tracé van de dijk tussen Wijk bij Duurstede en Amerongen hebben nauwelijks profielverschuivingen plaatsgevonden waardoor de dijk vrijwel volledig het oorspronkelijke tracé volgt. Dit is een unieke kwaliteit die bij deze dijkversterkingsopgave als uitgangspunt geldt. De belangrijkste uitzondering hierop ligt bij de Sluis Amerongen waar een kronkel in de dijk is rechtgetrokken bij de aanleg van het kunstwerk. De oude dijk is hier overigens niet afgegraven.

- Bij de dijkversterking wordt uitgegaan van behoud van het bestaande (oorspronkelijke) tracé.
- Houd rekening bij de aanleg van eventuele nieuwe bermen dat de bestaande kronkels niet vervagen.

**b) Behoud (en zo mogelijk herstel) historische elementen die de strijd tegen het water laten zien.**

- Hoefslagpaaltjes behouden en mogelijk terugbrengen.
- Peilhuisje behouden.

**c) Versterk de betekenis van water als verdedigingsstructuur bij waterlinie en vestingstadjes.**

In het verleden heeft het water een belangrijke rol gehad in de verdediging van het land en vestingstadjes. De inlaat voor de waterlinie bij de Kromme Rijn weerspiegelt de historische betekenis van het water als verdedigingsstructuur.

- Beermuur bij Wijk bij Duurstede.
- Het verhaal van de Nieuwe Hollandse Waterlinie meer beleefbaar en zichtbaar maken op de plek van de historisch inlaat van de waterlinie.
- Kasteel Duurstede met haar fortificatie.

**d) Zorg voor goede aansluitingen op historische vestingstadjes.**

Wijk bij Duurstede heeft van oudsher een sterke samenhang tussen de historische kern en de waterkering.

- Het waterfront bij Wijk bij Duurstede dient een representatieve voorzijde te zijn met het gezicht aan het water.
- De parkaanleg van Kasteel Duurstede loopt tot aan de dijk waarbij geen afrastering tussen de parkaanleg en de dijk geplaatst mag worden.

**e) Maak het oudhoevig land zichtbaar.**

In het geval van dit dijktraject gaat het om oude buitendijkse kavelstructuren die officieel niet als oudhoevig land te bestempelen zijn. Voor de ontginningen werden de oeverwallen en rivierduinen in dit gebied al bewoond. Er zijn nog restanten van deze bewoning terug te vinden in de huidige uiterwaarden. Vervolgens werd eerst de omgeving in cultuur gebracht. Pas later is de dijk aangelegd om deze in cultuur gebrachte gronden te beschermen. Er zijn een aantal buitendijkse stukken waar de oude kavelstructuur nog intact en zichtbaar zijn.

- Buitendijkse historische kavel- en beplantingstructuren (die het grondlichaam van de dijk raken) behouden/beter zichtbaar maken.

5.2.3 Punt 3: Geef vorm aan het landschap vanuit historische inspiratie.

**a) Ontwikkel kleiputten na afstemming met veiligheidsopgave en kleiwinning.**

In de Lunenburgerwaard liggen een aantal gedempte kleiputten. Deze bieden kansen voor ecologische ontwikkeling passend bij de cultuurhistorie van de uiterwaarden. Afstemming met de veiligheidsopgave moet uitwijzen of dit daadwerkelijk mogelijk is.

---

## UW WATERSCHAP

---

### ***b) Inspireer met natuurlijke en historische dijkversterkingsmaatregelen.***

Er zijn nog geen concrete ideeën over hoe en waar dit binnen het plangebied plaats kan vinden. Mogelijk is er een koppeling met natuurontwikkeling mogelijk.

#### 5.2.4 Punt 4: Maak de dijk een beleving voor alle gebruikers.

##### ***a) Gebruik de dijk als recreatieve route met bijzondere vergezichten over het landschap.***

De dijk is een hoger gelegen element in het landschap waar vanaf het omliggende landschap goed beleefbaar is. Het bochtige tracé in combinatie met de verhoogde ligging zorgt voor afwisselende vergezichten. Er zijn momenteel maar weinig punten op de dijk waar ruimte is om uit te kijken en stil te staan of te zitten. De dijk dient ook als belangrijke rotestructuur.

- Ontwikkel op specifieke plekken met bijzondere zichtlocaties plekken waar ruimte en gelegenheid is om van het uitzicht te genieten bijvoorbeeld na een bocht.
- Ontwikkel recreatieve plekken in samenhang met de bestaande recreatieve routes en op knooppunten waar binnen- en buitendijkse routes op de dijk samenkomen.

##### ***b) Geef iedereen een plek op de smalle kruin van de dijk met voorrang voor langzaam verkeer.***

Momenteel zijn er veel verschillende gebruikers van de dijk (van voetgangers tot motorverkeer en zwaar landbouwverkeer). Naar verwachting zal vooral het recreatieve gebruik van de dijk toenemen. De dijk wordt momenteel als onveilig ervaren. Dat komt door grote snelheidsverschillen van de verschillende gebruikers. Om te voorkomen dat de dijk minder toegankelijk wordt voor voetgangers en fietsers, geven we prioriteit aan langzaam verkeer.

- De beleefde verkeersveiligheid laten toenemen door passende inrichtingsmaatregelen waarbij voor al het verkeer duidelijk is dat motorvoertuigen te gast zijn ('shared space').
- De huidige breedte van de rijbaan is het uitgangspunt (geen verbreding van de kruin).

##### ***c) Houd de weginrichting helder en continue tot een samenhangend wegbeeld over het gehele traject.***

Het is van belang de beleving van de dijk over de gehele lengte als autonoom, herkenbaar en grootschalig element te behouden. Een samenhangend en continue en rustig beeld van de inrichting van de dijk draagt hieraan bij.

- De inrichting van de weg op de kruin is visueel terughoudend. Zo min mogelijk bebording en verkeer sturende maatregelen.
- 'Shared Space' principe toepassen. Dit draagt bij aan een op een vanzelfsprekende manier rekening houden met elkaar tussen verschillende verkeersdeelnemers.
- De dijkweg is hiërarchisch van een hogere orde dan de aangrenzende en aantakende wegen.

##### ***d) Verbind routes die aansluiten op de dijk, binnendijs en buitendijs.***

Waar mogelijk bestaande en toekomstige routes verbinden met de dijk.



---

## UW WATERSCHAP

---

- Kans voor herstel van het toegankelijk maken van het pad langs de Natewisch en daarmee herstel van de verbinding tussen de Natewisch en Gravenbol (binnendijks/buitendijks).

**e) Vorm een visie op de recreatieve ontwikkeling van de uiterwaarden.**

Grote delen van de uiterwaarden hebben of krijgen op korte termijn een functie voor de natuur. Daarnaast hebben kleinere stukken buitendijks land een agrarische functie. Binnendijks is dit juist andersom: landbouw is de belangrijkste functie met kleinere kernen natuur (o.a. Kolland). Deze twee functies samen vormen en beheren een aantrekkelijk landschap dat een prachtig 'decor' is voor recreanten. Door een heldere zonerings wordt voorkomen dat recreatie een bedreiging vormt voor de natuurwaarden en landschappelijke waarden.

- Actieve, water gerelateerde recreatie heeft een plek in het gebied 'de Gravenbol'. In de afgesloten strang van de Lek, ten zuiden van de Lunenburgerwaard, liggen twee jachthavens. Deze zijn bereikbaar via een doodlopende weg door de uiterwaarden.
- In De Bovenpolder en Kolland is ruimte voor recreatief medegebruik van het natuurgebied (struinpaden). In het verleden was het pad langs Natewisch openbaar toegankelijk voor voetgangers. Deze is echter al geruime tijd afgesloten. Heropening is gewenst omdat de mogelijkheden voor ommetjes vanuit beide kernen dan toenemen.
- In de Lunenburgerwaard is het recreatieve medegebruik het meest beperkt. Dit gebied kan met name vanaf de dijk beleefd worden. De mogelijkheden daartoe moeten versterkt worden.
- In het agrarische deel van het Leuterveld is het recreatieve medegebruik beperkt. Dit gebied is vooral te beleven vanaf de dijk. Daarnaast zijn er recreatieve activiteiten bij Boerderij Leuterveld (bed & breakfast, groepsactiviteiten).

### 5.2.5 Punt 5: Gebruik de dijk als ecologische verbinding.

**a) Laat het zuidelijk talud begroeien met bloemrijk grasland door ecologisch dijkbeheer.**

Contrast in het beeld tussen binnen- en buitendijks is karakteristiek voor dit traject en een belangrijke kwaliteit om te behouden/versterken. Een aaneengesloten dijktaalud met bloemrijk grasland aan de zuidzijde van de dijk draagt bij aan dit contrast. Daarnaast biedt dit kansen voor flora en fauna.

- Streven naar een eenduidig natuurlijk beheer op het zuidelijke dijktaalud over het gehele dijktracé.

**b) Stimuleer ecologische relaties binnen- en buitendijks.**

- Ontwikkel mogelijkheden voor vismigratie tussen de Lek, de Kromme Rijn en binnendijkse polders.

---

## UW WATERSCHAP

---

**c) Versterk natuur met de rivierdynamiek, benut de verschillen in oost en west.**

- Dit principe is van toepassing op het natuurontwikkelingsplan van de Lunenburgerwaard en verdere natuurontwikkeling in de Bovenpolder.

5.2.6 Punt 6: Maak een zichtbare relatie tussen de dijk en kruisende structuren over de rivier.

**a) Houd bij een kruising tussen de dijk en andere grote infrastructuren, het tracé ongestoord zichtbaar.**

Dit principe is niet van toepassing.

**b) Toon waterkruisingen, de karakters van rivier en kanaal.**

- De kruisende waterstructuur van het Amsterdam-Rijnkanaal (inclusief de 'Eieren van Thijssen') en de Kromme Rijn vanaf de dijk beter zichtbaar maken.

**c) Verbind pontjes zichtbaar met de dijk.**

- Visuele relatie tussen het historische Veerhuis en de veerpont behouden.

5.2.7 Punt 7: Behoud en verbeter woonplekken en beplantingstructuren.

**a) Versterk belangrijke structuren in beplanting en monumentale bomen.**

- De beplantingsstructuur van het pad langs Natewisch haaks op de dijk zover mogelijk laten doorlopen.
- De beplantingsstructuur van de historische as haaks op de dijk bij Kolland zover mogelijk laten doorlopen.
- Beplantingsstructuur rondom de sluis behouden.
- De bomen van de parkaanleg van kasteel Duurstede gelegen langs de dijk behouden.

**b) Geef waardevolle gebouwen een leefbare toekomst**

Er zijn in dit dijktraject een aantal waardevolle gebouwen waar de positie van het gebouw ten opzichte van de dijk behouden moet worden of zelfs versterkt kan worden.

- De twee dijkwoningen in de Bovenpolder.
- Het historische Veerhuis.
- De bebouwing langs het oude tracé van de dijk bij het Sluiscomplex.

**c) Verken ontwikkelingsmogelijkheden op oude woonplekken.**

Verken ontwikkelingsmogelijkheden om de ruimtelijke relatie tussen rivierfronten van kernen die van oudsher sterk op de rivier waren gericht en de rivier te herstellen. Dit ontwerpprincipe waar het kan verenigen met overige ontwerpprincipes.

- Rivierfront van Wijk bij Duurstede.

---

## UW WATERSCHAP

---

**d) Verken koppelmogelijkheden met agrariërs.**

Verken koppelmogelijkheden voor integraal beheer van landschapselementen in combinatie met structuurverbetering voor de landbouw waarbij agrariërs een rol krijgen in natuurbeheer en historisch cultuurbeheer zowel binnen- als buitendijks.

- In overleg met natuurorganisaties (SBB en Utrechts Landschap) en landbouworganisatie LTO verkennen.

CONCEPT

## 6 Innovatie en duurzaamheid

### 6.1 Innovatie

#### 6.1.1 Doel en aanpak

In het startdocument van het project Sterke Lekdijk wordt het volgende beschreven over innovatie:

*Innovatie is de motor tot verbetering. Vernieuwing is geen doel op zich, maar soms zijn bestaande oplossingen niet toereikend (genoeg). Innovaties kunnen een middel bieden om subtieler, doelmatiger of soberder de dijk op sterkte te brengen, waardoor we bijvoorbeeld huizen of tuinen kunnen sparen of de omgeving minder belasten.*

Voor het traject Wijk bij Duurstede - Amerongen is een innovatiescan uitgevoerd met als doel om bekende technische innovaties te inventariseren en vast te stellen welke innovaties meegenomen kunnen worden bij het bepalen van kansrijke oplossingen in het trechterproces om te komen tot een voorkeursalternatief voor de dijkverbetering. De innovatiescan bestond uit een bureauonderzoek om innovaties op te halen, aangevuld met een innovatiesessie en waar nodig aanvullende beoordeling door deskundigen uit het werkveld.

Belangrijke criteria bij de beoordeling van innovaties zijn de kansrijkheid en rijpheid voor toepassing van de innovaties. Deze zijn op basis van expert judgement bepaald in de sessie en na gesprekken met deskundigen. Daarbij is onder andere het werkingsprincipe beoordeeld. Het werkingsprincipe van oplossingen moet zijn aangetoond door bijvoorbeeld een laboratoriumtest, een pilot of aannemelijk zijn volgens de experts. Het streven is innovaties integraal mee te nemen in het ontwerpproces. In een latere fase van de verkenningen worden de bouwstenen beoordeeld op basis van meerdere criteria.

Voor de innovatiescan WAM is gebruikt gemaakt van de volgende projectoverstijgende verkenningen:

- Resultaten POV Piping (POV-P).
- Tussenresultaten POV Macrostabieliteit (POV-M).
- Tussenresultaten POV Waddenzeedijken (POV-W).
- POV Voorlanden (POV-V).
- POV Kabels en Leidingen (POV-KL).
- POV Dijkversterking met Gebiedseigen Grond (POV-DGG).

#### 6.1.2 Resultaten

De innovatiescan heeft geresulteerd in onderstaande tabellen met de meest interessante innovaties voor de dijkversterking WAM als het gaat om producten, kennis/procesverbetering, rekenmethoden en meten. Met deze innovaties gaan we in het project als volgt om:

- Een aantal productinnovaties worden meegenomen als oplossingsrichting voor het veiligheidsprobleem (zie Tabel 6-1).

## UW WATERSCHAP

- Een aantal procesinnovaties worden al toegepast (Tabel 6-2, behalve de Rijke Dijk) worden al toegepast in het project.
- De in Tabel 6-3 genoemde nieuwe rekenmethoden en de in Tabel 6-4 gepresenteerde meettechnieken worden toegepast bij WAM. De genoemde Lifecycle-monitoring is een optie.

Tabel 6-1 Producten

Bron	Titel	Omschrijving
POV-P, POV-M	Drainagetechnieken + acceptatie	Dijk Monitoring en Conditionering (DMC) systeem, grindkoffer, bronneringssysteem. Stappenplan en QuickScan tool om drainagetechnieken als volwaardig alternatief mee te wegen.
POV-P	Anti piping technieken	Verticaal Zanddicht Geotextiel (VZG), Grof Zand Barrière (GZB)
POV-M	Vernagelingstechniek	Grondvernageling, o.a. INSIDE-technieken en JLD-systeem
POV-M	Grondverbeterings-technieken	Toepassing o.a. in relatie tot erosie door hoger overslagcriterium/ beweiding. Product: TR.
POV-W	Gras- en kleibekledingen	Inzicht en kennis van sterkte grasmat en verbeterde mengselsamenstellingen.

De in Tabel 6-1 genoemde drainagetechnieken en anti piping technieken voorzien in de behoefte om minder ruimte in te nemen dan een (mogelijk te brede) horizontale steunberm.

Tabel 6-2 Kennis, procesverbetering

Bron	Titel	Omschrijving
POV-P	Ontmoeting tussen theorie en praktijk	Breed oordeel over veiligheid d.m.v. werkplaatsen.
POV-M	Informatieoverdracht	Informatieoverdracht in projectfasen en uiteindelijk weer naar beheer.
POV-P, POV-M	Aanbesteding innovatieve technieken	Protocol, handreiking aanbestedingsproces i.r.t. innovatieve technieken.
POV-W	Rijke Dijk	Concepten, maatregelen, materialen voor een natuurlijkere overgang tussen dijk en N2000 gebied. Toepassing nieuwe Werkwijzer Natuur.
POV-KL	Direct samen aan tafel	Informeren, samen opgave bepalen, oplossingen verkennen en uitwerken

Laatstgenoemde innovatie uit Tabel 6-2 komt uit het stappenplan 'Samen sterk beginnen' van de POV Kabels en Leidingen. Deze methode wordt door HDSR toegepast. De innovatie 'Informatieoverdracht' past bij de projectaanpak in relatie tot de nieuwe Omgevingswet.

## UW WATERSCHAP

Tabel 6-3 Rekenmethode

Bron	Titel	Omschrijving
POV-M	Wanden (of langs-constructies)	Optimaliseren vervormingseisen, aanscherping EEM-werkmethode.
POV-M	Diverse rekentechnieken macrostabiliteit	Sterke in opbarstzone, basisaanpak EEM, ongedraineerde stabiliteitsanalyse.
POV-P	Heterogeniteit	Invloed heterogene ondergrond op pipingproces.
Aanpak S/A	Parametrisch rekenen	Slim rekenen, eenvoudige uitvoering rekenslagen met nieuwe parameters.
Aanpak S/A	Gedetailleerde visualisatie ongedraineerde schuifsterkte	De methode 'Soilview' brengt de ongedraineerde schuifsterkte zeer gedetailleerd in beeld. Hiermee kent de bodemschematisatie minder onzekerheden. Tevens zorgt de methode voor een cijfermatige onderbouwing van de door te rekenen geometrie.

Het bedrijf Viktor heeft een methode ontwikkeld om parametrisch te ontwerpen. Tijdens de Dijkwerkersdag 2018 is dit gedemonstreerd. Zonder alle ins en outs te kennen lijkt het erop dat de principes waar deze methode is gebaseerd, grotendeels ook in de in deze NvU beschreven werkmethode(n) voorkomt.

Tabel 6-4 Meten

Bron	Titel	Omschrijving
POV-P	Proeftuin Mastenbroek en IJzendoorn	Ervaringen uit proeftuinen Mastenbroek (historisch, geofysisch, geotechnisch onderzoek) en IJzendoorn (intensief grondonderzoek en pompproeven) toepassen bij opstellen veldmeetplannen
POV-P	Sonderingstechnieken	HTP-sonderingen uitvoeren om gelaagdheid en doorlatendheid van zand beter in beeld te brengen.
POV-M	Risico-gestuurd geotechnisch onderzoek	Product: Handelingsperspectief geotechnisch onderzoek.
POV-M	Lifecycle monitoring	Benadering gehele keten ontwerp, uitvoering, beheer

### 6.1.3 Uitgangspunten

De in de 4 tabellen in paragraaf 6.1.2 gepresenteerde innovaties zijn al onderdeel van de aanpak of worden als kansrijk aangemerkt.

We hanteren de volgende uitgangspunten met betrekking tot innovaties in het vervolgproces:

- Productinnovaties uit Tabel 6-1 vormen onderdeel van het trechterproces.
- Het proces wordt ingericht als transparant en integraal ontwerpproces met vroegtijdige participatie conform de innovaties 'Ontmoeting tussen theorie en praktijk' en 'Informatieoverdracht'.
- Genoemde rekentechnieken worden, daar waar mogelijk en kansrijk, toegepast.
- De ervaringen met proeftuinen, HTP-sonderingen en risico-gestuurd geotechnisch onderzoek worden toegepast tijdens het veld- en labonderzoek WAM.
- Lifecycle monitoring wordt, daar waar relevant, meegewogen.

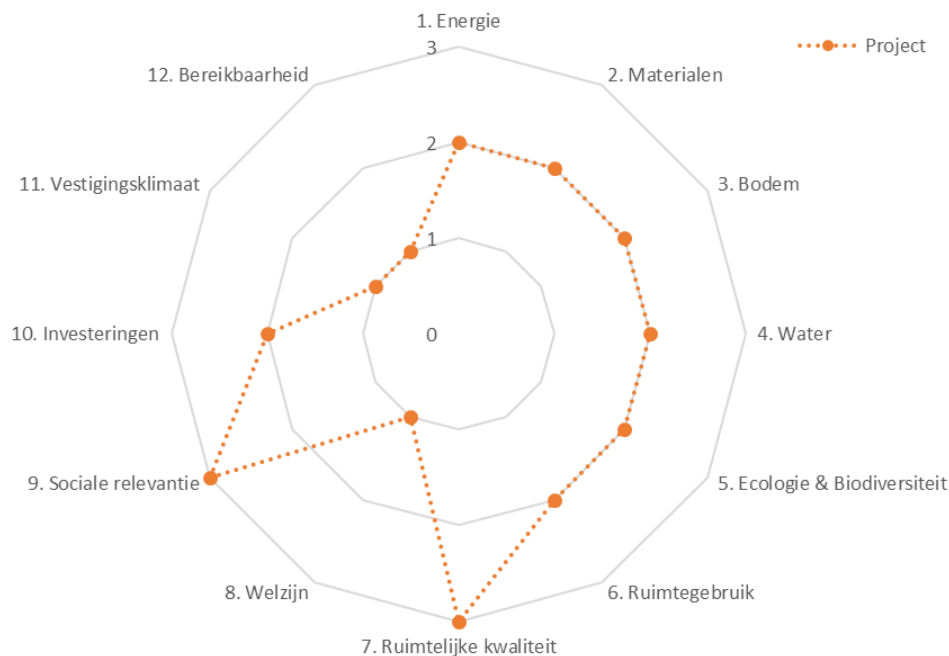
## 6.2 Duurzaamheid

Voor de invulling van de ambitie ten aanzien van duurzaamheid is gebruik gemaakt van de handreiking Ambitiweb van Duurzaam GWW. Aan de hand van deze handreiking is het ambitieweb in Figuur 6-1 uitgewerkt. De duurzaamheidsambities voor het Sterke Lekdijk traject Wijk bij Duurstede- Amerongen (WAM) zijn in september 2018 nader beschouwd en opnieuw geprioriteerd op basis van ingeschatte haalbaarheid en nut en noodzaak.

Topambities zijn de thema's ruimtelijke kwaliteit en sociale relevantie. Voor Ruimtelijke kwaliteit wordt maximaal ingezet op maatregelen die de belevingswaarde van de dijk optimaal tot zijn recht laten komen. De ligging van de dijk in zijn omgeving en de beleefbaarheid maken dit dijktraject uniek. Voor het thema Sociale relevantie wordt maximaal ingezet door bewoners en lokale stakeholders te betrekken bij het ontwerpproces en lokale kennis te activeren en in te zetten. Hiervoor wordt ook een pilot uitgevoerd op het gebied van immaterieel cultuurhistorisch erfgoed.

Voor de thema's water, energie, ecologie en biodiversiteit, bodem en ondergrond, investeringen en ruimtegebruik wordt ingezet op het ambitieniveau 2, wat betekent dat meerwaarde wordt bereikt ten opzichte van de huidige situatie.

### AMBITIEWEB PROJECT WIJK BIJ DUURSTEDEN - AMERONGEN



Figuur 6-1 Duurzaamheidsweb dijkversterking WAM. **Niveau 1:** voldoen aan de norm, bijvoorbeeld duurzaam inkoopcriteria RVO. **Niveau 2:** significante verbetering. **Niveau 3:** Geen negatief effect, creëren van meerwaarde, Cradle to Cradle, Energieneutraal.

---

## UW WATERSCHAP

---

Een nadere toelichting van het ambitieniveau per duurzaamheidsthema volgt hieronder. Voor het vaststellen van het ambitieniveau is nadrukkelijk gekeken naar de functie en (wenselijke) taken van het waterschap.

De ambitie is maximaal in te zetten op de thema's ruimtelijke kwaliteit en sociale relevantie (ambitieniveau 3). Aan de thema's welzijn & gezondheid, vestigingsklimaat en bereikbaarheid is het laagste ambitieniveau 1 toegekend. Dit betekent dat ten minste de huidige waarde behouden en minimaal verbeterd wordt. Aan de overige thema's is ambitieniveau 2 toegekend. Op dit niveau is het opstellen en behalen van doelen om significante verbetering te voorzien de ambitie.

Aan de meeste duurzaamheidsthema's is dus een ambitieniveau toegekend dat ten minste significante verbeteringen voorziet. Dit is ambitieus, maar het projectteam ziet op deze thema's duidelijke mogelijkheden voor verbetering.

Verdere onderbouwing van het ambitieniveau en de bijgaande kansen en/of oplossingsrichtingen is te vinden in Bijlage 2.

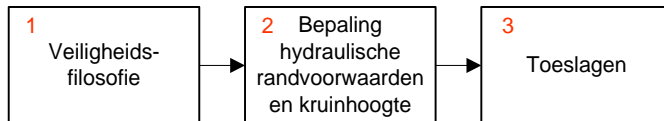


## Bijlage 1. Technische uitgangspunten per faalmechanisme

### 1

#### 1.1 Hoogte (HT)

Hier is aangegeven hoe de benodigde kruinhoogte bepaald worden (zie ook in figuur 1-1)



Figuur 1-1 Bepaling hoogte waterkering

##### 1.1.1 Faalkanseis op doorsnedeniveau voor hoogte

De benodigde kruinhoogte wordt bepaald bij een kans op doorsnedeniveau. De relatie tussen de faalkanseis op doorsnede- en trajectniveau kan voor hoogte worden bepaald conform OI2014v4 [12].

$$P_{eis,dsn} = \frac{P_{max} \cdot \omega}{N}$$

Waarin:

$P_{eis, dsn}$ :	Faalkanseis op doorsnedeniveau [1/jaar]
$P_{max}$ :	Faalkanseis op trajectniveau [1/jaar]
$\omega$ :	Faalkansruimtefactor betreffende faalmechanisme [-]
$N$ :	Lengte-effectfactor [-]

De factor voor het lengte-effect N is in het OI2014v4 [12] voor ieder dijktraject bepaald. Voor WAM (dijktraject 44-1) geldt dat N gelijk is aan 1 [1].

In tabel 1-1 is de faalkanseis op doorsnedeniveau voor hoogte weergegeven. Tussen haakjes is de afgeronde faalkans als breuk weergegeven.

Tabel 1-1 Faalkanseis op doorsnedeniveau hoogte

Naam	Standaard	Eenheid
Signaleringswaarde*	1/30.000	1/jaar
Maximaal toelaatbare overstromingskans*	1/10.000	1/jaar
Faalkansbudget**	24%	-
$L_{traject}$ **	32.400	m
$N$ **	1	-
Terugkeertijd**	41.667	jaar

\* op basis van Waterwet [ref]

\*\* op basis van Bijlage A van OI2014 v4 [12]

---

## UW WATERSCHAP

---

### 1.1.2 Hydraulisch Belasting Niveau

De waterstand bij de norm en de benodigde kruinhoogtes voor overslagcriterium van 10 l/s/m, 5 l/s/m en 1 l/s/m zijn voor de gehele Sterke Lekdijk bepaald (bijlage A van de Strategische Nota van Uitgangspunten [1]). Deze waarden gebruiken we voor zowel de veiligheids- als de ontwerpogave.

. Bij eventuele taludaanpassingen ten behoeve van het ontwerp kunnen deze randvoorwaarden wijzigen.

Tevens is het mogelijk dat het zichtjaar (2073) en het overslagdebiet in een later stadium van het project wijzigen, en tot een ander HBN zou kunnen leiden.

Voor de beoordeling zal de hoogte voor alle berekende punten beoordeeld worden op basis van AHN3 [8] .

*Voor ontwerpen in de verkenningsfase wordt uitgegaan van een maximaal toelaatbaar overslagdebiet van 5 l/s/m voor de uiterste grenstoestand.*

*Het is denkbaar om lokaal van dit uitgangspunt af te wijken:*

- *Een groter overslagdebiet van 10 l/s/m (en dus een kleinere ontwerpogave) kan lokaal worden toegepast waar inpassing van het ontwerp een probleem vormt. In dat geval is beweiding lokaal niet toegestaan en worden extra eisen gesteld aan niet-waterkerende objecten en overgangen op de kruin.*
- *Een kleiner overslagdebiet van 1 l/s/m (of eventueel 0,1 l/s/m) (en dus een grotere ontwerpogave) kan worden toegestaan, wanneer de dijk hier reeds aan voldoet (omdat deze hoog genoeg is, zelfs na het optreden van bodemdaling tijdens de levensduur)*
- *Een kleiner overslagdebiet van 1 l/s/m (en dus een grotere ontwerpogave) kan worden toegepast op dijkstrekkingen waar veel niet-waterkerende objecten en overgangen (bij een andere bekleding en kunstwerken) op het talud voorkomen. Te denken valt hierbij een bebouwde kom of een strekking met zeer veel afritten (overgangen van bekleding).*

*Op basis van bovenstaande punten is een differentiatie in het toelaatbaar overslagdebiet mogelijk (een andere eis per gedeelte van de dijk). Differentiatie is vanuit de beheerbaarheid ongewenst en zal alleen plaatsvinden over grotere delen van de dijk (enkele kilometers).*

Er wordt een gevoeligheidsanalyse gedaan voor een maximaal 4 dwarsprofielen waarin wordt uitgewerkt wat het effect is van de keuze voor een overslagdebiet. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen een debiet van 10, 5, 1 en 0,1 l/s/m. We werken uit wat het effect is op:

1. Ruimtebeslag van het ontwerp; daarbij wordt opgelet of een BGT niet bepalend wordt
2. Benodigd grondverzet
3. Keuze voor oplossingsrichtingen (leidt een andere eis tot een ander oplossing, bijvoorbeeld omdat er onvoldoende ruimte is?)
4. Beheer en onderhoud van bekleding op kruin en binnentalud
5. Eisen aan medegebruik en aan niet-waterkerende objecten (NWO's)
6. Extra waterbezwaar in het watersysteem

## UW WATERSCHAP

Dit kan nog effect hebben op het uitgangspunt van het te hanteren overslagdebiet.

### 1.1.3 Toeslagen

De dijk wordt ontworpen zodanig dat de kruinhoogte gedurende zijn levensduur voldoet aan de benodigde kruinhoogte. Daar wordt aan voldaan door een toeslag mee te nemen in het ontwerp. Deze toeslag wordt meegenomen in het HBN en is niet van toepassing bij de overige randvoorwaarden.

#### 1.1.3.1 Toeslag voor bodemdaling

Voor het zichtjaar 2073 een toeslag toegepast volgens paragraaf 6.3.7 van SNU [1] en paragraaf 3.3.2. Door de bodemdaling als toeslag op de kruinhoogte te nemen voldoet de dijk aan het einde van de levensduur aan de minimaal benodigde kruinhoogte.

#### 1.1.3.2 Robuustheidstoeslag

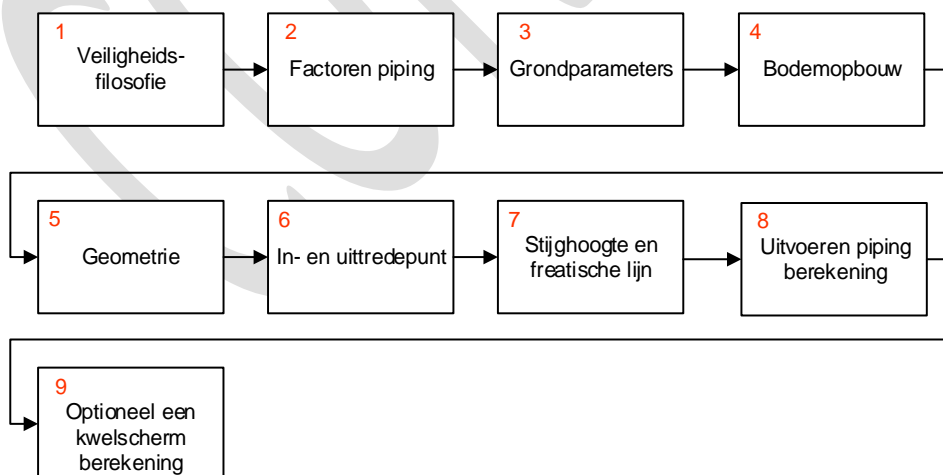
Conform het OI2014v4 [12] wordt er in het ontwerp geen rekening gehouden met een robuustheidstoeslag. In de huidige ontwerpmethodiek (Hydra-NL) worden modelonzekerheden meegenomen in de statistiek waarbij een voldoende mate van robuustheid is verwerkt. Geacht wordt dat in de huidig vastgestelde hydraulische randvoorwaarden voldoende robuustheid zit waardoor een extra robuustheidstoeslag overbodig is.

#### 1.1.3.3 Toeslag voor restzetting

Voor de ontwerpogave wordt geen rekening gehouden met restzetting na de aanleg van de dijkverbetering. Er wordt gekeken naar de situatie aan het einde van de levensduur en niet naar de situatie kort na aanleg. Zie ook paragraaf 3.3.3.

## 1.2 Piping (STPH)

Voor het bepalen van de veiligheidsopgave betreffende het faalmechanisme piping wordt het schema doorlopen zoals weergegeven in Figuur 1-2 vanaf stap 1 tot en met 8. Voor de ontwerpogave zullen alle stappen worden doorlopen.



Figuur 1-2 Stappenschema mechanisme piping

### 1.2.1 Faalkanseis op doorsnedeniveau piping

De relatie tussen de faalkanseis op doorsnede- en trajectniveau is voor piping bepaald conform OI2014v4 [12]. Voor piping is de eis op doorsnede niveau gelijk aan de eis op het trajectniveau.

$$P_{eis,dsn} = \frac{P_{max} \cdot \omega}{N}$$

Waarin:

$P_{eis, dsn}$	Faalkanseis op doorsnedeniveau	[1/jaar]
$P_{max}$	Maximaal toelaatbare overstromingskans	[1/jaar]
$\omega$	Faalkansruimtefactor betreffende faalmechanisme	[-]
$N$	Lengte-effectfactor	[-]

De factor voor het lengte-effect  $N$ , is in het OI2014v4 [12] als volgt beschreven:

$$N = 1 + \frac{a \cdot L_{traject}}{b}$$

met:

$a$	Fractie van de lengte van het traject dat gevoelig is voor piping	[-]
$b$	Lengte van onafhankelijke, equivalente vakken voor piping	[m]
$L_{traject}$	Lengte van het dijktraject van het normtraject	[m]

In tabel 1-2 is de faalkanseis op doorsnedeniveau voor piping weergegeven. De factoren  $a$  en  $b$  gelden per faalmechanisme en watersysteem en zijn gegeven in het OI2014v4 [12].

Tabel 1-2 Faalkanseis op doorsnedeniveau piping (gelijk aan eis op trajectniveau)

Naam	Waarde	Eenheid
<b>Dijktraject</b>	44-1	[-]
<b>Signaleringswaarde</b>	1/30.000	[1/jaar]
<b>Maximaal toelaatbare overstromingskans</b>	1/10.000	[1/jaar]
<b>Faalkansbudget</b>	24%	[%]
<b><math>L_{traject}</math></b>	32.400	[m]
<b><math>a</math></b>	0,9	[-]
<b><math>b</math></b>	300	[m]
<b><math>N</math></b>	98,2	[-]
<b>Betrouwbaarheidsindex (<math>\beta</math>)</b>	5,03	[-]
<b>Terugkeertijd</b>	4.091.667)	[jaar]

Het faalmechanisme piping is verdeeld in drie deelfaalmechanisme:

1. Opbarsten;
2. Heave;
3. Piping (terug schrijdende erosie).

Elk (deel) faalmechanisme heeft een interactie met de ander.

Bij falen van de primaire waterkering op piping moet elk van deze faalmechanismen zijn opgetreden. Allereerst wordt de controle op opbarsten en heave gedaan. Wanneer aangetoond kan worden dat opbarsten en heave van de deklaag met voldoende zekerheid uitgesloten kunnen worden, dan is een nadere controle op piping van de watervoerende zandlaag niet meer van belang. Wanneer niet aannemelijk is dat opbarsten of heave geen rol zal spelen, dan moet ook op piping van de watervoerende zandlaag (of zandlagen) gecontroleerd worden.

### 1.2.2 Deelfactoren piping

Conform het OI2014v4 [12] worden er veiligheidsfactoren in de piping-berekening toegepast. Deze worden bepaald per deelfaalmechanisme.

#### Veiligheidsfactor

Per deelfaalmechanisme is de veiligheidsfactor berekend. Bij het berekenen van de veiligheidsfactoren is de betrouwbaarheidsindex benodigd.

De veiligheidsfactoren per deelfaalmechanisme zijn bepaald met de formules:

$$\gamma_{up} = 0,48 \cdot e^{0,46\beta_{eis,dsn} - 0,27\beta_{max}}$$

$$\gamma_{he} = 0,37 \cdot e^{0,48\beta_{eis,dsn} - 0,30\beta_{max}}$$

$$\gamma_{pip} = 1,04 \cdot e^{0,37\beta_{eis,dsn} - 0,43\beta_{max}}$$

Waarin:

$\gamma_{up}$	Veiligheidsfactor voor deelfaalmechanisme opbarsten	[-]
$\gamma_{he}$	Veiligheidsfactor voor deelfaalmechanisme heave	[-]
$\gamma_{pip}$	Veiligheidsfactor voor deelfaalmechanisme piping	[-]
$\beta_{max}$	Betrouwbaarheidsindex behorende bij de maximaal toelaatbare overstromingskans	[-]

Voor het bepalen van de betrouwbaarheidsindex geldt:

$$\beta_{eis,dsn} = -\Phi^{-1}(P_{eis,dsn})$$

Waarin:

$\beta_{eis,dsn}$	Geëiste betrouwbaarheidsindex voor een doorsnede	[-]
$\Phi^{-1}$	Inverse standaard normaalverdeling	
$P_{eis,dsn}$	Faalkanseis op doorsnedeniveau	[1/jaar]

#### Schadefactor

De schadefactor verschilt bij opbarsten, heave en piping. De factoren zijn vastgelegd in het OI204v4 [12]. Deze zijn weergegeven in Tabel 1-3

## UW WATERSCHAP

### Schematiseringsfactor

Het afleiden van de schematiseringfactor voor de ontwerp-opgave wordt uitgevoerd voor alle beschouwde doorsnedes op basis van de methode opgenomen in de 'bèta-afhankelijke veiligheidsfactoren – sheet: rekenblokje\_schematiseringsfactoren\_piping\_2017' van de Helpdesk Water. Voor dit project bouwen wij een Excel sheet met handhaving van de principes uit voorgenoemde rekensheet. Om de kwaliteit te garanderen wordt de werking van de sheet geverifieerd. Voor deze verificatie worden voor één rekenvoorbeeld de resultaten tussen voorgenoemde rekensheet en de projectsheet vergeleken.

NB. Een schematiseringsfactor kan alleen bepaald worden als de berekende veiligheidsfactor groter is dan de vereiste veiligheidsfactor. Voor de beoordeling zijn 2 opties:

- De faalkans berekenen conform de aanpak bij het WBI waarbij de faalkans van het basisscenario en de overige scenario's gesommeerd worden. Deze faalkans wordt vergeleken met de vereiste faalkans.
- Voor een beperkt aantal doorsnedes een fictief ontwerp uitwerken en de hierbij berekende schematiseringsfactor hanteren bij de beoordeling.

Deze keuze voor een van beide opties wordt in een later stadium gemaakt.

### Werkwijze vaststellen scenario's:

- Voor het vaststellen van de scenario's wordt de geschematiseerde bodemopbouw binnen een deeltraject allereerst vergeleken met de SOS-scenario's. Indien volgens het SOS een alternatieve bodemopbouw kan voorkomen en deze niet uit te sluiten is op basis van het beschikbare veldonderzoek worden deze als scenario opgenomen in de schematiseringsfactor.
- Indien de vastgestelde KD-waarden lager uitvallen dan de waarden in het SOS wordt een scenario uitgewerkt waarbij de KD-waarden conform het SOS worden aangehouden.
- Daarnaast worden scenario's opgesteld om rekening te houden met:
  - Onzekerheid in de bodemschematisatie met een dunnere deklaag;
  - Onzekerheid in de d70
  - Onzekerheid in de aanwezige kwelweglengte

Voor de deelfaalmecanismen zijn de minimaal vereiste stabiliteitsfactoren berekend met de formule:  $F_{min} = \gamma_n \cdot \gamma_b$  en ze zijn weergegeven in Tabel 1-3.

Tabel 1-3 Vereiste stabiliteitsfactor

Faalmechanisme	$F_{min,up}$ (opbarsten)	$F_{min,he}$ (heave)	$F_{min,pip}$ (piping)
Schadefactor	1,78	1,36	1,35
Schematiseringsfactor*	1,1	1,1	1,1
Veiligheidsfactor	1,96	1,49	1,49

\*niet onderbouwde veilige keuze

## UW WATERSCHAP

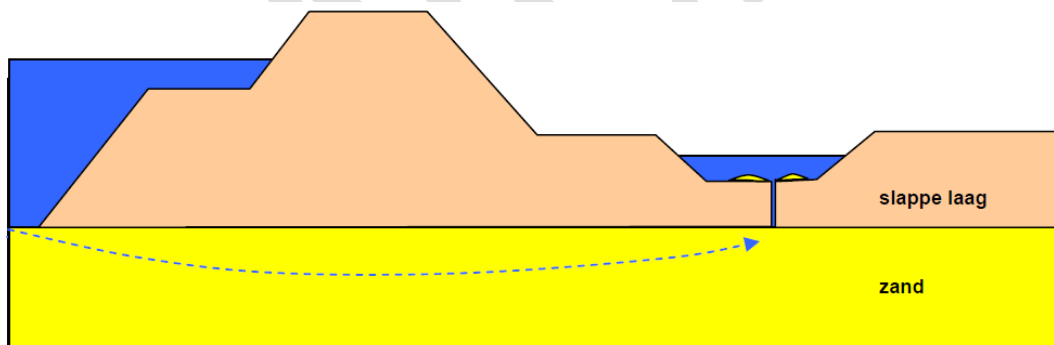
### 1.2.3 Schematisatie geometrie

De benodigde grondparameters en invoerparameters van de hydraulische randvoorwaarden zijn afhankelijk van het deelfaalmecanisme. In de volgende paragrafen zijn de uitgangspunten per deelfaalmecanisme aangegeven.

Generiek wordt de keuze gemaakt voor de maatgevende geometrie en bodemopbouw. Op basis van het geotechnisch lengteprofiel zal de maatgevende piping-gevoelige dwarsdoorsnede per dijkvak worden bepaald. Deze wordt bepaald op basis van de volgende kenmerken:

- Aanwezigheid van een dunne deklaag in het achterland: Een dunne deklaag zorgt voor een lage opbarstveiligheid.
- Aanwezigheid van (hoger gelegen) tussenzandlagen. Praktisch zal aangehouden worden dat de zandlagen dunner dan 1,5 m niet piping-gevoelig zijn indien ze ingesloten zijn door dikke cohesieve lagen. Hierbij wordt gecontroleerd of er mogelijk contact is tussen de pleistocene zandlaag en de beschouwde dunne zandlaag (controle op basis van het geotechnisch lengteprofiel en de sonderingen ter plaatse van het voorland, kruin en achterland). Doorlopende zandlagen zullen wel gecontroleerd te worden op piping.

Op basis van bovengenoemde kenmerken wordt per dijkvak de maatgevende locatie in het geotechnisch lengteprofiel bepaald en vervolgens de dichtstbijzijnde sonderingen geselecteerd voor het schematiseren van het ondergrondmodel. Voor elke sondering worden de laagscheidingen bepaald en voor de deklaagen het volumieke gewicht per laag toegekend.



Figuur 1-3 slappe deklaag onder bermsloot, ORZW [17]

De dwarsprofielen worden bepaald op basis van de AHN3. Voor de ontwerpogave zullen daar mogelijk inmetingen aan toegevoegd moeten worden. De geometrie zal per vak met elkaar vergeleken te worden, waarbij het maatgevende profiel per dijkvak wordt vastgesteld. In de dwarsprofielen letten we op de volgende kernmerken:

- maaiveldhoogte van het voor- en achterland;
- aanwezigheid teensloot;
- aanwezigheid berm;
- lengte van het voorland.

Voor de beoordeling op het faalmechanisme piping is de aanwezige kwelweglengte een belangrijke parameter. De kwelweglengte is de afstand die het kwelwater moet afleggen om onder de dijk door te stromen, gemeten vanaf het intredepunt tot aan het uitredepunt. Het intrede- en uitredepunt wordt bepaald op basis van de ORZW[18] rekening houdend met de ligging van het voorland, eventuele aanwezigheid van de strangen, waterlichamen, sloten enzovoorts. De informatie over de dikte van de deklaag is daarbij essentieel.

#### *Intredepunt*

De plaats van het intredepunt ligt bij schaarlijken bij de buitenteen (snijpunt van het buitentalud van de dijk met de gemiddelde rivierwaterstand). Wanneer in het voorland een deklaag aanwezig is, mag een deel van het voorland meegerekend worden bij het bepalen van de kwelweg. Bepalend hiervoor zijn, naast de dikte van de deklaag, de aanwezigheid en diepte van sloten, aangelegde laagtes en met zand, puin of met ander doorlatend materiaal opgevulde afgravingen.

*Kleiafdekking in het voorland moet een minimale dikte hebben van 1 meter in een niet verstoorde zone (WBI). De maximale lengte (haaks op de dijk) van de kleiafdekking in het voorland die meegerekend mag worden bedraagt de helft van de totale kwelweglengte (WBI).*

Voor de veiligheids- en ontwerpogave kiezen we de afstand die wordt meegenomen als voorland volgens de volgende uitgangspunten gehanteerd conform het ORZW [17]:

- 10 m als de afdeklaag (binnen die afstand) overal 0,5 – 1 m dik is;
- 30 m als de afdeklaag overal 1 – 2 m dik is en het voorland meer dan 50 m breed is;
- 90 % van de breedte van het voorland als de dikte van de afdeklaag meer dan 2 m is.

Uitgangspunt is dat de deklaag in het voorland wordt meegenomen op basis van aanwezig grondonderzoek en de zandbanenkaart.

NB In het geval dat er in het voorland afdoende onderzoek beschikbaar is om met zekerheid de aanwezigheid en dikte van de afdeklaag/ onverstoorde kwelweglengte vast te stellen, zal deze volledig in rekening gebracht worden

#### *Uitredepunt*

Het uitredepunt is het punt waar de kwelstroom uit de watervoerende laag kan uittreden. Wanneer de watervoerende laag binnendijks in contact staat met het maaiveld dan zal het water daar uittreden. Wanneer dat niet het geval is, wordt het uitredepunt bepaald door de locatie van opbarsten. De locatie van opbarsten volgt uit de opbarstberekening. De potentiële opbarstlocaties die onderzocht worden zijn:

- binnenteen (laagste maaiveldpunt);
- teensloot.

#### *1.2.3.1 Belastingssituatie opbarsten*

Voor het bepalen van de veiligheidsopgave betreffende het deelfaalmechanisme opbarsten is naast de informatie over de geometrie, opbouw en dikte van de deklaag (slappe lagen pakket vanaf maaiveld tot het zandpakket), het volumiek gewicht [ $\text{kN/m}^3$ ] van de aanwezige grondlagen benodigd.



## UW WATERSCHAP

Het volumiek gewicht wordt overgenomen uit de tabel met de grondparameters die opgesteld wordt bij de uitwerking van gedetailleerde berekeningen.

In het achterland zal bij extreem hoogwater (WBN) het waterpeil in de kwelsloot aangehouden worden en bij afwezigheid van de sloot zal het freatisch peil in het achterland op het niveau van het laagste maaiveldpunt binnendijs worden geschematiseerd.

De stijghoogte ter plaatse van de opbarstlocatie wordt berekend met de analytische formules voor de stationaire situatie, volgens het Technisch rapport Waterspanningen bij dijken (zie 1.3.5).

Het verschil in stijghoogte waarbij de deklaag zal opbarsten is het kritieke stijghoogteverschil en is te berekenen met behulp van onderstaande formule:

$$\Delta\phi_{c,u} = D_{deklaag} \cdot \frac{\gamma_{sat} - \gamma_{water}}{\gamma_{water}}$$

Waarin:

$\Delta\phi_{c,u}$	Kritiek stijghoogteverschil over de deklaag	[m]
$D_{deklaag}$	Dikte deklaag	[m]
$\gamma_{sat}$	Verzadigd volumiek gewicht deklaag	[kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma_{water}$	Volumiek gewicht water	[kN/m <sup>3</sup> ]

Het optredende stijghoogteverschil is als volgt te berekenen:

$$\Delta\phi = \phi_{exit} - h_{exit} = (h - h_{exit}) r_{exit}$$

Waarin:

$\Delta\phi$	Optredend stijghoogteverschil	[m]
$\phi_{exit}$	Stijghoogte in watervoerende laag bij uittredepunt	[m + NAP]
$h$	Niveau van de buitenwaterstand met een kans van voorkomen gelijk aan de maximaal toelaatbare overstromingskans $P_{max}$	[m + NAP]
$h_{exit}$	Freatische niveau bij uittredepunt	[m + NAP]
$r_{exit}$	Dempingsfactor bij uittredepunt	[-]

De daadwerkelijke controle op opbarsten wordt uitgevoerd met behulp van de onderstaande formule, waarin de veiligheidsfactoren voor dit deelfaalmecanisme zijn verwerkt:

$$\Delta\phi \leq \frac{\Delta\phi_{c,u}}{\gamma_{up} \cdot \gamma_{b,up}}$$

## UW WATERSCHAP

Waarin:

$\gamma_{up}$	Betrouwbaarheidsindex afhankelijke veiligheidsfactor voor opbarsten	[-]
$\gamma_{b,up}$	Schematiseringsfactor, voor de onzekerheid over de ondergrondopbouw en de water(over)spanningen bij het deelfaalmechanisme opbarsten	[-]

### 1.2.3.2 Belasting situatie heave

Voor heave is naast de geometrie (maaiveldligging) de informatie over de dikte van de deklaag nodig, net zoals bij het opbarsten.

In het achterland zal bij extreem hoogwater (WBN) het peil in de kwelsloot aangehouden worden en bij afwezigheid van de sloot zal het freatisch peil in het achterland op het laagste maaiveldpunt binnendijks worden geschematiseerd.

De stijghoogte wordt voor de veiligheids- en ontwerppogave gelijk aangehouden aan de grenspotentiaal.

Na de controle op opbarsten wordt gecontroleerd of er in de ontwerpsituatie heave optreedt. Bij dit deelfaalmechanisme wordt de optredende heavegradiënt vergeleken met de kritieke heavegradiënt. De optredende heavegradiënt wordt conform OI2014v4 berekend met behulp van de volgende formule:

$$i = \frac{\phi_{exit} - h_{exit}}{D_{deklaag}}$$

Waarin:

$i$	Optredende heave gradiënt	[-]
$\phi_{exit}$	Stijghoogte in watervoerende laag bij uittredepunt	[m + NAP]
$h_{exit}$	Freatische niveau bij uittredepunt	[m + NAP]
$D_{deklaag}$	Dikte deklaag	[m]

De controle op heave vindt plaats met onderstaande formule, waarin ook de veiligheidsfactoren voor het deelfaalmechanisme heave zijn verwerkt:

$$i \leq \frac{i_{c,h}}{\gamma_{he} \cdot \gamma_{b,he}}$$

Waarin:

$i$	Optredende heavegradiënt	[-]
$i_{c,h}$	Kritieke heavegradiënt, in het OI2014v4 gesteld op 0,3	[-]
$\gamma_{he}$	Betrouwbaarheidsindex afhankelijke veiligheidsfactor voor heave	[-]
$\gamma_{b,he}$	Schematiseringsfactor, voor de onzekerheid over de ondergrondopbouw en de water(over)spanningen bij het deelfaalmechanisme heave	[-]

## UW WATERSCHAP

### 1.2.3.3 Belastingssituatie piping

Naast de uitgangspunten ten aanzien van de geometrie en dikte van de deklaag is de dikte van de zandlaag een belangrijke inputparameter. Voor de grondparameters voor zand en diktes van de grondlagen wordt uitgegaan van de doorlatendheid en dikte van het zandpakket, zoals bepaald in de Detailtoetsing A-Keringen van de Nederrijn- en Lekdijk [3]. Deze parameters worden aangescherpt door aanvullend onderzoek gedurende uitwerking van gedetailleerde berekeningen.

De relevante grondparameters zijn:

- 70-percentielwaarde van de korrelverdeling ( $d_{70}$ );
- doorlatendheid van het zand ( $k$ ).

Bij ontbrekende informatie over  $d_{70}$  waarde wordt uitgegaan van standaardwaarden uit het WBI-SOS.

Met betrekking tot de hydraulische belastingen zal in het achterland bij extreem hoogwater (WBN) het freatisch peil in het achterland op het niveau van het laagste maaiveldpunt binnendijs worden geschematiseerd op basis van de informatie van HDSR<sup>2</sup>.

De stijghoogte ter plaatse van de opbarstlocatie wordt berekend met de analytische formules voor de stationaire situatie, volgens het Technisch rapport Waterspanningen bij dijken (zie 1.3.5).

Bij de controle op het deelfaalmecanisme piping wordt conform het OI2014v4 [12] de vergelijking gemaakt tussen het kritieke verval en het optredende verval. Het kritieke stijghoogteverschil is als volgt beschreven:

$$\Delta H_{c,p} = L \cdot F_{resistance} \cdot F_{scale} \cdot F_{geometry}$$

Waarin:

$\Delta H_{c,p}$	Kritieke stijghoogteverschil piping	[m]
$L$	Kwelweglengte, gemeten van intredepunt tot uittredepunt	[m]
$F_i$	Factoren te bepalen met het aangepaste rekenmodel volgens Sellmeijer	[-]

Het optredende stijghoogteverschil over de deklaag volgt uit:

$$\Delta H = h - h_{exit} - r_c \cdot D_{deklaag}$$

Met:

<sup>2</sup> HDSR gaat er vanuit dat tijdens hoogwater het binnenwaartse waterpeil op het niveau van het maaiveld aangehouden kan worden.

## UW WATERSCHAP

$H$	Niveau van de buitenwaterstand met een kans van voorkomen gelijk aan de maximaal toelaatbare overstromingskans $P_{max}$	[m+NAP]
$h_{exit}$	Freatisch niveau, of hoogte van het maaiveld, bij uittredepunt	[m+NAP]
$r_c$	Reductiefactor voor de weerstand bij het uittredepunt (0,3)	[-]
$D_{deklaag}$	Laagdikte van de cohesieve deklaag	[m]

De factoren van de aangepaste Sellmeijer-formule zijn conform bijlage C in de schematiseringshandleiding piping [16][15] te bepalen aan de hand van de onderstaande formules:

$$F_{resistance} = \eta \frac{\gamma_{sub,particles}}{\gamma_{water}} \cdot \{\tan(\theta)\}$$

$$F_{scale} = \frac{d_{70,m}}{\sqrt[3]{\kappa L}} \left( \frac{d_{70}}{d_{70,m}} \right)^{0,4}, \quad \kappa = \frac{v_{water}}{g} \cdot k$$

$$F_{geometry} = 0,91 \left( \frac{D}{L} \right)^{\frac{0,28}{2,8} + 0,04} \left( \frac{D}{L} \right)^{-1}$$

Waarin:

$L$	Kwelweglengte van in- tot uittredepunt: $L = x_{exit} - x_{entry}$	[m]
$\gamma_{sub,particles}$	Volumegewicht van zandkorrels onder water (16,5)	[kN/m <sup>3</sup> ]
$\eta$	Coëfficiënt van White, sleepkrachtfactor (0,25)	[-]
$d_{70}$	70-percentielwaarde van de korrelverdeling van de piping-gevoelige laag	[m]
$K$	Intrinsieke doorlatendheid van de zandlaag	[m <sup>2</sup> ]
$k$	Doorlatendheid volgens Darcy	[m/s]
$\nu$	Kinematische viscositeit ( $1,33 \cdot 10^{-6}$ )	[m <sup>2</sup> /s]
$G$	Zwaartekrachtversnelling (9,81)	[m/s <sup>2</sup> ]
$D$	Dikte van de zandlaag	[m]
$d_{70,m}$	Referentie $d_{70}$ -waarde ( $2,08 \cdot 10^{-4}$ )	[m]
$\theta$	Rolweerstandshoek van zandkorrels van de aangepaste Sellmeijer-regel (37)	[°]
$\gamma_w$	Volumegewicht water (9,81)	[kN/m <sup>3</sup> ]

De standaardwaarde is achter de symboolverklaring tussen haakjes opgenomen. Deze komt uit de schematiseringshandleiding piping [16][15].

De controle op het faalmechanisme piping wordt uitgevoerd met onderstaande formule:

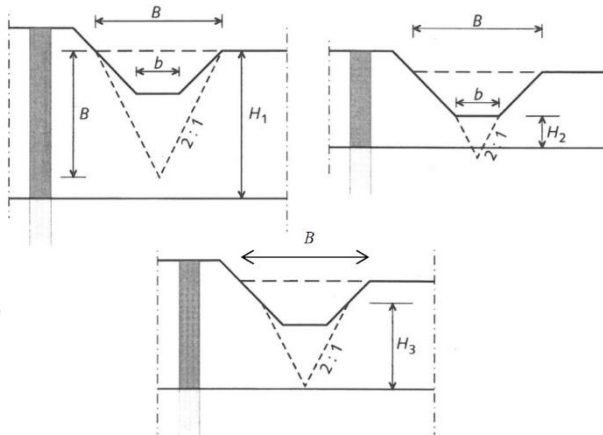
$$\Delta H \leq \frac{\Delta H_{c,p}}{\gamma_{pip} \gamma_{b,pip}}$$

Waarin:

## UW WATERSCHAP

$\Delta H$	Optredende stijghoogteverschil over de deklaag	[m]
$\Delta H_{c,p}$	Kritieke stijghoogteverschil	[m]
$\gamma_{pip}$	Betrouwbaarheidsindex afhankelijke veiligheidsfactor voor piping	[-]
$\gamma_{b,pip}$	Schematiseringsfactor, voor de onzekerheid over de ondergrondopbouw en de water(over)spanningen bij het faalmechanisme piping	[-]

De bepaling van de effectieve laagdikte voor opdrijven bij een sloot wordt beschreven in [16]. Deze laagdikte wordt visueel als volgt bepaald, zie figuur 1-4:



Figuur 1-4 Bepaling effectieve laagdikte  $d_{eff}$  voor het opbarsten bij sloot

- In het geval dat de breedte van de sloot op maaiveldniveau  $B$  [m] kleiner is dan de totale deklaagdikte buiten de sloot  $H_1$  [m], en als de geometrie van de sloot binnen de driehoek valt die met de breedte van de sloot op maaiveldniveau de spanningsspreiding van 2:1 (verhouding verticaal : horizontaal) weergeeft, is de effectieve laagdikte  $d_{eff}$  gelijk aan de totale laagdikte:  $B < H_1 \rightarrow d_{eff} = H_1$ .
- Als de breedte van de slootbodem  $b$  [m] groter is dan de deklaagdikte in het midden van de sloot  $H_2$  [m], dan dient de deklaagdikte in het midden van de sloot als effectieve laagdikte  $d_{eff}$  te worden gebruikt:  $b > H_2 \rightarrow d_{eff} = H_2$ .
- In alle andere gevallen wordt de effectieve deklaagdikte  $d_{eff}$  bepaald door het snijpunt van de sloottaludhelling en een 2:1 helling beginnend aan de onderkant van de deklaag in het midden van de sloot:  $d_{eff} = H_3$ .

In het geval dat de deklaagdikte aan beide kanten van de sloot verschillend is of dat de sloot asymmetrisch is, dan wordt de meest ongunstige situatie beschouwd.

### 1.2.3.4 Kwelschermontwerp

Indien het ontwerp dit zal vragen (bijvoorbeeld bij geen mogelijkheid van de oplossing "in grond") zal een kwelscherm worden ontworpen. Hiervoor worden de mechanismen piping (horizontale erosie) en heave (verticaal uittrede-verhang) afzonderlijk gecontroleerd. Bij beide mechanismen wordt gecontroleerd of de verticale lengte van het kwelscherm voldoende is voor de gestelde criteria.

#### Kwelscherm pipingcriterium

De benodigde verticale lengte  $L_v$  van het kwelscherm wordt berekend met de empirische rekenregel van Lane, deze is beschreven in de ORZW [18][17]. Daarnaast is het nodig om een scherm gedetailleerd uit te rekenen met bijvoorbeeld een eindige elementenmethode.

$$\Delta H \leq \Delta H_c = \frac{\left(\frac{1}{3}L_h + L_v\right)}{C_{w,creep}}$$

Waarin:

$\Delta H$	Verval over de grondconstructie	[m]
$\Delta H_c$	Kritiek verval	[m]
$L_h$	De totale lengte van de horizontale delen van de kwelweg	[m]
$L_v$	De totale lengte van de verticale delen van de kwelweg	[m]
$C_{w,creep}$	De gewogen creep-factor (materiaalconstante)	[-]

De waarden voor  $C_{w,creep}$  zijn gegeven voor de verschillende typen materiaal in de grondlaag, zie tabel 1-4.

Tabel 1-4:  $C_{w,creep}$  waarden voor de formule van Lane

Grondsoort	Mediane korreldiameter [ $\mu\text{m}$ ] <sup>1)</sup>	$C_{w,creep}$ (Lane) met $\gamma = 1,0$ [-]
Uiterst fijn zand, silt	< 105	8,5
Zeer fijn zand	105 – 150	
Zeer fijn zand (mica)		7
Matig fijn zand (kwarts)	150 – 210	7
Matig grof zand	210 – 300	6
Zeer/uiterst grof zand	300 – 2000	5
Fijn grind	2000 – 5600	4
Matig grof grind	5600 – 16000	3,5
Zeer grof grind	> 16000	3

<sup>1)</sup> **Indicaties conform NEN 51014 (september 1989).**  
**Eventueel kan tussen klassemidden van de mediane korreldiameters worden geïnterpoleerd.**

#### Kwelscherm heavecriterium

Bij toepassing van kwelschermen om piping tegen te gaan, wordt conform het OI2014v4 [12] **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** de waarde van 0,5 toegepast voor het kritieke verhang. Het verschil tussen kwelscherm en deklaag is dat bij een kwelscherm altijd een verticaal pad moet ontstaan door het aanwezige zand. Dit vergt fluïdisatie van het zandpakket benedenstrooms van het kwelscherm, waarvoor de benodigde gradiënt circa 1 is. Dit resulteert met een veiligheidsfactor van 2 in een kritiek verhang van 0,5.

Om voldoende veiligheid tegen heave te waarborgen dient bij een verticale kwelstroming in zandige grond achter een kwelscherm het maximaal optredende verhang kleiner te zijn dan het verhang waarbij heave optreedt.

Het beoordelingscriterium luidt:

$$i_{opttr} = \left( \frac{\phi_0 - h_p}{x} \right)_{opttr} \leq i_c$$

Waarin:

$\phi_0$	de stijghoogte ter plaatse van de onderkant van het kwelscherm waar het uittredeverhang maximaal is	[m t.o.v. referentie]
$h_p$	het polderpeil (vrije waterspiegel of maaiveld)	[m t.o.v. referentie]
$x$	afstand waar het uittredeverhang maximaal is, hiervoor wordt de afstand aangehouden vanaf het maaiveld tot aan de onderkant van het kwelscherm	[m]
$i_{opttr}$	optredend verhang	[-]
$i_c$	het kritieke verhang (0,5 → OI2014v4)	[-]

### 1.3 Macrostabieleit binnenwaarts (STBI)

De vigerende norm is de schematiseringshandleiding macrostabieleit [11] (versie december 2016)

#### 1.3.1 Belastingssituaties

Voor de verschillende geotechnische faalmechanismen zijn verschillende belastingssituaties maatgevend voor het ontwerp. De situaties bestaan uit combinaties van buitenwaterstand, golfploop, overslagdebiet, waterniveau in het achterland, stijghoogterespons, verloop van de freatische lijn in de dijk en verkeersbelasting. Deze zijn weergegeven in [1] tabel 7.

Voor de binnenwaartse macrostabieleit betreft dit de volgende belastingssituaties:

1. Waterstand bij norm (WBN) zonder verkeersbelasting
2. Significante overslag met verzadigd dijklichaam [13]
3. Extreme neerslag in combinatie met lagere waterstand
4. Hoge verkeersbelasting in combinatie met lagere waterstand (behorend bij een BGT)

Werkwijze: Voorafgaand de beoordeling worden voor een beperkt aantal maatgevende doorsnedes (maximaal 4) gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor alle vier belastingcombinaties. Op basis van deze gevoeligheidsanalyse wordt aangetoond welke belastingssituaties maatgevend zijn. De overige doorsnedes worden vervolgens alleen op deze belastingssituatie(s) beoordeeld. Naar verwachting zijn belastingssituaties 3 en 4 nooit maatgevend.

#### 1.3.2 Stabieleitfactoren

Bij het ontwerp wordt gecontroleerd aan een vereiste waarde van de stabieleitfactor conform OI2014v4 [12]. De stabieleitfactor is opgebouwd uit partiële factoren waar op basis van beschikbare gegevens een waarde aan gekoppeld is. De volgende formule is hierop van toepassing:

$$F \geq F_{min} \cdot \gamma_n \cdot \gamma_d \cdot \gamma_b \cdot \gamma_m$$

## UW WATERSCHAP

Waarin:

$F$	Berekende stabiliteitsfactor	[-]
$F_{min}$	Minimaal vereiste stabiliteitsfactor	[-]
$\gamma_n$	Schadefactor	[-]
$\gamma_d$	Modelfactor	[-]
$\gamma_b$	Schematiseringsfactor	[-]
$\gamma_m$	Materiaalfactor	[-]

### 1.3.2.1 Schadefactor

De schadefactor is bepaald volgens de formule:

$$\gamma_n = 0,15 \cdot \beta_{eis;dsn} + 0,41$$

Voor het bepalen van de betrouwbaarheidsindex geldt:

$$\beta_{eis;dsn} = \phi^{-1}(P_{eis;dsn})$$

Waarin:

$\beta$	Betrouwbaarheidsindex	[-]
$\phi^{-1}$	Inverse standaard normaalverdeling	[-]
$P_{eis;dsn}$	Faalkanseis op doorsnedeniveau voor stabiliteit	[1/jaar]

De afleiding van de faalkanseis en de betrouwbaarheidsindex op doorsnedeniveau is gegeven in Tabel 1-5.

Tabel 1-5: Faalkanseis op doorsnedeniveau STBI

Naam	Standaard	Eenheid
<b>Signaleringswaarde</b>	1/30.000	1/jaar
<b>Maximaal toelaatbare overstromingskans</b>	1/10.000	1/jaar
<b>Faalkansbudget</b>	4%	-
<b>L<sub>traject</sub></b>	32400	m
<b>a</b>	0,033	-
<b>b</b>	50	m
<b>P<sub>f,inst</sub></b>	1,0	-
<b>Betrouwbaarheidsindex</b>	5,09	-
<b>Faalkanseis doorsnedeniveau</b>	$1,79 \cdot 10^{-7}$ (1/5.596.000)	1/jaar

De schadefactor voor binnenwaartse macrostabiliteit voor traject 44-1 bedraagt 1,17.

### 1.3.2.2 Modelfactor

De glijvlakmodellen die in de berekening gebruikt worden zijn Spencer-Van der Meij en UpliftVan. De modelfactoren horend bij deze modellen zijn gegeven in Tabel 1-6.

Tabel 1-6: Modelfactoren

Rekenmodel	Modelfactor $\gamma_d$
<b>Uplift Van</b>	1,06
<b>Spencer-Van der Meij</b>	1,07



---

## UW WATERSCHAP

---

### 1.3.2.3 Materiaalfactor

Alle materiaalfactoren uitgaande van het CSSM hebben de waarde 1,0.

### 1.3.2.4 Schematiseringsfactor

Het afleiden van de schematiseringfactor gebeurt middels een selectie van maximaal 4 maatgevende doorsnedes in combinatie met een kenmerkende bodemopbouw van het gebied. Vervolgens worden scenario's opgesteld met een ingeschatte kans van voorkomen.

Werkwijze vaststellen scenario's:

- Voor het vaststellen van de scenario's wordt de geschematiseerde bodemopbouw binnen een deeltraject allereerst vergeleken met de SOS-scenario's. Indien volgens het SOS een alternatieve bodemopbouw kan voorkomen en deze niet uit te sluiten is op basis van het beschikbare veldonderzoek wordt deze als scenario opgenomen in de schematiseringsfactor.
- Daarnaast worden scenario's opgesteld om rekening te houden met:
  - Onzekerheid in de bodemschematisatie waarin een aangetroffen 'zwakke laag' mogelijk over een grotere breedte of dikte aanwezig is;
  - Onzekerheid in de bodemschematisatie met een dunnere of dikkere deklaag;
- Indien de vastgestelde KD-waarden lager uitvallen dan de waarden in het SOS wordt een scenario uitgewerkt waarbij de stijghoogte berekend wordt op basis van de SOS-waarden.

De volgende aspecten worden niet meegenomen als scenario:

- Ongunstigere geometrie (lager maaiveld, steiler binnentalud etc.). Per deeltraject wordt standaard al de maatgevende geometrie beschouwd (met de daar geldende bodemopbouw). Deze wordt afgeleid op basis van AHN3 data met iedere 25 meter een dwarsprofiel in combinatie met een controle op basis van de complete dataset en een veldbezoek. Hiermee is nagenoeg uitgesloten dat er binnen het traject een minder gunstige geometrie aanwezig is.
- Scenario met een verhoogde freatische lijn. De voorgeschreven schematisering van de freatische lijn is reeds zeer conservatief. In lijn met de werkwijze in het WBI is het in dat geval niet noodzakelijk om rekening te houden met scenario's voor de freatische lijn.

### 1.3.3 Rekenmodel en software

Voor de berekeningen worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

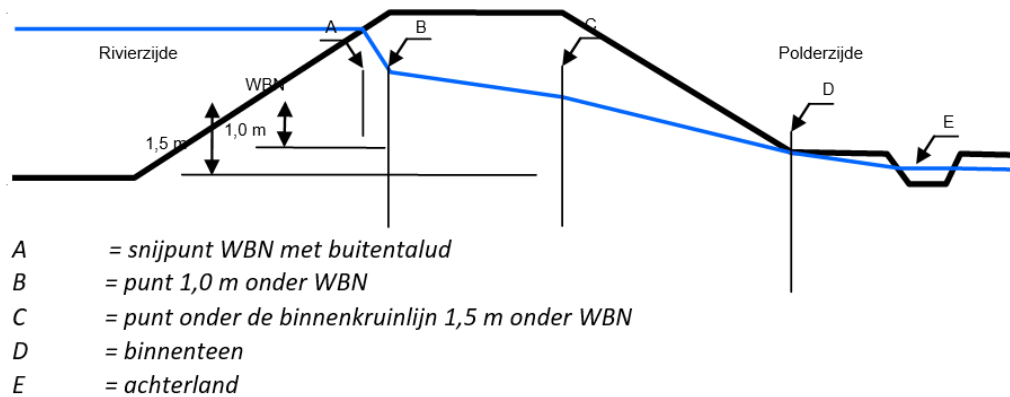
- Er wordt gerekend conform CSSM-model met SHANSEP-implementatie;
- Als glijvlakmodel wordt Spencer - Van der Meij gehanteerd. Ter verificatie worden UpliftVan berekeningen uitgevoerd.
- Er wordt gebruik gemaakt van D-GeoStability (beta), ook wel de HWBP-projectsoftware genoemd. De reguliere versie van D-Geostability(18.1) is onpraktisch voor het correct uitvoeren ongedraineerde schuifsterkteberekeningen.

### 1.3.4 Schematisering freatische lijn

*De freatische lijn in het dijklichaam wordt geschematiseerd op basis van het Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken [10], zoals uitgewerkt bij cases 1 en 3 in bijlage 2 van [1]. Er zijn geen meetwaarden beschikbaar van de freatische lijn. Voor de berekeningen van de binnenwaartse macrostabiliteit worden de algemene schematisaties van de freatische lijn*

## UW WATERSCHAP

aangehouden zoals weergegeven in Tabel 1-7. De locaties van punten A tot en met E zijn getoond in Figuur 1-5. De getoonde freatische lijn betreft de situatie bij extreem hoogwater.



Figuur 1-5: Freatische lijn bij een kleidijk bij WBN (waterstand bij norm)

Tabel 1-7: Niveaus freatische lijnen in ontwerpsituaties

Situatie	Voorland A	Buitenkruin B	Binnenkruin C	Binnenteen D	Achterland E
<b>Extreem hoog water (STBI)</b>	WBN	1,0 m onder WBN	1,5 m onder WBN	Maaiveld	Maaiveld
<b>Significante overslag (STBI)</b>	Waterstand bij overslag > 1l/s/m*1	0,1 m onder Kruin	0,1 m onder Kruin	Maaiveld	Maaiveld
<b>Extreme neerslag (STBI)</b>	GHW (STBI)	GHW +0,5 m	GHW +0,5 m	Maaiveld	Maaiveld
<b>Een of meer BGT-situaties</b>	waterstand bij betreffende kans van voorkomen X	X + 0,3 m tot maximaal 1,0 m onder WBN	X + 0,3 m tot maximaal 1,0 m onder WBN	Maaiveld	Maaiveld
<b>Dagelijks</b> *2	Dagelijks	Dagelijks	Dagelijks	Dagelijks	Polderpeil

\*1: Conform KPR factsheet werkwijze macrostabiliteit i.c.m. golfoverslag OI2014v4, 08-03-2018

\*2: Voor het vaststellen van de minimaal aanwezige grensspanning wordt een controle uitgevoerd op basis van de dagelijkse waterstand + karakteristieke waarde van POP conform [11].

### 1.3.5 Schematisering stijghoogte

De stijghoogte in de watervoerende zandlaag wordt berekend met de analytische formules voor de stationaire situatie, volgens het Technische Rapport Waterspanningen [17][10] bij dijken.

Afhankelijk van de dijkopbouw en ondergrond wordt gekozen tussen model 4A tot en met 4C. Het model:

## UW WATERSCHAP

- Model 4A: Stroming in een zandondergrond onder een ondoorlatende dijk, met slecht doorlatende, afdekkende lagen in het voor- en achterland, zonder radiale intrede of uittrede van water.
- Model 4B: Stroming in een zandondergrond onder een ondoorlatende dijk, met ondoorlatende lagen in het voor- en achterland, en met radiale intree en uittree van water.
- Model 4C: Stroming in een zandondergrond onder een ondoorlatende dijk en berm, waarbij binnendijks een grenspotentiaal optreedt (opbarsten).

Model 4D wordt niet beschouwd omdat er geen/nauwelijks getijden invloeden aanwezig zijn.

Uitgangspunten:

- Er is voor macrostabiliteit sprake van opbarsten bij een veiligheidsfactor kleiner dan 1,2
- Het verloop van de stijghoogte wordt echter aangepast van model 4A naar model 4C wanneer de opbarstveiligheid ter plaatse van het uittredepunt lager is dan 1,00, omdat bij een hogere veiligheid de grenspotentiaal hoger ligt dan bij de stijghoogte berekend conform model 4A. Bij een opbarstveiligheid groter dan 1,00 wordt model 4A toegepast.
- Het uittredepunt wordt beschouwd ter plaatse van de teensloot (indien aanwezig) en ter plaatse van de teen van de dijk. De maatgevende locatie wordt als opbarstlocatie beschouwd. Wanneer blijkt dat de grond opbarst wordt model 4C gehanteerd voor het stijghoogteverloop.
- Bij relatief flauw aflopende maaivelden richting de polder wordt vanaf het achterland in de richting van de waterkering beoordeeld waar het uittredepunt zich bevindt.

### 1.3.6 Opbarsten

Conform het OI2014v4 wordt de opbarstveiligheid bij macrostabiliteit bepaald door de totaalspanning aan de onderzijde van de deklaag te vergelijken met de opwaartse waterdruk in de watervoerende zandlaag. In de stabiliteitsberekeningen wordt altijd een fysisch mogelijk scenario geschematiseerd. Voor de controle op opbarsten geldt:

$$\frac{\Sigma d_3 \cdot \gamma_{sat}}{(\varphi_{opb} - z_{ok}) \cdot \gamma_w} \geq 1,20 = \gamma$$

Waarin:

$d_3$	Dikte deklaag	[m]
$\gamma_{sat}$	Verzadigd volumiek gewicht deklaag	[kN/m <sup>3</sup> ]
$\varphi_{opb}$	Stijghoogte opbarstlocatie	[m + NAP]
$z_{ok}$	Onderkant deklaag	[m + NAP]
$\gamma_w$	Volumiek gewicht water	[kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma$	Veiligheidsfactor	[-]

Ter plaatse van een teensloot kan de effectieve dikte van de deklaag voor opbarsten worden bepaald aan de hand van Figuur 1-4. De lengte van de opbarstzone bedraagt maximaal 2 maal de dikte van de deklaag. Ter plaatse van een watergang is de breedte van de opbarstzone beperkt tot de breedte van de watergang.

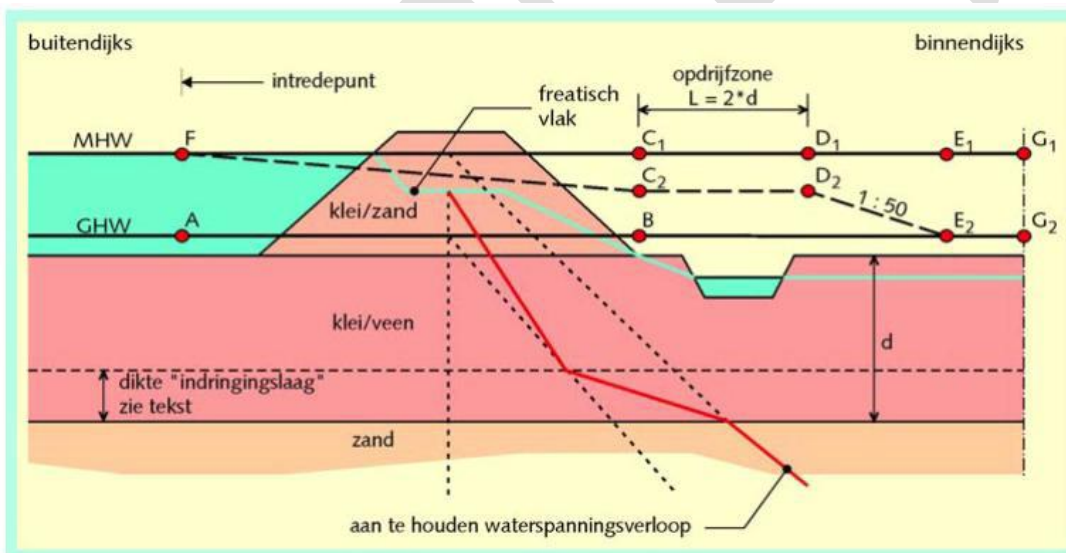
Als de effectieve dikte kleiner is dan 4 m wordt er geen sterkte toegekend aan de deklaag in het opbarstgebied.

### 1.3.7 Indringingslengte en stijghoogte

De indringingslaag in het slappe lagen pakket vanuit de watervoerende zandlaag wordt bepaald op basis van de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit [11], paragraaf 7.13. Het verloop van de waterspanning tussen de indringingslaag en de freatische lijn verloopt volgens het Technische Rapport Waterspanningen bij dijken [17].

Als gevolg van een hoge stijghoogte kan aan de onderzijde van de samendrukbare laag een toename van waterspanning ontstaan. De diepte tot waar de stijghoogte invloed heeft wordt de indringingslengte genoemd. Conform het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken, bijlage 4.3 [17] kan een indringingslengte voor het bovenrivierengebied worden gehanteerd van 3 m. In de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat de indringingslengte verloopt over de samendrukbare laag tot een maximale dikte van 3 m. In geval van de beschikbaarheid van de voldoende meetgegevens uit de hoogwaterperiodes zal eventueel een aanscherping van deze waarde naar werkelijke situatie gemaakt worden.

Op de indringingslengte van 3 m wordt de stijghoogte tijdens gemiddeld hoogwater geschematiseerd.



Figuur 1-6: Schematische weergave PL-lijnen conform TRWD

## 1.4 Macrostabiliteit buitenwaarts STBU

### 1.4.1 Belastingsituaties

Voor de verschillende geotechnische faalmechanismen zijn verschillende belastingsituaties maatgevend voor het ontwerp. De situaties bestaan uit combinaties van buitenwaterstand, golfloop, overslagdebiet, waterniveau in het achterland, stijghoogterespons, verloop van de freatische lijn in de dijk en verkeersbelasting. Deze zijn weergegeven in [1] tabel 7.

Voor de buitenwaartse macrostabiliteit betreft dit de volgende belastingsituaties:

1. Val na hoog water: hoge freatische lijn en lage buitenwaterstand

## UW WATERSCHAP

2. Extreem laag water: normale freatische lijn en extra lage waterstand (een laagwaterstand die eens per 10 jaar wordt onderschreden)
3. Extreme neerslag: verhoogde freatische lijn en gemiddelde laagwaterstand (GLW)

Werkwijze: Bij de beoordeling worden voor een beperkt aantal (maximaal 4) maatgevende doorsnedes gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor alle drie belastingcombinaties. Op basis van deze gevoeligheidsanalyse wordt aangetoond welke belastingssituaties maatgevend zijn. De overige doorsnedes worden vervolgens alleen op deze belastingssituatie(s) beoordeeld. Naar verwachting zijn belastingssituaties 2 en 3 nooit maatgevend.

### 1.4.2 Stabiliteitsfactoren

#### 1.4.2.1 *Schadefactor*

Voor buitenwaartse stabiliteit is een schadefactor afgeleid gebaseerd op een kans op overstroming gegeven buitenwaartse instabiliteit. Conform OI2014v4 [12] wordt hiervoor in eerste instantie een kans van 0,1 aangehouden. Conform de KPR\_Factsheet macrostabiliteit buitenwaarts\_versie 2 is het echter mogelijk om deze waarde aanzienlijk aan te scherpen.

Tabel 1-8: Faalkanseis op doorsnedeniveau STBU

Naam	Standaard	Eenheid
<b>Signaleringswaarde</b>	1/30.000	1/jaar
<b>Maximaal toelaatbare overstromingskans</b>	1/10.000	1/jaar
<b>Faalkansbudget</b>	4%	-
<b>Ltraject</b>	32400	m
<b>a</b>	0,033	-
<b>b</b>	50	m
<b>P<sub>f,inst</sub></b>	0,1	-
<b>Betrouwbaarheidsindex</b>	4,64	-
<b>Faalkanseis doorsnedeniveau</b>	$1,79 \cdot 10^{-6}$ (1/5.596.00)	1/jaar

De schadefactor voor buitenwaartse macrostabiliteit voor traject 44-1 bedraagt 1,11.

#### 1.4.2.2 *Modelfactor*

De glijvlakmodellen die in de berekening gebruikt worden zijn Spencer-Van der Meij en UpliftVan. De modelfactoren horend bij deze modellen zijn gegeven in Tabel 1-6.

Tabel 1-9: Modelfactoren

Rekenmodel	Modelfactor $\gamma_d$
<b>Uplift Van</b>	1,06
<b>Spencer-Van der Meij</b>	1,07

#### 1.4.2.3 *Materiaalfactor*

Alle materiaalfactoren uitgaande van het CSSM hebben de waarde 1,0.

---

## UW WATERSCHAP

---

### 1.4.2.4 Schematiseringsfactor

Het afleiden van de schematiseringfactor gebeurt middels een selectie van maximaal 4 maatgevende doorsnedes in combinatie met een kenmerkende bodemopbouw van het gebied. Vervolgens worden scenario's opgesteld met een ingeschatte kans van voorkomen.

Werkwijze vaststellen scenario's:

- Voor het vaststellen van de scenario's wordt de geschematiseerde bodemopbouw binnen een deeltraject allereerst vergeleken met de SOS-scenario's. Indien volgens het SOS een alternatieve bodemopbouw kan voorkomen en deze niet uit te sluiten is op basis van het beschikbare veldonderzoek wordt deze als scenario opgenomen in de schematiseringsfactor.
- Daarnaast worden scenario's opgesteld om rekening te houden met:
  - Onzekerheid in de bodemschematisatie waarin een aangetroffen 'zwakke laag' mogelijk over een grotere breedte of dikte aanwezig is;
  - Onzekerheid in de bodemschematisatie met een dunnere of dikkere deklaag;
- Indien de vastgestelde KD-waarden lager uitvallen dan de waarden in het SOS wordt een scenario uitgewerkt waarbij de stijghoogte berekend wordt op basis van de SOS-waarden.
- Scenario met ongunstigere onderwatergeometrie (alleen relevant voor schaaldijken)
- Scenario met verhoogde freatische lijn, afhankelijk van de uiteindelijk gekozen werkwijze om de freatische lijn bij val na hoogwater te bepalen;

Variaties in de bovenwatergeometrie worden niet als scenario meegenomen aangezien standaard al de maatgevende geometrie per deeltraject wordt beschouwd.

De volgende aspecten worden niet meegenomen als scenario:

- Ongunstigere geometrie (lager maaiveld, steiler binnentalud etc.). Per deeltraject wordt standaard al de maatgevende geometrie beschouwd. Deze wordt afgeleid op basis van AHN3 data met iedere 25 meter een dwarsprofiel in combinatie met een controle op basis van de complete dataset en een veldbezoek. Hiermee is nagenoeg uitgesloten dat er binnen het traject een minder gunstige geometrie aanwezig is. Uitzondering hierop is de onderwatergeometrie bij schaaldijken.

### 1.4.3 Rekenmodel en software

Voor de berekeningen worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er wordt gerekend conform CSSM-model met SHANSEP-implementatie;
- Als glijvlakmodel wordt Spencer - Van der Meij gehanteerd. Ter verificatie worden voor vier doorsnedes UpliftVan berekeningen uitgevoerd.
- Er wordt gebruik gemaakt van D-GeoStability (beta), ook wel de HWBP projectsoftware genoemd. De reguliere versie van D-GeoStability(18.1) is ongeschikt voor het correct uitvoeren ongedraineerde schuifsterkteberekeningen.

### 1.4.4 Schematisering freatische lijn

*De freatische lijn in het dijklichaam wordt geschematiseerd op basis van het Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken[17], zoals uitgewerkt bij cases 1 en 3 in bijlage 2 van [1]. Er zijn geen meetwaarden beschikbaar van de freatische lijn. Voor de berekeningen van de buitenwaartse macrostabiliteit worden de algemene schematisaties van de freatische lijn*

## UW WATERSCHAP

aangehouden zoals weergegeven in Tabel 1-10. De locaties van punten A tot en met E zijn getoond in Figuur 1-6 Figuur .

Tabel 1-10: Niveaus freatische lijnen in ontwerpsituaties

Situatie	Voorland	Buitenkruin	Binnenkruin	Binnenteen	Achterland
	A	B	C	D	E
<b>Extreme neerslag (STBU)</b>	GLW (STBU)	GHW +0,5 m	GHW +0,5 m	Maaiveld	Maaiveld
<b>Val na hoogwater (STBU)</b>	<p>De in [1] voorgestelde werkwijze conform de aanpak van de POV Centraal Holland betreft een veilige bovengrensbepaling (voldoende = zeker voldoende, maar onvoldoende kan nog alle kanten op). Dit resulteert in een onrealistisch oordeel ten aanzien van de buitenwaartse macrostabiliteit. Voor de vaststelling van de scope is een het van belang een meer realistische schematisering te hanteren. Hier wordt voor de start van product 12.2 een voorstel voor uitgewerkt en afgestemd met OG.</p> <p>De voorgestelde aanpak betreft het uitvoeren van een instationaire grondwaterstromingsberekening van het dijklichaam waarbij de gehele hoogwatergolf wordt geschematiseerd inclusief gevoeligheidsberekeningen.</p>				
<b>Extreem laag water (STBU)</b>	LW <sub>1/10</sub> jaar	Dagelijks	Dagelijks	Maaiveld	Polderpeil
<b>Dagelijks</b> *1	Dagelijks	Dagelijks	Dagelijks	Dagelijks	Polderpeil

\*1: Voor het vaststellen van de minimaal aanwezige grensspanning wordt een controle uitgevoerd op basis van de dagelijkse waterstand + karakteristieke waarde van POP conform [11]. De dagelijkse waterstand in de dijk en berm wordt vastgesteld op basis van de beschikbare peilbuismetingen. Voor tussenliggende doorsnedes wordt de waterstand geïnterpoleerd.

### 1.4.5 Schematisering stijghoogte en indringing

Voor de schematisering van de stijghoogte bij val van hoogwater worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Potentiaal in watervoerende lagen is gelijk aan de aangehouden waterstand op het voorland (punt A) uit Tabel 1-10.
- Potentiaal in indringingslaag = GHW.
- Hydrostatische verloop tot de onderzijde van de dijkzate en vervolgens Lineair verloop naar de bovenkant van de indringingslaag.

---

## UW WATERSCHAP

---

### 1.5 Microstabiliteit

Dit mechanisme wordt beoordeeld alleen in dijkvakken waar de binnenwaartse kern van de waterkering van zand bestaat.

De beoordeling volgens het toetsspoor microstabiliteit (STMI) en de beoordeling volgens het toetsspoor grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI) zijn nauw aan elkaar verwant. Indien er geen overslag van betekenis is (overslag bij de norm kleiner of gelijk aan 0,1 l/s/m) dan wordt de stabiliteit van het binnentalud feitelijk beoordeeld binnen het toetsspoor microstabiliteit; de eenvoudige toets van het toetsspoor grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI) leidt direct tot het oordeel dat het spoor niet van toepassing is. Bij een waarde van het golfoverslagdebiet die groter is dan 0,1 l/s/m is het toetsspoor microstabiliteit niet van toepassing. De beoordeling van de stabiliteit van het binnentalud vindt dan plaats volgens het toetsspoor grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI). Het overslagdebiet wordt hierin berekend als HBN (Hydraulisch Belasting Niveau) bij de trajectnorm.

Dit betekent dat we in onze werkwijze controleren of we in het projectgebied een combinatie van de maatgevende factoren: locatie met een overslag lager dan 0,1 l/s/m en een dijk met een zandkern. Indien deze combinatie niet voorkomt- zal dit mechanisme niet verder beschouwd worden.

In het geval dat het mechanisme relevant blijkt te zijn zullen de *Parameters worden bepaald volgens de Schematiseringshandleiding Microstabiliteit [23]*.

*Voor microstabiliteit gelden de rekenregels volgens de schematiseringshandleiding van WBI 2017[23].*

### 1.6 Bekleding

Voor het bepalen van de veiligheidsopgave betreffende de bekleding op het buitentalud zal gebruik gemaakt worden van de inspectie resultaten.

Dit geldt zowel voor het gras als eventueel andere aanwezige harde bekledingen. Voor de beoordeling maken we gebruik van de schematiseringshandleidingen van WBI2017[20];[21]

Voor de veiligheids- en ontwerpogave van de bekledingen zijn de data/ informatie nodig over de volgende aspecten:

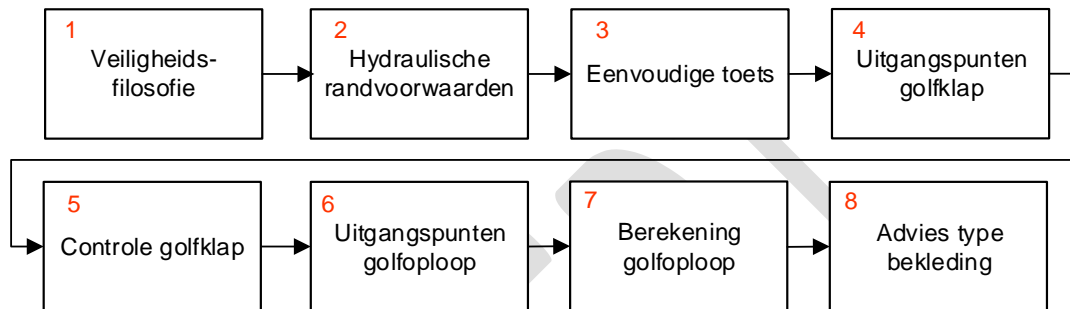
- Geometrie van de dijk: taludhelling, hoogte van het voorland, teenhoogte;
- Kwaliteit van de graszode (open/ gesloten) *wordt visueel vastgesteld*
- Kwaliteit van de onderliggende laag onder de gras (*Sterkte onderlagen wordt vastgesteld op basis van boringen op buitentalud en kruin* en met analyse van de deeltjesverdeling/ korrelverdeling van genomen monsters)
- Bij de asfaltbekleding de dikte verdeeld over het talud, beproeving van de sterkte (buig-, breuksterkte);
- Bij de steenbekledingen de opbouw van de bekleding waarbij waarnemingen over het inwassen, penetratie en de dikte en kwaliteit van de “funderingslagen”;
- Informatie over de onderliggend laag/ kern van de dijk (zand/ klei).



## UW WATERSCHAP

Ten aanzien van het bepalen van de veiligheids- en ontwerpogave van de bekleding worden de stappen gezet volgens Figuur 1-7.

In het geval dat de (gras) bekleding niet voldoet zal ook het ontwerpstep (step 8) gemaakt worden en zal de overgang wordt bepaald van harde bekleding naar grasbekleding en zal een geschikt type harde bekleding ontworpen worden.



Figuur 1-7 Stappen beoordeling bekleding

### Faalkanseis op doorsnedeniveau grasbekleding

De faalkansruimte voor 'beschadiging bekleding en erosie' geldt voor alle faalmechanismen behorend bij grasbekleding, steenbekleding en asfaltbekleding. Hier wordt specifiek ingegaan op de bepaling van de faalkanseis op doorsnedeniveau ten behoeve van het faalmechanisme erosie buitentalud. De relatie tussen de faalkanseis op doorsnede- en trajectniveau wordt voor grasbekleding bepaald conform OI2014v4

$$P_{eis,dsn} = \frac{P_{max} \cdot \omega_b \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2}{N}$$

Waarin:

$P_{eis, dsn}$	Faalkanseis op doorsnedeniveau	[1/jaar]
$P_{max}$	Faalkanseis op trajectniveau	[1/jaar]
$\omega_b$	Faalkansbudget voor het betreffende mechanisme	[-]
$\lambda_1$	Deel faalkansruimte bekledingen bestemd voor grasbekledingen (0,5)	[-]
$\lambda_2$	Deel faalkansruimte grasbekledingen bestemd voor falen grasbekleding door graserosie (0,9)	[-]
$N$	Lengte-effectfactor	[-]

Het betreffende dijktraject zoals gegeven in Bijlage A van het OI2014v4 is dijktraject 44-1 en heeft een lengte,  $L_{traject}$ , van 31,7 km. De factor voor het lengte-effect,  $N$ , wordt in het OI2014v4 gelijkgesteld aan de lengte-effectfactor voor overslag en overloop van 1.

In tabel 1-11 is de faalkanseis op doorsnedeniveau weergegeven voor graserosie. Tussen haakjes is de afgeronde faalkans als breuk weergegeven.

Tabel 1-11 Faalkanseis op doorsnedeniveau erosie grasbekleding

Naam	Standaard	Eenheid
<b>Signaleringswaarde</b>	1/30.000	1/jaar
<b>Maximaal toelaatbare overstromingskans</b>	1/10.000	1/jaar
<b>Faalkansbudget</b>	10%	-
$\lambda_1$	0,5	-
$\lambda_2$	0,9	-
<b>N</b>	32,0	-
<b>Faalkanseis doorsnedeniveau</b>	$4,5 \cdot 10^{-6}$ (1/222.222)	1/jaar

Voor de steen- of asfaltbekledingen is in tabel 4 van de Strategische Nota van Uitgangspunten [1] aangegeven dat deze niet van toepassing zijn en *er geldt een veiligheidsfactor van 1.1.*

De hydraulische randvoorwaarden die gebruikt worden zijn toegelicht in paragraaf 3.6.2:

- Waterstand  $h$  bij de norm [m NAP]
- Golfhoogte  $H_{m0}$  bij de norm [m]
- De golfcondities langs het hele talud van de dijk
- Golfloopniveau ten opzichte van de waterlijn

Voor de beoordeling en ontwerp zal de WBI2017 software en rekenmethodes gebruikt worden. Voor gras zal het BMGras Buitentalud module (versie 16.1.2.3400 of recenter) zijn, voor asfaltbekledingen BM Asfalt Golfklap (versie 17.1.4942 of recenter) en voor de steenbekledingen de Steentoets (versie 18 of recenter).

Voor de grasbekleding zijn de te gebruiken parameters uitgewerkt in tabel 1-12.

UW WATERSCHAP

Tabel 1-12 Benodigde gegevens BM Gras Buitenwaarts Golfklap

Gegevens	Eenheid	Omschrijving
<b>Delta Z</b>	m	Stapgrootte wordt afgestemd op de aangeleverde gegevens. Aangehouden wordt in principe een stapgrootte van 0,5 m.
<b>Min. significante golfhoogte</b>	m	Minimaal wordt een waarde van 0 m gehanteerd
<b>Max. significante golfhoogte</b>	m	Maximaal berekende significante golfhoogte op het talud (zie stap 2).
<b>Min. waterstand</b>	m t.o.v. NAP	Wanneer sprake is van een voorland wordt als minimale waterstand de hoogte van de teen van de dijk gehanteerd. Bij een schaaldijk wordt de gemiddeld laagste waterstand op de rivier als minimale waterstand gehanteerd.
<b>Max. waterstand</b>	m t.o.v. NAP	Waterstand op doorsnedeniveau wordt als maximale waterstand gehanteerd (zie stap 2, voor de bepaling hiervan).
<b>Coëfficiënt a</b>	m	Is bepaald op basis van de schematiseringshandleiding grasbekleding [19] uitgaande van een gesloten zode. Gehanteerde factor is 1.
<b>Coëfficiënt b</b>	1/u	Is bepaald op basis van de schematiseringshandleiding grasbekleding [19] uitgaande van een gesloten zode. Gehanteerde factor is -0,035.
<b>Coëfficiënt c</b>	m	Is bepaald op basis van de schematiseringshandleiding grasbekleding [19] uitgaande van een gesloten zode. Gehanteerde factor is 0,25.
<b>Zandgehalte</b>	-	Het zandgehalte is conform de schematiseringshandleiding [19] bij stevige klei gesteld op maximaal 40% (geldt voor erosieklasse 1 en 2). In de toplaag is echter een hoger zandgehalte aanwezig, waardoor in de berekeningen een zandgehalte van 50% wordt gehanteerd.
<b>Dikte kleilaag + gras</b>	m	De dikte van de kleilaag inclusief gras is gesteld op maximaal 0,5 m op basis van de schematiseringshandleiding grasbekleding [19]. Deze dikte van 0,5 m wordt toegepast in de berekening. Dit is lager dan de dikte van de kleilaag die is voorgeschreven in eis SE_0014 van de BSD.
<b>Z<sub>grass,min</sub></b>	m t.o.v. NAP	Wanneer sprake is van een voorland wordt als minimale hoogte van het gras de hoogte van de teen van de dijk gehanteerd. Bij een schaaldijk wordt de gemiddelde waterstand op de rivier als minimale hoogte van het gras gehanteerd.
<b>Z<sub>grass,max</sub></b>	m t.o.v. NAP	Is gelijk aan de het HBN.

In tabel 1-13 beschreven op welke manier de parameters worden bepaald. In tabel 1-13 wordt per in te voeren parameter aangegeven welke waarde wordt toegepast in de berekeningen op basis van de Schematiseringshandleiding [20].



## UW WATERSCHAP

Tabel 1-13 Wijze van bepalen van de benodigde parameters golfklap

Gegevens	Eenheid	Bepalen parameters Zuiderzeeland
<b>Cu</b>	-	Vooralsnog hanteren defaultwaarde van 1,1 conform schematiseringshandleiding grasbekleding.
<b>Valversnelling</b>	m/s <sup>2</sup>	De valversnelling is 9,81 m/s <sup>2</sup> .
<b>Gebruik schaling</b>	Nvt (default)	N fixed heeft vooralsnog de defaultwaarde 10.000 conform schematiseringshandleiding grasbekleding.
<b>Uc</b>	m/s	Conform het OI2014v4 wordt een waarde van 6,6 m/s gehanteerd.
<b>Dcrit</b>	m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Vooralsnog hanteren defaultwaarde van 7000 conform schematiseringshandleiding grasbekleding.
<b>Alpha M</b>	-	Vooralsnog hanteren defaultwaarde van 1 conform schematiseringshandleiding grasbekleding.
<b>Alpha S</b>	-	Vooralsnog hanteren defaultwaarde van 1 conform schematiseringshandleiding grasbekleding.
<b>Dijknormaal</b>	graden t.o.v. noorden	Wordt bepaald op basis van de ligging van het dijktraject.
<b>Ctm-tm 10</b>	-	Vooralsnog hanteren defaultwaarde van 0,92 conform schematiseringshandleiding grasbekleding.
<b>Delta T</b>	s	Vooralsnog hanteren defaultwaarde van 0,25 conform schematiseringshandleiding grasbekleding.

De berekening van de overgang van grasbekleding naar steenbekleding is conform de formule:

$$Z_{\text{overgang}} = \max(h_{P_{\text{eis,dsn}}}; Z_{\text{oploop}, P_{\text{eis,dsn}}}) + Z_{2\%}/10$$

Waarin:

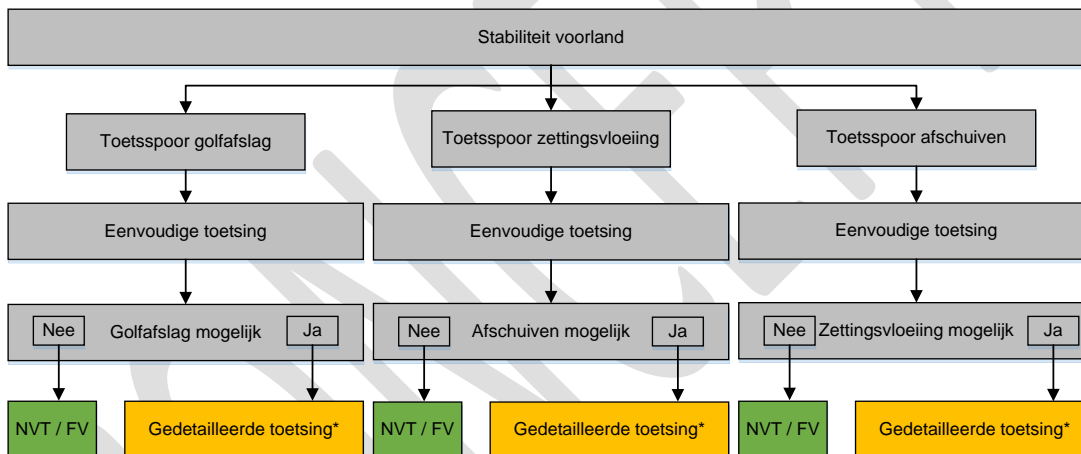
$Z_{\text{overgang, dsn}}$	Niveau vanaf waar gras kan worden toegepast op het buitentalud	[m +NAP]
$P_{\text{eis, dsn}}$	Faalkanseis op doorsnedeniveau voor graserosie	[1/jaar]
$h_{P_{\text{eis, dsn}}}$	Waterstand met een overschrijdingskans die getalsmatig gelijk is aan $P_{\text{eis, dsn}}$	[m +NAP]
$Z_{\text{oploop}, P_{\text{eis, dsn}}}$	Niveau vanaf waar het gras voldoet volgens de formules voor erosie door golfoploop bij randvoorwaarden met overschrijdingskans $P_{\text{eis, dsn}}$	[m +NAP]
$Z_{2\%}$	Golfoplooptniveau ten opzichte van de waterlijn dat door 2% van de golven wordt overschreden bij waterstand en golfcondities met overschrijdingskans $P_{\text{eis, dsn}}$	[m +NAP]

## 1.7 Stabiliteit voorland

Stabiliteit voorland zal beoordeeld worden conform het WBI weergegeven voor de faalmechanismen *golfafslag voorland*, *afschuiven voorland* en *zettingsvloeiing voorland*. Voor het berekenen van de stabiliteit van het voorland wordt het schema doorlopen zoals weergegeven in figuur 2-8 afgeleid uit de WBI2017.

Voor de beoordeling zullen we gebruiken de informatie uit AHN3 en de bathymetrische metingen voor de geometrie van het voorland en voorliggend geulen.

Daarnaast wordt gebruik gemaakt van de informatie over de opbouw van het voorland, die volgt uit de bodemschematisatie.



Figuur 1-8 Stappenplan stabiliteit voorland (\* wordt in deze fase van het project niet uitgevoerd)

Werkwijze: Voor alle voorlanden wordt bepaald de lengte en hoogteligging en diepteligging van de geul. Voor elk beschouwd profiel (om 100 m ) bepalen we de invloedszone ten aanzien van de macrostabiliteit buitenwaarts en piping. Voor de kortste aanwezige voorlanden in relatie tot de vastgestelde invloedszones voeren we de eenvoudige (geometrische) toetsen voor alle mechanismen uit. Indien deze voldoen zullen ook de langere voorlanden als voldoende beoordeeld worden). Indien deze niet voldoen, zal de stap van de gedetailleerde toetsing doorlopen worden.

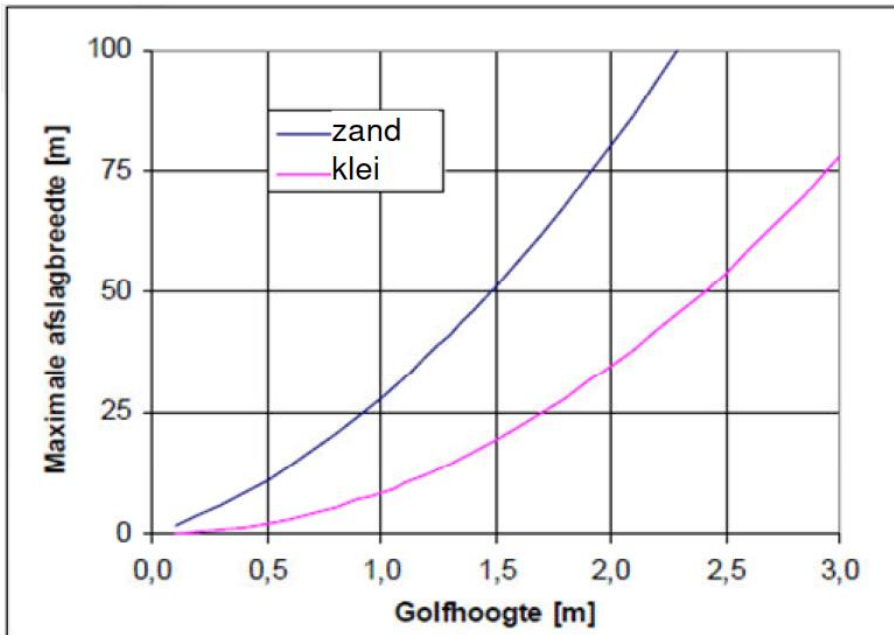
Voor het bepalen van de bepalende parameters voor eenvoudige toets zullen de hydraulische randvoorwaarden gebruikt worden zoals bepaald uit Hydra -NL (zie ook paragraaf 3.6.2).

## UW WATERSCHAP

### Eenvoudige toets golfafslag

Allereerst dient de *eenvoudige toetsing* te worden doorlopen om te kijken of golfafslag schadelijk is en of deze mogelijk kan optreden ter plaatse van het voorland.

De afslagbreedte voor de beoordeling van de afslag van het voorland is afhankelijk van de golfhoogte en wordt afgelezen uit figuur 1-9.



Figuur 1-9 Bepaling minimale afslag

### 1.8 Niet waterkerende objecten

Voor de beschouwing van de kabels en leidingen gaan we uit van de werkwijze conform NEN 3650 en NEN 3651.

Met de eventueel aanwezige niet waterkerende objecten anders dan Kabels en Leidingen zullen we een aangepaste veiligheidsbeschouwing uitvoeren, gebaseerd op de kans van het falen, duur van herstel en andere specifieke aspecten.

### 1.9 Kunstwerken

Elke kunstwerk wordt separaat gedimensioneerd volgens de aanwijzingen daaromtrent in het OI2014. De Leidraad kunstwerken uit 2003 is in beginsel van toepassing, maar in overleg met bijvoorbeeld KPR kan ook gebruik worden gemaakt van kennis uit de concept Leidraad kunstwerken uit 2018. Bij de dimensionering dient aandacht te zijn voor:

- De aansluitconstructies;
- Afsluitmiddelen (aantal keermiddelen en bedieningswijze);
- Afvoercapaciteit tijdens zware lokale neerslag;

---

## UW WATERSCHAP

---

- Constructieve sterkte en stabiliteit omringend grondlichaam.

CONCEPT

## Bijlage 2. Onderbouwing ambitie duurzaamheid

De ambities zoals weergegeven in het ambitieweb in paragraaf Figuur 6-1 worden zijn als volgt onderbouwd.

1. Energie: Op het duurzaamheidsthema energie is het ambitieniveau vastgesteld op 2. Dit betekent dat de ambitie is om meetbare doelstellingen op te stellen en te behalen, waarmee CO<sub>2</sub>-uitstoot significant gereduceerd wordt. Hiervoor worden kansen voor **duurzaam energieverbruik en duurzame energieopwekking** onderzocht.
2. Materiaalgebruik: Het ambitieniveau voor het duurzaamheidsthema materiaalgebruik is vastgesteld op 2. Dit betekent dat de ambitie is meetbare doelstellingen op te stellen en te behalen om materiaalgebruik te verduurzamen. Hiervoor worden kansen voor het **verbeteren van gebiedseigen grond en het gebruik van reststromen** onderzocht.
3. Bodem en ondergrond: Het ambitieniveau voor het duurzaamheidsthema bodem en ondergrond is vastgesteld op 2. Dit betekent dat de ambitie is meetbare doelstellingen op te stellen en te behalen, om verbetering van bodem- en ondergrond te bewerkstelligen. Hiervoor worden kansen onderzocht om **mogelijke verontreinigingen te verwijderen** en neemt het project deel aan **een BRO-pilot project** t.b.v. het vergroten van cultuurhistorische waarden
4. Water: Het ambitieniveau voor het duurzaamheidsthema water is vastgesteld op 2. Dit betekent dat de ambitie is meetbare doelstellingen op te stellen en te behalen, om naast de taken van een waterschap om waterveiligheid, kwaliteit- en kwantiteit te waarborgen, ook in te zetten op mogelijkheden voor **meekoppelkansen**.
5. Ecologie en biodiversiteit: Het ambitieniveau voor het duurzaamheidsthema ecologie en biodiversiteit is vastgesteld op 2. Dit betekent dat de ambitie is meetbare doelstellingen op te stellen en te behalen t.b.v. verbetering van de ecologische structuren en biodiversiteit in het gebied. Hiervoor worden kansen voor **het verrijken van natuur(verbindingen)** onderzocht.
6. Ruimtegebruik: Het ambitieniveau voor het duurzaamheidsthema ruimtegebruik is vastgesteld op 2. Dit betekent dat de ambitie is meetbare doelstellingen op te stellen en te behalen om **meervoudig ruimtegebruik** te bewerkstelligen.
7. Ruimtelijke kwaliteit: Het ambitieniveau voor het duurzaamheidsthema ruimtelijke kwaliteit is vastgesteld op 3. Dit betekent dat dit een topambitie is, waarvoor maximale inzet geambieerd wordt. Kansen om de **belevingswaarde** van de dijk optimaal tot zijn recht te laten komen worden onderzocht.
8. Welzijn en gezondheid: Het ambitieniveau voor het duurzaamheidsthema welzijn en gezondheid is vastgesteld op 1. Dit betekent dat een minimaal verbeteringsniveau op dit thema verwacht wordt middels acties van HDSR. Hierbij wordt vooral gezocht naar kansen om **gemeenten te faciliteren en ondersteunen** op dit thema.



## UW WATERSCHAP

9. Sociale relevantie: Het ambitieniveau voor het duurzaamheidsthema sociale relevantie is vastgesteld op 3. Dit betekent dat dit een topambitie is, waarvoor maximale inzet geambieerd wordt. Hiervoor wordt gezocht naar kansen en optimale mogelijkheden om **bewoners, lokale stakeholders en lokale kennis** te activeren, betrekken en in te zetten.
10. Investerings: Het ambitieniveau voor het duurzaamheidsthema investeringen is vastgesteld op niveau 2. Dit betekent dat de ambitie is meetbare doelstellingen op te stellen en te behalen om kosten te reduceren en opbrengsten te vergroten. Hiervoor wordt onder andere een **Life Cycle Costing** analyse uitgevoerd en toegepast.
11. Vestigingsklimaat: Het ambitieniveau voor het duurzaamheidsthema vestigingsklimaat is vastgesteld op 1. Dit betekent dat een minimaal verbeteringsniveau op dit thema verwacht wordt middels acties van HDSR. Hiervoor worden kansen voor het versterken van **lokale recreatie en (agrarische) bedrijvigheid** onderzocht.
12. Bereikbaarheid: Het ambitieniveau voor het duurzaamheidsthema bereikbaarheid is vastgesteld op 1. Dit betekent dat een minimaal verbeteringsniveau op dit thema verwacht wordt middels acties van HDSR. Hiervoor wordt voornamelijk **behoud van het huidige mobiliteitssysteem** voorzien.

In onderstaande tabel zijn geïdentificeerde oplossingsrichtingen en kansen per thema weergegeven.

Duurzaamheids-thema	Ambitie niveau	Oplossingsrichtingen en kansen
<b>Energie</b>	2	Inzichtelijk maken CO2 uitstoot project (transport, uitvoering, etc.)
		CO2 prestatieladder voor uitvoerder van project
		CO2 uitstoot van transport en transportkilometers reduceren
		Reduceren kwel om benodigd pompvermogen in polders te verminderen.
		In verschillende gemeenten en de provincie heeft energie een hoge prioriteit. Met hen kan naar meekoppelkansen gezocht worden.
<b>Materialen</b>	2	Gebruik gebiedseigen grond
		Waar nodig verbeteren gebiedseigen grond
		Onderzoeken van mogelijkheden voor het gebruik van reststromen
<b>Bodem &amp; ondergrond</b>	2	Verwijderen mogelijke bodemverontreinigingen
		Versterken van cultuurwaarden middels BRO pilot project
		Mogelijke archeologische vondsten en erfgoed tentoonstellen
<b>Water</b>	2	Onderzoeken van balans tussen kwelstroom en voeding van andere functies
		Vispassage
		Mogelijkheden voor robuuster watersysteem rondom de Beermuur. Bv. systeem rekening houdend met mogelijkheid van overstroming van de (relatief lage) Beermuur, ook bruikbaar als regenwaterberging= klimaatadaptief
		Toetsing waterinlaat Kromme Rijn



## UW WATERSCHAP

		Onderzoek naar andere lagen dan technische t.b.v. veiligheid van en rondom de dijk. Denk aan ruimtelijke adaptatie, bewustzijn, etc.
<b>Ecologie &amp; biodiversiteit</b>	2	Natuurvriendelijke inrichting van ontwateringsgeul van Amerongen
		Verrijken en vergroten van natuurverbindingen (Natura2000 gebied)
<b>Ruimtegebruik</b>	2	Bestaand multifunctioneel ruimtegebruik handhaven
		Meervoudig ruimtegebruik faciliteren. Bv. onderzoek naar mogelijkheden voor fietspad op de dijk.
		Ruimtegebruik op de dijk minimaliseren.
		Mogelijkheden onderzoeken voor herstructurering van agrarisch gebruik, middels (ver)kopen/ruilverkaveling/etc.
<b>Ruimtelijke kwaliteit</b>	3	Fietsvriendelijke verbinding
		Uitdragen en vertellen verhaal dijk (archeologisch, cultuurhistorisch, natuurlijk)
		Versnippering tegengaan om belevingswaarde rondom de dijk te vergroten
		Belevingswaarde verhogen door afdammen Kromme Rijn 'Michelinsterren systeem' voor waarden op- en rondom dijken
<b>Welzijn &amp; gezondheid</b>	1	Faciliteren sporten/recreatie/ontspanning op-en rondom de dijk (fietsen, hardlopen, wandelen, etc.)
		'Auto te gast' op dijk
<b>Sociale relevantie</b>	3	Gebruik maken van lokale kennis door bewoners, lokale stakeholders en bedrijven te betrekken
		Ontwerpgroep van 30 bewoners
		Fysieke ontmoetingsplek rondom Beermuur
		WAF= Wijk – Amerongen First (betrekken lokale bedrijven)
		Creëren van maatschappelijk draagvlak door het betrekken van bewoners en lokale stakeholders
<b>Investerings</b>	2	LCC uitvoeren en toepassen!
		Kostenbesparing door circulair materiaalgebruik
		Onderzoek gesloten grondbalans
		Meewegen van bredere belangen bij inrichting dijk/weg
<b>Vestigingsklimaat</b>	1	Lokale recreatiemogelijkheden vergroten t.b.v. horeca en overnachtingsmogelijkheden.
		Branding van de dijk en haar omgeving
		Vestiging (kleine) agrarische bedrijven minimaal gelijk houden
<b>Bereikbaarheid</b>	1	Handhaven huidige mobiliteitssysteem
		Onderzoek mogelijkheden fietsnetwerk uitbreiding

### Bijlage 3. Bronnen

- [1] HDSR, 'Strategische Nota van Uitgangspunten Sterke Lekdijk, Versie 0.9, eindconcept, mei 2018
- [2] HDSR, Basis Specificatie Dijk, Systeemeisen, versie 1.0, juli 2018
- [3] Detailtoetsing A-keringen van de Nederrijn- en Lekdijk, Eindrapportage ten behoeve van Dijkversterking Centraal Holland met Bijlagen, Arcadis, 23 december 2015 en Veiligheidsanalyse Centraal Holland, aanscherping toetsresultaat noordelijke Lekdijken en voormalige C-keringen, juni 2017, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden.
- [4] Eerder uitgevoerde geotechnische onderzoeken t.b.v. dijkversterking en veiligheidstoetsingen
- [5] Geologische kaarten
- [6] Resultaten Pipingproeftuin, onderdeel van [9]
- [7] Proefveld macrostabiliteit, onderdeel van [...]
- [8] AHN3
- [9] Veldwerk en laboratoriumonderzoek op te leveren medio september 2018 conform "Veldwerkplan Wijk bij Duurstede Amerongen, HDSR, kenmerk DM1322636".
- [10] Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1 september 2004
- [11] Schematiseringshandleiding macrostabiliteit, WBI 2017, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, december 2016
- [12] Handreiking ontwerpen met overstromingskansen, OI2014v4, Rijkswaterstaat, februari 2017
- [13] KPR factsheet werkwijze macrostabiliteit i.c.m. golfoverslag OI2014v4, 08-03-201
- [14] Waterwet met de bijlagen geldig per 01-01-2017
- [15] Tienjarig Overzicht 1981-1990: presentatie van afvoeren, waterstanden, watertemperaturen, golven en kustmetingen. Ministerie van verkeer en waterstaat, 1994.
- [16] Schematiseringshandleiding piping, WBI 2017, 2 januari 2017
- [17] Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken. Technische adviescommissie voor de waterkeringen (TAW), 1 september 2004.
- [18] Onderzoeksrapport Zandmeevoerende Wellen, Deltares, maart 2012
- [19] Referentiewaarden waterstanden tcm 174-326696. Slotgemiddelde 1991.0.
- [20] Schematiseringshandleiding grasbekleding, WBI 2017. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 december 2016.
- [21] Schematiseringshandleiding steenbekleding, WBI 2017. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 december 2016.
- [22] Schematiseringshandleiding afschuiven voorland - WBI 2017. Rijkswaterstaat ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 december 2016.
- [23] Schematiseringshandleiding Microstabiliteit - WBI 2017. Rijkswaterstaat ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 december 2016.
- [24] Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken. Technische adviescommissie voor de waterkeringen (TAW), 1 september 2004.
- [25] Schematiseringshandleiding zettingsvloeiing – WBI 2017. Rijkswaterstaat, 1 december 2017.

---

## UW WATERSCHAP

---

- [26] Schematiseringshandleiding golfafslag voorland – WBI 2017. Rijkswaterstaat, 1 december 2017.
- [27] CUR Aanbeveling 101)
- [28] NEN 5118
- [29] NEN 3650
- [30] NEN 3651
- [31] Verkennend natuuronderzoek Sterke Lekdijk, tracé Amerongen-Wijk bij Duurstede. Sweco, 2018.
- [32] Notitie historisch bodemonderzoek Sterke Lekdijk traject Wijk bij Duurstede – Amerongen. Sweco 2018.
- [33] Achtergrondrapportage Archeologie Dijkversterking Wijk bij Duurstede – Amerongen. Arcadis, 2018.
- [34] Notitie Conditionerend onderzoek Landschap en Cultuurhistorie. Sweco/Arcadis, 2018.
- [35] Verkeerskundige inventarisatie van de huidige situatie en wensen voor herinrichting. Sweco, 2018.
- [36] Historisch vooronderzoek NGCE Verkenning Centraal Holland. AVG, 2015.
- [37] Kwaliteitskader eindrapport, Noordelijke Rijn- en Lekdijk Amerongen – Schoonhoven. Terra Incognita, 2016.

CONCEPT