

STERKE LEKDIJK



Versie 1.1

17 september 2019



STERKE LEKDIJK

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Doel van de nota	6
1.2	Relatie met andere documenten	6
1.3	Status van de nota	7
1.4	Versiebeheer	8
2	Veiligheidsopgave	9
2.1	Veiligheidsopgave Lekdijk	9
2.2	Programmering	10
2.3	Van veiligheidsopgave naar ontwerpogave	11
3	Randvoorwaarden en ambitie	13
3.1	Wettelijk kader	13
3.2	Uitgangspunten Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP)	14
3.3	Bestuurlijke ambities	14
3.3.1	Werken aan veiligheid	15
3.3.2	Omgeving en participatie	15
3.3.3	Innovatie	16
3.3.4	Duurzaamheid	16
3.4	Ambitie beheerder	16
4	Proces dijkversterking	18
4.1	Fasen versterkingsproces	18
4.2	Procedures voor dijkversterking	18
4.3	Ontwerpproces	20
4.4	Systems Engineering (SE)	22
4.5	Procesafspraken met de beheerder	25
5	Ontwerpfilosofie	26
5.1	Eenheid in het ontwerp	26
5.2	Integraal ontwerpen	26
5.3	Ontwerpkeuzes	27
5.4	Toekomstgericht ontwerp	27
5.5	Omgaan met onzekerheden	27
5.6	Innovatie	28

5.7	Duurzaamheid	29
6	Technische uitgangspunten	30
6.1	Algemeen	30
6.2	Veiligheidseisen	30
6.2.1	Veiligheidsnorm	30
6.2.2	Bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT)	31
6.3	Belastingen	31
6.3.1	Hoogwaterstanden	32
6.3.2	Overslagdebiet	32
6.3.3	Bodemdaling en zetting	33
6.4	Sterkte	33
6.5	Levensduur	33
6.6	Maakbaarheid	33
6.7	Uitbreidbaarheid, aanpasbaarheid, vervangbaarheid	33
6.7.1	Grondlichamen	33
6.7.2	Waterkerende constructies en kunstwerken	34
6.7.3	Inpassing niet-waterkerende objecten (NWO's)	34
6.8	Bouwstenen voor ontwerp	34
7	Veiligheid, gezondheid en milieu	36
	Referenties	37
	Bijlagen	38
A 1.	Veiligheidseisen	39
A 1.1	Veiligheidsnorm	39
A 1.2	Faalkansverdeling	39
A 1.3	Faalkanseisen	40
A 1.4	Bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT)	41
A 1.5	Ontwerpinstrumentarium	43
A 2.	Belastingen	43
A 2.1	Soorten belastingen	43
A 2.2	Afvoerstatistiek	45
A 2.3	Klimaatontwikkeling	45
A 2.4	Hydraulische randvoorwaarden	46
A 2.5	Schematisering grondwater	47
A 2.6	Overslagdebiet	49
A 2.7	Bodemdaling en zetting	51

A 2.8 Overige belastingen	51
A 3. Sterkte	52
A 3.1 Schematiseringsfactor	52
A 3.2 Grondsoorten	53
A 3.3 Macrostabiliteit	54
A 3.4 Piping	55
A 3.5 Microstabiliteit	56
A 3.6 Stabiliteit voorland	56
A 3.7 Bekledingen	56
A 3.8 Langsconstructies	57
A 3.9 Langsconstructies – Drainage	58
A 3.10 Kunstwerken – Puntconstructies	58
A 3.11 Niet-waterkerende objecten	58
A 4. Ontwikkelingen in het technisch instrumentarium	58

1 Inleiding

1.1 Doel van de nota

Deze Nota van Uitgangspunten is een startdocument voor het project Sterke Lekdijk en bevat de uitgangspunten die nodig zijn om te komen tot een goed integraal ontwerp voor de gehele Lekdijk in het beheersgebied van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Hoewel kortweg over de 'Lekdijk' wordt gesproken, betreft het project de Nederrijndijk en de Lekdijk op het deeltraject Amerongen - Schoonhoven. Deze Nota betreft een nadere invulling van de Startdocument project Sterke Lekdijk [7], vastgesteld door het algemeen bestuur op 22 februari 2017 en behandelt uitgangspunten op strategisch niveau. Conform de daarbij vastgestelde Besluitvormingsmatrix wordt deze Nota door het dagelijks bestuur vastgesteld.

Het doel van deze nota is de uitgangspunten voor het ontwerpproces en technische uitgangspunten voor de hele Lekdijk eenduidig vast te leggen, zodat het ontwerp op een consistente, transparante, herleidbare wijze tot stand kan komen en keuzes voor ontwerp en beheer voor alle partijen duidelijk zijn. De nota zal in eerste instantie worden gebruikt door de projectteams van de deeltrajecten en hun opdrachtnemers, maar richt zich ook op andere belanghebbenden.

In de nota staan de bestuurlijke accenten en uitgangspunten van het waterschap voor zijn dijkversterkingsprojecten, de randvoorwaarden vanuit het HWBP en de ambities van de beheersorganisatie.

1.2 Relatie met andere documenten

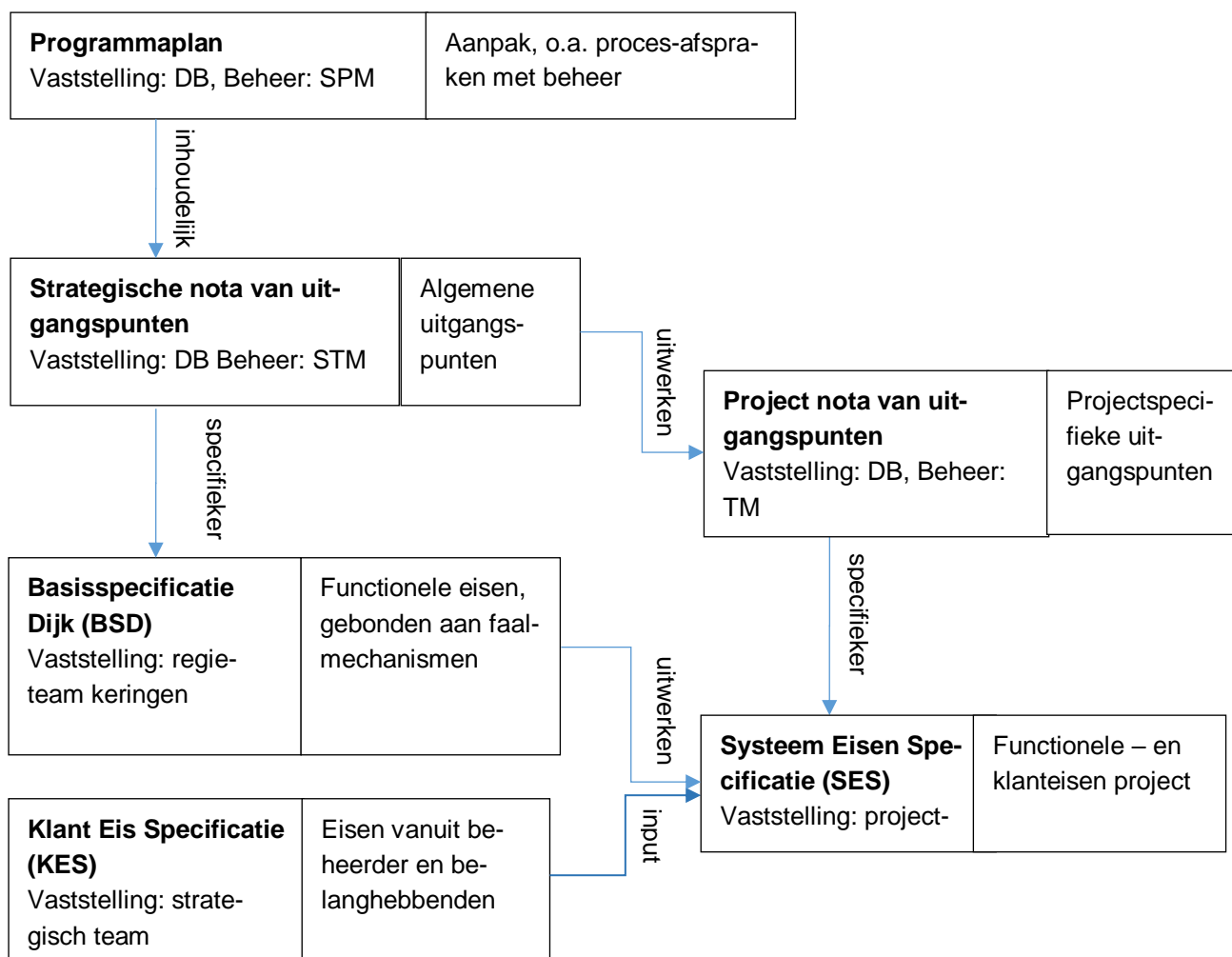
Voor het project Sterke Lekdijk wordt een programmaplan opgesteld, dat de aanpak voor het gehele project beschrijft. Hierin worden onder andere ook de procesafspraken tussen project en beheerafdeling vastgelegd.

In de strategische Nota van Uitgangspunten is het programmaplan uitgewerkt in algemene uitgangspunten en procesbeschrijvingen. Per deelproject worden de uitgangspunten specifiek gemaakt in een projectspecifieke nota van uitgangspunten.

De nota vormt ook het kader voor de specifieke technische en functionele eisen aan het ontwerp, die worden uitgewerkt in de Basisspecificatie Dijk (BSD). De BSD is een product van de beheerafdeling.

De eisen per deeltraject worden uitgewerkt in een Systeem Eisen Specificatie (SES), waarin zowel de eisen uit de BSD als de Klanteisen Specificatie (KES) worden verwerkt.

De samenhang tussen deze rapporten is in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..1** in beeld gebracht.



Figuur 1.1 Samenhang Strategische nota van uitgangspunten met andere plannen

De eisen en wensen van de beheerder worden ontwikkeld in een parallel spoor, dat wordt getrokken door de assetmanager. De resultaten van dit traject komen op drie plekken terug in bovenstaande documenten:

- proceseisen → Programmaplan
- databeheer → Informatie Management Plan
- inhoudelijke eisen → Basisspecificatie Dijk

1.3 Status van de nota

De nota is opgesteld door het strategisch team van Sterke Lekdijk, met belangrijke bijdragen van de technisch adviseurs en het regieteam keringen. De nota wordt beheerd door de strategisch technisch manager.

Deze nota is een levend document, waarvan de inhoud tijdens de projectverkenningfase kan worden aangevuld en aangepast aan de nieuwste inzichten en aan ervaringen in het project. De nota is nu vooral gericht op de verkenningfase, en zal later worden uitgebreid voor de planvorming en uitvoering. Het strategisch team beslist wanneer er aanleiding is om deze wijzigingen te verwerken in een nieuwe versie, die

door het dagelijks bestuur wordt vastgesteld. Een logisch moment hiervoor is voor de start van een nieuw traject. Kleine of zeer technische aanpassingen zal het strategisch team opnemen in een nieuwe subversie. Voor een deeltraject worden de uitgangspunten 'bevroren' door het vaststellen van de projectspecifieke nota van uitgangspunten. Aan het einde van de verkenningsfase, vóór vaststelling van het Voorkeursalternatief, wordt een impactanalyse uitgevoerd waarin de invloed van gewijzigde uitgangspunten inzichtelijk wordt gemaakt en zo nodig wordt verwerkt.

1.4 Versiebeheer

Versie 1.0 is vastgesteld op 3 juli 2018. Rond die tijd werd ook de nota van uitgangspunten van het deeltraject Salmsteke vastgesteld. In december 2018 volgde de nota van uitgangspunten van het deeltraject Wijk bij Duurstede - Amerongen (WAM). Inzichten uit deze deeltrajecten en landelijke ontwikkelingen uit bijvoorbeeld de Projectoverstijgende verkenningen (POV's) van het HWBP leiden vooral tot aanpassingen in de technische uitgangspunten. Deze aanpassingen zijn verwerkt in deze subversie 1.1. De wijzigingen zijn bijgehouden in het document Aanpassing SNvU technische uitgangspunten.

In hoofdstuk 1 en 2 zijn de teksten aangepast aan de actualiteit, zoals de inmiddels afgeronde beoordeling van dijktraject 15-1. Paragraaf 2.3 is aangevuld met het proces om te komen tot een stabiele ontwerpopgave. In paragraaf 3.1 is een alinea toegevoegd over de mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. In hoofdstuk 4 is een paragraaf Systems Engineering toegevoegd. Hoofdstuk 7 is in zijn geheel geschrapt en wordt vervangen door het Informatiemanagementplan.

2 Veiligheidsopgave

2.1 Veiligheidsopgave Lekdijk

In de periode 2014-2017 is de Projectoverstijgende Verkenning Centraal Holland uitgevoerd. In deze POV is een veiligheidsanalyse uitgevoerd voor de Lekdijk, uitgaande van de wijziging van de veiligheidsnormen, zoals die in 2017 zijn vastgelegd in de Waterwet [1]. Het projectgebied omvat twee normtrajecten:

- traject 44-1 (Amerongen – Nieuwegein) norm: 1/30.000 per jaar;
- traject 15-1 (Nieuwegein – Schoonhoven) norm: 1/30.000 per jaar.

Beide trajecten worden grotendeels beheerd door Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Een deel van het beheer ligt bij Rijkswaterstaat voor 3 sluizen (Irenesluis, Beatrixsluis en Koninginnensluis) en de voorhavens daarvan. Voor de voorhavendijken wordt het beheer binnenkort overgedragen van het Rijk aan het waterschap.

In de veiligheidsanalyse zijn de faalmechanismen hoogte, binnenwaartse macrostabiliteit en piping, en de kunstwerken beoordeeld op basis van het toen geldende Ontwerpinstrumentarium (OI) van het HWBP, dat zo goed mogelijk aansloot bij het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI2017). Omdat dit instrumentarium op dat moment nog in ontwikkeling was, is voor de werkwijze steeds afgestemd met het Kennisplatform Risicobenadering (KPR) en de Programmadirectie Hoogwaterbescherming (HWBP).

In januari 2017 is het WBI2017 [3] vastgesteld, waarop ook voor het OI [2] een nieuwe versie beschikbaar is gekomen. Maar ook nu nog wordt nieuwe kennis ontwikkeld en leiden ervaringen met het instrumentarium tot nieuwe inzichten. De verwachting is dat deze kennisontwikkeling de komende jaren nog wel in beweging blijft, zie ook hoofdstuk 6. Het is daarom van belang om nieuwe inzichten te blijven volgen en te beoordelen in hoeverre deze van invloed zijn op de Veiligheidsanalyse. In paragraaf 5.5 staat omschreven hoe hiermee wordt omgegaan.

De conclusie van de veiligheidsanalyse is, dat vrijwel de gehele Lekdijk een veiligheidsopgave heeft. Daarbij is piping het belangrijkste mechanisme, maar is ook macrostabiliteit van groot belang. Van de 10 kunstwerken zijn er 5 afgekeurd. Hiervoor zijn de mechanismen piping en 'betrouwbaarheid sluiting' bepalend.

Verspreid langs de dijk liggen gedeelten, die op basis van deze twee mechanismen niet onvoldoende zijn beoordeeld. Deze gedeelten zijn nader beoordeeld waarbij 3 stappen zijn uitgevoerd:

1. Korte stukken van enkele honderden meters blijven deel uitmaken van de scope (N.B. de stuurgroep Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) heeft op 2 december 2015 ingestemd dat een project ten hoogste voor 25% mag bestaan uit tussen- en aansluitstukken).
2. Controle op restlevensduur: tot wanneer blijft een dijkvak voldoen aan de norm? De grens voor de restlevensduur is gelegd bij 2050. Dijkvakken die voor 2050 niet meer voldoen voor één of meer faalmechanismen worden meegenomen in de veiligheidsopgave. Het jaartal 2050 sluit aan bij de eis uit de Waterwet, dat in 2050 alle primaire waterkeringen moeten voldoen aan de veiligheidsnorm.
3. Controle op andere faalmechanismen: leidt de beoordeling op andere faalmechanismen alsnog tot een veiligheidsopgave?

Deze uitwerking heeft in 2018 en 2019 plaatsgevonden, met als conclusie dat er geen reden is om dijkvakken definitief uit de scope van het project te knippen. De uitwerking staat in de memo Aanscherping scope Sterke Lekdijk [27]. Een overzicht van de opgave per deeltraject is opgenomen in paragraaf 2.3.

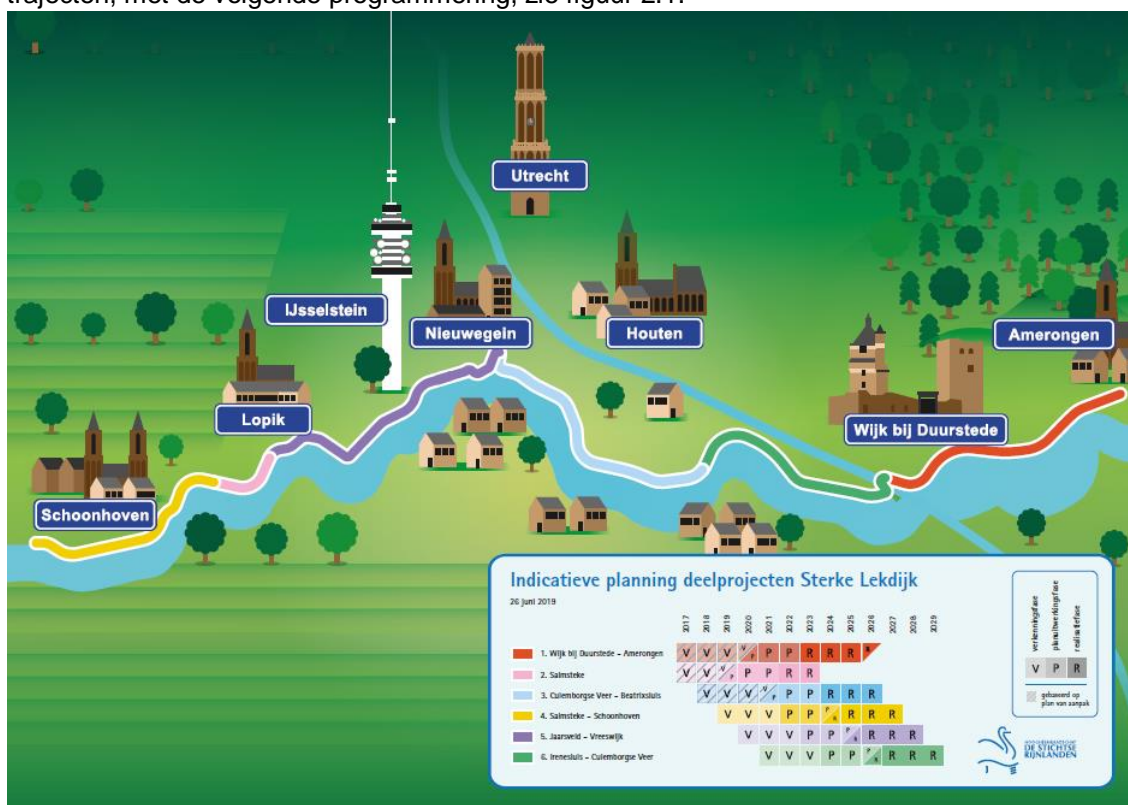
Een dijkversterking wordt pas opgenomen op het HWBP, wanneer de dijk formeel is afgekeurd. In de derde toetsronde in 2011 was de Lekdijk niet afgekeurd. Omdat de POV Centraal Holland wel tot een onvoldoende beoordeling kwam voor een groot deel van de Lekdijk, is de eerste beoordeling op basis van het WBI2017 versneld uitgevoerd en ingediend bij het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

2.2 Programmering

Omdat het oppakken van de versterking in één project zowel organisatorisch als voor de omgeving een zeer grote belasting zou zijn, is het areaal opgedeeld in zes deeltrajecten. Daarbij zijn zowel vanuit technisch oogpunt als vanuit de omgeving logische deelgebieden benoemd, waarbij rekening is gehouden met overwegingen over een beheersbare omvang van een project. Voor deze deelgebieden is uitgewerkt hoe groot de urgentie van een dijkvak is. Daarbij is gekeken naar:

- De technische urgentie (afstand tot de norm en mogelijkheden om het oordeel aan te scherpen);
- De ruimtelijke urgentie (concreetheid en planning van ruimtelijke ontwikkelingen en invloed op de dijkversterking).

Vervolgens is de volgende redeneerlijn gevolgd. De technische urgentie is leidend voor de volgorde van deelprojecten. Wanneer grotere ruimtelijke ontwikkelingen zodanig concreet zijn dat er sprake is van het missen van kansen, omdat de aangehouden volgorde niet aansluit bij de planning van gebiedspartners is hierop een uitzondering gemaakt. Om deze reden zijn deelprojecten 2 (Salmsteke) en 3 (Culemborgse veer- Beatrixsluis) naar voren gehaald in de planning. Dit heeft uiteindelijk geleid tot de indeling in 6 deeltrajecten, met de volgende programmering, zie figuur 2.1.



Figuur 2.1 Deelprojecten Sterke Lekdijk

2.3 Van veiligheidsopgave naar ontwerpogave

Uit de beoordeling [1] volgt de veiligheidsopgave (welke dijkvakken en faalmechanismen voldoen niet en moeten dus worden aangepakt; zichtjaar hierbij is 2023).
In Tabel 2.1 staat de veiligheidsopgave per deeltraject.

Tra- ject	Deeltraject	Beheerder	dijkpaal	Lengte (km)	Kunstwerken (aan- tal)	
				totaal	totaal	te verbe- teren
44	Amerongen - Wijk bij Duurstede	HDSR	0-97	9,8	3	2
		RWS	97-105	1,2	1	0
44	Irenesluizen – Cu- lemborgs veer	RWS	106-109	0,4		
		HDSR	109-205	9,5	1	0
44	Culemborgs veer- Beatrixsluis	HDSR	205-298	10,2		
		RWS	298-306	0,9	1	0
15	Vreeswijk - Jaars- veld	RWS	M1-M10,5 M17,5-M23	1,5	1	1
		HDSR	M10,5-M17,5 M23-89	11,3	2	1
15	Salmsteke	HDSR	89-108,5	2,0		
15	Salmsteke - Schoon- hoven	HDSR	108,5-192	8,3	1	1

Tabel 2.1 Veiligheidsopgave per deeltraject (zichtjaar 2023)

Hierna volgt de stap van veiligheidsopgave naar ontwerpogave, waarin een meer gedetailleerd beeld ontstaat welke delen van de dijk aangepakt moeten gaan worden (welke faalmechanismen scoren onvoldoende/voldoende) én waarin een planperiode van 50 jaar wordt beschouwd. In deze stap wordt de ontwerpstermijn toegevoegd en wordt voor de goedgekeurde dijkvakken en faalmechanismen nog eens beschouwd of ze alsnog in de versterking moeten worden meegenomen. Hierin wordt duidelijk of de dijk als geheel of bijvoorbeeld alleen binnendijs moet worden versterkt. Voor de gehele Lekdijk is hiervoor aanvullend grondonderzoek voorzien via veldwerkplannen en zijn de Hydraulische Randvoorwaarden afgeleid voor de toekomst.

Aanvullend grondonderzoek kan ook nodig zijn om meer grip te krijgen op de lokale grondopbouw en de variatie hierin, om de juiste geotechnische berekeningen uit te kunnen voeren, te bepalen of oplossingsrichtingen kansrijk zijn en het ruimtebeslag te bepalen. Deze detaillering wordt iteratief in het ontwerpproces uitgevoerd en kan per deeltraject en per dijkvak verschillen.

Voor duidelijkheid in het ontwerpproces en om het risico te beperken dat op gemaakte keuzes moet worden teruggekomen, is een stabiele ontwerpogave nodig. Hieronder wordt verstaan, dat is onderbouwd dat er geen omslagpunten meer kunnen optreden. De omslagpunten hebben betrekking op:

- de noodzaak om te versterken;
- de voorkeur voor een bepaald type oplossing, zoals een pipingberm of een constructie.

Aan het einde van de verkenningsfase moet het beeld van de opgave redelijk bekend zijn en moeten de delen die wél of niet versterkt dienen te worden in kaart zijn gebracht. Aangezien de kennis omtrent het

rekenen aan waterkeringen volop in ontwikkeling is, is een stabiele ontwerpogave altijd beperkt tot de op dat moment beschikbare kennis. In 5.5 wordt beschreven hoe met deze onzekerheden wordt omgegaan.

Een stabiele ontwerpogave vraagt om een goed onderbouwd “verhaal”. Dit bestaat onder andere uit:

- controle of het faalmechanisme relevant is;
- onderbouwing hoe het al dan niet kunnen optreden van het faalmechanisme kan worden geanalyseerd/gemodelleerd;
- een toelichting op gemaakte keuzes en de overwegingen daarbij;
- een logische uitkomst van de ontwerpogave, als dit op basis van gebiedskennis en ervaring in een groter perspectief wordt geplaatst.

De onderbouwing van de ontwerpogave wordt uitgewerkt met een gevoeligheidsanalyse. Deze bestaat uit de volgende stappen:

1. Breng de bandbreedte en invloed van de verschillende parameters in beeld.
De gevoeligheidsanalyse wordt in eerste instantie uitgevoerd met realistische parameters (verwachtingswaarden), waarbij parameters één voor één worden vervangen door meer conservatieve en meer optimistische waarden. Het in eerste instantie uitgaan van conservatieve parameters en die één voor één variëren met meer optimistische parameters past niet binnen de overstromingskansbenadering.
2. Onderzoek of het scherper definiëren van bepaalde parameters leidt tot omslagpunten in de opgave en oplossing, en breng in beeld welk onderzoek hiervoor nodig is.
3. Maak een afweging of de kosten van het aanvullende onderzoek opwegen tegen de mogelijke baten.

3 Randvoorwaarden en ambitie

3.1 Wettelijk kader

De dijkversterking moet worden uitgevoerd binnen het geldend wettelijk kader en daarvan afgeleide richtlijnen. Belangrijke wetten voor de dijkversterking zijn de Waterwet en de Wet milieubeheer. In de Waterwet is de veiligheidsnorm vastgelegd waaraan de waterkeringen moeten voldoen. De Wet milieubeheer geeft aan hoe milieueffecten van de versterking moeten worden beoordeeld via de m.e.r.

Een belangrijke ontwikkeling is de Omgevingswet, die naar verwachting binnen een paar jaar in werking treedt. In deze wet komen de procedures op grond van de Waterwet en de Wet milieubeheer samen in een Projectbesluit procedure.

Andere wetten zoals de Wet ruimtelijke ordening en Wet Natuurbescherming geven de raakvlakken met beheer(grenzen) van gemeenten en Rijk aan. In paragraaf 4.2 staat aangegeven hoe deze wetten eisen stellen aan de te volgen procedures.

In de Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier is een belangrijk uitgangspunt over de rivierafvoerverdeling vastgelegd, waarin de Lek ontzien wordt bij afvoeren boven 16.000 m³/s bij Lobith. Deze is bekrachtigd in het Nationaal Waterplan 2016-2021. Paragraaf 6.3.1 gaat hier nader op in. In 2019 wordt een nieuwe beleidsbeslissing uitgewerkt. Mogelijk wordt het uitgangspunt daar later op aangepast. Eventuele gevolgen worden eerder al in beeld gebracht in een gevoeligheidsanalyse.

Een belangrijke richtlijn vormt de Beleidslijn Grote Rivieren [4]. Deze beleidslijn heeft als doelstelling de beschikbare afvoer- en bergingscapaciteit van het rivierbed te behouden en ontwikkelingen tegen te gaan die de mogelijkheid tot rivierverruiming door verbreding en verlaging van het rivierbed nu en in de toekomst feitelijk onmogelijk maken. Voor de dijkversterkingswerken wordt daarvoor verwezen naar het Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren.

Het rapport *Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma* [22] bevat de resultaten van een eerste verkenning naar de gevolgen van een mogelijk (veel) snellere stijging van de zeespiegel dan tot dan toe was aangenomen in het Deltaprogramma. De huidige klimaatscenario's gaan uit van een zeespiegelstijging met maximaal 0,4 m in 2050 en maximaal 1,0 m in 2100 (ten opzichte van 1995). Naar verwachting in 2021 zal het KNMI de scenario's actualiseren, waarbij de inzichten over mogelijke versnelde zeespiegelstijging worden meegenomen.

In een aantal 'projecties' geeft het KNMI een vooruitblik. Tot 2050 wijken deze weinig af van het maximum scenario van het Deltaprogramma. Na 2050 nemen zowel de stijging van de zeespiegel als de onzekerheidsmarge sterk toe in deze projecties. Dan zal ook de sluitfrequentie van de stormvloedkeringen toenemen, met als gevolg een toenemende kans op het gelijktijdig optreden van sluiting van de kering en hoge rivierafvoer.

Hierdoor nemen de belastingen op de waterkeringen in het benedenrivierengebied toe in hoogte, duur en frequentie. Wat het effect is op de Lekdijk (met name het gedeelte Schoonhoven-Nieuwegein) is nog niet uitgewerkt. In het algemeen kan gesteld worden, dat als gevolg van een snellere zeespiegelstijging hogere waterstanden vaker zullen voorkomen. De levensduur van de waterkering zal daardoor vooral ten westen van Nieuwegein afnemen. Meer bovenstrooms zal er ook effect merkbaar zijn, maar in mindere mate. Een sterke toename van de zeespiegelstijging zal ook leiden tot een discussie over de strategie voor de Rijnmond. Bij een hoge sluitfrequentie zal opnieuw worden afgewogen of de stormvloedkeringen beter kunnen worden vervangen door dichte keringen. Dit zou grote invloed hebben op de belasting van de Lekdijk. Of deze discussie wordt gevoerd, zal pas blijken als de nieuwe KNMI-scenario's beschikbaar zijn.

De onzekerheid over de klimaatscenario's en de afvoerverdeling kan het aantrekkelijk maken om (ook) oplossingen te beschouwen die gebaseerd zijn op adaptief versterken met een kortere levensduur, dat wil zeggen een scenario met een ontwerphorizon tot bijvoorbeeld 2050. Paragraaf 5.5 gaat hier nader op in.

3.2 Uitgangspunten Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP)

Door alle partijen die participeren in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) is een ambitie afgesproken voor de uitvoering daarvan. Vanwege de grote omvang en het beschikbare budget, heeft het HWBP het tempo van de dijkversterkingen verhoogd van 26 kilometer per jaar naar 50 kilometer per jaar. Daarnaast heeft het HWBP de ambitie om de kosten per kilometer dijkversterking te verlagen van 10 miljoen¹ per kilometer naar 6 miljoen per kilometer. Volgens het HWBP zijn deze doelen realistisch en haalbaar door risico's te beheersen en kansen te verzilveren door de inzet van kennis en innovaties. Om dit te bereiken volgen HWBP-projecten de MIRT- werkwijze (deze is uitgewerkt in 4.1) en zijn randvoorwaarden opgenomen in de financieringsregeling.

Voor het beperken van de scope hanteert het HWBP de uitgangspunten dat:

- alleen de kosten van maatregelen om de primaire waterkering weer aan de veiligheidsnorm te laten voldoen en de ruimtelijke inpassing daarvan, voor subsidie in aanmerking komen;
- de totale kosten van een primaire kering gedurende de gehele levensduur worden geminimaliseerd; dit moet worden aangetoond met een levenscyclusanalyse.

In het kader van het HWBP zijn door Rijkswaterstaat en de Unie van Waterschappen afspraken gemaakt over de effecten van buitendijkse dijkversterking op het rivierbeheer. De Redeneerlijn buitendijks versterken [5] gaat uit van een zo gering mogelijke waterstandsverhoging of afname van het waterbergend vermogen, alsmede het compenseren van de resterende, onvermijdbare waterstandseffecten. De redeneerlijn wordt betrokken bij de afweging tussen oplossingen.

3.3 Bestuurlijke ambities

Het waterschap heeft in februari 2017 bij de start van het project Sterke Lekdijk zes richtinggevende ambities vastgelegd voor de versterking van de Lekdijk. Deze ambities gaan over de volgende vier thema's:

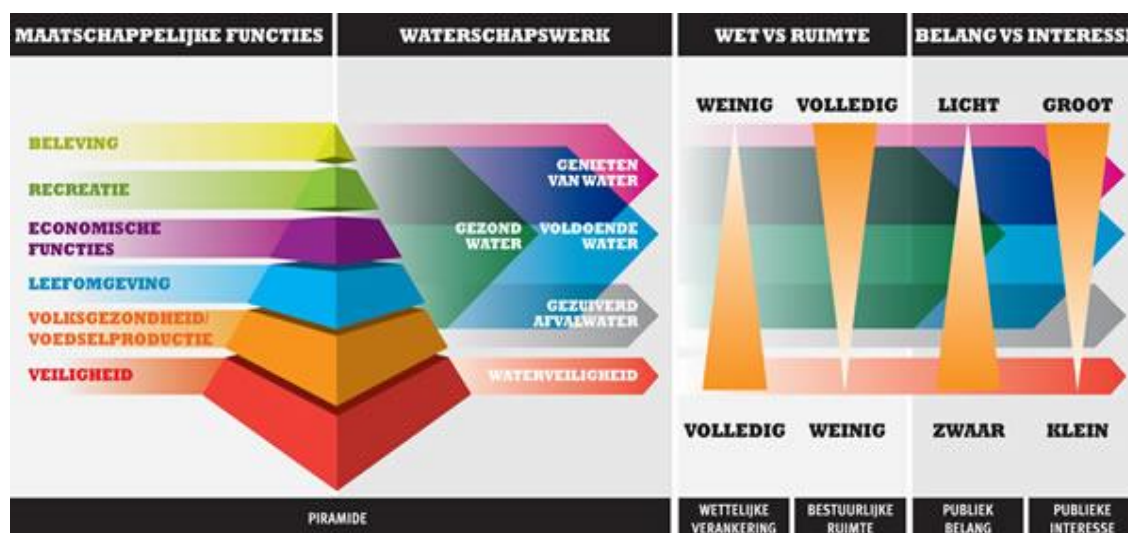
- Werken aan veiligheid
- Omgeving en participatie
- Innovatie
- Duurzaamheid

¹ Voor Sterke Lekdijk liggen de geschatte kosten per kilometer op circa 7 miljoen bij aanvang van het project.

3.3.1 Werken aan veiligheid

Ambitie 1. Veiligheid voorop: zo veel mogelijk veiligheidswinst behalen

Het doel van een dijkversterking is Nederland veiligstellen tegen een overstroming. Alle andere belangen en wensen zijn ondergeschikt aan veiligheid: het is de basis van de maatschappelijke functies waarvoor wij ons waterschapswerk uitvoeren, zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..1**. Andere belangen mogen nooit het benodigde veiligheidsniveau verminderen of in gevaar brengen.



Figuur 3.1 Piramide waterbeheerplan

Ambitie 2. Tempo: voortvarend maar niet overhaast

De nieuwe Waterwet bepaalt dat per 2050 alle primaire keringen in Nederland aan de gestelde normen dienen te voldoen. Gezien het belang van de Lekdijk voor een groot gebied nemen we een korter tijdsbestek. Dit is in lijn met de richtlijn van het HWBP, waar op basis van urgentie projecten worden gerangschikt. De Nederrijn- en Lekdijk staan hoog in deze lijst, vooral vanwege de grote schade die mogelijk kan ontstaan bij een overstroming.

Tegelijk vinden we het belangrijk om zorgvuldig en weloverwogen de beste oplossing te vinden, samen met belanghebbenden. Hier nemen we voldoende tijd voor. Ook is het belangrijk dat de organisatie projecten efficiënt en goed beheerst kan uitvoeren. Het doel om snel de Lekdijk weer aan de norm te laten voldoen is zeer belangrijk, maar niet ten koste van alles.

3.3.2 Omgeving en participatie

Ambitie 3. Zo veel mogelijk maatschappelijke meerwaarde creëren

Bij de dijkversterking zijn we ons naast de veiligheidsopgave bewust van de gebieds- en inpassingsopgave en spannen we ons in zo veel mogelijk extra (ruimtelijke) kwaliteit te creëren. Hiervoor nodigen we omgevingspartijen actief uit om zo veel mogelijk meekoppelkansen te realiseren in, door en met de omgeving. Daarbij hebben we aandacht voor de financiële kaders van het project. We maken gebruik van de inzet van een kwaliteitsteam (Team Omgevingskwaliteit) als middel om de landschappelijke inpassing en vormgeving te borgen en waar mogelijk te vergroten. Dit team zal gedurende de looptijd van het project adviseren.

Ambitie 4. Vanaf de start van projecten samenwerken met bewoners en andere belanghebbenden, vanuit de overtuiging dat dit leidt tot betere en breed gedragen oplossingen

Bij de dijkversterking nodigen wij partijen uit zo actief mogelijk mee te werken om zoveel mogelijk extra (ruimtelijke) kwaliteit te creëren. Dit doen wij vanuit de visie dat de dijk van ons allemaal is.

3.3.3 Innovatie

Ambitie 5. We creëren in hoge mate ruimte voor innovatie en ontwikkeling

Bij de dijkversterking creëren we in hoge mate ruimte voor innovatie en ontwikkeling van nieuwe technieken. Innovatie is de motor tot versterking. Vernieuwing is geen doel op zich, maar soms zijn bestaande oplossingen niet toereikend (genoeg) of kan innovatie leiden tot meer efficiency.

3.3.4 Duurzaamheid

Ambitie 6. Het waterschap heeft hoge duurzaamheidsambities

In april 2017 heeft het bestuur duurzaamheidsambities vastgelegd in de Duurzaamheidsagenda. Het waterschap wil niet afwentelen naar anderen, straks of elders. De focus van het waterschap ligt op het gebied van energie (energiebesparing, het opwekken van duurzame energie en het terugdringen van CO₂-emissies) en op het toepassen van de Aanpak Duurzaam GWW (www.duurzaamgww.nl).

Het doel is om in een zo vroeg mogelijke fase van een project onderwerpen als energiebesparing, leefbaarheid en beperking van

materialen- en grondstoffenverbruik te nemen in projecten. Het waterschap richt zich daarbij op de onderwerpen, zie

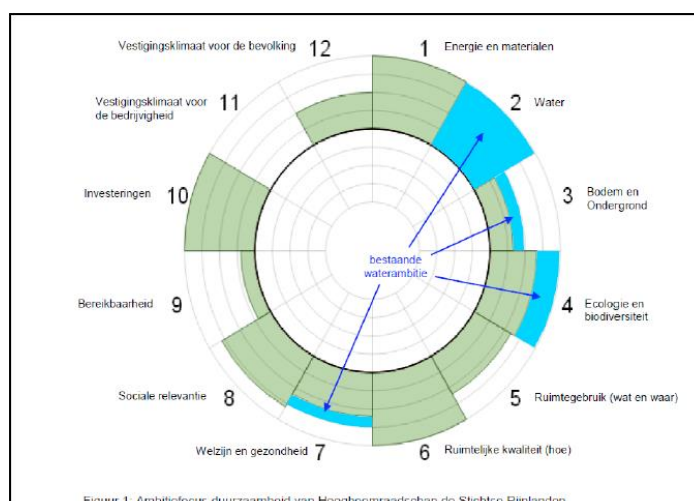
Figuur :

Hoge ambitie

1. Energie en materialen
4. Ecologie en biodiversiteit
5. Ruimtegebruik (wat en waar)
6. Ruimtelijke kwaliteit (hoe)
8. Sociale relevantie
10. Investeren

Middelhoge ambitie

7. Welzijn en gezondheid
12. Vestigingsklimaat voor bevolking



mee

Figuur 3.2 Ambities duurzaamheid HDSR

3.4 Ambitie beheerder

Omdat keuzes die we in de verkenning al maken impact kunnen hebben op beheer, heeft ook de beheerorganisatie haar specifieke ambities [8] neergelegd voor de Sterke Lekdijk.

1. **Waterveiligheid staat altijd voorop:** gedurende het project en in de toekomst.
2. **Veilige dijk die veilig te houden is in de toekomst** – een volgende versterking mag geen belemmeringen ondervinden van de huidige versterking. Hierbij dient de volledige levenscyclus van de dijk beschouwd te worden.
3. **Een goed te beheren en te onderhouden dijk** - voor zo laag mogelijke maatschappelijke kosten gedurende de hele levensduur.
4. **Goede communicatie met belanghebbenden** - gericht op een blijvend constructieve relatie met belanghebbenden in de toekomst.
5. **Continue overdracht** - tussen de projectorganisatie en de beheerorganisatie. Dit doen we door voortdurende betrokkenheid van de assetmanager, en door data en informatie continu onder te brengen binnen de reguliere beheersystemen.
6. **Realisatie van het project in nauwe samenwerking met de beheerorganisatie** - alle interne gebruikers van de dijk zijn betrokken bij het project.

7. **Eenduidige communicatie** - de projectorganisatie en de beheerorganisatie dragen dezelfde boodschap en beelden uit.
8. **Biodiversiteit bevorderend beheer als uitgangspunt** – het project gaat uit van kansen voor beheer dat de biodiversiteit bevordert conform de motie van het algemeen bestuur d.d. 6 juli 2016 [9].

4 Proces dijkversterking

4.1 Fasen versterkingsproces

In projecten die deel uitmaken van het HWBP wordt de MIRT-werkwijze gehanteerd, conform de spelregels van het HWBP. Dat betekent dat onderscheid gemaakt wordt in 5 fasen:

- | | |
|-------------------|--|
| 1. Initiatief | - resultaat: plan van aanpak |
| 2. Verkenning | - resultaat: keuze voorkeursalternatief |
| 3. Planuitwerking | - resultaat: vaststelling projectplan |
| 4. Realisatie | - resultaat: oplevering en overdracht dijk |
| 5. Beheer | |

4.2 Procedures voor dijkversterking

De procedure voor de dijkversterking kent twee parallelle besluitvormingsprocedures: de lijn volgens de Waterwet en de lijn van de milieu-effect-rapportage (m.e.r.). Daarnaast moeten andere procedures worden gevolgd om (delen van) het werk mogelijk te maken. Hierop wordt hieronder verder ingegaan.

Voor de m.e.r. wordt één Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) opgesteld voor de gehele Lekdijk. De NRD is de formele aankondiging van het project en beschrijft welke milieu-aspecten in de m.e.r. worden beoordeeld en op welke wijze.

Per deeltraject vindt in de verkenningsfase besluitvorming over het voorkeursalternatief plaats door het dagelijks en algemeen bestuur van het waterschap. Indien het voorkeursalternatief de verzilvering van een of meer meekoppelkansen bevat, vindt in deze deelfase ook besluitvorming plaats bij de initiatiefnemers van die meekoppelkansen over de financiering en verdere uitwerking ervan. De besluitvorming in het algemeen bestuur is openbaar.

In de planuitwerkingsfase wordt het voorkeursalternatief uitgewerkt tot een Projectplan Waterwet. Gelijktijdig worden de milieueffecten uitgewerkt in een Milieu Effect Rapport. Besluitvorming over het Projectplan Waterwet vindt plaats in het dagelijks en algemeen bestuur van het waterschap. De betrokken provincie(s) besluiten als bevoegd gezag over het Milieu Effect Rapport. Beide procedures worden parallel doorlopen en zijn openbaar.

In Tabel 1 is een overzicht gegeven van andere procedures die mogelijk doorlopen moeten worden. Tijdens de uitwerking kan blijken, dat nog andere vergunningen nodig zijn, afhankelijk van de specifieke activiteiten. Over het algemeen is niet de Verkenning maar de Planuitwerking de fase waarin deze procedures worden doorlopen. In de verkenningsfase leggen we hier wel de basis voor en starten we de m.e.r.-procedure formeel op. Hieronder hebben we voor de dijkversterking een overzicht opgenomen van de belangrijkste publiekrechtelijke procedures, hoofdvergunningen inclusief eventuele bijzonderheden of ontwikkelingen die spelen.

Procedures	Wettelijk kader ²	Bevoegd gezag	Bijzonderheden
Projectplan procedure	Waterwet	Provincie Utrecht en Zuid-Holland	Deze 3 procedures komen onder de Omgevingswet samen in een Projectbesluit procedure. Eventuele planologische wijzigingen zijn ook onderdeel van het projectbesluit met de gemeente als adviserend orgaan.
m.e.r.-procedure	Wet milieubeheer	Provincie Utrecht en Zuid-Holland	
Bestemmingsplan procedure	Wet ruimtelijke ordening	Gemeenten	
Onteigeningsprocedure (indien nodig)	Onteigeningswet	Ministerie van I&M	
Gedoogplichtprocedure	Waterwet	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	Wanneer op minnelijke wijze de benodigde gronden niet ter beschikking komen en onteigening niet aan de orde is.

Hoofdvergunningen	Wettelijk kader	Bevoegd gezag	Bijzonderheden
Omgevingsvergunning	WABO	Gemeenten	Voor o.a. uitvoeren werk, bouwen, kappen, slopen, milieuactiviteit
Nb-wet vergunning / ontheffing flora & faunawetgeving	Natuurbeschermingswet	Provincie Utrecht en Zuid-Holland	* Sinds 1-1-2017 zijn Natuurbeschermingswet 1998, Flora- en faunawet en Boswet samengevoegd in wet natuurbescherming. * PAS (projectmatige aanpak stikstof) van toepassing bij N2000 gebieden.
Monumentenvergunning	Monumentenwet	Gemeenten	
Ontgrondingsvergunning of melding	Ontgrondingenwet	Provincie Utrecht en Zuid-Holland	

² Zie ook paragraaf 3.1 Wettelijk kader

Saneringsbeschikking of BUS-melding	* Wet bodembescherming * Besluit uniforme saneringen	Provincie Utrecht en Zuid-Holland	Nog onduidelijk of relevant, nader kwalitatief bodemonderzoek nog uit te voeren.
Watervergunning buitendijkse versterking	Waterbesluit	Rijkswaterstaat Oost-Nederland	
Niet gesprongen explosieven	Arbeidsomstandighedenwet, Bestemmingsplan, Gemeentewet.	Gemeenten	

Tabel 4.1 Procedures en vergunningen

4.3 Ontwerproces

Het doel van de verkenningfase is om tot een breed gedragen voorkeursalternatief te komen dat aantoonbaar maakbaar, goed te beheren alsmede maatschappelijk, juridisch en financieel haalbaar is. Het ontwerp is uitgewerkt tot het detailniveau dat benodigd is om van de belanghebbenden draagvlak te krijgen op de voorgestelde voorkeursoplossing en het vast te stellen ruimtebeslag.

Eisen aan het integrale proces

Om **tot een breed gedragen integraal voorkeursalternatief** te komen, geven we het integrale ontwerpproces vorm volgens vijf principes: inspiratie, iteratie, interactie, integraliteit en inzichtelijkheid.



Het ontwerpproces heeft **inspiratie** en creativiteit nodig. Daarom bestaat het projectteam uit creërende mensen met een visie: landschapsarchitecten, ontwerpers en ingenieurs die gebruik maken van de ideeën van bewoners en lokale ondernemers, deskundigen en belangengroepen.



Het ontwerpproces is spiraalvormig. Er zijn diverse **iteraties** nodig om alle informatie te verzamelen, te verwerken tot een voorstel of idee, te toetsen op belangen en het idee aan te passen of uit te breiden. De participatie van publieke, professionele en particuliere belanghebbenden maakt deel uit van deze iteraties.



Participatie van belanghebbenden is de derde noodzakelijke eis aan het ontwerpproces: er moet sprake zijn van **interactie met de omgeving**. Een integraal ontwerp is een resultaat van vele interacties tussen ontwerpers, deskundigen en belanghebbenden.



Ten vierde is het ontwerpproces **integraal**. We maken een integraal functioneel-ruimtelijk ontwerp, redenerend vanuit techniek en de ruimtelijke én sociale omgeving van de dijk. Duurzaamheid is daarbij een leidend principe.



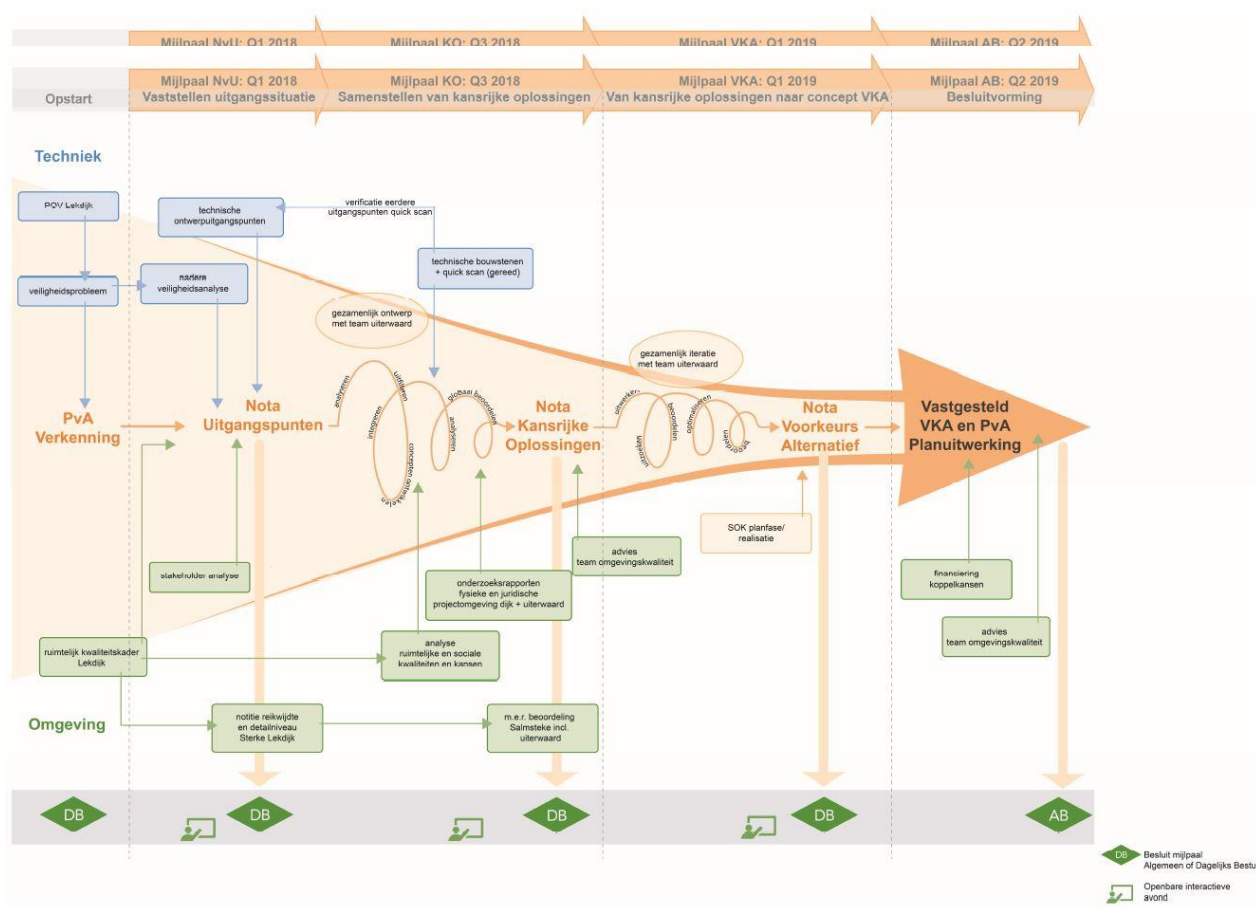
Inzichtelijkheid

De laatste kwaliteitseis betreft **inzichtelijkheid** of transparantie. In de verschillende Nota's dient de besluitvorming en motivering navolgbaar te zijn. We borgen dit door toepassing van Systems Engineering en vastlegging in Relatics.

We beheersen het ontwerpproces in de verkenningfase door in vier deelfases te werken:

1. De nota van uitgangspunten;
2. De nota kansrijke oplossingen;
3. De nota voorkeursalternatief;
4. Vastgesteld voorkeursalternatief en een plan van aanpak voor de planuitwerking.

Figuur 4.1 geeft ons integrale ontwerpproces gevisualiseerd weer. Aan de bovenzijde staat het technische spoor uitgewerkt, aan de onderzijde het omgevingsspoor. Vervlechting van beide sporen verloopt via het centrale integratiespoor, waarin de landschapsarchitect een belangrijke rol vervult. Bovenin staan de belangrijkste mijlpaalmomenten benoemd. Naast de deel-, mijlpaal- en eindproducten worden ook de publieksmomenten en de besluitvormingsmomenten opgenomen. Het creatieve proces wordt weergegeven door de getoonde iteratieslagen in deelfase 2 en 3.



Figuur 4.1 Integrale ontwerpproces

Fase 1 heeft als doel alle gegevens, eisen en belangen over de dijk en zijn omgeving te inventariseren, te analyseren, aan te vullen en vast te leggen. Hiermee krijgen we de uitgangssituatie en het vertrekpunt voor het integrale ontwerpproces goed in beeld en bakenen we het project af. Er worden mogelijke technische bouwstenen geïdentificeerd, die benodigd zijn om het afgekeurde faalmechanisme tot een voldoende te laten scoren. De technische principe oplossingen worden verbonden met de omgevingswaarden en kansen, zodat de slag naar integrale bouwstenen gemaakt kan worden.

In deelfase 2 wordt een selectie gemaakt van alle mogelijke oplossingsrichtingen voor de dijkversterking naar kansrijke oplossingen: 'schetsontwerpen met een verhaal' ('zeef 1'). Daarmee bedoelen we dat elke kansrijke oplossing integraal is en een eigen zwaartepunt heeft: zoals maximaal inzetten op natuurontwikkeling en gebruik van vrijkomende grondstromen uit de uiterwaard of zoveel mogelijk behoud van cultuurhistorische waarden. Te denken valt aan 3 verschillende varianten.

In deelfase 3 passen we de visie van de schetsontwerpen toe op het gehele projectgebied en maken we dwarsprofielen en situatietekeningen voor het hele tracé. Alle kansrijke oplossingen uit deelfase 2 werken we in deze deelfase verder uit, zodat het effect van de oplossingen bepaald kan worden ('zeef 2'). Dit doen we met behulp van berekeningen.

Een belangrijk onderdeel in het trechterproces is het beoordelingskader. Hierin worden de criteria gedefinieerd, waarop de verschillende oplossingsrichtingen worden gescoord richting zeef 1, de kansrijke oplossingen, en zeef 2, het voorkeursalternatief. Het detailniveau van het beoordelingskader is in zeef 2 gedetailleerder dan in zeef 1. Elk deeltraject stelt een eigen beoordelingskader op, gebaseerd op de projectspecifieke kenmerken. De deeltrajecten stemmen de beoordelingskaders wel met elkaar af zodat bepaalde uniformiteit wordt geborgd. Voor zeef 1 zal de nadruk liggen op de thema's technische haalbaarheid, beheerbaarheid, uitbreidbaarheid, vergunbaarheid, kosten en de koppeling met ruimtelijke kwaliteit, milieu en duurzaamheid.

De beoordelingscriteria van zeef 2 zijn specifiek, gedetailleerder en kwantitatiever van aard. De thema's dienen door de deeltrajecten te worden opgesteld. Te denken valt aan de thema's duurzaamheid, hinder tijdens uitvoering, verkeersmaatregelen, draagvlak van stakeholders, omgevingskwaliteit, duurzaamheid, beheer & onderhoud, kosten, etc.

4.4 Systems Engineering (SE)

Sterke Lekdijk stelt zich ten doel systeemgericht en expliciet te werken door gebruik te maken van systems engineering (SE). Met het SE-mengpaneel bepaalt het project op welk niveau het SE wil toepassen. Om te zorgen dat we het hele ontwerpproces herleidbaar vastleggen, is in Relatics een omgeving voor het project ingericht. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen het strategisch niveau (Lekdijk als geheel) en de deelprojecten. De inrichting gebeurt zo mogelijk op strategisch niveau en kan per deeltraject worden aangevuld of gespecificeerd. Daarnaast worden de werkpakketten van HDSR gebruikt als uitgangspunt om de werkwijze expliciet te maken.

Belangrijke uitgangspunten bij SE zijn dat de klantvraag (de omgeving) centraal staat, dat er van abstract naar concreet (van grof naar fijn) wordt gewerkt en dat alle keuzes en beslissingen eenduidig en aantoon-

baar worden vastgelegd. Voor wat betreft de klantvraag (omgeving) zijn eisen en wensen afkomstig vanuit de beheerders van HDSR, vanuit de stakeholders (provincie, gemeentes, bewoners, etc.) en vanuit de herijking van de veiligheidsopgave. Alle eisen en wensen worden vastgelegd en in een aantal interactieve stappen verwerkt tot een gevalideerde set van eisen. Door alle wijzigingen in de scope met motivatie vast te leggen, is op alle momenten terugvindbaar wanneer welke ontwerpbeslissingen zijn genomen met de reden waarom.

In SE wordt de scope van een project als een systeem beschouwd, dat bestaat uit samenhangende en met elkaar samenwerkende onderdelen. Met de definitie van het systeem wordt de ruimtelijke begrenzing van het project, alsmede de reden en het doel van het project vastgelegd. Voor de verkenningsfase van Sterke Lekdijk geldt de volgende systeemdefinitie: de noordelijke dijk van de Lek tussen Amerongen en Schoonhoven, met buitendijks en binnendijks een nog nader te bepalen zone. Gedurende de volgende projectfasen zal de systeemdefinitie worden aangescherpt, waarbij vooral de zones buitendijks en binnendijks steeds nauwkeuriger worden bepaald.

Een belangrijk stap was de vaststelling van de Basisspecificatie Dijk (BSD) door het Regieteam Waterkeringen. De hierin opgenomen functie- en objectenboom is in overleg tussen regieteam en projectteam uitgewerkt en vastgesteld in het technisch managers-overleg (figuur 4.2). Een belangrijke keuze daarin is geweest, dat de functies door meerdere objecten geleverd (kunnen) worden. De functie- en objectenboom zijn verwerkt in een centrale workspace “Basis Specificatie Dijk” in Relatics en ingevoerd in de workspaces van de deelprojecten.

Ongetwijfeld blijkt tijdens het project de behoefte om de bomen aan te passen of nader in te vullen. Daarbij willen we bereiken, dat een aanpassing/uitwerking door de andere deelprojecten ook gebruikt kan worden en we binnen het project Sterke Lekdijk zo veel als mogelijk uniform werken. Dit neemt niet weg, dat een uitwerking alleen voor één deelproject van toepassing kan zijn. Hierover is afgesproken, dat een aanpassing wordt besproken in een Adviesteam (het tweewekelijks TM-overleg), en een Beslisteam (strategisch team van Sterke Lekdijk). Wanneer er een unaniem advies is van het Adviesteam dan is er geen besluit nodig van het beslisteam. Zo niet, dan wordt het beslisteam ingezet om een definitief besluit te nemen.

Naast de opdeling van een dijktraject in objecten (dwarsrichting) is ook een opdeling in dijkvakken (lengterichting) gebruikt. Op die manier kunnen eisen worden gekoppeld aan het gedeelte van een dijktraject waarvoor ze relevant zijn.

Na vaststelling van de objectenboom is een koppeling gemaakt tussen eisen uit de Basisspecificatie Dijk en de objectenboom. Bovendien is inzichtelijk gemaakt welke eisen uit de BSD hard zijn (in feite vormen deze eisen de opdracht voor het project) en wat daarnaast wensen van de beheerorganisatie zijn (interne KES).

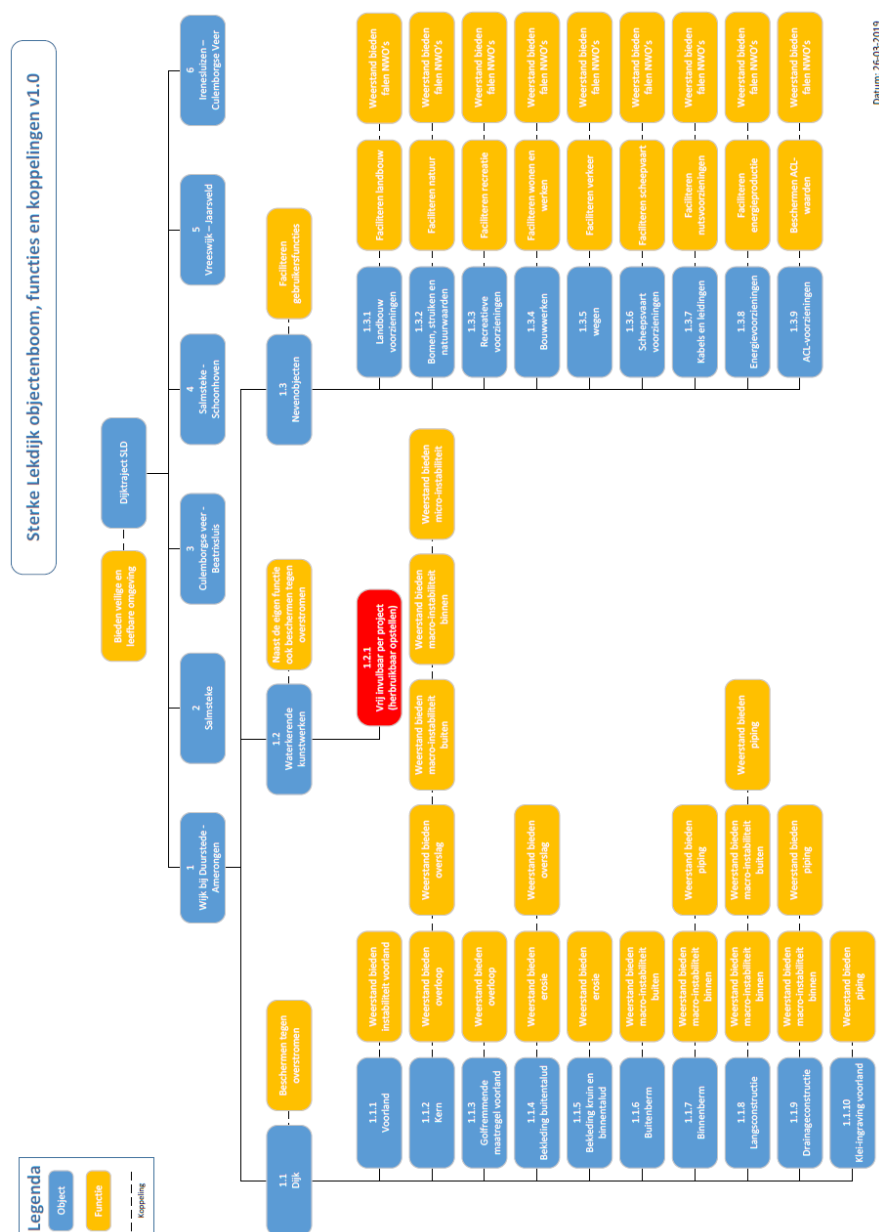
De afzonderlijke eisen uit de BSD zullen, net als de eisen van andere partijen als ‘klanteisen’ worden behandeld. Alle klanteisen doorlopen een proces van honorering, zoals beschreven in de WerkWijzer Projecten van HDSR. De honorering kan leiden tot drie resultaten:

- klanteis gehonoreerd: deze wordt meegenomen;
- klanteis afgewezen: deze wordt niet meegenomen;
- klanteis nog niet relevant: deze wordt in een volgende fase beoordeeld.

De honorering van relatief eenvoudige eisen gebeurt door de omgevingsmanager, zo nodig in overleg met de technisch manager. Complexere eisen, met gevolgen voor tijd, geld, risico's of scope worden door het projectteam behandeld en zo nodig (volgens de mandateringsregeling) voorgelegd aan de ambtelijk opdrachtgever of het bestuur.

De komende periode wordt SE verder uitgewerkt. Daarbij is onder andere aandacht voor het proces van verificatie en validatie en voor het opnemen van de nota van uitgangspunten in Relatics.

Het Regieteam Waterkeringen is nauw betrokken bij het vullen van Relatics, zodat er aandacht is voor optimale toegankelijkheid van informatie voor de langere termijn. Veel projectinformatie is immers ook van belang voor het beheer, op dit moment en na oplevering van het project.



Figuur 4.2 Functieboom en objectenboom Sterke Lekdijk

4.5 Procesafspraken met de beheerder

Een dijkversterking is een onderdeel van de beheertaak van het waterschap. De projectfase is een tussenfase in het dagelijks beheer. Het project resulteert in een versterkte dijk die beheerbaar is in alle facetten. De oplevering van gegevens en documenten geschiedt continu door deze op te slaan in het beheerregister en het archief van de beheerorganisatie. De oplevering van de dijk zelf gebeurt na afronding van de realisatie van een deelproject. Het projectteam draagt het betreffende dijktraject over aan de beheerorganisatie van het waterschap. Zij beheren en onderhouden de Lekdijk in de jaren na de oplevering. Onderdeel van de oplevering zijn de tekeningen en berekeningen die als basis dienen voor het nieuwe leggerprofiel, inclusief het profiel van vrije ruimte. De beheerder draagt zorg voor het opstellen van de legger.

De beheerorganisatie is daarom nauw betrokken bij de gehele dijkversterking. In paragraaf 3.4 is de ambitie van de beheerder opgenomen. De inhoudelijk eisen en wensen werkt de beheerder uit in de Basispecificatie Dijk.

Procesafspraken worden uitgewerkt in het Programmaplan. Tijdens de verkenning is de beheerder betrokken bij onderzoeken en bij het ontwerpproces:

- de beheerder draagt bij aan de beoordeling van onderzoeksrapporten en krijgt de gelegenheid te reageren op ieder mijlpaalproduct (vanuit zijn specifieke kennis en belang);
- de beheerder verifieert de eisen aan het ontwerp (en toetst die aan de Basispecificatie Dijk);
- de beheerder valideert het ontwerp;
- de beheerder denkt mee over de uitwerking van beheer en onderhoud, parallel aan het ontwerpproces;
- de beheerder denkt mee bij belangrijke keuzemomenten in het ontwerp; de mening van de beheerder geldt als een zwaarwegend advies voor beslissingen door de projectorganisatie.
- met de beheerder worden afspraken gemaakt over beheer en onderhoud tijdens de uitvoering, en over de omgang met calamiteuze situaties.

5 Ontwerpfilosofie

In hoofdstuk 3 zijn de randvoorwaarden van het HWBP en de ambities van het bestuur en de beheerder beschreven. Deze vormen de basis voor de ontwerpfilosofie, die aangeeft welke uitgangspunten belangrijk zijn voor de versterking van de gehele Lekdijk. Kernbegrippen daarin zijn eenheid, integraal, toekomstgericht, duurzaam en innovatief. Daarnaast zijn duidelijke ontwerpkeuzes en het omgaan met onzekerheden van belang.

5.1 Eenheid in het ontwerp

De dijk is opgedeeld in 6 deeltrajecten met elk hun eigen planning. De versterking van de Lekdijk blijft echter één project, dat gefaseerd wordt aangepakt. De fasering kan worden aangepast wanneer daar reden toe is. Wanneer er bijvoorbeeld door gebiedsontwikkelingen kansen zijn om de veiligheid sneller of eenvoudiger te realiseren, zal aanpassing van de fasering en programmering worden overwogen. Wanneer activiteiten uitstijgen boven het niveau van een deeltraject, zullen ze centraal door het strategisch team worden uitgevoerd. Daarbij kan het gaan om onderzoeken die voor de gehele dijk gelden, maar ook om het uitwerken welke mogelijkheden er zijn voor compensatie van waterstandseffecten en natuur. Het is immers goed mogelijk, dat de effecten van maatregelen in het ene deeltraject beter in een ander deeltraject kunnen worden gecompenseerd.

Een belangrijk aandachtspunt is de samenhang tussen de deeltrajecten. Op de overgang van twee deeltrajecten wordt bijzondere aandacht besteed aan de vormgeving van de overgang, die uiteindelijk niet als zodanig herkenbaar mag zijn. Het ruimtelijk kwaliteitskader is daarbij richtinggevend, maar ook de technische uitgangspunten moeten aansluiten.

Tussenstukken in een deeltraject zijn korte dijkvakken, die in de huidige beoordeling niet zijn afgekeurd. Hiervoor is geconcludeerd, dat het niet verstandig is om deze uit de scope van de dijkversterking te schrappen. Mogelijk zullen hier toch maatregelen plaatsvinden om tot een consistent dijkontwerp te komen. Ook kan de restlevensduur van deze vakken korter zijn dan de ontwerplevensduur van de aansluitende vakken waardoor op termijn toch werkzaamheden nodig zijn. Bovendien hebben maatregelen op aangrenzende vakken invloed op deze vakken. De grens voor deze tussenstukken is arbitrair gelegd bij een lengte van 1 kilometer. Kortere stukken maken deel uit van de scope van het project en worden meegenomen in het ontwerp.

Technische knelpunten in de deeltrajecten verdienen bijzondere aandacht. Het gaat hierbij om locaties waar zich constructieve elementen in de dijk bevinden, als onderdeel van de waterkering of als niet-waterkerend element. Het gaat ook om locaties waar vrijwel zeker geen ruimte is voor een oplossing in grond. Deze locaties worden tevoren geïnventariseerd en gelden als aparte ontwerpopgave, waar een maatwerkoplossing nodig is. Bij bestaande constructieve elementen wordt bovendien nagegaan of onderhoudsmaatregelen nodig zijn en in de werkzaamheden kunnen worden meegenomen.

5.2 Integraal ontwerpen

De eenheid van de dijk komt ook tot uiting in het streven naar een integraal ontwerp voor de gehele Lekdijk. Een integraal ontwerp betekent, dat de veiligheidsopgave, de inpassingsopgave en ruimtelijke opgaven rond de dijk in gezamenlijkheid worden opgepakt. De uitgangspunten voor het ruimtelijk ontwerp zijn

onder andere uitgewerkt in het ruimtelijk kwaliteitskader. De technische uitgangspunten staan in hoofdstuk 6 van deze Nota van Uitgangspunten. Ze sluiten aan bij het OI en geven daar een nadere invulling aan.

5.3 Ontwerpkeuzes

Vanuit het beheer is er een voorkeur voor oplossingen in grond, omdat grond het best aansluit bij de huidige beheersactiviteiten en in veel gevallen makkelijk uitbreidbaar is. Daarom vormt dit het vertrekpunt voor het ontwerp, maar dat betekent niet dat de keuze vastligt. Oplossingen in grond en constructieve oplossingen worden tegen elkaar afgewogen, waarbij de ambities van de beheerder een belangrijke rol spelen. Van belang is, dat de oplossing bijdraagt aan een dijk die nu en in de toekomst veilig te houden is en die goed te beheren en te onderhouden is, tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten. Bij de afweging wordt de gehele levenscyclus beschouwd, waarbij ook uitbreidbaarheid en aanpasbaarheid van belang zijn, zie paragraaf 6.7.1. Daarnaast zijn ook de ruimtelijke inpassing en de investeringskosten van belang bij de keuze.

Bij de keuze tussen een binnendijkse en een buitendijkse oplossing zal binnendijkse versterking meestal de voorkeur verdienen, zodat beperking van het doorstroomprofiel van de rivier wordt voorkomen. Rijkswaterstaat stelt strenge eisen aan buitendijkse versterking, zie paragraaf 3.2. Ook bij Natura 2000-gebieden buitendijs wordt in eerste instantie naar binnendijkse oplossingen gekeken. Echter, ook bij deze keuze zullen alle argumenten worden afgewogen.

5.4 Toekomstgericht ontwerp

De dijk wordt ontworpen voor een bepaalde levensduur. Conform de eisen van het HWBP wordt de levensduur geoptimaliseerd door de gehele levenscyclus te beschouwen (LCC-benadering). Wanneer zich geen onvoorziene ontwikkelingen voordoen, zal de verbeterde dijk vervolgens bij de komende beoordelingsronden tot aan het eind van de ontwerplevensduur worden goedgekeurd. Wanneer nieuwe inzichten leiden tot een verandering van normen, belastingen of rekenregels moet de waterkering relatief eenvoudig uitbreidbaar of aanpasbaar zijn. Ook bij constructie-onderdelen die op termijn vervangen moeten worden, wordt bij het ontwerp al rekening gehouden met de mogelijkheden voor deze vervanging.

5.5 Omgaan met onzekerheden

De technische kennis van het ontwerpen van dijken zal zich de komende jaren blijven ontwikkelen. Dit betekent dat er een bepaalde onzekerheid zit in het gehanteerde ontwerpinstrumentarium. Daarnaast hebben alle toekomstige belastingen te maken met een bepaalde onzekerheid in de verwachtingswaarde, bijvoorbeeld in de klimaatscenario's en in de rivierafvoerverdeling bij extreme afvoer en mogelijke beleidsmatige keuzes en maatregelen die dat in de toekomst kunnen veranderen. Door de uitgangspunten zoveel mogelijk over te nemen uit het OI wordt een groot deel van deze onzekerheden en (kennis)ontwikkelingen meegenomen in een bepaald conservatisme in de beoordeling en in het ontwerp. Door rekening te houden met uitbreidbaarheid, aanpasbaarheid en vervangbaarheid tijdens de levensduur van de waterkering kunnen ook onverwachte ontwikkelingen makkelijker opgevangen worden.

Sterke Lekdijk hanteert een werkwijze, waarbij de kennis bij de start van een fase (verkenning, planvoorbereiding) wordt 'bevroren'. Ieder deeltraject stelt bij de start van een fase een nota van uitgangspunten op. Het projectteam zorgt voor een breed draagvlak door af te stemmen met het Projectbureau HWBP,

het Kennisplatform risicobenadering (KPR) en de omgeving. Ook collegiale reviews door andere waterschappen en andere adviesbureaus, en samenwerking met de POV's en de Helpdesk Water behoren tot de mogelijkheden. Die nota geeft duidelijkheid voor het ontwerp. Er is wel ruimte om een uitgangspunt, dat in het ontwerpproces blijkt niet te voldoen, aan te passen.

Aan het einde van de fase wordt geïnventariseerd welke nieuwe inzichten er zijn op het gebied van normen, belastingen of rekenregels. In bijlage A staat een overzicht van de ontwikkelingen die we nu voorzien. In een impactanalyse wordt bepaald wat het effect van deze inzichten is en of deze nog moeten worden meegenomen of bewust niet. Het is uiteindelijk aan het projectteam om te beslissen of dit leidt tot een eenmalige aanpassing van het ontwerp, alvorens tot vaststelling (van het voorkeursalternatief / projectplan) over te gaan. Uiteraard kan het projectteam altijd concluderen dat een nieuw inzicht naar verwachting zodanige consequenties heeft, dat het uitgangspunt tijdens de looptijd van een fase moet worden aangepast. Als dat gevolgen heeft in tijd, geld of scope worden de uitgangspunten hiervoor aan het bestuur voorgelegd.

5.6 Innovatie

Het is een bestuurlijke ambitie om ruimte te creëren voor innovatie en ontwikkeling van nieuwe technieken. Dit doen we door:

- Het bieden van (experimenter)ruimte aan marktpartijen om praktijkervaring op te doen met nieuwe oplossingen en technologieën. Hierbij nodigen we uitdrukkelijk uit om innovatieve technieken voor te stellen, altijd met als doel om tot de beste oplossing te komen.
- Door onze kennis en ervaring te delen met andere partijen, zoals kennisinstellingen, overheden, bewoners en het bedrijfsleven;
- Het werken met moderne contractvormen, waarbij we bijvoorbeeld in samenspraak met markt of maatschappij tot nieuwe vormen van samenwerking komen. We stellen zo veel mogelijk functionele eisen, bijvoorbeeld ten aanzien van de uiterste- en de bruikbaarheidsgrenstoestand.
- Te onderkennen dat innoveren mensenwerk is. Innovatie kan tot wasdom komen in een open, constructieve werksfeer waarin nieuwe ideeën en meedenken door bewoners en anderen worden gewaardeerd. Nieuwe ideeën betekent ook dat deze niet altijd zullen slagen. We gaan hier rationeel en weloverwogen mee om.
- Innovaties waarvan het maatschappelijk en financieel perspectief groot zijn, zullen we voorrang geven. Innovaties die niet snel kostenneutraal zijn, zullen we evenwichtig afwegen, op basis van kostenbaten en maatschappelijke meerwaarde. Tenslotte heeft het waterschap de wens om de zichtbaarheid van onze innovaties verder te vergroten.

We staan open voor innovatieve ideeën gedurende het ontwerpproces, maar willen zo veel mogelijk innovaties al bij de start van de verkenning in beeld hebben. Daarom wordt een innovatiescan uitgevoerd, waarin wordt uitgewerkt welke innovaties mogelijk kansrijk zijn. Innovaties worden onder andere beoordeeld op doelbereik, kosten, technische en maatschappelijke haalbaarheid, juridische en/of bestuurlijke blokkades, beheer- en onderhoudbaarheid.

Kansrijke innovaties zullen tijdens de verkenning als volwaardige oplossing worden beschouwd, naast de reeds bewezen technieken. Van deze innovaties worden de voordelen en risico's vanuit verschillende invalshoeken in beeld gebracht. Beheerder, onderhoudsmedewerker, omgeving en bestuur worden hierbij betrokken. In elk geval worden doorontwikkeltijd en -kosten, zekerheid van functioneren en de terugvaloptie (indien de techniek toch niet functioneert) uitgewerkt en betrokken in de afweging van alternatieven. Een belangrijk aandachtspunt is of een controlemechanisme kan worden ingebouwd, dat aantoont of de oplossing werkt. Dit "controlelampje" geeft inzicht voor de beheerder, maar mogelijk ook voor de omgeving.

Innovatie in de vorm van kennisontwikkeling kan ook bijdragen aan het verkleinen van de uiteindelijke ontwerpopgave. In paragraaf 6.9 wordt nader ingegaan op ontwikkelingen in het instrumentarium. De toepassing van deze ontwikkelingen wordt nog uitgewerkt voor de Sterke Lekdijk.

5.7 Duurzaamheid

De door het bestuur gedefinieerde focusgebieden voor duurzaamheid, paragraaf 3.3.4, worden als kader meegegeven aan de deeltrajecten. In de individuele deeltrajecten wordt de volgende werkwijze gehanteerd:

- Duurzaamheid maakt als thema een vanzelfsprekend onderdeel uit van besluiten en werkzaamheden, zoals het beoordelingskader waarin verschillende alternatieven met elkaar worden vergeleken, het Projectbesluit of bij de aanbesteding van werkzaamheden.
- We gebruiken binnen de (deel)projecten de tools zoals die ontwikkeld zijn binnen het programma 'Duurzaam GWW'. Een pool van duurzaamheidsfacilitatoren is binnen HDSR opgeleid om duurzaamheidssessies te begeleiden. In de omgevingswijzer wordt de impact van de dijkversterking in het plangebied op gestructureerde wijze inzichtelijk gemaakt. Het uitgangspunt hierbij is een traditionele dijkversterking in grond en een volledige projectcyclus, van verkenning t/m realisatie. Duurzaamheidskansen worden geïdentificeerd. De volgende vragen worden opgepakt: Welke belastende factoren zijn er vanuit het project op people, planet en profit? Waar wordt (de meeste) milieubelasting voorzien? Waar is winst te boeken en waar is waarde te creëren? Hiervoor wordt bijvoorbeeld aansluiting bij de POV gebiedseigen grond verkend.

In het ambitieweb worden duurzaamheidsmaatregelen verkend en verschillende ambitieniveaus bepaald: van enkel inzichtelijk maken tot volledige compensatie. De focusgebieden worden beschouwd, maar de individuele deeltrajecten bepalen de specifieke thema's en de scores zelf. In de vervolgfases worden deze maatregelen nader uitgewerkt in de verschillende alternatieven. In de zeef van kansrijke oplossingen naar het voorkeursalternatief zal het thema duurzaamheid worden opgenomen in het beoordelingskader en zal er in een onderbouwing aangegeven worden welke duurzaamheidsmaatregelen onderdeel vormen van het voorkeursalternatief.

6 Technische uitgangspunten

6.1 Algemeen

Het hoofdstuk technische uitgangspunten omvat alle uitgangspunten voor de nadere beoordeling van de dijk om te komen tot een ontwerp-opgave zoals bedoeld in paragraaf 2.3 en voor de uitwerking van het ontwerp voor de dijkversterking.

Dit hoofdstuk bevat meer algemene uitgangspunten die voortkomen uit het wettelijk kader, vastgestelde richtlijnen of de ambitie van het bestuur en beheerorganisatie van HDSR. Deze algemene uitgangspunten staan met dit document vast. Wijzigingen hierop worden altijd door het bestuur vastgesteld in een nieuwe versie, zie paragraaf 1.3.

Daarnaast zijn er rekentechnische uitgangspunten, die vaak door aanvullend onderzoek kunnen worden geoptimaliseerd. Dit is opgenomen in bijlage A, technische uitgangspunten. Deze uitgangspunten kunnen per deeltraject worden aangescherpt (geoptimaliseerd) zonder aanpassing van de strategische nota. Als daar aanleiding toe is worden ze in de volgende versie van de strategische nota van uitgangspunten overgenomen.

6.2 Veiligheidseisen

De dijk vervult meer functies dan alleen die van waterkering. Voor iedere functie van de dijk is een grenstoestand te bepalen, die eisen stelt aan het ontwerp van de dijk. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de uiterste en de bruikbaarheidsgrenstoestand.

De uiterste grenstoestand (UGT) is in feite het moment, dat de dijk op het punt van bezwijken staat. Op dat moment is het niet logisch om ervan uit te gaan, dat de dijk kan worden geïnspecteerd of dat het gehele ontwerp-profiel aanwezig is. In feite hoeft de dijk nog maar net water te keren. De reststerkte van het nog aanwezige profiel is daarvoor het uitgangspunt. De UGT voor de waterkerende functie van de dijk wordt gedefinieerd door de norm en de daaruit afgeleide betrouwbaarheidseisen voor de diverse faalmechanismen. Uiteraard moet bij vaker voorkomende belastingsituaties wel het oorspronkelijke dijkprofiel in takt zijn ten behoeve van de andere functies van de dijk. Deze functies bepalen de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT). Afhankelijk van het soort gebruik geldt een kans waarbij het gebruik nog mogelijk moet zijn, en gelden eisen aan het profiel, zie paragraaf 6.2.2. De bijbehorende technische eisen staan in bijlage A.

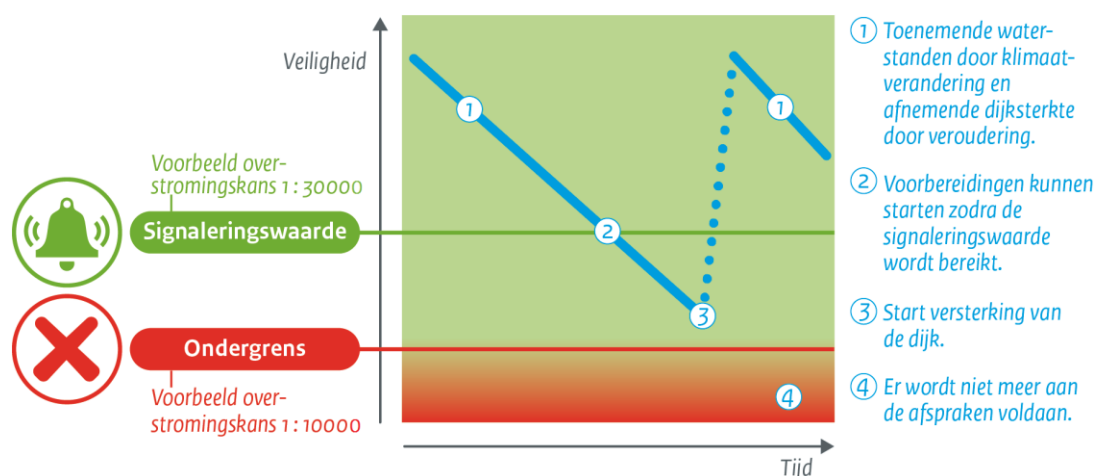
6.2.1 Veiligheidsnorm

Vanaf 2017 zijn de nieuwe veiligheidsnormen van kracht, die zijn vastgelegd in de Waterwet. In de wet wordt onderscheid gemaakt tussen een signaleringsnorm, die dient om tijdig de versterkingsopgave in beeld te brengen en een ondergrens, ofwel de maximaal toelaatbare overstromingskansen.

Het project Sterke Lekdijk omvat de normtrajecten 15-1 en 44-1. Voor beide normtrajecten is de signaleringsnorm 1/30.000 per jaar en de maximaal toelaatbare overstromingskansen 1/10.000 per jaar. De omringende trajecten bovenstrooms, benedenstrooms en aan de overzijde van de Nederrijn en Lek hebben een vergelijkbare signaleringsnorm, variërend van 1 klasse groter (1/10.000) tot 1 klasse kleiner (1/100.000).

De veiligheid van de Lekdijk ligt voor nagenoeg het gehele traject beneden de signaleringswaarde zodat deze versterkt moet worden, zie figuur 6.1.

Verloop van de veiligheid tijdens de levensduur van de dijk



Figuur 6.1 Signaleringswaarde en ondergrens

Aan het einde van de levensduur moet de waterkering nog voldoen aan de ondergrens: een overstromingskans van 1/10.000 per jaar.

6.2.2 Bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT)

De BGT beschrijft de eisen bij een situatie die vaker voorkomt dan de norm (dus bij een lagere belasting).

In zo'n situatie zal er sprake zijn van:

- Minder golfoverslag
- Minder vervorming van het dijklichaam
- Het wel toelaten van andere belasting, met name verkeersbelasting

Voor de BGT worden drie situaties beschouwd:

- de BGT, waarbij inspectie en herstelwerkzaamheden door het waterschap nog net mogelijk zijn
→ als uitgangspunt hanteren we, dat inspectie en herstel mogelijk moeten zijn tot een situatie bij 10x de norm (ondergrens): 1/1000 per jaar.
- de BGT, waarbij het gewone gebruik van de gronden achter de dijk nog mogelijk is.
→ als uitgangspunt hanteren we een situatie die is afgeleid van de wateroverlastnormen, d.w.z.:
- in bebouwd gebied een situatie van 1/100 per jaar;
- in landbouwgebied een situatie van 1/25 per jaar.
- de BGT, waarbij het gewone gebruik van de weg nog mogelijk is.
→ als uitgangspunt hanteren we, dat gewoon gebruik mogelijk moet zijn tot een situatie met een kans van voorkomen van 1/50 per jaar. (bron: POV Macrostablieit, Matrix UGT-BGT versie 6))

6.3 Belastingen

De dijk kent verschillende soorten belastingen. De belangrijkste is de hoogwaterstand op de rivier. Dat beïnvloedt het waterniveau in het achterland en de diepere grondlagen en het verloop van de freatische lijn in de dijk. Door wind ontstaat golfooploop en golfoverslag. Daarnaast is er nog verkeersbelasting en

mogelijke belastingen door scheepvaart, en moet rekening gehouden worden met schade aan de dijk door het gebruik daarvan. Naast deze belastingen is de dijk ook onderhevig aan zetting en bodemdaling.

In bijlage A is aangegeven welke belastingen in welke situatie en voor welke faalmechanismen maatgevend worden gesteld.

6.3.1 Hoogwaterstanden

De hoogwaterstanden worden voor de Nederrijn en Lekdijk gedomineerd door hoge rivierafvoer, waarin de afvoerverdeling over de rijntakken een belangrijke rol speelt.

Voor de dijktraject 15-1 en 44-1 wordt uitgegaan van een maximale afvoer bij Lobith van 16.000 m³/s.

Dit sluit aan bij de beleidsbeslissing Lek ontzien, waarin is besloten dat de Lek bij hoge afvoeren boven de 16.000 m³/s volledig ontzien wordt. Dit geldt als uitgangspunt voor de ontwerpberekeningen.

Omdat het in de praktijk lastig blijkt de afvoerverdeling te realiseren bij extreme kansen, zullen we voor elk deeltraject het effect in beeld brengen als de huidige afvoerverdeling wordt gehandhaafd.

In 2019 wordt een nieuwe beleidsbeslissing uitgewerkt. Mogelijk wordt het uitgangspunt daar later op aangepast. Eventuele gevolgen worden eerder al in beeld gebracht in een gevoeligheidsanalyse.

6.3.2 Overslagdebiet

Het toelaatbaar overslagdebiet is een factor die enerzijds invloed heeft op het ontwerp van de dijk en anderzijds op het beheer en de mogelijkheden voor medegebruik. Er is landelijk geen algemeen gehanteerd uitgangspunt. Daarom zijn in overleg met de dijkbeheerder de effecten van de keuze voor een overslagdebiet in beeld gebracht.

Uitgaande van het bestaande gebruik en van een overzichtelijke beheerinspanning wordt het volgende uitgangspunt gehanteerd:

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 ontwerpopgave) 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 ontwerpopgave) 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 ontwerpopgave) 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).

6.3.3 Bodemdaling en zetting

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 bodemdaling en (rest)zetting ter plaatse van de dijk zijn waarden afgeleid m.b.v. TerraSAR-X satellietmetingen en vervolgens verdeeld in klassen:

- 0-2 mm /jaar, aan te houden waarde: 2 mm / jaar
- 2-4 mm/ jaar, aan te houden waarde: 4 mm / jaar
- 4-7 mm/ jaar, aan te houden waarde: 7 mm / jaar
- > 7 mm/jaar, aan te houden waarde: 10 mm / jaar

Door de uit te voeren maatregelen in deze dijkverzwaring zal waarschijnlijk extra zetting optreden. Deze moet vooraf worden bepaald en achteraf worden geverifieerd.

Het uitgangspunt is, dat de bodemdaling en zetting gedurende de levensduur volledig worden opgenomen in de aanleghoogte.

6.4 Sterkte

Tegenover de hiervoor beschreven belastingen staat de sterkte van de waterkering. Na versterking moet de sterkte onder maatgevende omstandigheden groter zijn dan de belasting.

De sterkte wordt geleverd door de grond, de waterkerende objecten en de kunstwerken. Voor de bepaling van de sterkte zijn de wijze van modelleren, de te hanteren sterkteparameters en het detailniveau van onderzoek bepalend. In bijlage A zijn voor de gehele Lekdijk de basisuitgangspunten vastgesteld. Deze kunnen worden aangepast wanneer de lokale situatie in een deeltraject, of kennisontwikkeling daartoe aanleiding geven.

6.5 Levensduur

Bij het ontwerp gaan we voor grondlichamen uit van een levensduur van 50 jaar. Voor kunstwerken en waterkerende constructies hanteren we een levensduur van 100 jaar. Dit geldt ook voor vervangende waterkerende constructies bij bijvoorbeeld hogedruk leidingen.

Een ontwerp moet vervolgens worden geoptimaliseerd op basis van de levenscyclus-benadering (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.

6.6 Maakbaarheid

Tijdens uitvoering van de werkzaamheden is het uitgangspunt, dat de veiligheid van de waterkering niet afneemt ten opzichte van de situatie voor de start van de werkzaamheden. Het voert te ver om voor iedere tijdelijke situatie de overstromingskans te bepalen. Daarom moet voor iedere stap tijdens de uitvoering worden aangetoond of de veiligheid kan verminderen, hoe lang dat duurt en welke maatregelen worden getroffen om de veiligheid te verzekeren.

Bovendien moeten vooraf maatregelen worden uitgewerkt om in een extremere situatie het water te keren.

6.7 Uitbreidbaarheid, aanpasbaarheid, vervangbaarheid

6.7.1 Grondlichamen

Vanuit het beheer hebben grondlichamen als mogelijke verbetermaatregel vaak de voorkeur boven constructies vanwege de relatief eenvoudige mogelijkheden om ze uit te breiden of aan te passen aan

nieuwe inzichten. Ook bij veroudering zijn deze eenvoudig aan te passen door het uitvoeren van groot onderhoud (bijvoorbeeld herprofilen), waardoor ze in feite geen levensduur kennen.

Om aanpassing ook op lange termijn mogelijk te maken, zal een profiel van vrije ruimte worden bepaald op basis van de maatgevende omstandigheden die verwacht worden voor over 100 jaar. Dit wordt vastgelegd in de legger. Het afleiden van het profiel van vrije ruimte maakt overigens geen deel uit van het project.

6.7.2 Waterkerende constructies en kunstwerken

In situaties waar een grondlichaam geen of een ongewenste oplossing is voor de verbeteropgave, kan een waterkerende constructie worden ontworpen.

Kunstwerken zijn objecten in de dijk die een andere gebruiksfunctie mogelijk maken. Naast deze andere functie zijn kunstwerken vrijwel altijd waterkerend, al dan niet in combinatie met het grondlichaam.

Voor constructies en kunstwerken geldt in de regel een langere ontwerplevensduur. Bij het ontwerp dient te worden vooruitgekeken naar mogelijkheden om de constructie of het kunstwerk tijdens de levensduur aan te passen aan nieuwe inzichten. Wanneer toekomstige aanpassing niet of alleen met zeer veel moeite mogelijk is, dient het ontwerp te worden aangepast, of eventueel voor een andere oplossing te worden gekozen.

Ook de mogelijkheden voor uitbreiding, bijvoorbeeld vanwege eisen vanuit de omgeving, dienen te worden beschouwd. Het kan verstandig zijn het ontwerp nu al anders of robuuster te maken, zodat in de toekomst aanpassingen eenvoudiger kunnen worden gerealiseerd.

Als voorbeeld geldt een schutsluis, waarbij het verstandig kan zijn de fundering van het waterkerende sluishoofd zwaarder uit te voeren, zodat deze toekomstige aanpassingen kan dragen. Vervangen van de fundering zou immers ingewikkeld en kostbaar zijn. Voor het sluishoofd zelf kan de gebruikelijke levensduur worden aangehouden.

Tenslotte moet in het ontwerp aandacht worden besteed aan het einde van de levensduur. Om vervanging of verwijdering van een constructie of kunstwerk eenvoudiger te maken, kan het verstandig zijn het ontwerp aan te passen.

6.7.3 Inpassing niet-waterkerende objecten (NWO's)

Bij het verplaatsen van kabels en leidingen, maar ook van andere niet waterkerende objecten, is het uitgangspunt, dat rekening wordt gehouden met de ruimte die nodig is voor toekomstige dijkversterkingen. Zo wordt voorkomen dat deze bij een volgende dijkversterking opnieuw een belemmering vormen. Het benodigde ruimtebeslag zal als profiel van vrije (PVR) ruimte worden opgenomen in de legger. Tijdens het ontwerpen zal een voorlopig profiel van vrije ruimte worden uitgewerkt, zodat duidelijk is waarmee rekening moet worden gehouden.

6.8 Bouwstenen voor ontwerp

In de verkenningfase liggen in principe alle mogelijke verbetermaatregelen nog open. Afhankelijk van de opgave op een locatie en van de mogelijke effecten van een oplossing zal tijdens de verkenning een voorkeursoplossing worden gekozen.

De bouwstenen om te komen tot een voorkeursoplossing kunnen worden onderscheiden in grondoplossingen, traditionele constructies en innovatieve oplossingen. In tabel 6.1 wordt per categorie benoemd welke bouwsteen een oplossing biedt voor welke opgave.

De lijst met innovatieve oplossingen is per definitie niet compleet. In het overzicht zijn alleen de meest gangbare genoemd. Dat betekent niet dat andere oplossingen op voorhand worden uitgesloten. Tijdens een innovatiescan worden kansrijke innovaties geselecteerd. In paragraaf 5.6 is vervolgens beschreven hoe het project omgaat met innovaties. Kansrijke innovaties zullen tijdens de verkenning als volwaardige oplossing worden beschouwd, naast de reeds bewezen technieken. Van deze innovaties worden de voordelen en risico's vanuit verschillende invalshoeken in beeld gebracht.

Categorie	Bouwstenen
Grondoplossingen	Kruinverhoging
	Verflauwing talud binnenzijde
	Verflauwing talud buitenzijde
	Berm binnendijks
	Berm Buitendijks
	Voorlandverbetering
	Grondverbetering binnendijks
	Asverschuiving
	Dijkverbreding (klimaatdijk / multifunctionele dijk)
Traditionele constructies	Stabiliteitsscherp in de kruin
	Kistdam
	Stabiliteitsscherp in de teen / Pipingscherp
	Keermuur kruin
Innovatieve oplossingen	Verticaal zanddicht geotextiel / Grof zand barrière
	Waterontspanner
	Vernagelingstechnieken
	Grondverbeteringstechnieken

Tabel 6.1 Overzicht bouwstenen

7 Veiligheid, gezondheid en milieu

Veiligheid, gezondheid en milieu maken een integraal deel uit van het ontwerpproces binnen HDSR. De ontwerpkeuzes op dit gebied worden vastgelegd in de Nota Kansrijke Oplossingen. Daarnaast worden veiligheid, gezondheid en milieu als criterium meegenomen bij de afweging van kansrijke oplossingen. Bij iedere oplossing zal sprake zijn van restrisico's op het gebied van veiligheid, gezondheid en milieu. Na de keuze voor het Voorkeursalternatief wordt een risicosessie georganiseerd, waarin de restrisico's worden beschreven en beheersmaatregelen worden aangegeven. De restrisico's worden per fasering vastgelegd.

Bij het ontwikkelen van de kansrijke oplossingen moeten in elk geval de volgende aandachtspunten worden meegenomen:

- Het ontwerp moet aan de vigerende veiligheids- en milieuwetgeving voldoen (bijvoorbeeld de arbeidsomstandighedenwet en Arbocatalogi voor waterschappen).
- Het ontwerp moet veilig en gezond kunnen worden onderhouden en beheerd. Het gaat daarbij onder andere om maaiwerkzaamheden, inspectie (dagelijks en tijdens calamiteiten), herstelwerkzaamheden en bereikbaarheid van objecten in de nabijheid van de dijk.
- Het ontwerp moet veilig en gezond kunnen worden gebruikt door alle belanghebbenden (dus ook omwonenden, weggebruikers e.d.).
- Het ontwerp moet veilig en gezond maakbaar en haalbaar zijn. Dat heeft te maken met de bouwwijze maar ook met de planning.

Aandachtspunten voor veiligheid zullen ook worden opgehaald bij de belanghebbenden, voor opname in de KES.

Het onderwerp veiligheid, gezondheid en milieu wordt uitgewerkt in een Veiligheids Management Plan voor Sterke Lekdijk. Dit vormt vervolgens de basis voor een veiligheids-, gezondheids- en milieuplan (VGM-plan) door de opdrachtnemers, zowel voor de ontwerpfase als de uitvoeringsfase.

Bij onderzoeken in het veld, zoals grondonderzoek sturen we de nota "Veilig werken op locaties Waterbeheer" [10] mee met de uitvraag. Deze wordt afgestemd met het KAM-team van het waterschap. Afhankelijk van de grootte van de opdracht en de risico's van het werk volgens bijlage II Richtlijn nr. 92/57/EEG, moet een VGM-plan Ontwerpfase worden opgesteld. Wanneer de opdracht is verleend, dient de opdrachtnemer een VGM-plan Ontwerpfase en / of Uitvoeringsfase te maken.

Naast plannen en criteria is veiligheid in de eerste plaats een kwestie van bewustzijn. Dat bereiken we niet alleen door regels op te schrijven, maar door met elkaar te bespreken wat we belangrijk vinden en hoe we dat bereiken. Voor Sterke Lekdijk wordt dit uitgewerkt in een veiligheidsstatement. Hierin nemen we de aandachtspunten op, waarbij we onder andere denken aan:

- verantwoordelijkheid nemen voor de eigen veiligheid en die van anderen;
- feedback geven en ontvangen ten aanzien van veiligheid, gezondheid en milieu;
- procedure en instructies vastleggen en opvolgen;
- incidenten melden en goede ideeën delen.

Referenties

- [1] Detailtoetsing A-keringen van de Nederrijn en Lekdijk; Eindrapportage ten behoeve van Dijkversterking Centraal Holland, Arcadis, 23 december 2015 (DM 1010946)
Veiligheidsanalyse Centraal Holland; Aanscherping toetsresultaat noordelijke Lekdijken en voormalige C-keringen; Uitwerking onderzoeksplan, Dijkversterking Centraal Holland, 30 juni 2017 (DM 1259339)
- [2] Handreiking Ontwerpen met overstromingskansen, Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansnormen, OI2014v4, Rijkswaterstaat, februari 2017 (DM 1217301)
- [3] Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage II Voorschriften bepaling hydraulische belasting primaire waterkeringen, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2 december 2016 (DM 1185168)
Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Sterkte en veiligheid, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2 december 2016 (DM 1185170)
- [4] Beleidslijn Grote Rivieren
- [5] Redeneerlijn buitendijks versterken, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, DGRW, 2018 (DM 1373649)
- [6] Watervordering Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden 2009, Provincie Utrecht, 21 december 2009 (DM 650981)
- [7] Startdocument project Sterke Lekdijk, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, 22 februari 2017 (DM 1163753)
- [8] Ambities van de beheerder waterkeringen voor het project Sterke Lekdijk, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, 11 augustus 2017 (DM 1289198)
- [9] Uitvoering moties 'scan biodiversiteit' en 'instandhouding insecten', alsmede beantwoording vragen over inzet waterberging t.b.v. bevordering weidevogelstand, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, 17 april 2018 (DM 1385681)
- [10] Veilig werken op locaties Waterbeheer, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
- [11] Technisch Rapport Ontwerpbelastingen
- [12] Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1 september 2004 (DM 1365333)
- [13] Schematiseringshandleiding Macrostabiliteit, Versie A, Deltares, 15 sept. 2014 (DM 959440)
- [14] Schematiseringshandleiding Zettingsvloeiing
- [15] Schematiseringshandleiding Golfafslag Voorland
- [16] Schematiseringshandleiding Afschuiving Voorland
- [17] Schematiseringshandleiding Steenzetting
- [18] Ontwerprichtlijn 'ontwerp stabiliteitsschermen (type II) in primaire waterkeringen' en addendum ontwerprichtlijn stabiliteitsscherm, Deltares
- [19] Factsheet Verkeersbelasting en macrostabiliteit, Kennisplatform Risicobenadering, 28 juli 2016 (DM 1346631)
- [20] Voorlopige werkwijze macrostabiliteit i.c.m. golfoverslag OI2014v4, Kennisplatform Risicobenadering, 14 maart 2017
- [21] Catalogus ontwerpinstrumentarium waterkeringen, RWS_WVL, februari 2019
- [22] Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma, Deltares, september 2018
- [23] POV-M Infiltratieproef, ..
- [24] Reststerkte bij erosie van het buitentalud, Lievense/Fugro, november 2018
- [25] 2017_06_26 Schematiseringonzekerheid KPR, KPR factsheet, 2017
- [26] Haalbaarheid Satellietmetingen Zetting Lekdijk en omgeving, Sensor, juni 2018
- [27] Aanscherping scope Sterke Lekdijk, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, 3 juni 2019

Bijlagen

Bijlage A Technische uitgangspunten

Bijlage B Hydraulische Randvoorwaarden Nederrijn-Lekdijk, Dijktrajecten 15-1 en 44-1, LieveenseCSO, 23 april 2018

Los bijgevoegd rapport met Exelbestand met HR per dijkpaal.

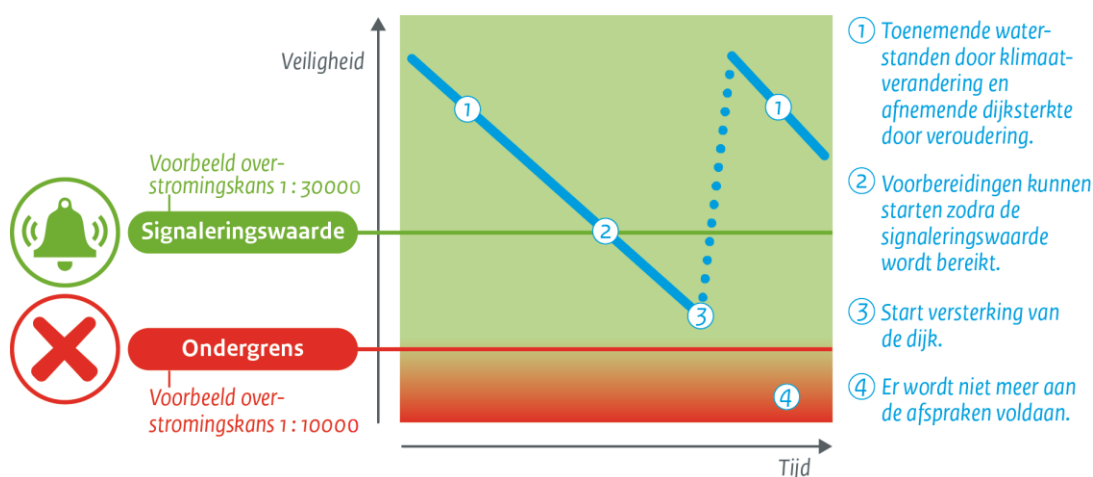
Bijlage A. Technische uitgangspunten

A 1. Veiligheidseisen

A 1.1 Veiligheidsnorm

Vanaf 2017 zijn de nieuwe veiligheidsnormen van kracht, die zijn vastgelegd in de Waterwet. In de wet wordt onderscheid gemaakt tussen een signaleringsnorm, die dient om tijdig de versterkingsopgave in beeld te brengen en een ondergrens, ofwel de maximaal toelaatbare overstromingskans, zie Figuur . Het project Sterke Lekdijk omvat de normtrajecten 15-1 en 44-1. Voor beide normtrajecten is de signaleringsnorm 1/30.000 per jaar.

Verloop van de veiligheid tijdens de levensduur van de dijk



Figuur A1.1 Signaleringswaarde en ondergrens

Aan het einde van de levensduur moet de waterkering nog voldoen aan de ondergrens: een overstromingskans van 1/10.000 per jaar. Op de levensduur wordt in paragraaf 6.5 ingegaan.

A 1.2 Faalkansverdeling

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 A1. Het OI maakt duidelijk, dat alleen zeer grote verschuivingen binnen de verdeling effect hebben op het uiteindelijke ontwerp. Een verandering van de kansbijdrage met een factor 2 zal nauwelijks effect hebben en moet bovendien voor het hele normtraject worden toegepast. 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.

Voor het ontwerp wordt de standaard faalkansbegroting uit het OI2014v4 aangehouden:

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

Tabel A1.1 Kansbijdragen per faalmechanisme

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 ontwerp vrijheid maar de gevolgen kunnen hierdoor verstrekkend zijn en moeten overkoepelend op programmaniveau worden afgestemd!

A 1.3 Faalkanseisen

Vervolgens wordt per faalmechanisme de faalkanseis per doorsnede bepaald door de lengtefactor (N-waarde) toe te passen. De N-waarde is vastgelegd in het OI2014v4, tabel 3 en bijlage A en bedraagt 1 voor beide normtrajecten.

Voor macrostabieliteit buitenwaarts is de faalkanseis afhankelijk van de hersteltijd na bezwijken van de ke-ring en het optreden tot omstandigheden waarbij de dijk faalt. Hiervoor wordt uitgegaan van de kans op overstroming, gegeven macrostabieliteitsverlies. Deze factor wordt gesteld op 0,1, conform het OI2014v4. Dit betekent dat voor het faalmechanisme macrostabieliteit buitenwaarts (STBU) wordt gerekend met een faalkanseis die een factor 10 kleiner is dan die geldt voor het faalmechanisme macrostabieliteit binnenwaarts (STBI). Deze kan onderbouwd verlaagd worden indien dit leidt tot optimalisatie. Hiervoor wordt verwezen naar de KPR factsheet macrostabieliteit buitenwaarts.

In Tabel zijn de afgeleide eisen voor de verschillende faalmechanismen weergegeven.

Faalmechanisme	Faalkanseis per doorsnede [per jaar] 44-1	Faalkanseis per doorsnede [per jaar] 15-1
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)	1 / 41.667	1 / 41.667
Piping (STPH)	1 / 4.091.667	1 / 1.319.444
Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)	1 / 5.596.000	1 / 4.045.000
Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU)	1 / 559.600	1 / 404.500
Gras Erosie Buitentalud (GEBU)	1 / 222.222	1 / 222.222
Overige bekledingen buitentalud	n.v.t: er geldt een veiligheidsfactor van 1.1	n.v.t: er geldt een veiligheidsfactor van 1.1

Trajectlengte	31,7 km	23,2 km
---------------	---------	---------

Tabel A1.2 Faalkanseisen per doorsnede (OI2014v4)

Voor kunstwerken is het aantal aanwezige kunstwerken van belang en ook het aantal daarvan dat volgens het OI bijdraagt aan de faalkans op een mechanisme, zie tabel A1.3. Dat laatste bepaalt de N-waarde.

Faalmechanisme	Faalkanseis per kunstwerk [per jaar] 44-1	Faalkanseis per kunstwerk [per jaar] 15-1
Overloop en overslag	1 / 41.667	1 / 41.667
Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk (BSKW)	1 / 500.000 (N=2)	1 / 750.000 (N=3)
Piping bij kunstwerk (PKW)	1 / 1.500.000 (N=6)	1 / 1.000.000 (N=4)
Sterkte en stabiliteit kunstwerk (STKWp)	n.v.t.	n.v.t.
Aantal kunstwerken	6	4

tabel A1.3 Faalkanseisen per kunstwerk (OI2014v4)

A 1.4 Bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT)

De BGT beschrijft de eisen bij een situatie die vaker voorkomt dan de norm (dus bij een lagere belasting).

In zo'n situatie zal er sprake zijn van:

- Minder golfoverslag
- Minder vervorming van het dijklichaam
- Het wél toelaten van andere belasting, met name verkeersbelasting

Voor de BGT worden drie situaties beschouwd:

- de BGT, waarbij inspectie en herstelwerkzaamheden door het waterschap nog net mogelijk zijn
→ als uitgangspunt hanteren we, dat inspectie en herstel mogelijk moeten zijn tot een situatie bij 10x de norm (ondergrens): 1/1000 per jaar.
- de BGT, waarbij het gewone gebruik van de gronden achter de dijk nog mogelijk is.
→ als uitgangspunt hanteren we een situatie die is afgeleid van de wateroverlastnormen, d.w.z.:
- in bebouwd gebied een situatie van 1/100 per jaar;
- in landbouwgebied een situatie van 1/25 per jaar.
- de BGT, waarbij het gewone gebruik van de weg nog mogelijk is.
→ als uitgangspunt hanteren we, dat gewoon gebruik mogelijk moet zijn tot een situatie met een kans van voorkomen van 1/50 per jaar. (bron: POV Macro stabiliteit, Matrix UGT-BGT versie 6))

Bij deze situaties horen de volgende eisen:

Bij een situatie met een kans van voorkomen van 1/1000 per jaar:

- De maximale golfoverslag is zodanig, dat een inspecteur nog veilig op de dijk kan lopen en dat voertuigen veilig over de dijk kunnen rijden. Van beide mag verwacht worden, dat ze voorbereid zijn op enige mate van overslaand water.
→ maximale golfoverslag 1 l/s/m

1b) De breedte van het weglichaam is in tact, en er is geen sprake van dusdanige afschuiving, vervorming of verweking van het dijklichaam, dat het niet veilig is voor waterschapspersoneel zich op de dijk te bevinden.

- macrostabiliteit voldoet bij de toelaatbare verkeersbelasting
- geen duidelijk zichtbare verzakking of scheurvorming tot in de diepere grondlagen (> 1 m)
- constructies kunnen de belasting zonder zichtbare vervorming (scheurvorming of kromming) of grondverstoring weerstaan

1c) Vrachtverkeer voor het uitvoeren van herstelwerkzaamheden is toegelaten op de weg; dit is beperkt tot maximaal 2 vrachtwagens tegelijk op een dijkvak van 50 m. Ander verkeer mag niet op de dijk.

- Verkeersbelasting 8 kN/m², over 2,5 m breedte en een lengte van 50 m.

(bron: KPR-factsheet Verkeersbelasting en macrostabiliteit [19])

Voor de verkeersbelasting wordt uitgegaan van een spreidingshoek van 30gr en een consolidatiegraad van 0% in klei en veen en 100% in zand.

2a) In bebouwd gebied treedt geen wateroverlast op.

- Bij een situatie met een kans van voorkomen van 1/100 per jaar: de maximale golfoverslag is zodanig, dat in bebouwd gebied het oppervlaktewaterpeil het maaiveldniveau nergens overschrijdt.

Dit hangt uiteraard nauw samen met de afvoercapaciteit van het achterliggende watersysteem.

2b) In landbouwgebied treedt in beperkte mate wateroverlast op.

- Bij een situatie met een kans van voorkomen van 1/25 per jaar: de maximale golfoverslag is zodanig, dat in landbouwgebied het percentage van een gebied waar het oppervlaktewaterpeil het maaiveldniveau overschrijdt maximaal gelijk is aan 1%.

(bron: Waterverordening Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden 2009 [6])

De mogelijke wateroverlast verschilt per peilgebied, afhankelijk van de oppervlakte en de mogelijkheid tot afwatering naar peilgebieden die verder van de dijk afliggen. De wateroverlast kan worden bepaald door het hanteren van een stormduur van 10 uur met een gemiddeld overslagdebiet van 0,5 x het ontwerp-overslagdebiet. Als wordt ontworpen op een overslagdebiet van 10 l/s/m dan is het waterbezwaar gelijk aan 5 l/s/m gedurende 10 uur.

Bij een situatie met een kans van voorkomen van 1/50 per jaar:

3a) De maximale golfoverslag is zodanig, dat particulier verkeer en wandelaars veilig over de dijk kunnen rijden en lopen. Zij zijn niet voorbereid op overslaand water.

- maximale golfoverslag 0,1 l/s/m

3b) Er zijn geen zichtbare en voelbare veranderingen aan het dijklichaam.

- macrostabiliteit voldoet bij de toelaatbare verkeersbelasting
- geen grote scheuren of verzakkingen in het grondlichaam, ook oppervlakkige stabiliteit (taludverzakking) blijft gewaarborgd.
- constructies kunnen de belasting zonder blijvende vervorming of grondverstoring weerstaan

3c) De weg is open voor alle verkeer.

- Verkeersbelasting 15 kN/m². Dit komt overeen met verkeersklasse 60.

(bron: KPR-factsheet Verkeersbelasting en macrostabiliteit)

Voor deze BGT situaties moet worden beoordeeld of ze maatgevend kunnen zijn voor het ontwerp. In dat geval moet de BGT eis verder worden ingevuld in het ontwerp. Vaak is met een eenvoudige benadering al te beoordelen of de BGT eis maatgevend kan zijn boven de UGT eis, zoals bij de bepaling van de terugkeertijd van kleinere overslagdebieten.

Uit de berekeningen van de Hydraulische randvoorwaarden is af te leiden wat de terugkeertijd is van een overslagdebiet van 0,1 of 1 l/s/m als de hoogte net aan voldoet aan een overslagdebiet van 5 of 10 l/s/m. Voor de dijktrajecten 15 en 44 is dat bepaald voor de locaties met de grootste golfoploop bij een overslagdebiet van 10 l/s/m als maatgevend maximaal overslagdebiet. Dat geeft de volgende maximale terugkeertijden, Tabel A1.4.

Traject Locatie	Hoogte bij 10 l/s/m m + NAP	Terugkeertijd 1 l/s/m jaar	Terugkeertijd 0,1 l/s/m jaar
44, dp 6 en dp 50	10,13	2000	300
15, dp M32	7,43	3500	900

Tabel A1.4 Terugkeertijden overslagdebiet

Daarmee wordt voor alle BGT situaties voldaan aan het overslagcriterium. Ook is op deze wijze in te schatten of een 10 x strengere norm voor de BGT gevolgen heeft voor het ontwerp.

A 1.5 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. In paragraaf A.4 wordt uitgeweid over de ontwikkelingen binnen het ontwerpinstrumentarium.

Bij de start van een projectfase wordt de kennis ‘bevroren’ bij de vaststelling van de nota van uitgangspunten voor die fase. Vóór het vaststellen van het eindproduct van een fase door de opdrachtgever wordt een impactanalyse uitgevoerd. Hierin worden nieuwe inzichten en de consequenties voor het ontwerp inzichtelijk gemaakt, en zo nodig wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Op basis van de impactanalyse wordt het ontwerp eventueel nog aangepast.

Op deze manier wordt duidelijkheid over het instrumentarium gecreëerd tijdens het ontwerpen.

Uitgangspunt is dat met de meest recente versie van het ontwerpinstrumentarium, die bij de start van een fase beschikbaar is, wordt gewerkt. Op het moment van vaststellen van deze nota is dat het Ontwerp Instrumentarium 2014, versie 4 (OI2014v4)³ [2], en de factsheets vanuit KPR en handleidingen vanuit WBI. Een overzicht daarvan is te vinden in de Catalogus

Ontwerpinstrumenten Waterkeringen [21].

Aan het eind van een fase wordt een impactanalyse uitgevoerd van de nieuwe inzichten, en zo nodig verwerkt in het ontwerp.

Onduidelijkheden en onzekerheden in de uitgangspunten worden tijdens een fase uitgewerkt in overleg met KPR en de POV's en door uitwisseling tussen HDSR en de adviesbureaus. De resultaten van de uitwerking landen weer in deze Strategische Nota van Uitgangspunten.

A 2. Belastingen

A 2.1 Soorten belastingen

Voor de verschillende geotechnische faalmechanismen zijn verschillende belastingsituaties maatgevend voor het ontwerp. 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 zijn in tabel A2.1 de aan te houden belastingsituaties beschreven.

³ Er wordt een nieuw beoordelings- en ontwerpinstrumentarium voorzien, de BOI voor 2023.

Toetsspoor	Belastingssituaties
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)	<ul style="list-style-type: none"> Hydraulisch Belastingniveau (HBN) behorend bij een bepaald kritiek overslagdebiet, rekening houdend met zetting en bodemdaling. Lager belastingniveau behorend bij een hoger kritiek overslagdebiet (behorend bij een BGT).
Piping (STPH)	<ul style="list-style-type: none"> Waterstand Bij Norm (WBN); <p>De waterstand kan binnendijs op het maaiveld staan tenzij dit vanuit waterbeheer niet mogelijk is.</p>
Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	<ul style="list-style-type: none"> Waterstand bij norm (WBN) zonder verkeersbelasting Significante overslag, waardoor het dijklichaam verzadigd raakt (conform KPR memo "Voorlopige werkwijze macrostabiliteit i.c.m. golfoverslag OI2014v4" van 14 maart 2017 [20]) Lagere waterstand met hogere verkeersbelasting (behorend bij een BGT) Lagere waterstand met een extreme neerslag: verhoogde freatische lijn <p>In alle situaties kan de waterstand binnendijs op polderpeil worden gehouden of op maaiveld staan.</p>
Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)	<ul style="list-style-type: none"> Val na hoog water: hoge freatische lijn en lage waterstand Extreem laag water: normale freatische lijn en extra lage waterstand (een laagwaterstand die eens per 10 jaar wordt onderschreden) Extreme neerslag: verhoogde freatische lijn en gemiddelde laagwaterstand (GLW) verkeersbelasting
Gras Erosie Buitentalud (GEBU) Overige bekledingen buitentalud	<ul style="list-style-type: none"> Waterstand net onder norm (WBN) met golfoploop Lagere waterstand met grotere golfoploop
Piping bij kunstwerk (PKW)	<ul style="list-style-type: none"> Waterstand Bij Norm (WBN) en binnendijsse waterstand
Sterkte en stabiliteit kunstwerk (STKWp)	<ul style="list-style-type: none"> Waterstand bij norm (WBN) zonder verkeersbelasting Significante overslag Lagere waterstand met hogere verkeersbelasting (behorend bij een BGT)

Tabel A2.1 Maatgevende belastingssituaties per faalmechanisme

De buitenwaterstand en de golfoploop (zowel HBN als WBN) worden in paragraaf A.2.2 t/m A.2.4 uitgewerkt. Als basis voor de uiterste grenstoestand wordt uitgegaan van de Waterstand Bij Norm (WBN) voor de geotechnische faalmechanismen. Conform het OI wordt deze afgeleid bij de maximaal toelaatbare kans van 1 / 10.000 per jaar. Een uitzondering hierbij is Gras Erosie Buitentalud waarvoor een golfbelasting wordt gehanteerd met een terugkeertijd van 1 / 222.222 per jaar (dit is de faalkanseis per doorsnede, zie paragraaf A.1.3).

De minimaal benodigde kruinhoogte wordt bepaald door het Hydraulisch Belastingenniveau (HBN) behorend bij een bepaald kritiek overslagdebiet met een terugkeertijd van 1 / 41.667 per jaar (dit is de faalkanseis per doorsnede, zie paragraaf A.1.3) de BGT worden lagere belastingniveaus afgeleid, die optreden met een grotere terugkeertijd, zie paragraaf A.1.4. Voor macrostabiliteit buitenwaarts wordt ook een extra lage waterstand bepaald.

Het verloop van de freatische lijn is van belang voor macrostabiliteit en microstabiliteit, en wordt beschreven in paragraaf A.2.5. Hiervoor is ook de binnendijkse waterstand van belang.

Het toelaatbaar overslagdebiet is van belang voor verschillende faalmechanismen (hoogte, macrostabiliteit binnenwaarts, microstabiliteit, sterkte en stabiliteit kunstwerk), maar heeft ook invloed op beheer en onderhoud. Het wordt uitgewerkt in paragraaf A.2.6.

In paragraaf A.2.7 worden de zetting en bodemdaling beschreven. Deze hebben vooral invloed op de hoogte van de dijk.

Tenslotte komen in paragraaf A.2.8 overige belastingen aan de orde. Verkeersbelasting is van belang voor macrostabiliteit en voor sterkte en stabiliteit van kunstwerken. Belasting door extreme neerslag is ook van belang voor macrostabiliteit. Verder wordt ingegaan op andere belastingen, die naar verwachting weinig impact hebben het ontwerp van de dijk.

A 2.2 Afvoerstatistiek

De WBN en het HBN worden voor de Nederrijn en Lekdijk gedomineerd door hoge rivierafvoer. In de rekenrecepten zijn de aan te houden maximale afvoeren over de Nederrijn en Lek gelimiteerd door een maximale afvoer bij Lobith in te geven.

Voor de dijktraject 15-1 en 44-1 wordt uitgegaan van een maximale afvoer bij Lobith van 16.000 m³/s.

Dit sluit aan bij de beleidsbeslissing Lek ontzien, waarin is besloten dat de Lek bij hoge afvoeren boven de 16.000 m³/s volledig ontzien wordt. Dit geldt als uitgangspunt voor de ontwerpberekeningen. Dit uitgangspunt is afgestemd met de omliggende waterschappen van de Nederrijn en Lek (Vallei & Veluwe en Rivierenland). Hoewel de principe-afspraken is dat ieder dezelfde ontwerpwaarden hanteert voor de afvoerverdeling, kan het feit dat de beleidsmatige afvoerverdeling nog niet in de praktijk kan worden gerealiseerd, leiden tot afwijkende keuzes.

In 2019 wordt een nieuwe beleidsbeslissing uitgewerkt. Mogelijk wordt het uitgangspunt daar later op aangepast. Eventuele gevolgen worden eerder al in beeld gebracht in een gevoeligheidsanalyse.

A 2.3 Klimaatontwikkeling

Bij de rekenrecepten voor het afleiden van de hydraulische randvoorwaarden zijn statistiekbestanden meegeleverd voor de zichtjaren 2050 en 2100.

Overeenkomstig het OI2014v4 wordt voor alle projecten het klimaatscenario W+ (KNMI, 2006) aangeleverd, dit komt overeen met de klimaatopgave binnen de Deltascenario's Stoom en Warm.

Met eventuele nieuwe klimaatscenario's van het KNMI wordt geen rekening gehouden totdat deze zijn verwerkt in de hydraulische randvoorwaarden. Dat geldt ook voor de mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma [22].

In de impactanalyse, zie paragraaf A.1.5, zal de invloed van nieuwere klimaatscenario's wel worden ingeschat.

A 2.4 Hydraulische randvoorwaarden

De hydraulische randvoorwaarden worden afgeleid met het programma Hydra-NL en de hiervoor beschikbare databases. De afleiding van de hydraulische randvoorwaarden voor de Nederrijn en Lek zijn beschreven in twee rekenrecepten die zijn ontwikkeld voor het OI.

- Afleiden Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden in het benedenrivierengebied (traject 15), versie 6 juli 2017
- Rekenrecept afleiden ontwerprandvoorwaarden Bovenrivieren Rijntakken met Hydra-NL (traject 44), versie 14 september 2017

Voor zowel het benedenrivierengebied als voor het bovenrivierengebied zijn twee databases beschikbaar en toepasbaar:

15-1: CR2011_BenR_Rijndombinnen_oever_a_15_v02
WBI2017_Benedenrijn_15-1_v03

44-1: DPa_Riv_Rijn_oever_2015_ref_S10_DM1p1p12_v01
WBI2017_Bovenrijn_44-1_v03

Voor 44-1 is de DPa database voorgeschreven in het rekenrecept. Deze database heeft slechts één uitvoerpunt per km. De WBI database heeft uitvoerpunten per 100 meter. Door deze ook voor 2015 door te rekenen kan een inschatting gemaakt worden voor de toekomstverwachting van tussenliggende punten door het verschil tussen de WBI en DPa database naar de toekomst door te trekken op basis van de berekeningen met de DPa databases voor 2050 en 2100.

Voor het traject 15-1 wordt gerekend met de WBI-database.

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.

Opgemerkt wordt dat met Hydra-NL inmiddels de modelonzekerheid en statistische onzekerheid mee wordt berekend.

In tegenstelling tot het OI2014v4 is een onzekerheidstoeslag van 0,30 m op zowel de WBN als het HBN niet meer van toepassing.

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 B. 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. Waterstanden bij grotere faalkansen t.b.v. de BGT kunnen uit de ruwe berekeningsresultaten worden afgeleid.

De belastingsituaties, die bepalend zijn voor buitenwaartse stabiliteit zijn omschreven in de schematiseringshandleiding macrostabiliteit [13], het Technisch Rapport Ontwerpbelastingen (paragraaf 7.4 e.v.) [11], als ook in het OI.

Voor het bovenrivierengebied (normtraject 44-1) wordt aanbevolen uit te gaan van een situatie na een val van 10 dagen.

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.

Dit waterstandsverloop is niet te bepalen met de waterstandsverlooptool van het WBI. Zolang hiervoor geen goede afleiding voor is wordt een standaardwaarde van een val van 4,0 m aangehouden conform

de POV Centraal Holland. Deze waarde kan onderbouwd verlaagd worden indien dit leidt tot optimalisatie.

Omdat voor het benedenrivierengebied (normtraject 15-1) verschillende combinaties van rivierafvoeren, zeewaterstand en stormopzet bepalend zijn, wordt aanbevolen om voor drie verschillende situaties de waterstandsverlopen af te leiden en hieruit de snelle val te bepalen. De meest ongunstige van de drie is maatgevend bij de stabiliteitsberekening.

De waterstand bij val na hoogwater voor het benedenrivierengebied is de ongunstigste van de volgende waterstandsverlopen:

1. maatgevende afvoergolf en gemiddeld getij op zee zonder wind. De benodigde waterstand volgt uit de situatie na een val van 10 dagen. Deze situatie sluit aan bij de bepaling voor het bovenrivierengebied.
2. combinatie van stochasten die de grootste bijdrage levert aan de overschrijdingsfrequentie, bij open stormvloedkeringen. Voor deze situatie is de waterstand maatgevend die optreedt 1 dag na de hoogste waterstand. De getijcomponent kan hierbij verwaarloosd worden.
3. combinatie van stochasten die de grootste bijdrage levert aan de overschrijdingsfrequentie, bij gesloten stormvloedkeringen. Voor deze situatie is de waterstand maatgevend die optreedt 1 dag na de hoogste waterstand. De getijcomponent kan hierbij verwaarloosd worden.

Ook hiervoor ontbreekt nog een duidelijke afleiding voor punt 1. Als startwaarde wordt een val van 4,0 m aangehouden conform de POV Centraal Holland. Deze waarde kan onderbouwd verlaagd worden indien dit leidt tot optimalisatie.

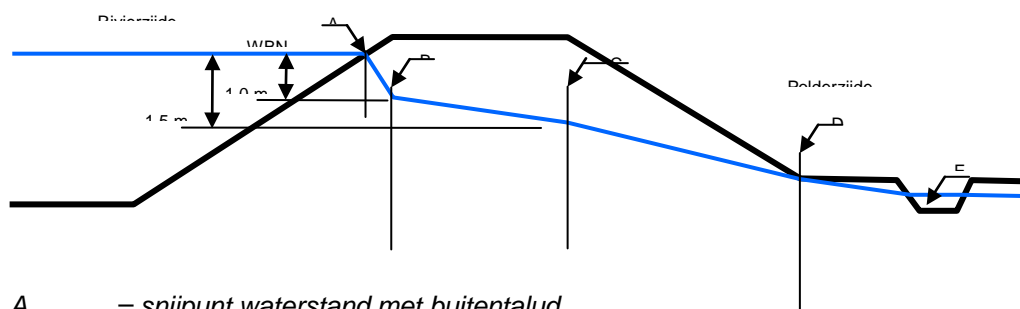
Bij de aanwezigheid van breed voorland kan de aan te houden val van hoogwater beperkt worden door de hoogte van het voorland.

A 2.5 Schematisering grondwater

Freatische lijn

De freatische lijn in het dijklichaam wordt geschematiseerd op basis van het Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken [12], zoals uitgewerkt in de cases 1 en 3 in bijlage 2 van dat rapport. Dit geldt met name voor macrostabiliteit. Voor piping wordt verwezen naar het Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken.

Bij het ontbreken van meetwaarden gelden de volgende algemene schematisaties van de freatische lijn uitgewerkt voor de belastingsituaties die in paragraaf A.2.1 zijn genoemd. In Figuur is deze uitgewerkt voor extreem hoogwater bij een kleidijk, in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** staan de waarden voor de andere maatgevende situaties voor de punten A tot en met E.



- A = snijpunt waterstand met buitentalud
B = punt 1,0 m onder WBN
C = punt onder de binnenkruinlijn 1,5 m onder WBN
D = binnenteen
E = achterland

Figuur A2.1 Freatische lijn bij een kleidijk bij WBN

Situatie	Buitentalud A	Buitenkruin B	Binnenkruin C	Binnenteen D	Achterland E
Extreem hoog water (STBI)	WBN* ¹	1,0 m onder WBN	1,5 m onder WBN	Maaiveld	Maaiveld
Significante overslag (STBI)	Waterstand bij overslag > 1l/s/m* ²	0,1 m onder Kruin	0,1 m onder Kruin	Maaiveld	Maaiveld
Extrem neerslag (STBI)	GHW (STBI)* ³	GHW +0,5 m* ³	GHW +0,5 m	Maaiveld	Maaiveld
Extrem neerslag (STBU)	GLW (STBU)* ³	GHW +0,5 m* ³	GHW +0,5 m	Maaiveld	Maaiveld
Val na hoogwater (STBU)	WBN - 4,0 m* ⁴	1,0 m onder WBN	1,5 m onder WBN	Maaiveld	Maaiveld
Extreem laag water (STBU)	LW 1/10 jaar	Dagelijks* ⁵	Dagelijks	Maaiveld	Polderpeil
Een of meer BGT-situaties	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

Tabel A2.2 Niveaus freatische lijnen in ontwerp situaties

*1: OI / WBI

*2: Voorlopige werkwijze macrostabiliteit i.c.m. golfoverslag OI2014v4

*3: Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken

De gemiddelde hoogwaterstand en gemiddelde laagwaterstand dienen te worden afgeleid op basis van meetreeksen. Meetreeksen van de formele meetstations zijn beschikbaar via de website water-normalen.

Er kan lineair geïnterpreteerd worden tussen de meetstations. (bron: WBI, bijlage II)

*4: Zie paragraaf A.2.4

*5: Te bepalen op basis van peilbuis metingen

Binnendijkse waterstand

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. Met als aanvulling dat dit fysisch niet altijd mogelijk is als het water makkelijk via het achterland kan wegstromen. Dat moet per polder of peilvak worden beschouwd.

Stijghoogte watervoerende zandlaag

De stijghoogte in de watervoerende zandlaag wordt berekend met de analytische formules voor de stationaire situatie, volgens het Technische Rapport Waterspanningen bij dijken [12].

Indringingslengte

De indringingslaag in het slappe lagen pakket vanuit de watervoerende zandlaag wordt bepaald op basis van de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit [13], paragraaf 7.13. Het verloop van de waterspanning tussen de indringingslaag en de freatische lijn verloopt volgens het Technische Rapport Waterspanningen bij dijken [12].

De schematisatie van het grondwater kan onderbouwd geoptimaliseerd worden. Onderbouwing kan via peilbuismetingen, daarvan afgeleide grondwaterkaarten of specifieke lokale omstandigheden die invloed hebben op het waterstandsverloop zoals hoog voorland en de stuwen in de Lek. Conform Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken (par. 2.3.2) is extrapolatie van de gemeten stijghoogte naar ontwerp omstandigheden mogelijk zolang de invloed van afwijkingen tussen de meetsituatie en de ontwerpsituatie mag worden verwaarloosd. Hierbij moet rekening worden gehouden met o.a.:

- De invloed van het bereiken van de grenspotential bij opdrijven van de deklaag;
- De invloed van het onder water lopen van het voorland;
- De invloed van berging;
- De invloed van het wel of niet stationaire karakter van de buitenwaterstand en het stromingsveld.

De wijze waarop deze extrapolatie wordt uitgevoerd dient centraal gedeeld te worden met de overige deeltrajecten. Afhankelijk van onzekerheden in de extrapolatie kan alsnog besloten worden vast te houden aan het TRWD.

In de planuitwerking kan in overleg met HDSR een monitoringsplan voor de grondwaterstand opgesteld en opgestart worden. Plan is afhankelijk van locatie, VKA, omgeving. Dit heeft als doel:

- vastleggen nulsituatie tbv correcte afhandeling claims na uitvoering (wateroverlast);
- verificatie/ijking van berekende toename waterbezwaar bij toepassen drainage of werkzaamheden in het voorland (hoogwatergeul);
- verificatie en langetermijncontrole van de werking van eventuele filter-/drainageconstructies;
- Afhankelijk van locatie: grip op doorlatendheid middels getij-responsanalyse -> optimalisatie pipingopgave;
- Afhankelijk van opgetreden rivierwaterstanden (en duur) tijdens monitoring: optimalisatie stijghoogtelijn in berekeningen macrostabiliteit;
- Risicobeheersing.

A 2.6 Overslagdebiet

Het toelaatbaar overslagdebiet is een factor die enerzijds invloed heeft op het ontwerp van de dijk en anderzijds op het beheer en de mogelijkheden voor medegebruik. Er is landelijk geen algemeen gehanteerd uitgangspunt. Daarom zijn in overleg met de dijkbeheerder de effecten van de keuze voor een overslagdebiet in beeld gebracht.

Wanneer het toelaatbaar overslagdebiet wordt vergroot, betekent dat:

- dat de benodigde kruinhoogte van de dijk lager wordt; hierdoor kunnen zowel de kosten als het ruimtebeslag van de dijk minder worden;
- dat mogelijk de stabiliteitseisen aan de dijk zwaarder worden, doordat deze verzadigd raakt; hierdoor kunnen zowel de kosten als het ruimtebeslag van de dijk meer worden;
- dat de eisen aan medegebruik van de dijk strenger worden;
- dat er zwaardere eisen worden gesteld aan de grasbekleding op het binnentalud ter voorkoming van erosie;
- dat de belasting van het watersysteem achter de dijk groter wordt.

Er wordt geen rekening gehouden met een effect op de begaanbaarheid van de dijk. Het uitgangspunt is, dat onder maatgevende omstandigheden geen mensen meer op de dijk zijn (ook niet voor inspectie of herstel). Begaanbaarheid is wel relevant voor de bruikbaarheidsgrenstoestand en wordt daar beschreven, zie paragraaf A.1.4.

In het kort kan het volgende worden geconcludeerd:

- Een overslagdebiet van 10 l/s/m levert gemiddeld naar verwachting de kleinste verbeteropgave op. Dit stelt wel de strengste eisen aan medegebruik.
- De verwachting is dat waterbezwaar niet tot een andere keuze zal leiden, omdat dit alleen bij zeer extreme situaties optreedt.
- Bij een beperking van het overslagdebiet tot 5 l/s/m kan beweiding met schapen en geiten worden toegestaan; beweiding met koeien kan op de berm. Er hoeven geen eisen te worden gesteld aan objecten en overgangen op de kruin.
- Bij een beperking van het overslagdebiet tot 1 l/s/m hoeven geen eisen te worden gesteld aan objecten en overgangen op de dijk.
- Bij een beperking van het overslagdebiet tot 0,1 l/s/m kan beweiding met koeien op het talud worden toegestaan.

Bij grote overslag moet bovendien het effect op de binnenwaartse stabiliteit worden gecontroleerd. Uit de infiltratieproef van de POV Macrostabiliteit [23] bleek forse infiltratie al op te treden bij een overslagdebiet < 1 l/s/m.

Uitgaande van het bestaande gebruik en van een overzichtelijke beheerinspanning wordt het volgende uitgangspunt gehanteerd:

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).

Per deeltraject wordt een gevoeligheidsanalyse gedaan voor een aantal dwarsprofielen waarin wordt uitgewerkt wat het effect is van de keuze voor een overslagdebiet, met name op macrostabiliteit binnenwaarts en graserosie met het oog op medegebruik. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen een debiet van 10, 5, 1 en 0,1 l/s/m. Uitgewerkt wordt 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 andere 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

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

A 2.7 Bodemdaling en zetting

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 bodemdaling en (rest)zetting ter plaatse van de dijk zijn waarden afgeleid m.b.v. TerraSAR-X satellietmetingen [26]. Met behulp van radarmetingen die gedurende een jaar elke 11 dagen zijn gedaan, zijn de veranderingen in de hoogteligging bepaald. Deze zijn 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:- 0-2 mm /jaar, aan te houden waarde: 2 mm / jaar

- 2-4 mm/ jaar, aan te houden waarde: 4 mm / jaar

- 4-7 mm/ jaar, aan te houden waarde: 7 mm / jaar

- > 7 mm/jaar, aan te houden waarde: 10 mm / jaar

Bron: Haalbaarheid Satellietmetingen Zetting Lekdijk en omgeving, Sensor juni 2018, paragraaf 3.2. Deze indeling is in een shapefile opgenomen.

De cijfers geven de autonome bodemdaling weer, vermeerderd met secundaire zetting van de dijkophogingen.

Door de uit te voeren maatregelen in deze dijkverzwaring zal waarschijnlijk extra zetting optreden. Deze moet vooraf worden bepaald en achteraf worden geverifieerd.

Het uitgangspunt is, dat de bodemdaling en zetting gedurende de levensduur, zie paragraaf 6.5, volledig worden opgenomen in de aanleghoogte.

A 2.8 Overige belastingen

Verkeersbelasting

Bij de UGT mag er vanuit worden gegaan, dat er geen verkeersbelasting op de dijk is. Bij stabiliteit buitenwaarts geldt wel verkeersbelasting, zie par A.2.1

(bron: KPR-factsheet Verkeersbelasting en macrostabiliteit (versie 28 juli 2016))

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

Aardbevingen

De dijk ligt niet in een EMS-zone (Europese Macroseismische Schaal), dus geen noemenswaardige intensiteit/gevolgen van bevingen te verwachten. Op de aanwezige breuken ligt ca. 500-600m onverkit sediment. Het risico van aardbevingen wordt verwaarloosbaar geacht.

In het ontwerp wordt geen rekening gehouden met aardbevingen.

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.

Daar waar in maatgevende omstandigheden significante scheepvaartbelastingen op de bekleding of op beschermingsconstructies zijnde onderdeel van de waterkering te verwachten zijn (ter plaatse van voorhavendijken, schaaldijken, etc.), wordt rekening gehouden met belastingen uit scheepvaart (scheepsgolven, schroefstralen). Hierbij wordt uitgegaan van de scheepsklasse zoals gegeven in PDOK door Vaarweg Informatie Nederland.

De scheepvaartbelastingen worden bepaald conform Technisch Rapport Ontwerpbelastingen voor het riviereengebied.

Aanvaringen en drijvende voorwerpen

Een aanvaring met een schip of een ander groot drijvend voorwerp zal zelden voorkomen. In extreme omstandigheden mag er vanuit 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.

A 3. Sterkte

Tegenover de hiervoor beschreven belastingen staat de sterkte van de waterkering. Na versterking moet de sterkte onder maatgevende omstandigheden groter zijn dan de belasting.

De sterkte wordt geleverd door de grond, de waterkerende objecten en de kunstwerken. Voor de bepaling van de sterkte zijn de wijze van modelleren, de te hanteren sterkteparameters en het detailniveau van onderzoek bepalend. In deze nota van uitgangspunten voor de gehele Lekdijk worden de basisuitgangspunten vastgesteld. Deze kunnen worden aangepast wanneer de lokale situatie in een deeltraject, of kennisontwikkeling daartoe aanleiding geven.

In paragraaf A.3.1 wordt ingegaan op de schematiseringsfactor, paragraaf A.3.2 beschrijft de indeling in grondsoorten. De sterkteparameters en rekenregels per faalmechanisme zijn uitgewerkt in paragraaf A.3.3 t/m A.3.11.

A 3.1 Schematiseringsfactor

Bij het beoordelen van primaire waterkeringen conform het WBI2017 wordt geen schematiseringsfactor meer in rekening gebracht. Onzekerheden in de schematisering van de ondergrond zijn verdisconteerd middels scenario's in het WBI-SOS (de stochastische ondergrond schematisatie).

Voor het opstellen van een ontwerp is deze methode echter praktisch niet toepasbaar.

Daarom dient er voor het ontwerpen een basisschematisatie met een schematiseringsfactor toegepast te worden.

Voor macrostabiliteit wordt uitgegaan van een schematiseringsfactor op basis van de beschikbare gegevens volgens KPR factsheet Schematiseringonzekerheid [25]. Omdat dit een lokaal gegeven is moet deze reductie per deeltraject of zelfs per dijkvak gedaan worden. Dit dient in elk geval te gebeuren bij de uitwerking van de kansrijke oplossingen. Als dat voor het inpassen van het ontwerp relevant is, kan de reductie al eerder worden uitgewerkt. Voor de onderbouwing dient de laatste versie van de rekensheets, die als achtergronddocument bij het ontwerpinstrumentarium is meegeleverd, gehanteerd te worden.

De schematiseringsfactoren voor piping, opbarsten en heave dienen op basis van beta-afhankelijke veiligheidsfactoren afgeleid te worden.

Bij het ontwerpinstrumentarium is hiervoor een rekensheet beschikbaar gesteld welke toegepast dient te worden.

A 3.2 Grondsoorten

Per faalmechanisme kan een andere grondopbouw maatgevend zijn. De grondopbouw wordt bepaald op basis van sonderingen, boringen en overige gegevens (bijvoorbeeld gegevens uit Geodata op orde, Zandbanenkaart).

Binnen de POV Centraal Holland zijn voor de Lekdijk in basis de volgende 6 bepalende grondlagen gevonden voor macrostabiliteit, zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, en 2 bepalende grondlagen voor piping, zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**

<i>Benaming in POV CH</i>	<i>Benaming SLD</i>	<i>Benaming WTI-SOS</i>
Klei_boven_veen	Klei zwaar	H_Rk_k
Veen	Veen	H_vhv_v
Veen_kleiig	Veen kleiig	H_Rk_k&v
Klei_onder_veen (traject 15-1)	Klei licht	
Klei_onder_veen_zandig (traject 44-1)		
Zand	Zand	
Dijkmateriaal klei	Dijkmateriaal klei	

Tabel A3.1 Grondsoorten macrostabiliteit

<i>Benaming in POV CH</i>	<i>Benaming SLD</i>	<i>Benaming WTI-SOS</i>
Zand tussenlaag (holoceen)		H_
Zand pleistoceen		P_

Tabel A3.2 Grondsoorten piping

Op basis van grondonderzoek kunnen er ook andere grondsoorten gedefinieerd worden. Met name de variatie in dijkmateriaal klei kan groot zijn. Daarbij wordt wel gestreefd naar uniformiteit binnen het project SLD. Door HDSR wordt een overzicht per deeltraject bijgehouden en gedeeld met de bureaus.

A 3.3 Macrostabieleit

In gevallen waar de binnenwaartse macrostabieleit of buitenwaartse macrostabieleit onvoldoende is volgens de veiligheidsanalyse, wordt een verbetermaatregel uitgewerkt. Ook bij hoogtetekort dient macrostabieleit na ophoging beschouwd te worden.

Sterkteparameters

Parameters worden zo specifiek mogelijk voor het deeltraject vastgesteld. Daarom wordt per deeltraject een aparte proevenverzameling ontwikkelt. De deeltrajecten maken hierbij gebruik van de kennis en ervaringen van de andere deeltrajecten. Bij ontbreken van voldoende proeven op bepaalde lagen kan worden uitgegaan van de proevenverzameling uit de POV Centraal Holland of bij andere onderscheidende lagen van defaultwaarden uit het WBI.

De ongedraineerde schuifsterkte wordt bepaald per zone (achterland, binnenberm, kruin, buitenberm, voorland). In geval van ophogingen of ontgravingen kunnen deze zones verder worden opgedeeld. In geval de sterkte wordt bepaald door de effectieve hoek van inwendige wrijving (ϕ') zijn de effectieve cohesie (c') en dilatantiehoek (ψ) respectievelijk 0 kPa en 0° .

Rekenregels

Conform OI2014v4 wordt gerekend met het CSSM-model met SHANSEP-implementatie. De schuifsterkteratio (S) en exponent voor sterketoe name (m) worden afgeleid door middel van triaxiaalproeven (klei) en DSS-proeven (veen). De grensspanning en/of POP (pre-overburden-pressure) in de huidige situatie worden bepaald door middel van sonderingen. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de CPT-tool (Deltares). Indien niet voldoende gegevens beschikbaar zijn dan kunnen, ten behoeve van de schematisatie van de huidige situatie, de POP-waarden uit schematiseringshandleiding macrostabieleit gebruikt worden.

Met ingang van juli 2019 worden de berekeningen van macrostabieleit uitgevoerd met D-Stability (onderdeel van D-GEO Suite). Oudere berekeningen hoeven niet herzien te worden.

Bij de schematisatie van grensspanning / POP in de rekensoftware dient rekening gehouden te worden met de verschillende zoneringen in de dijk (achterland, binnenberm, kruin, buitenberm, voorland, versterking). In D-Stability gebeurt dit middels één of meerdere yieldstress-lijnen. Op de yieldstress-lijnen worden in elke zone punten gegenereerd waaraan de waarde voor grensspanning, POP of OCR (of een combinatie hiervan) in de huidige situatie wordt toegekend. De yieldstress-lijnen kunnen zowel midden, boven als onder in de grondlaag worden geschematiseerd. De werkwijze om een yieldstress-lijn zowel aan de boven- als onderzijde van de grondlagen te hanteren heeft hierbij de voorkeur. Op deze wijze wordt de POP lineair geïnterpoleerd over de dikte van de grondlaag.

Door middel van stages in de rekensoftware wordt de POP-waarde bij dagelijkse omstandigheden automatisch omgerekend naar een POP bij MHW en/of POP bij versterking.

Conform de huidige inzichten dient in dagelijkse omstandigheden onverzadigde grond gedraineerd te worden doorgerekend. Dit betreft met name het dijksmateriaal en de toplaag in het achterland. Daarnaast volgt uit lopend onderzoek van Deltares dat zeer zware, siltige klei mogelijk geen SHANSEP gedrag vertoont en dat de ongedraineerde schuifsterkteratio zorgt voor een overschatting van de sterkte. Voor dit

materiaal dienen vooralsnog gedraineerde parameters te worden gehanteerd, afkomstig uit de proevenverzameling van het deeltraject. Indien geen gedraineerde proefresultaten beschikbaar zijn, kan de schematiseringshandleiding macrostabiliteit worden geraadpleegd. De genoemde uitgangspunten in deze alinea kunnen gewijzigd worden naar aanleiding van voortschrijdend inzicht en lopende onderzoeken.

Bij gebruik van het CSSM-materiaalmodel zijn de materiaalfactoren 1,0.

Te gebruiken glijvlakmodellen zijn UpliftVan en Spencer - Van der Meij.

A 3.4 Piping

Sterkteparameters

Voor het bepalen van de benodigde pipingmaatregelen zijn de volgende grondparameters nodig:

- volumiek gewicht slappe lagenpakket

volumiek gewicht wordt per grondsoort bepaald voor het gehele traject of per deelgebied.

- doorlatendheid

de doorlatendheid en dikte van het zandpakket zijn bepaald in de Detailtoetsing A-Keringen van de Nederrijn- en Lekdijk [1]. Deze parameters kunnen lokaal aangescherpt worden door aanvullend onderzoek.

In de memo 'Aanpak afleiden verantwoorde ontwerpparameter doorlatendheid o.b.v. HPT resultaten' (Fugro, 2019) is voorgesteld om op basis van pompproef en/of REGIS/WBI-SOS het gemeten Q/P-profiel te vertalen naar doorlatendheidsprofiel. Zodoende kunnen optimalisaties door in rekening brengen van meerlaagsheid in beeld worden gebracht. Aangezien de resultaten alleen binnen de correlatielengte geldig zijn, heeft dit voor overige locaties alleen een oriënterende functie.

- D70 waarde

voor de D70 waarde wordt uitgegaan van standaardwaarden uit het WBI-SOS.

Aanvullend kunnen zeefanalyses worden uitgevoerd indien lokale afwijkingen een geheel andere waarde doen vermoeden, hiertoe dienen enkel monsters in de zandlaag direct onder de deklaag te worden meegenomen. De toepassing hiervan kent echter de nodige beperkingen zodat dit altijd in overleg met HDSR moet worden vastgesteld.

- Anisotropie

Anisotropie kan worden meegenomen met een startwaarde van 2. Beargumenteerd door bv nader onderzoek kunnen hogere waarden worden toegepast.

Rekenregels

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). De te hanteren schadefactoren zijn vastgelegd in het WBI.

Van de rekenregels kan lokaal beargumenteerd van worden afgeweken.

Bij dunne deklagen in het voorland nabij de teen kan gebruik worden gemaakt van DGeoflow voor het bepalen van de waterstand waarbij de pipe evenwicht bereikt voor het bereiken van een potentiële kortsluitingslocatie (veelal nabij de teen).

Bij dikke deklagen in het voorland kan de aanwezige kwelweglengte gelijk zijn aan 2x de afstand tussen het uittredepunt en de locatie op het voorland waar de deklaag onafgebroken meer dan 1 m dik uit klei bestaat beneden de gemiddelde grondwaterstand.

Bij een dikke deklaag aan de binnenzijde wordt de beslisboom piping toegepast.

A 3.5 Microstabiliteit

Sterkteparameters

Parameters worden bepaald volgens de Schematiseringshandleiding Microstabiliteit (WBI).

Rekenregels

Voor microstabiliteit gelden de rekenregels volgens het WBI.

A 3.6 Stabiliteit voorland

Zettingsvloeiing

Sterkteparameters

Parameters waarmee bepaald wordt of er maatregelen tegen zettingsvloeiing benodigd zijn, worden afgeleid conform de Schematiseringshandleiding Zettingsvloeiing (WBI) [14].

Rekenregels

Voor het ontwerp van maatregelen tegen zettingsvloeiing verwijst OI naar het Achtergrondrapport OI.

Afslag voorland

Sterkteparameters

Parameters worden bepaald volgens de Schematiseringshandleiding Golfafslag Voorland (WBI) [15].

Rekenregels

Volgt het WBI.

Afschuiving voorland

Sterkteparameters

Parameters worden bepaald volgens de Schematiseringshandleiding Afschuiving Voorland (WBI) [16].

Rekenregels

Volgt het WBI.

A 3.7 Bekledingen

Grasbekleding

Sterkteparameters

Kwaliteit grasmat wordt visueel vastgesteld. Sterkte onderlagen wordt vastgesteld op basis van boringen op buitentalud en kruin.

Rekenregels

Voor de grasbekleding worden de berekeningen gemaakt met Basismodule Gras Buitentalud (WBI).

Met de erosiebestendigheid van de onderlagen wordt rekening gehouden wanneer het gras zelf onvolgende sterk is. Hiervoor is nog geen uitgewerkte methode in het OI. In het rapport Reststerkte bij erosie

van het buitentalud [24] is de erosie van de onderliggende kleilaag mee beschouwd. Het rapport kan worden benut voor een inschatting van de huidige sterkte van de Lekdijk. De waarden zijn afhankelijk van de golfhoogte, golfperiode en stormduur, en het veiligheidsoordeel is ook nog afhankelijk van de restbreedte na erosie.

Ter indicatie: Voor een open zode wordt een benodigde erosiebuffer van 2,0m, 1,5m en 1,2m gevonden voor respectievelijk een taludhelling 1v:3h, 1v:3,5h en 1v:4h. Deze waarden zijn qua orde grootte vergelijkbaar met de ontwerpregels uit het Addendum van de Leidraad Rivieren.

Steenbekleding

Sterkteparameters

Parameters worden bepaald volgens de Schematiseringshandleiding Steenzetting (WBI) [17].

Rekenregels

Berekeningen worden gemaakt met Steentoets (WBI).

A 3.8 Langsconstructies

Sterkteparameters

Parameters worden per type langsconstructie bepaald. Hiervoor wordt verwezen naar de betreffende rekenregels voor iedere type langsconstructie. De grondparameters voor het uitvoeren van stabiliteits- en sterkteberekeningen worden bepaald op basis van een proevenverzameling.

Rekenregels

Alle langsconstructies dienen met een Eindige Elementen Methode conform POVM-Publicatie Langsconstructies (PPL) en Publicatie EEM (PPE) te worden ontworpen. In deze uitwerking van de veiligheidsbeschouwing wordt geen onderscheid meer gemaakt tussen wanden die een zelfstandige waterkerende functie hebben en wanden die alleen een stabiliteitsfunctie hebben. Hiermee wordt feitelijk niet meer gebruik gemaakt van de definities van type I, II keringen conform (TAW,2003).

Zelfstandige waterkeringen zijn doorgaande wandtechnieken waar een sterke en stijve grond- en waterkerende constructie ontstaat. Conform PPL zijn in principe de technieken diepwand, combiwand en kistdam de mogelijkheden voor een zelfstandige waterkering. Alle overige langsconstructies worden benoemd als constructie met stabiliteitsfunctie.

In de PPL worden (nog) bij het ontwerpen en beoordelen van een langsconstructie alleen de eisen uit de Waterwet beschouwd. Echter geldt wettelijk dat een langsconstructie in een waterkering beschouwd dient te worden als een bouwwerk, waar het Bouwbesluit en daarmee ook de (betrouwbaarheids-) eisen uit de Eurocode van toepassing zijn. Hieruit concluderend dient de stabiliteitsverhogende langsconstructie in een waterkering daarom ontworpen en beoordeeld te worden conform de vigerende Waterwet én de Eurocode. De maatgevende van deze twee wetten is leidend in het ontwerp.

Beoordelen bestaande langsconstructies

Indien de waterkering reeds een langsconstructie bevat conform de legger, dient deze beoordeeld te worden.

Daarbij is het van belang om te weten of het dan om een stabiliteit-verhogende langsconstructie gaat. Dit kan worden nagegaan door middel van een stabiliteitsanalyse met D-GeoStability. Met én zonder een "forbidden line" kan worden beoordeeld of de langsconstructie de stabiliteit van de waterkering beïnvloedt. Indien dit het geval is, dient de langsconstructie te worden getoetst conform de vigerende richtlijn: "POVM-PPL / PPE".

Ook indien de bestaande langsconstructie volgens het HWBP voorgeschreven ontwerpmethodiek is ontworpen (OSPW) dient de beoordeling conform POVM-PPL / PPE te geschieden. (Praktisch: de ontwerpvoorwaarden zijn zwaarder dan de toetsvoorwaarden)

A 3.9 Langsconstructies – Drainage

Sterkteparameters

Parameters worden per type drainage bepaald. Hiervoor wordt verwezen naar de rekenregels.

Rekenregels

Het effect van een drainagesysteem op het verloop van freatische lijnen kan worden bepaald met een grondwaterstromingsmodel. Verdere rekenregels worden apart per type drainageconstructie vastgesteld.

Bij kansrijke alternatieven en VKA drainageconstructies worden de richtlijnen in POV-Drainagetechnieken en de separate (systeemspecifieke) Ontwerp- en Beoordelingsrichtlijnen i.h.k.v. de POV-piping gehanteerd.

Monitoring

Bij toepassing van een drainage- of filterconstructie dient in de planuitwerking tevens invulling gegeven te worden aan monitoring van stijghoogten en van de werking van het systeem, en aan maatregelen indien uit de monitoring blijkt dat het systeem (naar verloop van tijd) niet conform verwachting functioneert.

A 3.10 Kunstwerken – Puntconstructies

Voor de kunstwerken worden apart per kunstwerk of kunstwerktype (sluizen, gemalen, inlaten, ..) uitgangspunten vastgesteld.

A 3.11 Niet-waterkerende objecten

Niet-waterkerende objecten worden niet ontworpen. Waar ze aanwezig zijn, dient er wel rekening mee gehouden te worden in het ontwerp.

A 4. Ontwikkelingen in het technisch instrumentarium

Aanleidingen voor ontwikkelingen in het technisch instrumentarium zijn divers en vrijwel continu aanwezig. Onverwachte schades zijn in het verleden vaak aanleiding geweest voor kennisontwikkeling, zoals afschuiving door opdrijving of droogte. Ook buitenlandse onderzoeken worden intensiever gevolgd, vaak ook ingegeven door het falen van een waterkering. Een andere belangrijke aanjager is het probabilistisch rekenen in het kader van het WBI. Dit is onder andere uitgewerkt in rapportages van de POV Macrostabieliteit over actuele sterkte.

Ontwikkelingen in het technisch instrumentarium leiden tot wijzigingen in het veiligheidsoordeel van de waterkeringen en aanpassingen in de benodigde versterkingen. Omdat uitgegaan wordt van stijgende waterstanden en dalende bodem neemt de veiligheid van alle waterkeringen in de loop van de tijd af. Het gevolg van nieuwe inzichten leidt dan tot een verandering van de verwachte restlevensduur, de tijd dat de waterkering aan de vereiste veiligheidsnorm voldoet. Veel maatregelen zijn dan ook 'geen spijt' maatregelen als blijkt dat kennisontwikkeling leidt tot een beter oordeel, en omgekeerd kan er dan enige robuustheid zitten in het dijkontwerp als blijkt dat kennisontwikkeling leidt tot een minder oordeel. Dat geldt

vooral voor de maatregelen in grond. In hoofdstuk 5 is aangegeven hoe hier mee omgegaan wordt in het ontwerpproces.

Zonder uitputtend te zijn worden binnen de uitvoeringsperiode van Sterke Lekdijk de volgende belangrijke ontwikkelingen voorzien, zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.:**

Algemeen	Probabilistisch rekenen in het kader van het WBI
	Kennisontwikkeling vanuit POV's
	Meewegen van expertoordeel op beoordeling van risico's
Macrostabiliteit binnenwaarts	Probabilistisch rekenen; toepassing actuele sterkte
	Bepalen parameters
	Stabiliteitsverlies door infiltratie bij overslag
Macrostabiliteit buitenwaarts	Bepaling maatgevende waterstanden; val na hoogwater en freatische lijn
	Kans van voorkomen hoogwater na snelle val
Piping	Heterogeniteit
	Vaststellen doorlatendheid en anisotropie
	Tijdsafhankelijke pipegroei
HR	Beperking golfploop door langsstroming
	Probabilistisch rekenen met overslag
	Afvoerverdeling
Grondwaterstanden	Monitoring en tijdreeksanalyses
	3D modellering
Erosie Grasbekleding	Mogelijke aanpassing berekeningswijze of meenemen reststerkte onderlaag na constatering dat veel grasbekleding onvoldoende erosiebestendig is

Tabel A4.1 Kennisontwikkelingen

Bij de constatering dat bijzondere constructies of grootschalige ingrijpende maatregelen, zoals bijvoorbeeld het vervangen van grasbekleding door zetsteen, nodig zijn, worden de uitgangspunten altijd voorgelegd aan de experts van het WBI en HWBP.