Toetsing Regionale Waterkeringen 2024

Hoofdrapport

HOOGHEEMRAADSCHAP
DE STICHTSE
RIJNLANDEN

Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

Opdrachtgever	Sonja de Goede
Auteurs	Nelle Jan van Veen
	Erno de Graaf
Projectleider	Erno de Graaf
Gecontroleerd door	Koen Garenfeld
Referentie	DM1997044
Versie	2.0

Documenthistorie:

Versie	Datum	Toelichting
0.1	2023/2024	Werkversie
1.0	30 maart 2024	Eerste concept (70%-versie)
1.1	10 mei 2024	Werkversie eindconcept
1.2	31 mei 2024	Concept ter bespreking provincies
1.3	14 augustus 2024	Bespreekversie naar eindconcept
2.0	21 oktober 2024	Definitief

Inhoudsopgave

Samenvatting 4
1. Inleiding 7
2. Beschrijving beheergebied en regionale waterkeringen 9
3. Algemene aanpak toetsing 13
4. Hoogte 19
5. Stabiliteit binnenwaarts 25
6. Stabiliteit buitenwaarts 29
7. Piping 34
8. Kunstwerken 37
9. NWO's kabels en leidingen 40
10. NWO's bomen 43
11. Overige faalmechanismen 46
12. Beheerdersoordeel 49
13. Eindoordelen toetsing 51
14. Maatregelen en risicobeheersing 53
15. Evaluatie toetsproces 57
16. Conclusies en aanbevelingen 58
17. Referenties 62
Bijlage 1. Toelichting kolommen database 64

Samenvatting

In de zomernacht van 26 augustus 2003 brak de dijk in Wilnis. Gevolgen? Ruim 1500 bewoners geëvacueerd en significante financiële gevolgschade. In de nasleep hiervan is de ontwikkeling van regionale waterveiligheidsbeleid in een stroomversnelling gekomen. Als onderdeel hiervan zijn de boezemkades en regionale rivierdijken aangewezen en genormeerd. Hieruit is ook gevolgd dat de genormeerde waterkeringen periodiek aan deze wettelijke normen moeten worden getoetst en dat de beheerders – veelal de waterschappen – hierover verantwoording afleggen aan het bevoegd gezag, de provincies.

In de periode 2008-2012 heeft de eerste wettelijke toetsronde plaatsgevonden. Hieruit bleek dat met name West–Nederland te maken heeft met een grote mate van achterstallig onderhoud voor de regionale waterkeringen. De waterschappen werken sindsdien aan de te maken inhaalslag door de afgekeurde waterkeringen programmatisch te verbeteren. Conform de afspraken met de toezichthouder vindt de wettelijke toetsronde eens per twaalf jaar plaats. Dat wil zeggen dat uiterlijk in 2024 opnieuw formeel verantwoording afgelegd wordt over de stand van zaken omtrent de genormeerde regionale waterkeringen. Voorliggend rapport dient daartoe. Hierin zijn de werkwijze en resultaten van de tweede wettelijke toetsronde op veiligheid voor de regionale waterkeringen opgenomen.

HDSR is de tweede toetsronde in 2018 gestart met het vaststellen van de doelstellingen voor de tweede toetsronde. Als hoofddoelstelling zet HDSR in op een stabiel, representatief veiligheidsoordeel voor de regionale waterkeringen. Omdat de toetsing een proces is waarbij gedetailleerd naar de toestand van de regionale waterkeringen wordt gekeken, biedt dit proces meerdere kansen voor de organisatie.

HDSR heeft gezocht naar een pragmatische en data-gedreven benadering van ieder faalmechanisme. Binnen de bestuurlijke kaders van tijd en geld is zoveel mogelijk waarde gecreëerd voor de vastgestelde doelstellingen. HDSR heeft de landelijke leidraden daarbij op een doelmatige wijze toegepast. Waar mogelijk is gebruik gemaakt van automatisering. Een belangrijk aandachtpunt in de uitwerking was tevens om binnen West-Nederland een zo eenduidig mogelijke aanpak te hanteren zodat een breder veiligheidsbeeld kan worden gepresenteerd voor de regionale waterkeringen.

De uitvoering van de toetsing is gebaseerd op een grof-naar-fijn-methodiek. Dat wil zeggen dat de toetsing van ieder faalmechanisme is gestart met een sobere, conservatieve analyse. Daartoe behoort ook de gehele uitsluiting van een faalmechanisme wanneer dit niet op kan treden binnen het gebied van HDSR. Dit spoor staat ook bekend als de ‘eenvoudige toets’. Hierbij zijn uitgangspunten gehanteerd die als evident veilig kunnen worden beschouwd. Het effect hiervan is dat met relatief weinig inspanning en op basis van beschikbare data een deel van het areaal als veilig kan worden bestempeld. De waterkeringen die met de eenvoudige toets niet kunnen worden goedgekeurd gaan door naar de ‘gedetailleerde’ toets.

De gedetailleerde toets heeft een meer rekenkundig karakter. Dat wil ook zeggen dat meer data en schematisatie vereist is om een representatieve benadering van de werkelijk te krijgen en daarmee een betrouwbare uitkomst op te maken. Zo zijn ten behoeve van de gedetailleerde toets:

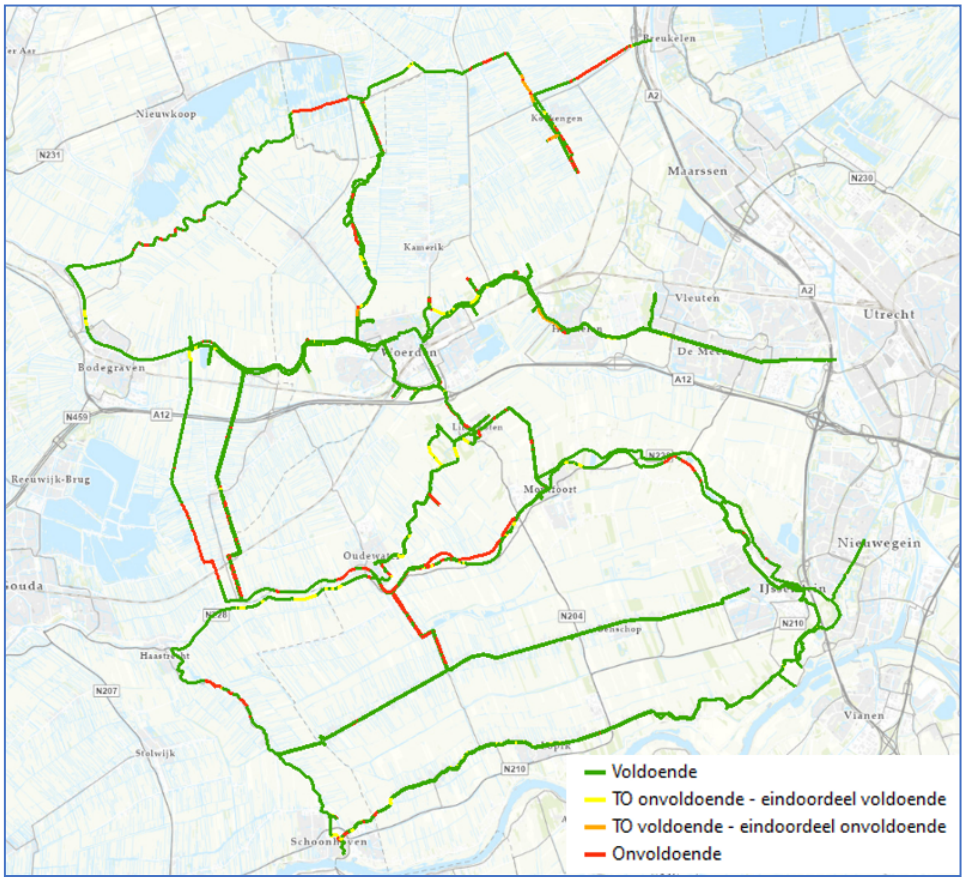
- 300 boringen en sonderingen gemaakt, aanvullend op de ruim 1900 grondonderzoeken uitgevoerd in eerdere (verbeter)projecten
- 400 profielen ingemeten, waar geen gebruik gemaakt kon worden van het uitgebreide meetnet ten behoeve van de baggerwerkzaamheden

Voor een deel van de waterkeringen stopt de rekenkundige analyse bij de gedetailleerde toets. Voor een deel van de waterkeringen is aanvullend onderzoek uitgevoerd om het oordeel nog verder te verscherpen. Dit noemen we de toets-op-maat.

Binnen de toets-op-maat wordt voor specifieke faalmechanismen of specifieke trajecten regionale waterkering aanvullend informatie ingewonnen of analyses gemaakt die van invloed kunnen zijn op het eindoordeel.

De bovengenoemde analyses leiden uiteindelijk tot een technisch, rekenkundig oordeel. Echter, hiermee wordt niet het eindoordeel bereikt. Het blijft immers een schematisatie van de werkelijke situatie in het veld. Om die reden wordt naast een technisch oordeel ook een beheerdersoordeel opgesteld. Hierbij wordt een beroep gedaan op de kennis en ervaring van de waterschappers die de dijk vanuit hun werkzaamheden door en door kennen. Naast de assetbeheerder en de adviseur waterkeringen zijn dit de collega's die dagelijks buiten op de dijk lopen om daar het beheer, dagelijks onderhoud en de inspecties uit te voeren. Ze kennen de dijk vanuit hun praktijkervaring en de verhalen uit de omgeving. Omdat het veiligheidsoordeel is opgesteld in samenspraak tussen rekenaar en dijkbeheerder prevaleert het beheerdersoordeel in alle gevallen boven het technisch oordeel en maakt daarmee een belangrijk onderdeel uit van het eindoordeel.

De eindoordelen van de toetsing zijn in onderstaande afbeelding geografisch weergegeven. Het betreft circa 35 kilometer waterkering dat op peildatum 1 januari 2024 niet voldoet aan de norm. Het gaat daarmee om ongeveer 11% van de 330 kilometer genormeerde regionale waterkering die HDSR in beheer heeft. Hiervan is 16 kilometer reeds geprogrammeerd en wordt verbetering momenteel voorbereid of uitgevoerd.



Ter vergelijking HDSR heeft in de eerste wettelijke toetsronde (2008-2012) ruim 132 kilometer (39%) van het areaal direct afgekeurd en is voor 21 kilometer (7%) niet tot een eindoordeel kunnen komen. Hieruit is de inspanning af te lezen die de afgelopen jaren is geleverd in het op orde brengen en houden van het areaal regionale waterkeringen.

Voor beheersing waterveiligheidsrisico's op de afgekeurde kilometers hanteert HDSR verschillende processen. De belangrijkste beheersmaatregel is het uitvoeren van groot onderhoud zodat de afgekeurde waterkering weer aan de norm voldoet. De afgekeurde kilometers worden op basis van urgentie geprogrammeerd voor verbetering. Om de risico's in de tussentijd te beperken worden deze beheerst middels de processen uit de zorgplicht zoals onder andere inspectie en calamiteitenzorg.

Concluderend heeft de tweede toetsronde veel waarde gebracht. Niet enkel is een actueel en representatief eindoordeel opgeleverd. HDSR is tevens in staat hierover te verantwoorden. Ook is het inzicht in de toestand van de regionale waterkeringen flink verscherpt. HDSR is beter in control over de regionale waterveiligheid en de beheersing van de bijbehorende risico's in de komende jaren.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (verder HDSR genoemd) beheert ruim 330 km aan genormeerde regionale waterkeringen. Het beheer van de waterkeringen is erop gericht om deze aan de wettelijke waterveiligheidsnormen te laten voldoen. Het proces van periodiek toetsen van de waterkeringen is onderdeel van deze beheertaak. Het doel hiervan is om vast te stellen hoe de functie van waterkeringen zich verhoudt tot de veiligheidsnorm. Daarmee worden de risico's voor het beheergebied in kaart gebracht en kunnen de benodigde beheersmaatregelen worden bepaald. Daarnaast geven de toetsingsresultaten input voor andere bedrijfs- en werkprocessen in het kader van instandhouding van de waterkeringen. Voorbeelden van deze processen zijn het dagelijks onderhoud, inspecties, versterking, vergunningsverlening en crisisbeheersing.

Voor zowel de toetsing als het versterken van de regionale waterkeringen zijn afspraken vastgelegd in het uitvoeringsbesluit West Nederland 2014. Voor de toetsing is onder andere afgesproken dat:

1) De regionale waterkeringen, met inbegrip van de niet-waterkerende-objecten en kunstwerken, in 2024 getoetst zijn.
2) De peildatum voor het beoordelen van alle faalmechanismen de eerste dag van het jaar van toetsen is (1 januari 2024).
3) Het dagelijks bestuur van het waterschap vóór 1 januari 2025 het periodiek verslag aan gedeputeerde staten van provincies Utrecht en Zuid-Holland uitbrengt over het resultaat van de toetsing in 2024 en daarbij een overzicht van de noodzakelijke verbeteringsplannen voor de afgekeurde regionale waterkeringen overlegt.

Deze rapportage beschrijft het doorlopen proces en de resultaten van de tweede toetsronde op veiligheid voor de regionale waterkeringen.

1.2 Doelstelling

Op basis van de in 2018 vastgestelde ambities heeft HDSR is in 2019 het plan van aanpak voor de toetsing regionale waterkeringen opgesteld (DM1530968). In het kader van het plan van aanpak zijn de doelstellingen voor de tweede toetsronde vastgelegd. De hoofddoelstelling is om de regionale waterkeringen te voorzien van een toetsoordeel en daarmee inzicht te verkrijgen in de regionale waterveiligheidsrisico's. Daarmee ontwikkeld HDSR een krachtig beheerinstrument en kan worden gerapporteerd aan de provincies als bevoegd gezag.

In het raakvlak is een aantal nevendoelstellingen geformuleerd:

1) Input voor het Groot onderhoudsprogramma (GOP):
   a. Gedetailleerder inzicht in de veiligheidssituatie.
   b. Een scherpere scope van GOP-projecten t.b.v. programmering, prioritering en financiering.
   c. Basisinformatie op orde t.b.v. informeren bestuur en afstemming omgevingspartners.
   d. Basis voor een realistisch verbeterprogramma.
2) Data op orde
   a. Er wordt een grote hoeveelheid data ingewonnen en verwerkt. Dit geeft een impuls in het kader van beheerregisters en dataordening.

3) Crisisbeheersing
   a. Het inzicht in de veiligheidssituatie wordt geactualiseerd en gedetailleerd doordat veiligheidsfactor, tekorten, overschotten en restlevensduur (opnieuw) bepaald worden. Daardoor zijn risicolocaties beter inzichtelijk en kan effectiever worden opgetreden bij calamiteiten.

Na de eerste toetsronde resteerden er nog enkele kadevakken zonder toetsoordeel, voornamelijk door hiaten in de kennis over de sterkte van veen. De scope van deze toetsronde is om alle regionale waterkeringen van HDSR van een toetsoordeel te voorzien.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is een beschrijving van het beheergebied gegeven. De algemene aanpak van de toetsing, inclusief randvoorwaarden en uitgangspunten zijn beschreven in hoofdstuk 3.

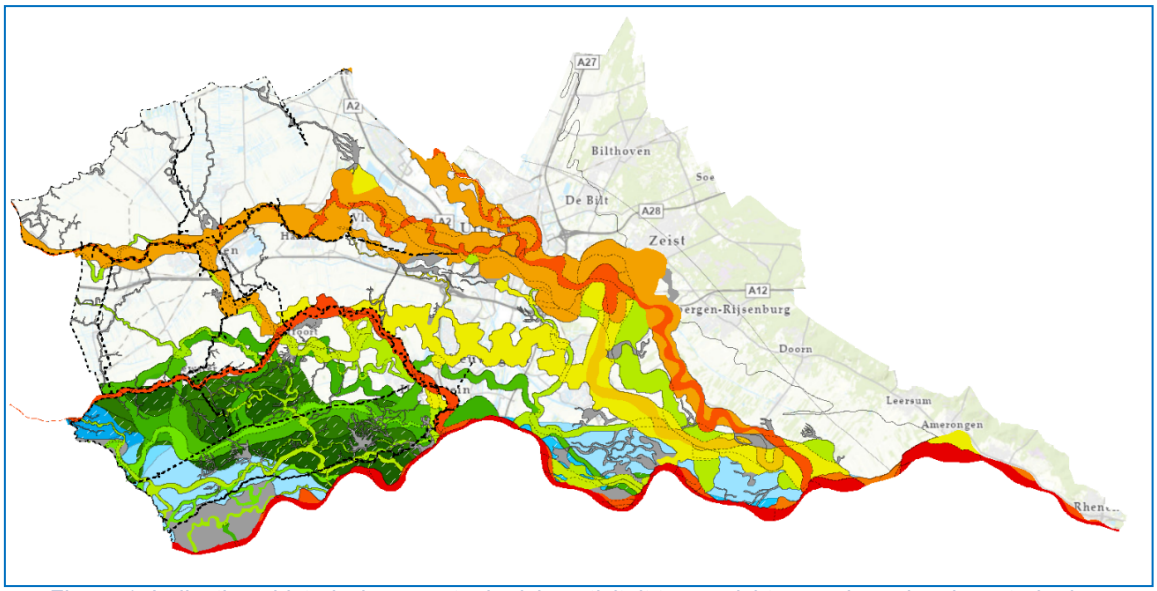
In de hoofdstukken 4 t/m 11 zijn de resultaten van de technische toetsing per faalmechanisme beschreven. Hoofdstuk 12 beschrijft het beheerdersoordeel. In hoofdstuk 13 zijn het technisch oordeel en beheerdersoordeel geassembleerd tot veiligheidsoordeel.

Het handelingsperspectief van de resultaten is beschreven in hoofdstuk 14. In hoofdstuk 15 is beschreven wat de ervaringen zijn van HDSR tijdens het toetsproces. Hoofdstuk 16 geeft de conclusie en aanbevelingen. In hoofdstuk 17 is een samenvatting gegeven van de literatuur, achtergronddocumenten en databestanden.

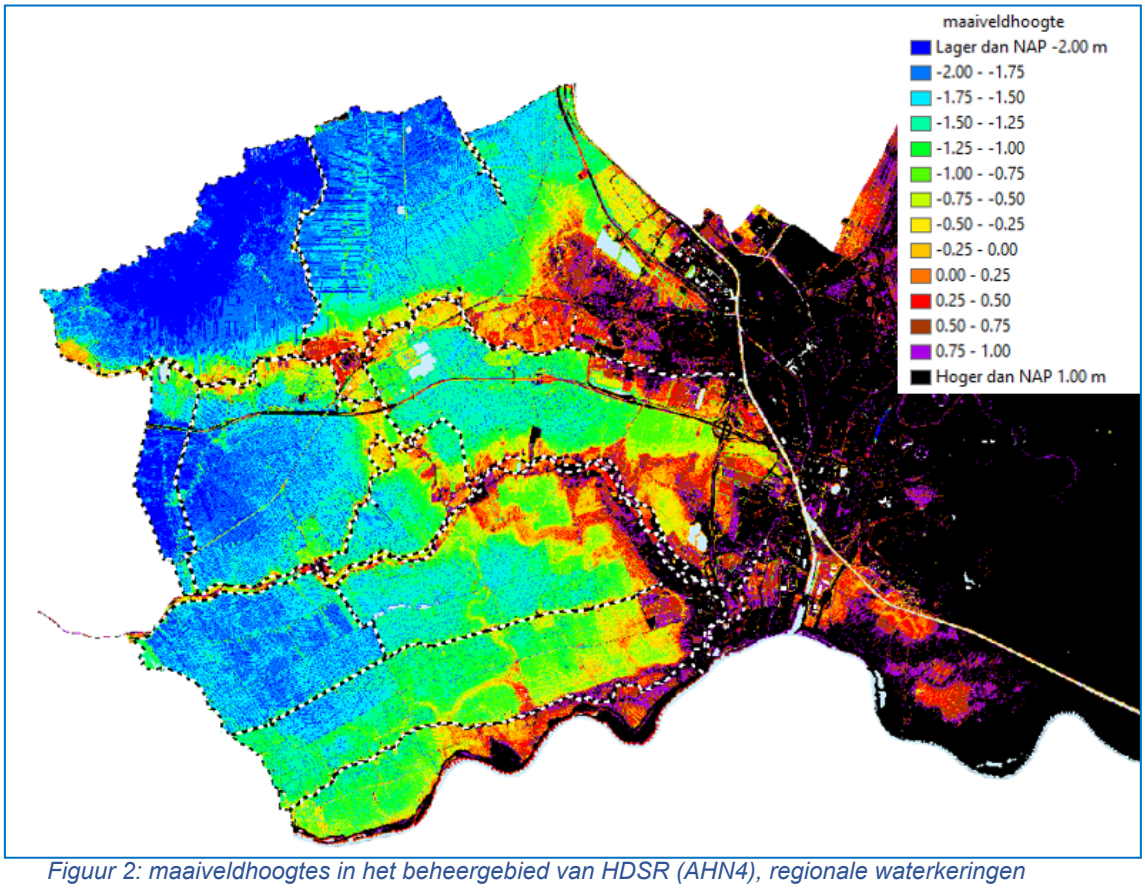
2. Beschrijving beheergebied en regionale waterkeringen

2.1 Het beheergebied van HDSR

Het beheergebied van HDSR wordt begrensd door de Neder-Rijn en Lek, Utrechtse heuvelrug en diverse riviertjes/kanalen in het noorden en westen (o.a. Vlist, Enkele Wiericke, Oude Rijn, Meije en de boezem van hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht). De genormeerde regionale waterkeringen van HDSR liggen allemaal ten westen van het Amsterdam-Rijnkanaal. In dit deel van het beheergebied bevinden zich in de ondergrond veel veenlagen van verschillende diktes, doorsneden met zandgeulen afgezet door oude riviertakken (zie figuur 1). Rond de (Oude- en Leidsche) Rijn en Hollandsche IJssel is vooral zand en stevige klei in de ondergrond te vinden.



Figuur 1: Indicatieve historische en actuele rivieractiviteit ten opzichte van de regionale waterkeringen (zwarte stippellijnen). De verschillende kleuren geven verschillende tijdsperioden van rivieractiviteit weer.



Figuur 2: maaiveldhoogtes in het beheergebied van HDSR (AHN4), regionale waterkeringen gestippeld

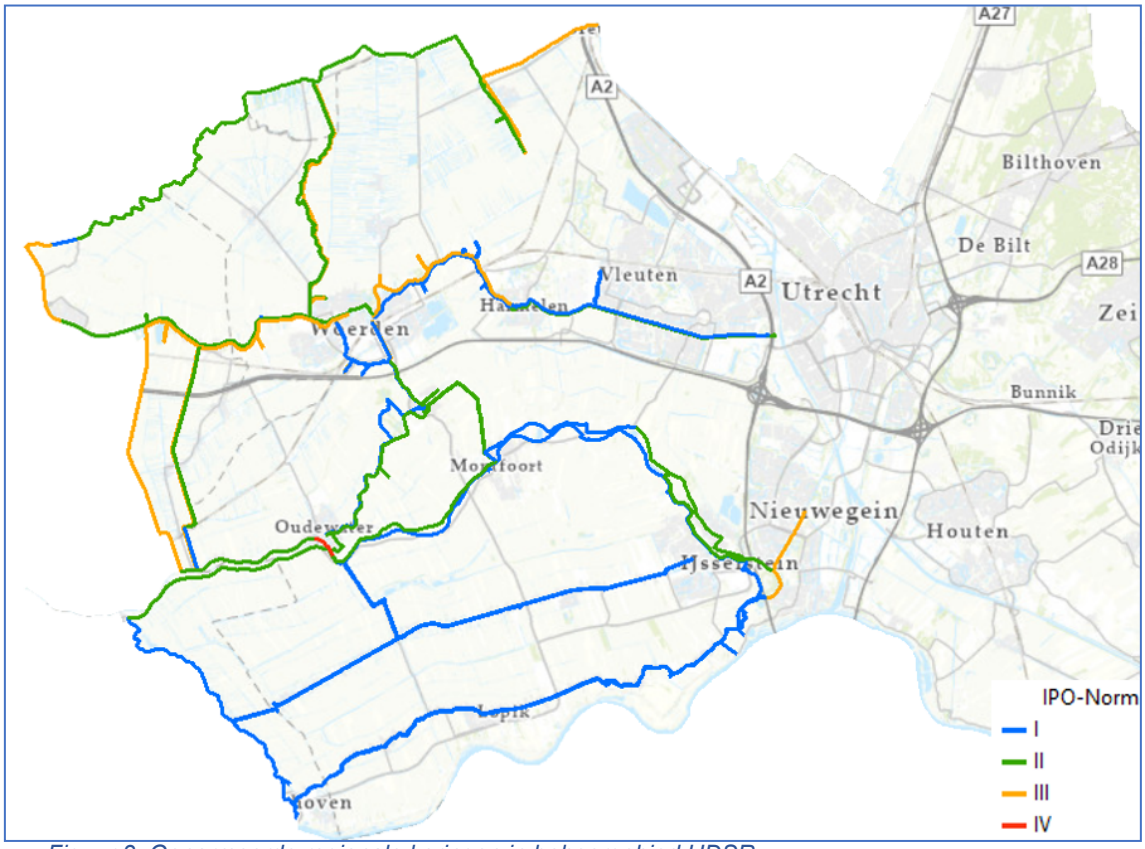
2.2 Regionale waterkeringen

De regionale keringen van HDSR liggen langs oude rivieren, veenriviertjes en langs kanalen/boezemwateren. Langs de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel zijn plaatselijk ‘dubbele keringen’ aanwezig. Het betreft daarbij zowel een oude zomerdijk als een oude winterdijk. Dit stamt uit de tijd dat de Hollandse IJssel nog onder invloed stond van de getijen. In de meeste gevallen is de voormalige zomerdijk genormeerd als overige waterkering. De winterdijk is genormeerd als regionale waterkering.

In totaal is er 330 kilometer door de provincies aangewezen als regionale waterkeringen. De normering van deze waterkeringen met overschrijdingskans is weergegeven in tabel 1 en in figuur 3. Het betreft:

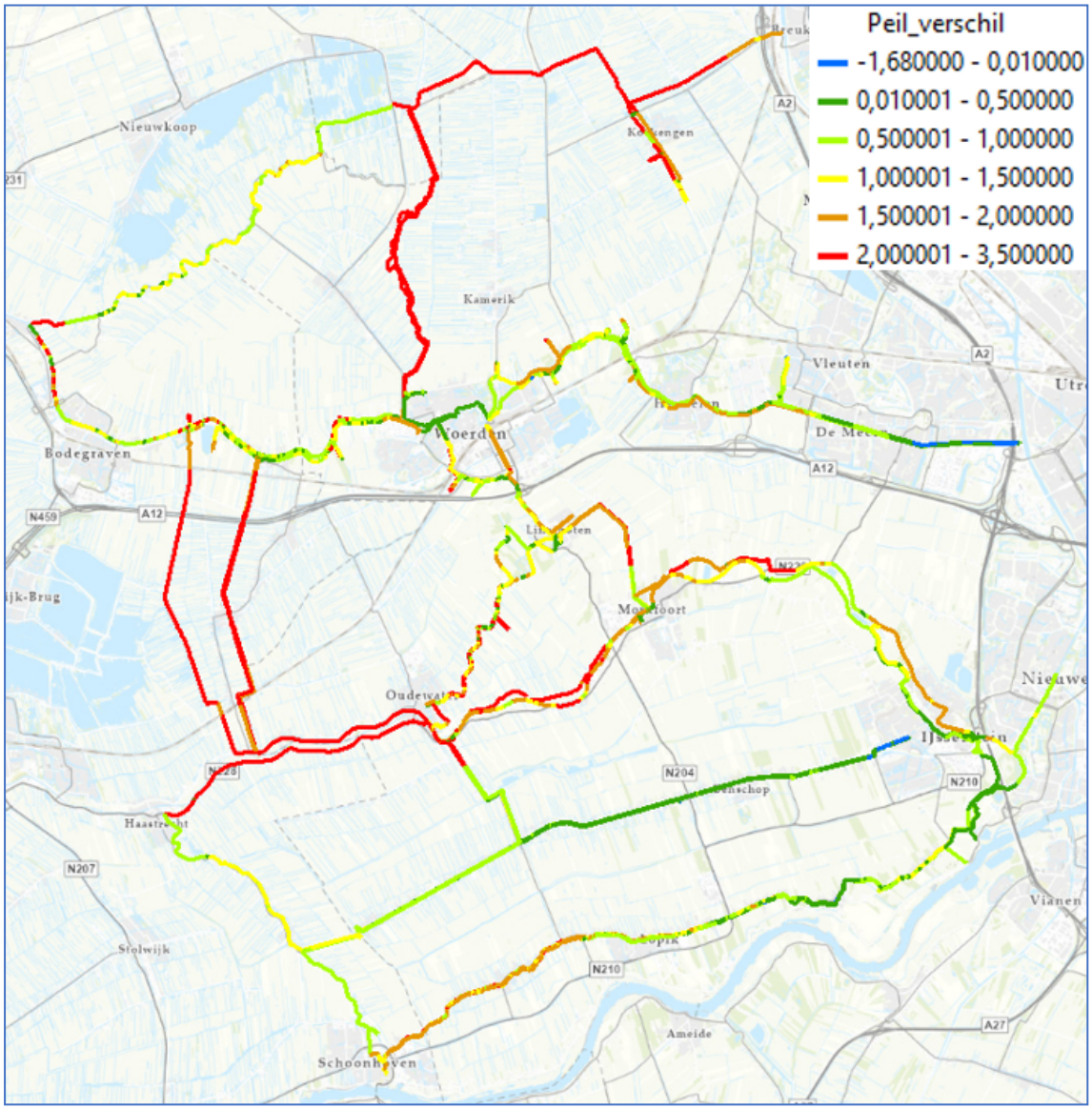
Tabel 1: Verdeling regionale keringen over norm en provincie

Norm	Km totaal	Utrecht	Zuid-Holland
IPO-I 1:10	157	139	17
IPO-II 1:30	112	83	29
IPO-III 1:100	60	36	24
IPO-IV 1:300	1	1	n.v.t.
IPO-V 1:1000	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Totaal	330	260	70



Figuur 3: Genormeerde regionale keringen in beheergebied HDSR

In figuur 4 is de waterkerende hoogte van de regionale keringen weergegeven (toetspeil in relatie tot het polderpeil (winterpeil)). Voor circa 100 tot 150 kilometer genormeerde regionale kering geldt dat het verval tussen toetspeil en polderpeil kleiner is dan 50cm.



Figuur 4: kerende hoogte van de regionale keringen

De regionale waterkeringen worden intensief gebruikt voor andere functies zoals, wonen, transport, natuur en recreatie. Ook moet er water in- en uit de polders gelaten worden door de waterkering. In en rond de 330 km regionale waterkering vinden we:
- circa 1750 kunstwerken (sluizen, gemalen, duikers, afsluitmiddelen, vispassages)
- ruim 20 km damwand als zijnde vervangende waterkering
- circa 3000 km aan kabels en leidingen
- circa 4000 panden
- circa 17.000 bomen

3. Algemene aanpak toetsing

3.1 Algemene werkwijze

De eerste wettelijke toetsronde (2008/2012) is op grof detailniveau uitgevoerd. Daarbij is een aantal conservatieve keuzes gemaakt om het risico op een te optimistisch eindoordeel uit te sluiten. Het gevolg hiervan is dat het eindoordeel niet in alle gevallen recht heeft gedaan aan de werkelijk situatie buiten. Waterkeringen die zijn afgekeurd, bleken bij aanvullend onderzoek alsnog aan de norm te voldoen. Dit heeft geleid tot grote wijzigingen in de scope van geplande verbeterprojecten. Met de tweede toetsronde streeft HDSR naar een meer realistisch eindoordeel. Om dat te bereiken wordt de aanpak van de tweede toetsronde gekenmerkt door de woorden automatisering, detailniveau en pragmatisme. In onderstaande paragrafen wordt dieper ingegaan op automatisering, pragmatisme, de veiligheidsbenadering en realisme versus conservatisme.

1. Automatisering:

Het optreden van faalmechanismen kan zich op het niveau van enkele meters voordoen. Voor 330 km aan regionale kering met veel variatie qua hoogtegeometrie, grondopbouw en bekledingstypen, betekent dit dat een hoge gegevensdichtheid vereist is om tot eens betrouwbaar oordeel te komen.
Met de hedendaagse mogelijkheden qua digitalisering is er in deze toetsing daarom gekozen voor vergaande automatisering vanwege de onderstaande voordelen:

- Hoge informatiedichtheid. Vroeger bepaalde een maatgevende/zwakkere strekking (bijvoorbeeld een kopsloot) het oordeel voor een heel kadevak. Dankzij de hogere informatiedichtheid is beter inzichtelijk welke delen voldoende of niet voldoende scoren. Dit helpt in het vervolgproces bij het bepalen van de verbeterscope.
- Herleidbaarheid. Resultaten zijn gekoppeld aan schematiserings-en brondata.
- In grote batches kunnen doorrekenen van aanpassingen in rekenmodel en invoerparameters. Hierdoor is er meer inzicht in de gevoeligheid van het eindoordeel.
- Beschikbaarheid van extra informatie zoals bodemdaling voor assetmanagement en zorgplicht.

2. Pragmatisme:

Pragmatisme betekent bij deze toetsing dat wordt gekeken naar rendement: hoe verhouden ‘de kosten’ zich met ‘de baten'. De baten zijn de goed- of afkeur van kadestrekkingen en de nauwkeurigheid van dit oordeel.

Dit betekent dat voor de wijze van toetsing eerst is gekeken naar de nauwkeurigheid van beschikbare gegevens en rekenmodellen en naar welke gegevens tegen een redelijke inspanning te verkrijgen zijn. Daarnaast spelen ervaring en waarnemingen in het veld een belangrijke rol in het eindoordeel. Dit werkt bijvoorbeeld door veel aandacht te geven aan het beheerdersoordeel en hierbij zowel de buitendienst als de rekenaars te betrekken. Naast het goed benutten van de veldkennis leidt dit ook tot een breed gedragen toetsoordeel.

3. Veiligheidsbenadering

De veiligheidsbenadering en normeringssystematiek van primaire en regionale waterkeringen is fundamenteel anders: voor primaire keringen geldt een overstromingskansbenadering, terwijl regionale keringen niet mogen falen bij een bepaalde normwaterstand. In de praktijk kan er natuurlijk ook bij regionale keringen onder dagelijkse omstandigheden iets gebeuren waardoor er een overstroming optreedt. HDSR is hiermee omgegaan door op hoofdlijnen de leidraad (LTVRW2015) te volgen en deze aanpak aan te vullen met toetsen op maat in de geest van LBO2 (werkwijze primaire waterkeringen).

4. Conservatisme versus realisme

De toetsmethodieken voor regionale keringen zijn nog in ontwikkeling. Relatief vaak, vooral bij de niet-waterkerende-objecten (NWO's) leidt de aanpak tot afkeur terwijl dit niet overeen komt met ervaringen uit het verleden en het perspectief van de beheerders. HDSR is hiermee omgegaan door voor een aantal cruciale aspecten in gesprek te gaan met experts op het gebied van waterveiligheid en NWO's. Daarnaast bestaat er een spanningsveld tussen een zo realistisch mogelijk toetsoordeel en de beperkte aanwezige beschikbaarheid van informatie. Vaak worden bij een toetsing dan voorzichtige, zeer conservatieve uitgangspunten gekozen. Gezien de 'bewezen sterkte' lijkt het ons ongewenst om voorzichtige uitgangspunten te stapelen. Uitgangspunten zijn bepaald 'om een zo goed mogelijke inschatting van de afstand tot de norm te maken'. Dankzij de vergaande automatisering zijn analyses gemaakt met verschillende uitgangspunten en is inzichtelijk onder welke aannames een situatie voldoet.

Voor de aanpak per faalmechanisme wordt verwezen naar de betreffende hoofdstukken.

3.2 Uitgangspunten en randvoorwaarden

Samenwerking

Om van elkaar te leren en te komen tot een vergelijkbare aanpak zijn er gedurende de toetsing verschillende kennissessies geweest met collega-waterschappen. Daarnaast zijn de redeneerlijnen en werkwijzen per faalmechanisme afgestemd met de provincies Utrecht en Zuid-Holland in 2 sessies:
- op 23 juni 2023 is de aanpak voor de faalmechanismen Kunstwerken, Kabels en Leidingen, Voorlanden en Microstabiliteit gedeeld;
- op 1 september 2023 is hetzelfde gedaan voor de faalmechanismen Stabiliteit buitenwaarts, piping, bekleding, bomen en bebouwing.

Leidraden en toetsvoorschriften

De aanpak van de toetsing is voornamelijk gebaseerd op de Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen (LTVRW2015) (STOWA, 2015). Een overzicht van de gebruikte leidraden en toetsvoorschriften is te vinden in hoofdstuk 17.

Peildatum toetsing

De peildatum voor de toetsing is 1 januari 2024.

Referentielijn toetsing en zoneringen

Als basis voor de toetsing is de referentielijn Legger Regionale Waterkeringen 2020 gehanteerd. Voor een aantal faalmechanismen zijn de leggerzoneringen

(waterstaatswerkzone en beschermingszone) gebruikt om de invloedssfeer (van bijvoorbeeld de te toetsen NWO's) te bepalen. De Waterstaatswerkzone is het dijklichaam en de direct aangrenzende gronden. De beschermingszone is het gebied rond de kering waar ontwikkelingen en activiteiten invloed kunnen hebben op het functioneren van de waterkering.

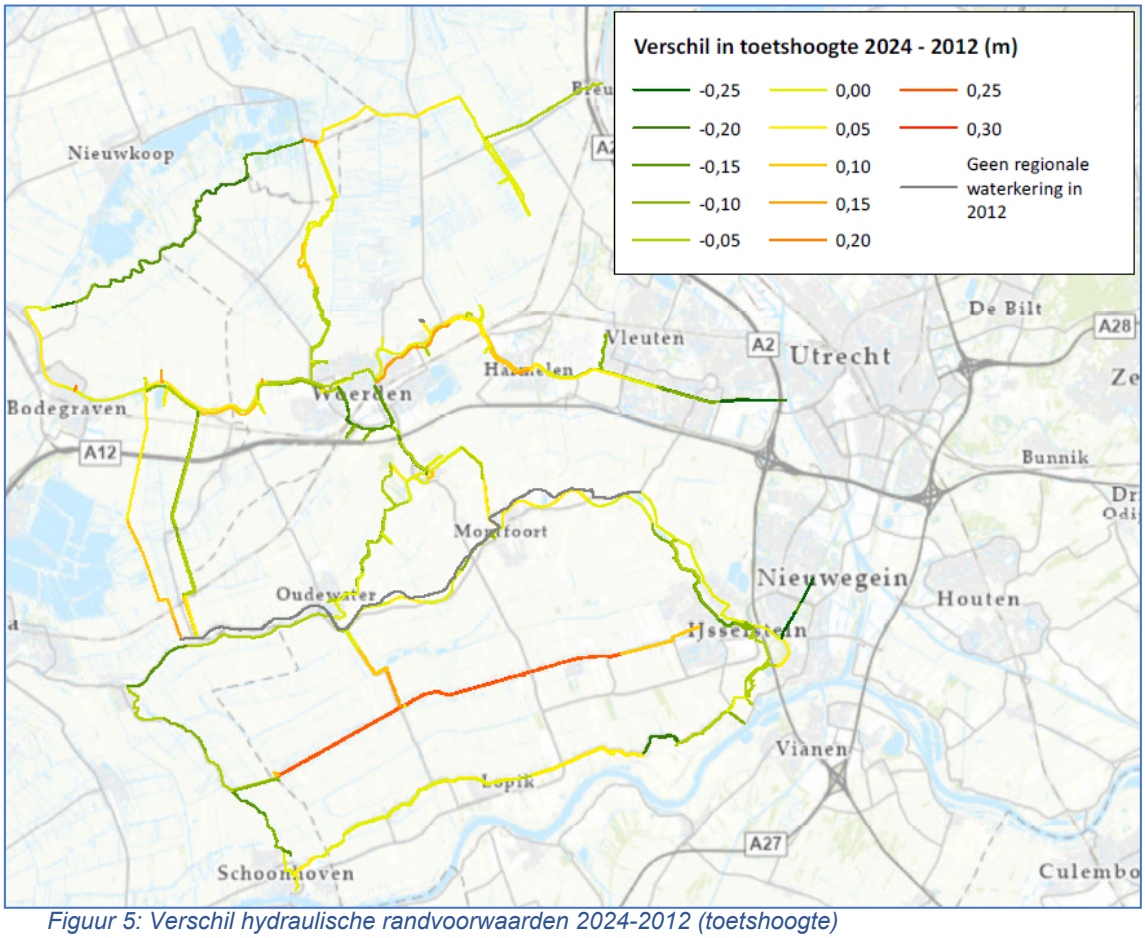
Detailniveau en vaklengte

In de toetsing is gezocht naar een passend detailniveau. Uitgangspunt daarbij is dat het toetsresultaat ook iets zegt over de te realiseren verbetermaatregel in geval van afkeur. Dit betekent bijvoorbeeld dat in het oordeel voor het faalmechanisme Binnenwaartse Macrostabiliteit (STBI) onderscheid is gemaakt in strekkingen waar een teensloot aanwezig is en strekkingen waar deze ontbreekt. Per faalmechanisme is een logische en passende vaklengte gekozen. Het hoogste detailniveau ligt in de ordegrootte 10 à 20 meter voor de geautomatiseerde analyses. Daarna zijn op basis van expert judgement vakken samengevoegd voor nadere analyses of het opstellen van een oordeel.

Hydraulische randvoorwaarden (HR)

De hydraulische randvoorwaarden zijn in 2019 opgesteld en in 2020 vastgesteld door de provincie Utrecht (DM1653013) en de provincie Zuid-Holland (DM1661395).

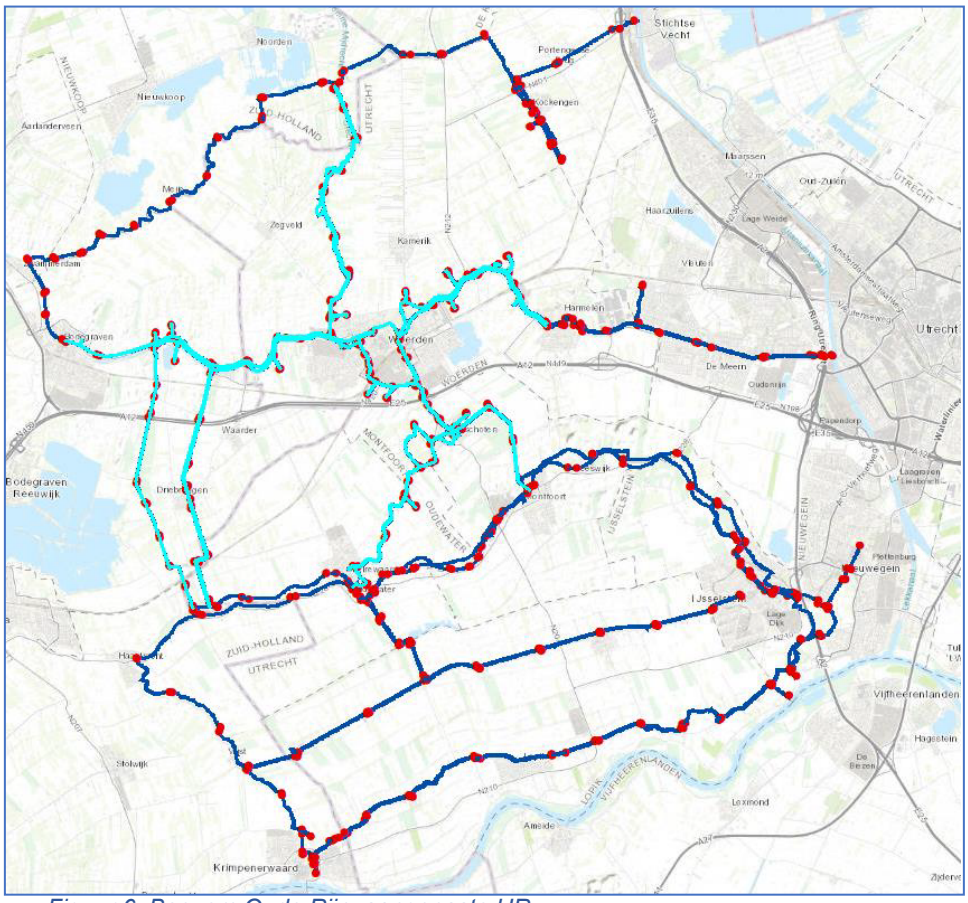
HDSR heeft bij het opstellen van de hydraulische randvoorwaarden voor de tweede toetsronde geanalyseerd hoe de 'nieuwe' maatgevende waterstanden zich verhouden tot de gehanteerde waarden uit de eerste toetsronde. In figuur 5 is het absolute verschil in toetshoogte weergegeven. De afwijkingen is voor het grootste deel van de waterkeringen verwaarloosbaar klein. In enkele gevallen is de maatgevende situatie tot enkele decimeters gedaald of gestegen. Alle afwijkingen zijn nader beschouwd en verklaard. Overwegend is de conclusie dat het huidige model meer recht doet aan de werkelijke situatie dan voorheen. Om die reden zijn de nieuwe waarden ook overgenomen zoals ze zijn vastgesteld, ongeacht het effect.



Figuur 5: Verschil hydraulische randvoorwaarden 2024-2012 (toetshoogte)

In 2023 is het model waarmee de randvoorwaarden zijn opgesteld nogmaals vergeleken met de gemeten waterstanden. Hierbij is voor een deel van het systeem een onderschatting van de maatgevende peilen geconstateerd. Deze onderschatting werd veroorzaakt door een fout in de validatie van het model. Ter correctie zijn de hydraulische randvoorwaarden voor dit deel van het systeem (zie lichtblauwe deel van figuur 6) aangepast. Deze nieuwe set randvoorwaarden is in juni 2023 vastgesteld door het toetsteam en op 23 juni 2023 besproken met het begeleidingsteam vanuit de provincies. HDSR heeft deze wijziging tevens gemeld in de bestuurlijke Voortgangsrapportage Regionale Waterkeringen 2022.

In juni 2023 was een deel van de toetsing al uitgevoerd. Door de automatisering van een aantal toetsstappen kon een deel van de toetsingsstappen relatief eenvoudig opnieuw doorlopen worden met de nieuwe hydraulische randvoorwaarden. Voor een aantal andere faalmechanismen is een gevoeligheidsanalyse toegevoegd en is de toetsing op kritische locaties met de nieuwe HR uitgevoerd.



Figuur 6: Boezem Oude Rijn, aangepaste HR

Omgang met projecten

Toetsing en ontwerp van waterkeringen in het kader van de verbeterprojecten kent een hoger detailniveau. De lokale situatie wordt daarbij gedetailleerder geschematiseerd. Voor waterkeringen die recent in een project getoetst of ontworpen zijn is daarom het oordeel uit het project overgenomen. Daarbij is het uitgangspunt geweest dat de waterkeringen binnen de scope van het verbeterproject ‘op orde zijn gebracht’. Uitzondering hierop geldt voor de faalmechanismen stabiliteit buitenwaarts, NWO’s en Kunstwerken. Omdat deze faalmechanismen deze toetsronde pas geïntroduceerd zijn, worden deze voor het gehele beheergebied getoetst. Daarnaast zijn deze faalmechanismen niet consequent meegenomen in de verbeterprojecten. Het uniform beschouwen van het hele beheergebied geeft hier een goede basis.
Waterkeringen in een lopend versterkingsproject (voorbereiding of uitvoering) zijn niet in detail getoetst omdat dit al in de scope van het desbetreffende project uitgevoerd wordt. Door het grovere detailniveau op deze strekkingen wordt in deze toetsing de lengte van de afgekeurde waterkeringen overschat.

Langsconstructies

Langs een groot deel van de regionale waterkeringen zijn langsconstructies aanwezig: (onderwater)beschoeiingen en damwanden van staal, kunststof of hout, maar ook geotubes en palenrijen. Deze constructies staan voornamelijk aan de buitendijkse zijde van de waterkering. Lokaal zijn ook in de binnenteen constructies aanwezig om de binnenwaartse stabiliteit te verbeteren.
Een groot deel van deze constructies dient slechts om de oever te verstevigen (grondkering), een deel draagt bij aan de stabiliteit van het grondlichaam (type 2 constructies) en een deel van de constructies geldt als volledig vervangende waterkering (type 1) en kan ‘het water keren zonder bijdrage van het grondlichaam’.

Tijdens de toetsing is gebleken dat van veel constructies de gegevens ontbreken in het beheerregister. Vaak zijn materiaal, lengte en aanlegjaar niet bekend. Het in detail doorrekenen van de constructies is daardoor niet mogelijk of heel kostbaar door de grote hoeveelheid in te winnen gegevens. Om een beter beeld te krijgen van de langsconstructies is in de toetsing een database langsconstructies opgesteld. Deze database bestaat de bestaande data uit het beheerregister, aangevuld met gegevens van langsconstructies uit revisie- en ontwerptekeningen. Aanvullend is nog een aantal langsconstructies in het veld geïnventariseerd.

In de toetsing is de volgende methodiek gekozen:

- Veel constructies zijn aangebracht in recente projecten. Zoals beschreven onder het kopje ‘omgang met projecten’ is het uitgangspunt dat recent verbeterde kadevakken inclusief langsconstructie voldoende veilig zijn;
- Toetsing van de waterkering zonder constructie, met name met de restbreedte-methode. Veel type 1 constructies bevinden zich in verheeld, stedelijk gebied waar de waterkering voldoende restbreedte heeft;
- In het veld bepalen van de staat/restlevensduur van de langsconstructie. Dit is met name ten behoeve van buitenwaartse stabiliteit uitgevoerd;
- Een beheerdersoordeel over de veiligheid van de waterkering inclusief constructie.

De langsconstructies zijn niet als separaat faalmechanisme getoetst, maar meegenomen in de toetsing van het hoogtespoor en de stabiliteitssporen.

Voor de specifieke uitgangspunten per faalmechanisme wordt verwezen naar de betreffende hoofdstukken.

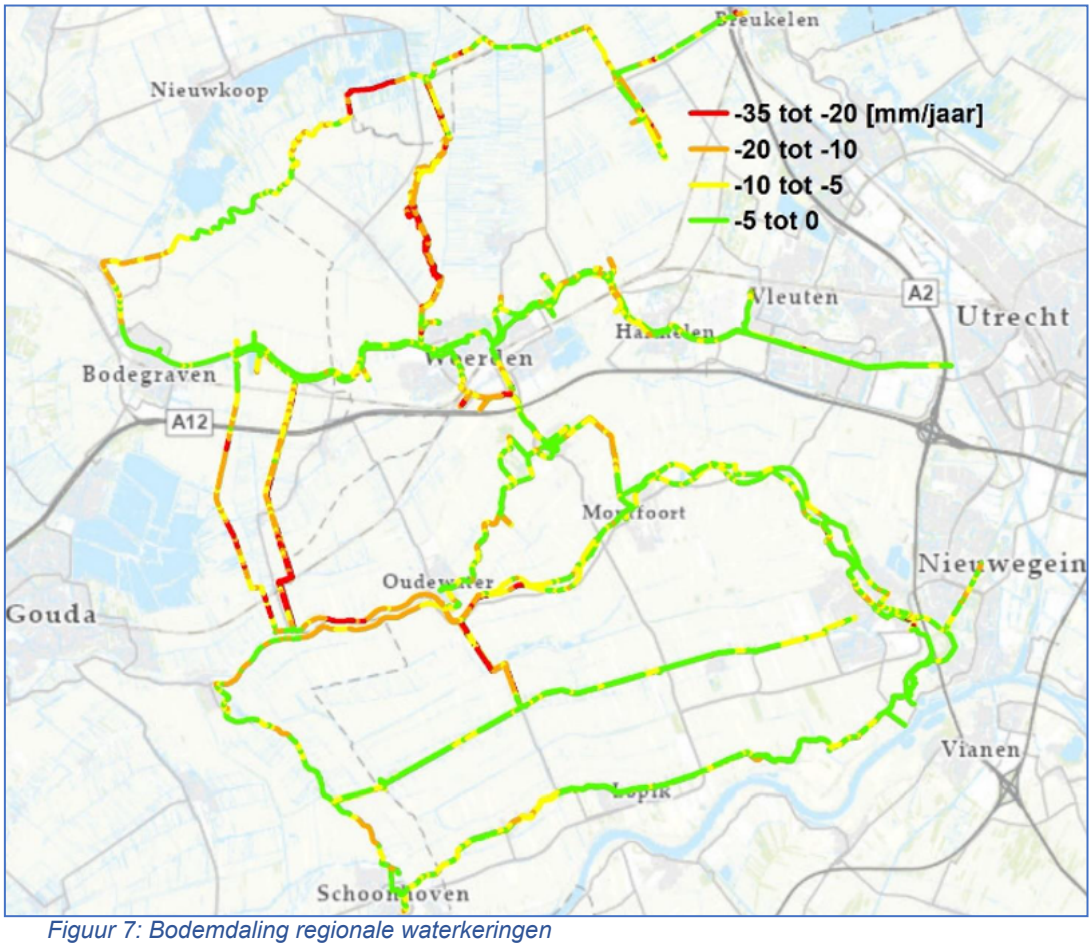
4. Hoogte

De toetsing van de hoogtetoets is beschreven in *'Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Rapportage hoogte* d.d. 29-05-2024, DM1998264
Dit hoofdstuk is een korte samenvatting van de uitgangspunten, werkwijze en resultaten.

4.1 Werkwijze en uitgangspunten

De hoogtetoets is uitgevoerd door middel van een GIS-analyse op basis van AHN4 en lokale bodemdaling. Daartoe is langs de referentielijn om de 25 m een dwarsprofiel opgesteld. Mogelijk tussengelegen lage plekken zijn in beeld gebracht bij het opstellen van het beheerdersoordeel. Voor de inschatting van de bodemdaling is gebruik gemaakt van de verschillen tussen AHN2, AHN3 en AHN4 en satellietmetingen. Het resultaat hiervan is weergegeven in figuur 7. Type 1 waterkerende constructies hebben voor de hoogte het oordeel 'voldoende' gekregen. Bij de hoogtetoets is een 5 cm marge toegepast in verband met de hoogtenauwkeurigheid van het AHN4. Waterkeringen die in 2020, 2021, 2022 of 2023 (tussen de opnamedata van AHN4 en peildatum toetsing) projectmatig op hoogte zijn gebrachte hebben het oordeel 'voldoende' gekregen.

Om inzicht te krijgen in het toekomstige benodigde onderhoud is per doorsnede een inschatting gemaakt van de restlevensduur na de peildatum (1 januari 2024). De restlevensduur is berekend voor zowel de referentielijn als voor de hoogste 1,5 m binnen de waterstaatswerkzone. Dit is in ordegrootte de zone van buitenteen naar binnenteen, met aan weerszijde een strook van 5 meter.
Deze prognose is niet gemaakt voor type I constructies aangezien de aanname is dat deze tot in het pleistocene zand staan en daarom niet of nauwelijks zakken. Ook voor recent op hoogte gebrachte strekkingen en bij strekkingen waar geen bodemdaling bekend is ontbreekt een restlevensduur. Voor een uitgebreide beschouwing van de gevolgde methodiek wordt verwezen naar de achtergrondrapportage hoogte.



Figuur 7: Bodemdaling regionale waterkeringen

Bij het opstellen van de hydraulische randvoorwaarden is de toetshoogte gebaseerd op een maximaal overslagdebiet van 0,1 l/m/s. Er hoeft daarom niet gecontroleerd te worden op mogelijke erosie van kruin en binnentalud. De toets bestaat uit een vergelijking van de verwachte hoogte op peildatum en de vastgestelde toetshoogte. De hoogte op peildatum is bepaald voor de referentielijn (aslijn waterkering). Daarnaast is de hoogste 1,5 m in de waterstaatswerkzone bepaald en de hoogste 1,5 m in de gehele leggerzonering (inclusief beschermingszone). Op een aantal locaties is waterkering rond de referentielijn namelijk onvoldoende hoog, maar omdat het voor- of achterland hoog genoeg is, is er toch geen overstromingsrisico en is het technisch oordeel voldoende. Wel zijn dit aandachtspunten omdat de legger hier niet overeenkomt met de situatie buiten. Deze locaties hebben het label ‘geel’ gekregen in de geodata zodat deze locaties aandacht krijgen bij het vernieuwen van de legger.

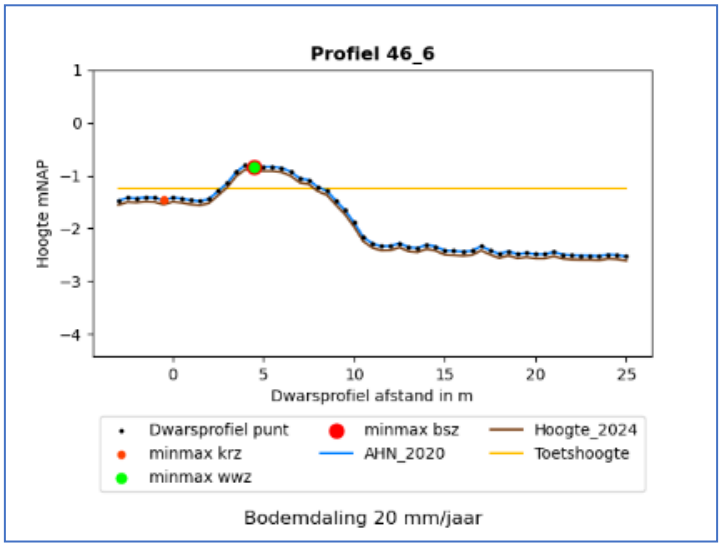
Na afronding van de GIS-analyse is het technisch oordeel gegeven op basis van expert judgement van het toetsteam. Dit geldt met name voor uitgevoerde projecten 2020-2023, locaties met weinig data of hele brede, maar net te lage waterkeringen.

De volgende brondata en uitgangspunten zijn gehanteerd:

- AHN4, ingevlogen begin 2020;
- Hydraulische randvoorwaarden versie september 2023;
- Bodemdalingskaart;
- Watervlakken (DAMO uitdraai augustus 2023);
- Aangevuld beheerregister langsconstructies.

4.2 Resultaten

Per dwarsprofiel is een visualisatie van de situatie beschikbaar. In deze visualisatie zijn onder andere het AHN4-profiel, het verwachte profiel op peildatum (inclusief geprognosticeerde bodemdaling) en de vereiste toetshoogte zichtbaar. In figuur 8 is te zien dat de vereiste hoogte niet gevonden wordt op de referentielijn (minmax_krz), maar wel elders in het profiel.



Figuur 8: voorbeeld visualisatie profiel hoogtetoets

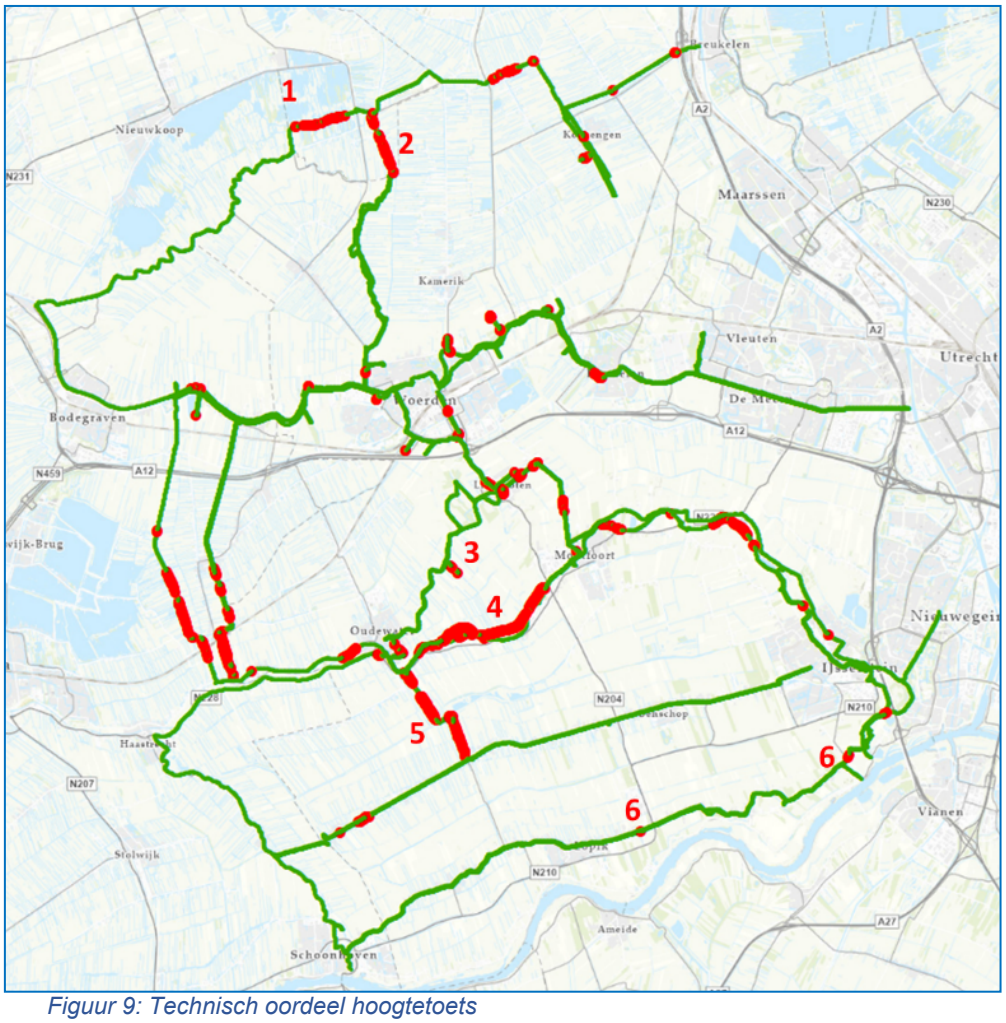
In tabel 2 zijn de tussenoordelen weergegeven. De tussenoordelen zijn in een validatieslag op basis van expert judgement omgezet naar een technisch oordeel. Dit technisch oordeel is weergegeven in tabel 3 en figuur 9. Het verschil met de tussenoordelen wordt onder andere veroorzaakt door projecten uitgevoerd tussen 2020-2023, locaties met weinig data of hele brede, maar net te lage keringen.

Tabel 2: tussenoordeel op basis van GIS-analyse

Kleurcodering	Aantal km regionale kering
Donkergroen (voldoende hoog op referentielijn)	268
Lichtgroen (voldoende hoog binnen waterstaatswerkzone)	19
Geel (voldoende hoog binnen beschermingszone)	2
Oranje (onvoldoende hoog, marge 5 cm)	7
Rood (onvoldoende hoog, geen marge)	13
Grijs (Hoogte geborgd door type I constructie)	20
Zwart (Geen AHN of bodemdaling bekend)	1

Tabel 3: Technisch oordeel

Technisch oordeel	Aantal km regionale kering
Onvoldoende	17
Voldoende, binnen 6 jaar onderhoud verwacht	11
Voldoende, restlevensduur > 6 jaar of niet bepaald	303



Figuur 9: Technisch oordeel hoogtetoets

Toelichting op figuur 9:

1) Voorbereiding van project Hollandse kade is gestart in 2023
2) Dit deel van Grechtkade oost is begin 2024 weer op hoogte gebracht
3) Project Snelrewaard wordt in 2024 uitgevoerd
4) Gekanaliseerde Hollandse IJssel Noord is een lopend (HWBP)project
5) In het project waterberging Willeskop worden ook de waterkeringen op hoogte gebracht. Uitvoering is gestart in 2024
6) Dit betreft een paar bijzondere situaties; sloten die de kering doorsnijden

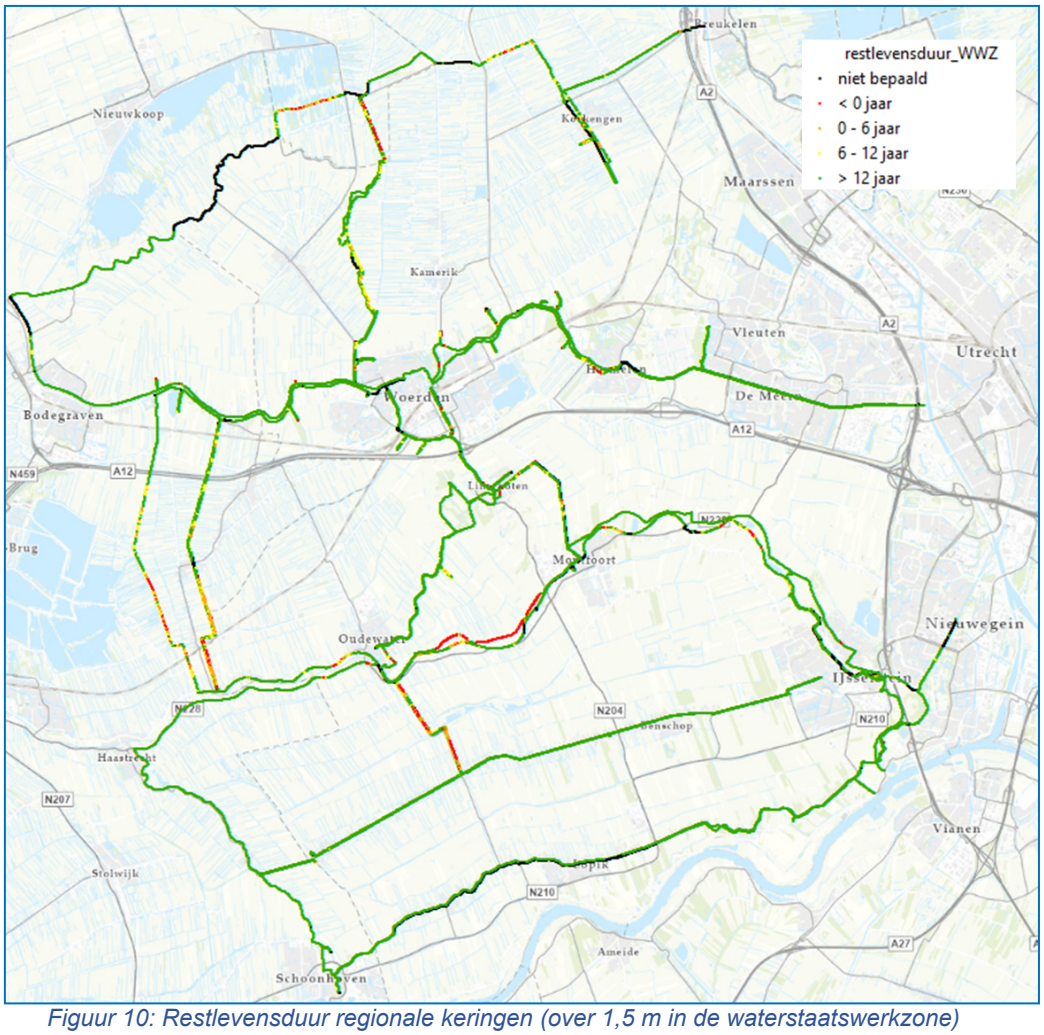
Ook op enkele andere kortere strekkingen is reeds een project gestart.

Naast de situatie op peildatum is het belangrijk om te weten hoelang het nog duurt voordat een waterkering onder de toetshoogte zakt. Zo kan tijdig onderhoud plaatsvinden zodat de waterkering ook in de toekomst aan de norm blijft voldoen. Per doorsnede is een inschatting gemaakt van de restlevensduur door vanaf het zichtjaar van de huidige toetsing uit te gaan van een constante bodemdaling zoals toegelicht in de paragraaf 4.1. Vervolgens is een indeling gemaakt met een restlevensduur tot 2024 of minder (rood), tot 2030 (oranje), tot 2036 (geel) en tot na 2036 (groen). De resultaten zijn weergegeven in Figuur 10. Locaties waar geen restlevensduur bepaald is (project uitgevoerd tussen AHN4 en peildatum, type 1 constructie of geen

bodemdaling bekend) zijn met zwart aangegeven. Ongeacht de locatie waar de hoogte gevonden wordt in het dwarsprofiel, is de restlevensduur berekend voor de hoogte die aanwezig is tussen de theoretische kruinlijnen en het hoogste punt binnen de waterstaatswerkzone. Opgemerkt moet worden dat de lengtes uit tabel 3 en tabel 4 niet overeenkomen. Bij het toekennen van het technisch oordeel is het uitgangspunt gehanteerd dat maximaal twee aaneengesloten ‘voldoende hoge’ dwarsprofielen gelegen in een strekking met onvoldoende dwarsprofielen ook het technisch oordeel ‘onvoldoende’ hebben gekregen. Bovendien is bij het opstellen van het technisch oordeel 5 cm marge gehanteerd. Deze marge is niet gebruikt bij het bepalen van de restlevensduur.

Tabel 4: Inschatting restlevensduur

	[Km] op de referentielijn	[Km] in de waterstaatswerkzone
Geen restlevensduur aanwezig (rood)	20	10
Restlevensduur 0-6 jaar (oranje)	13	13
Restlevensduur 7-12 jaar (geel)	15	13
Restlevensduur meer dan 12 jaar (groen)	242	258
Zwart (Geen restlevensduur bepaald)	42	37



Figuur 10: Restlevensduur regionale keringen (over 1,5 m in de waterstaatswerkzone)

4.3 Conclusie

Circa 17 km van het areaal genormeerde regionale waterkeringen is onvoldoende hoog. Voor nog eens 11 km waterkering geldt dat deze op de peildatum nog voldoende hoog is, maar is de verwachting dat binnen 6 jaar onderhoud op hoogte noodzakelijk zal zijn.

Als GIS-bestanden zijn beschikbaar:

1) Een database met per 25 m onder andere:
    a. Het technische oordeel inclusief een eventuele opmerking
    b. De overhoogte op 1-1-2024 (op basis van AHN4 en bodemdaling)
    c. Een prognose voor de restlevensduur van de waterkering ter plaatse van de referentielijn en een prognose voor de restlevensduur van het hoogste punt in de waterstaatswerkzone.
2) Een database met de fysieke buitenkruinlijn van de hoogste 1,5 m in de waterstaatswerkzone en de gehele leggerzonering (inclusief beschermingszone)

5. Stabiliteit binnenwaarts

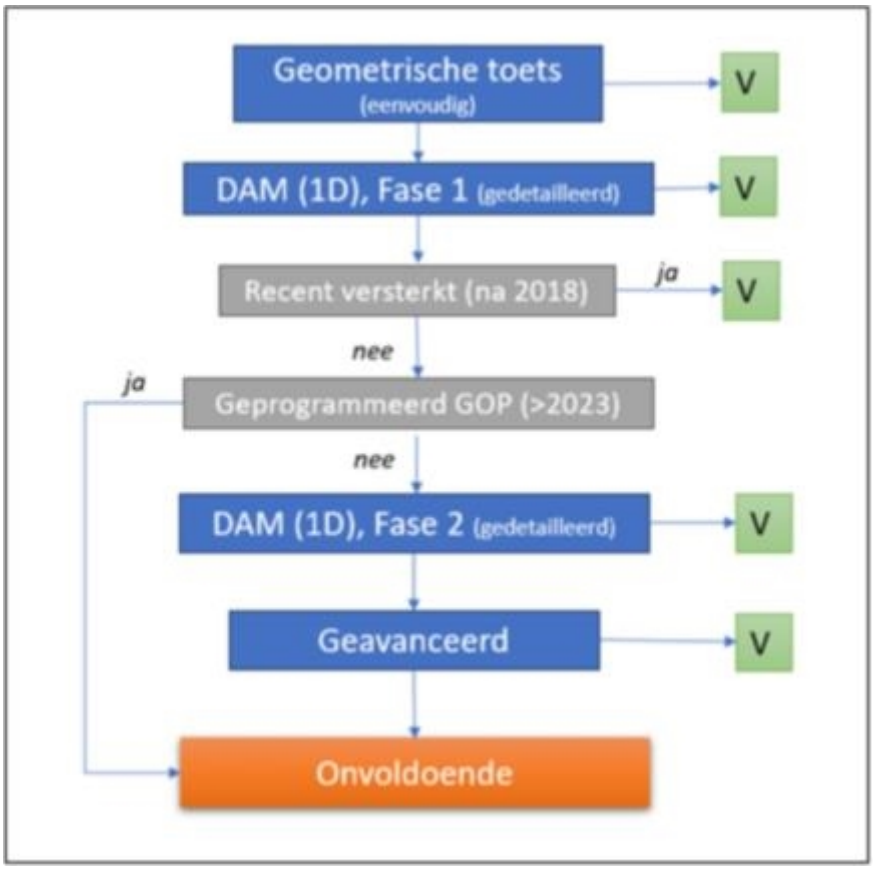
De toetsing op stabiliteit binnenwaarts (STBI) is beschreven in *'Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Rapportage STBI* d.d. 19-01-2024, DM1997046
Dit hoofdstuk is een korte samenvatting van de uitgangspunten, werkwijze en resultaten.

5.1 Uitgangspunten en werkwijze

De regionale waterkeringen van HDSR zijn voorzien van een technisch oordeel voor faalmechanisme macrostabiliteit binnenwaarts (STBI) door van grof naar fijn te werken. Voor de toetsing is gestart met een 'eenvoudige' geometrische toets en achtereenvolgens zijn de gedetailleerde DAM-toetsing en geavanceerde toets uitgevoerd. Indien de binnenwaartse stabiliteit in een recent project in detail is beschouwd en/of verbeterd, is het oordeel of ontwerp uit het project overgenomen. Het toekennen van technisch oordeel bestaat zodoende uit de volgende onderdelen:

- Geometrische toets;
- Analyse recent uitgevoerd verbeterproject;
- DAM-toetsing;
- Geavanceerde toets.

Het aangehouden stroomschema om tot een technisch oordeel te komen is weergegeven in figuur 11.



Figuur 11: Stroomschema technische toets STBI

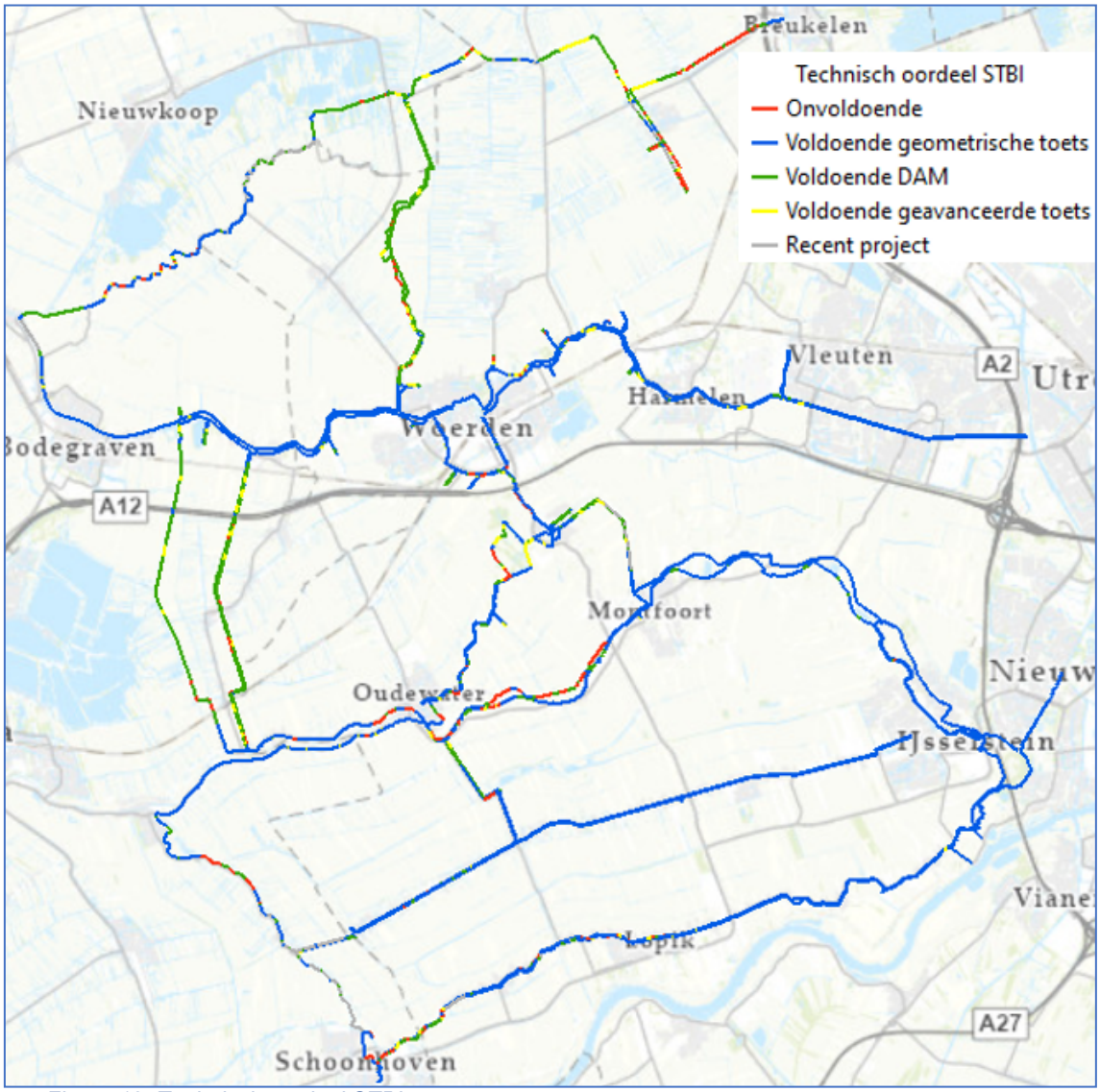
5.2 Resultaten

De resultaten van de toetsing op STBI zijn weergegeven in tabel 5. In figuur 12 zijn de resultaten geografisch weergegeven. De aan de hand van recent verbeterde projecten goedgekeurde strekkingen representeren niet de volledige lengte van de verbeterprojecten, maar alleen de lengtes die in een eerdere toetsstap zijn afgekeurd.

Van de 330,3 km aan regionale keringen is voor 309,9 km het technisch oordeel ‘voldoende’ verkregen op stabiliteit binnenwaarts (STBI) middels de geometrische toets, DAM-toetsing, geavanceerde toets of omdat ze recent zijn verbeterd in een project.
Voor 20,4 km geldt het technische oordeel ‘onvoldoende’. Gezien de lokale situatie en de gebruikte uitgangspunten is 6,3 km daarvan waarschijnlijk veiliger dan volgt uit de berekeningen. Voor deze locaties is het advies om het beheerdersoordeel zwaar te laten meewegen bij het bepalen van het veiligheidsoordeel.

Tabel 5: Resultaten technische toets STBI

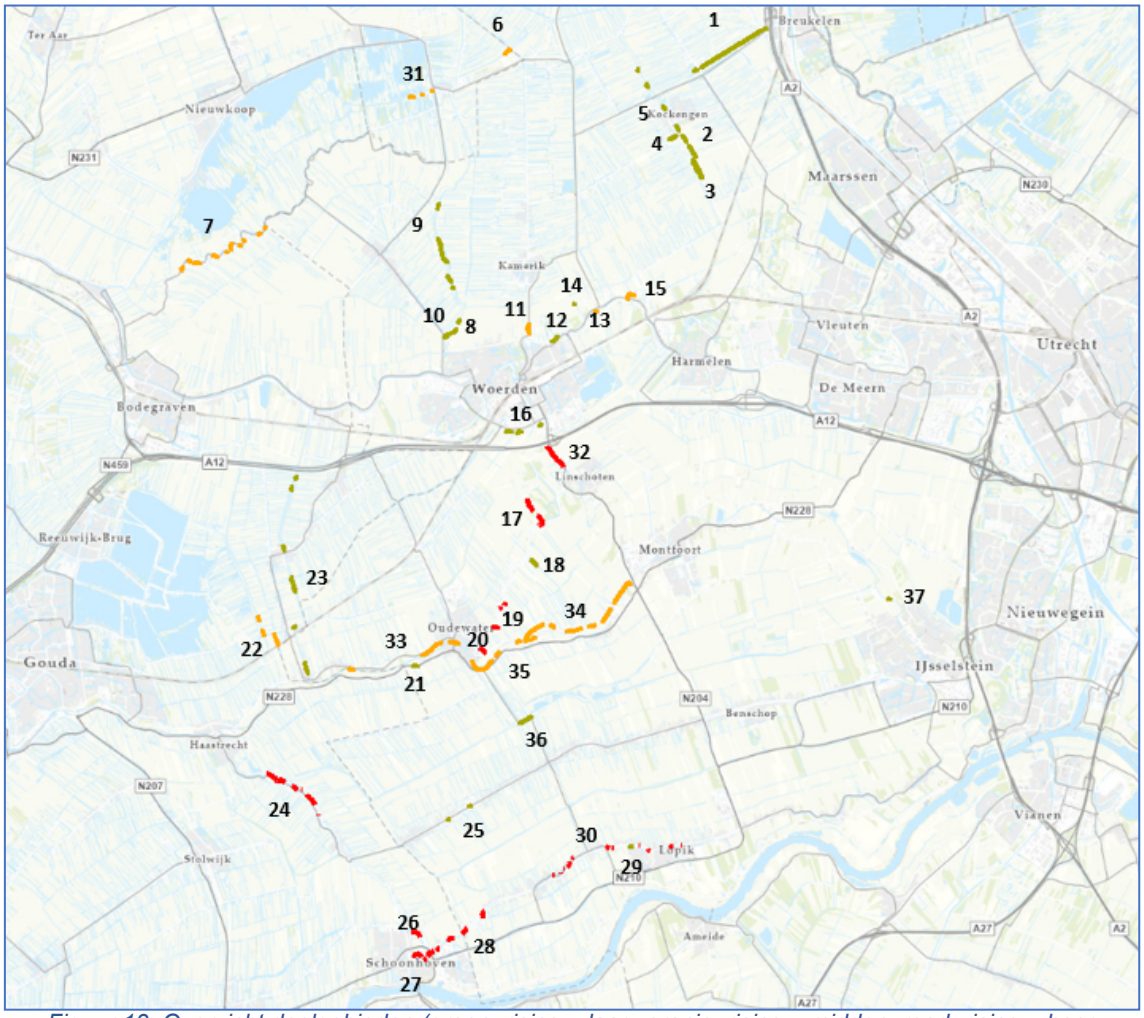
Oordeel	Aantal km	% km	Kleur
Voldoende, geometrische toets	225,8	68,4%	Blauw
Voldoende, DAM-toetsing	59,4	18,0%	Groen
Voldoende, recent beschouwd/verbeterd in project	10,4	3,1%	Grijs
Voldoende, geavanceerde toets	14,2	4,3%	Geel
Onvoldoende	20,4	6,2%	Rood
Totaal	330,3	100,0%	-



Figuur 12: Technisch oordeel STBI

Als extra informatie voor de beheerorganisatie hebben de afgekeurde strekkingen een risico-classificatie meegekregen gebaseerd op de afstand tot de norm. Deze risico-classificatie is weergegeven in figuur 13. Een toelichting per deelgebied is te vinden in de achtergrondrapportage STBI.

Opvallend is dat het beheerdersoordeel ‘voldoende’ juist relatief vaak is toegekend aan strekkingen met een hoog risico (o.a. waterkeringen langs de Lopikerweteringkade en Lange Linschoten). Deze waterkeringen hebben vaak steile taluds, maar een lange ontstaansgeschiedenis en geringe kerende hoogte. Zie voor meer informatie hoofdstuk 12.



Figuur 13: Overzicht deelgebieden (groen: risico = laag, oranje: risico = midden, rood: risico = hoog

5.3 Conclusies

Van de 330,3 km aan regionale keringen is voor 299,7 km het technisch oordeel ‘voldoende’ verkregen op stabiliteit binnenwaarts (STBI). Voor 20,4 km is het oordeel ‘onvoldoende’. Voor 6,3 km zijn aanknopingspunten aanwezig om het beheerdersoordeel zwaar te laten meewegen voor het eindoordeel van STBI.

6. Stabiliteit buitenwaarts

De toetsing op stabiliteit buitenwaarts (STBU) is beschreven in ‘Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Rapportage Stabiliteit buitenwaarts (STBU) - d.d. 29-05-2024, DM1998265
Dit hoofdstuk is een korte samenvatting van de uitgangspunten, werkwijze en resultaten.

6.1 Werkwijze en uitgangspunten

De wijze waarop het faalmechanisme macrostabiliteit buitenwaarts is getoetst, verschilt van de aanpak voor macrostabiliteit binnenwaarts. In het bijzonder zijn er geen lokale sterkteberekeningen uitgevoerd voor het STBU-faalmechanisme op basis van de specifieke grondopbouw ter plaatse. Dit komt voort uit verschillende overwegingen:

1. Er is voor regionale keringen een proevenverzameling voor gedraineerd rekenen opgesteld, terwijl een ongedraineerde rekenwijze beter past bij het faalmechanisme STBU.
2. De geometrie onder water is van groot belang voor dit faalmechanisme. Deze geometrie is meer onzeker en heeft een lagere informatiedichtheid dan de geometrie boven water. Gedetailleerde berekeningen hebben daarom relatief minder meerwaarde.
3. In eerder regionale versterkingsprojecten waar wel lokaal gerekend is voor het faalmechanisme STBU, gaf dit niet een duidelijke meerwaarde.
4. De ervaring van de beheerder tot nu toe is dat er lokale instabiliteit kan zijn bij steile oevers (b.v. door afkalving en spoelgaten), maar er in het beheergebied geen sprake is geweest van een waterveiligheidsprobleem.
5. De maatgevende belastingsituatie wordt gedomineerd door de bovenbelasting (verkeer) en hoogte van het freatisch vlak door neerslag (peilval van water is niet als maatgevende belasting beschouwd). De faalkansbepaling en maatgevendheid van deze gecombineerde situatie is niet eenvoudig te bepalen binnen het veiligheidsraamwerk voor de regionale keringen.

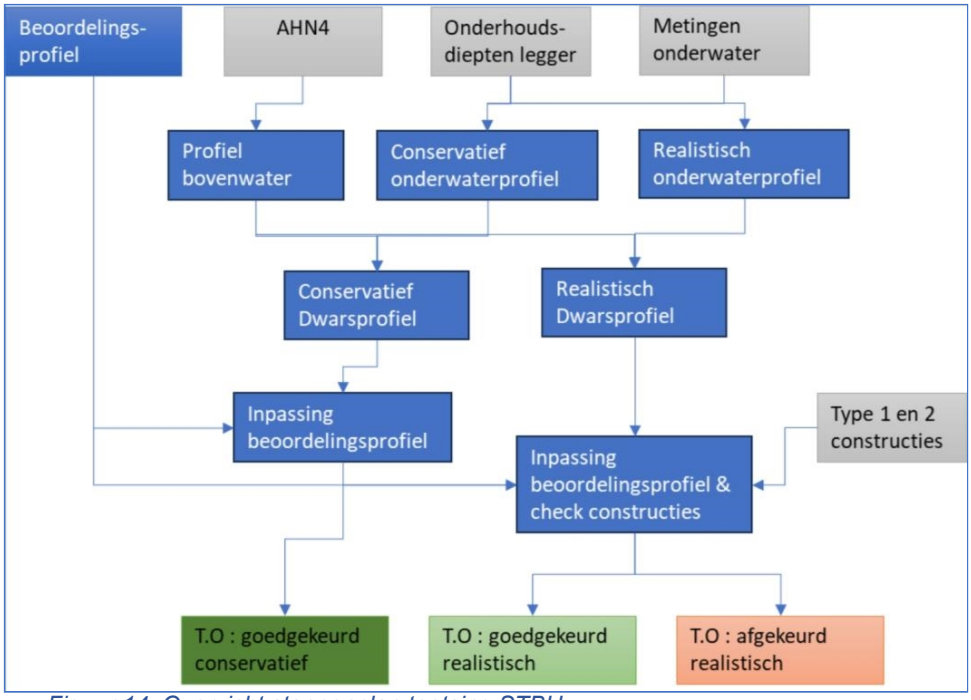
De toetsing op STBU is uitgevoerd als een geometrische toets, gebaseerd op een restbreedtebenadering. Daarbij zijn drie stappen te onderscheiden:

1. Het opstellen van een beoordelingsprofiel
    a. Op basis van een aantal berekeningen met wisselende belastingssituaties, boezemdieptes, bodemopbouw en grondsterkteparameters is een veilig profiel gekozen met 1,5 m kruin op streefpeil en een buitentalud met helling 1:2.
2. Conservatieve geometrische toets
    a. Elke 20 m is geautomatiseerd een profiel getrokken gebaseerd op AHN4 en voor het boezemwater een bakprofiel met als maatgevende waterdiepte de 95% diepste waarde uit de baggermetingen; of de onderhoudsdiepte minus 1 m veiligheidsmarge.
    b. Een dwarsprofiel is voldoende als het veilige profiel binnen het bestaande profiel past. Als extra informatie voor de beheerafdeling is ook per locatie aangegeven of een profiel 1:3 of 1:4 binnen het

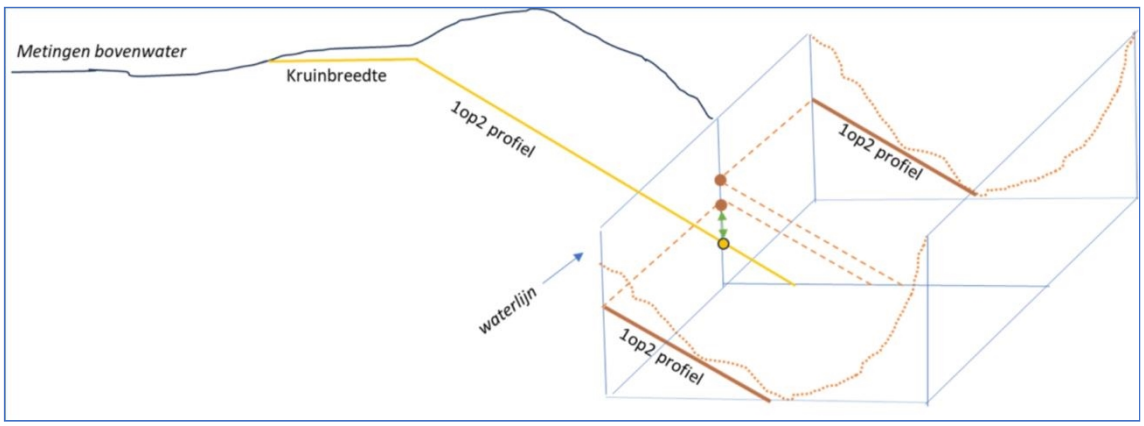
grondlichaam van de waterkering past. Dit geeft voor elke 20 m langs de waterkering een soort ‘afstand tot de norm’.

3. Aangescherpte geometrische toets
    a. De AHN-profielen worden per kadevak gecombineerd met ingemeten onderwaterprofielen, zie figuur 15 en figuur 16.
    b. Dit gecombineerde kadevak is voldoende beoordeeld als het beoordelingsprofiel past in dit gecombineerde profiel.
    c. Profielen met type 1 of type 2 constructies in voldoende staat (visueel oordeel) zijn ook als voldoende beoordeeld.

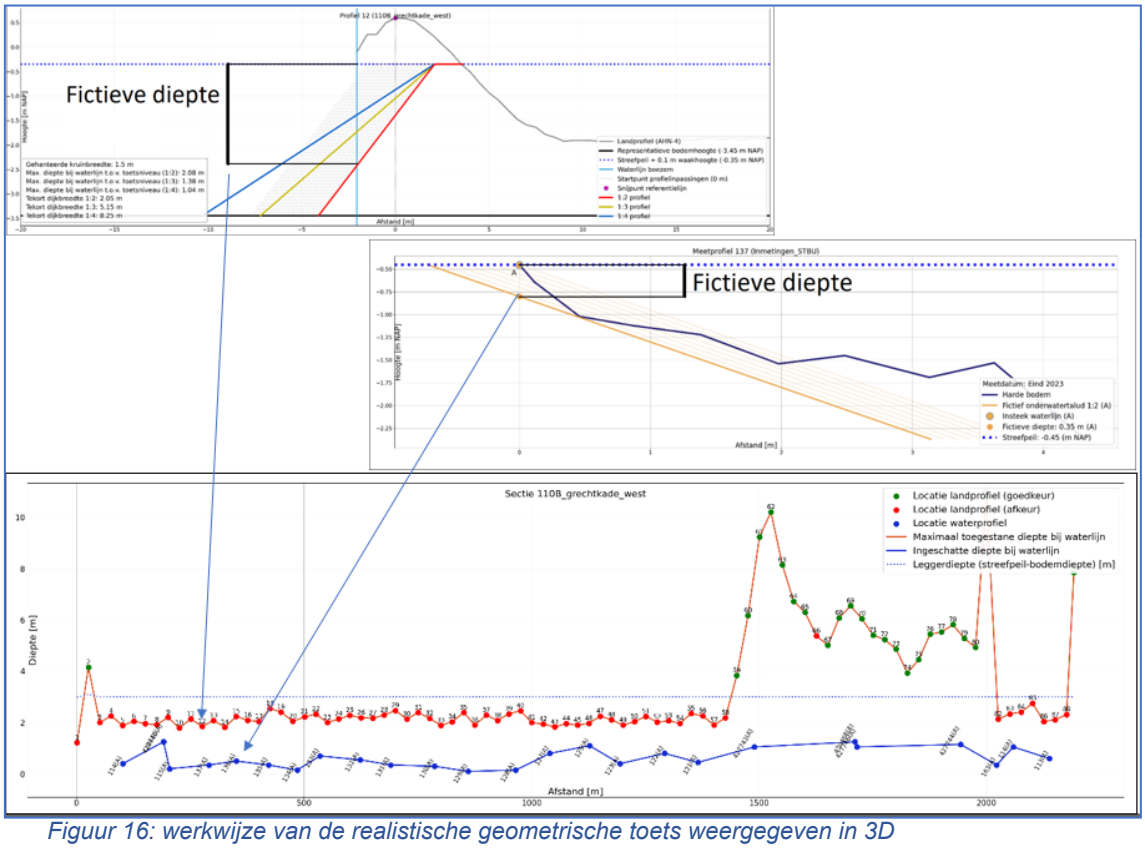
De profielen waar de geautomatiseerde geometrische toets niet tot een voldoende leidt zijn in detail beoordeeld binnen het beheerdersoordeel. In onderstaande afbeelding (figuur 14) zijn bovenstaande stappen gevisualiseerd. De werkwijze voor de geometrische realistische toets is in het 3D-vlak weergegeven in figuur 15.



Figuur 14: Overzicht stappenplan toetsing STBU



Figuur 15: werkwijze van de realistische geometrische toets weergegeven in 3D



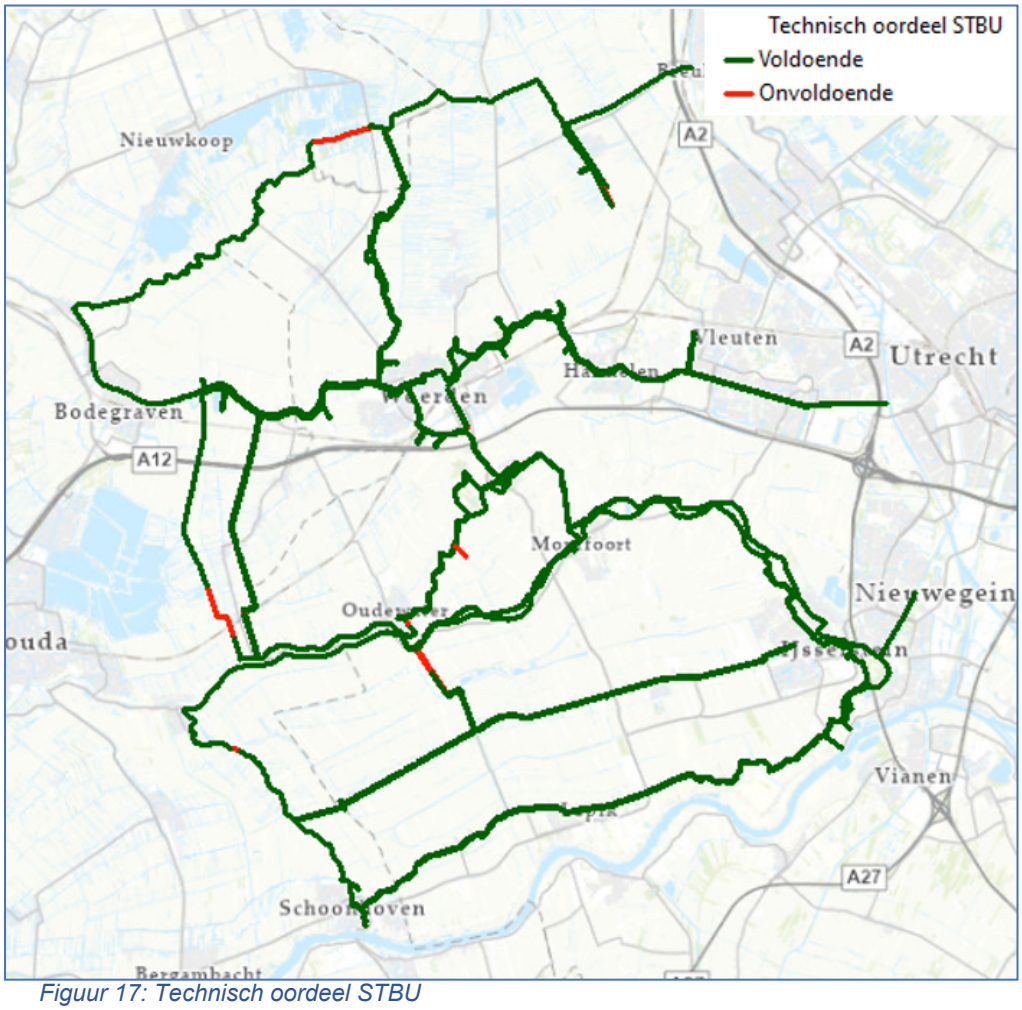
Figuur 16: werkwijze van de realistische geometrische toets weergegeven in 3D

6.2 Resultaten

De resultaten van de toetsing op STBU zijn weergegeven in tabel 6. In figuur 17 zijn de resultaten geografisch weergegeven. Waterkeringen waar een project in voorbereiding of realisatie is, zijn minder intensief getoetst en hebben daardoor relatief vaak het conservatieve oordeel ‘onvoldoende’ gekregen. Van de 8,2 km afgekeurd op STBU is 4,5 km onderdeel van een lopend project.

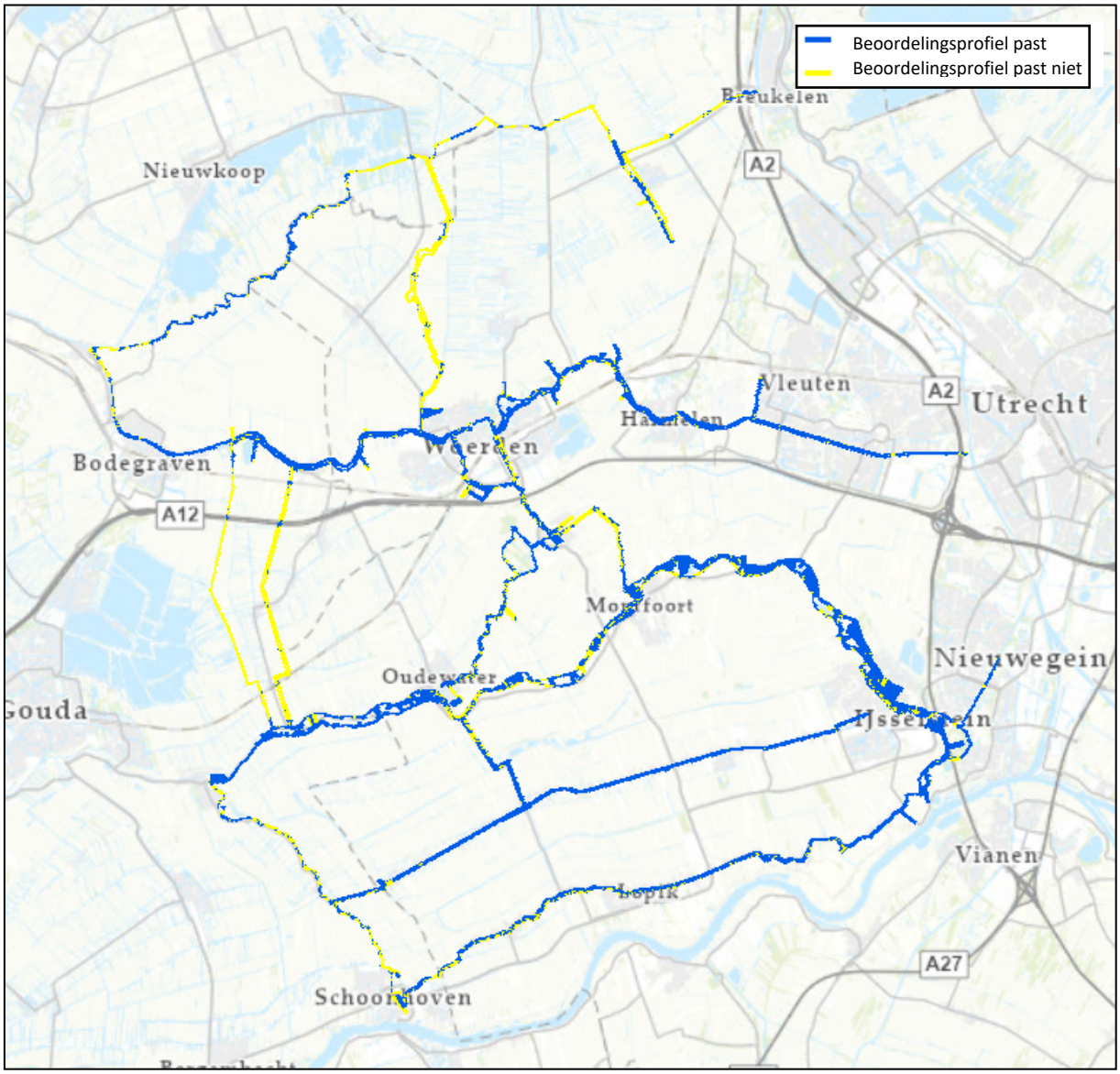
Tabel 6: Technisch oordeel STBU

Technisch oordeel	Aantal km regionale kering
Onvoldoende	8
Voldoende	322



Figuur 17: Technisch oordeel STBU

Naast het technisch oordeel is in de eerste stap; de ‘conservatieve’ toetsing geanalyseerd of het beoordelingsprofiel binnen het aanwezige landprofiel past. Als dat profiel past heeft de waterkering voldoende restbreedte, ook als de maatgevende waterdiepte direct aan de waterlijn te vinden is, of als een constructie faalt. De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in figuur 18.



Figuur 18: Resultaat 'conservatieve' toetsing waarbij de maximale onderhoudsdiepte wordt aangehouden als de diepte in het profiel

6.3 Conclusie

7,9 km is in de technische toets afgekeurd op buitenwaartse stabiliteit. 4,5 km daarvan is onderdeel van een lopend of gepland project.

7. Piping

De toetsing op piping is beschreven in 'Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - STPH toetsrapportage' - d.d. 19-01-2024, DM1997050
Dit hoofdstuk is een korte samenvatting van de uitgangspunten, werkwijze en resultaten.

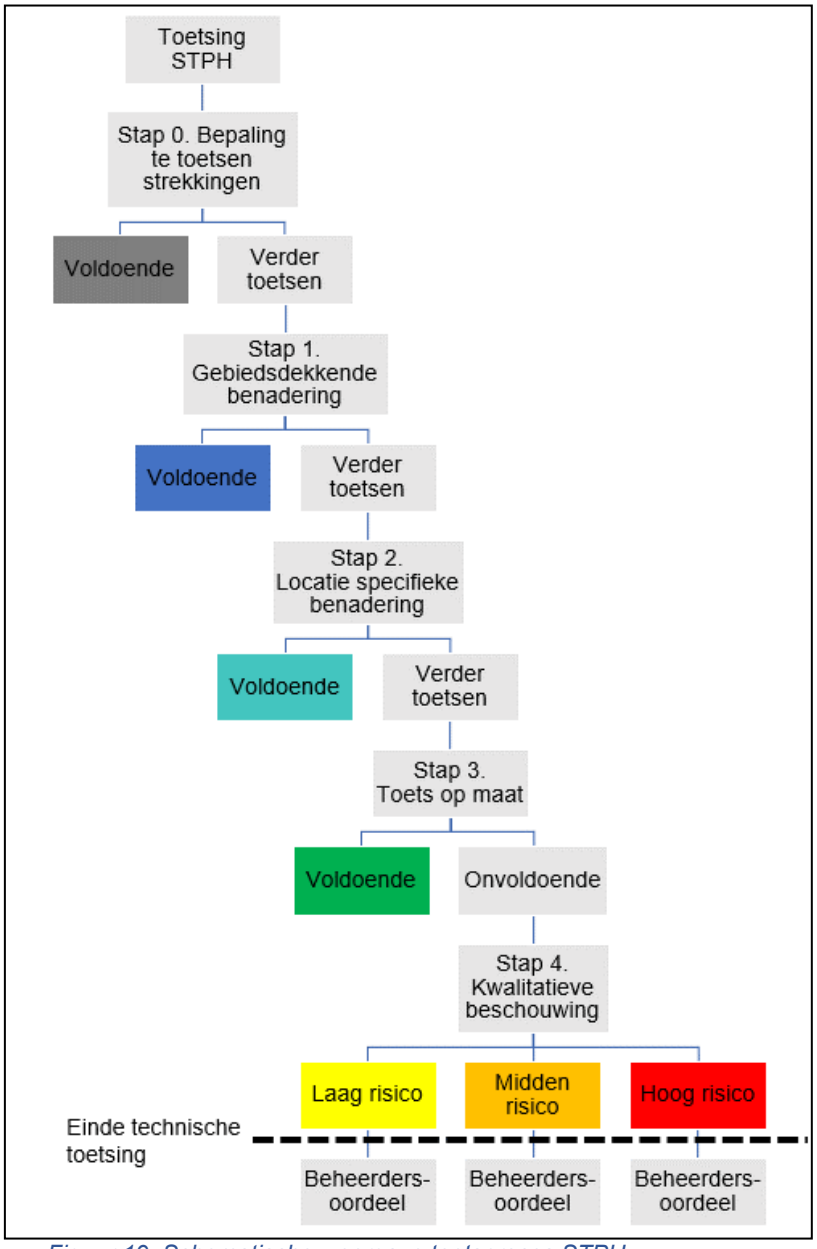
7.1 Werkwijze en uitgangspunten

Er zijn geen tekenen dat piping in het beheergebied van HDSR een relevant faalmechanisme is. Voor zover bekend zijn er langs de regionale waterkeringen van HDSR nog nooit zandmeevoerende wellen waargenomen.

Om meer inzicht te krijgen in waar het faalmechanisme eventueel zou kunnen optreden is in de toetsing een quickscan uitgevoerd. Deze quickscan bestond uit 4 stappen:

1) Een gebiedsbrede benadering
   In deze eerste stap is een toets voor alle deelmechanismen (kortsluiting vanuit de boezem, opbarsten, heave, terugschrijdende erosie) uitgevoerd met gebruik van gebiedsdekkende gegevensbronnen en conservatieve uitgangspunten. Daarbij is gebruik gemaakt van het GeoTOP ondergrondmodel met ruime veiligheidsmarges
2) Locatiespecifieke benadering
   Voor de in stap 1 afgekeurde waterkeringen is per rekenlocatie lokaal grondonderzoek beschouwd, is het effect van voorland meegenomen en zijn de waterspanningen gedetailleerder geschematiseerd.
3) Toets op maat
   Binnen de toets op maat zijn met behulp van expert judgement drie toetscriteria geformuleerd. Wanneer aan één of meer van deze criteria wordt voldaan dan resulteert de toets op maat in een voldoende. De criteria zijn gebaseerd op onderstaande aspecten:
   a. Verval over de waterkering;
   b. Verschil tussen toetspeil en streefpeil;
   c. Toetsing met een op basis van expert judgement aangescherpte set van uitgangspunten. Deze set representeert een meer waarschijnlijke, doch veilige combinatie van uitgangspunten.
4) Kwalitatieve beschouwing en risico-indeling
   De onvoldoende strekkingen zijn voorzien van een risicoklasse gebaseerd op de afstand tot de norm.

Het proces voor de toetsing van piping is schematisch weergegeven in figuur 19.



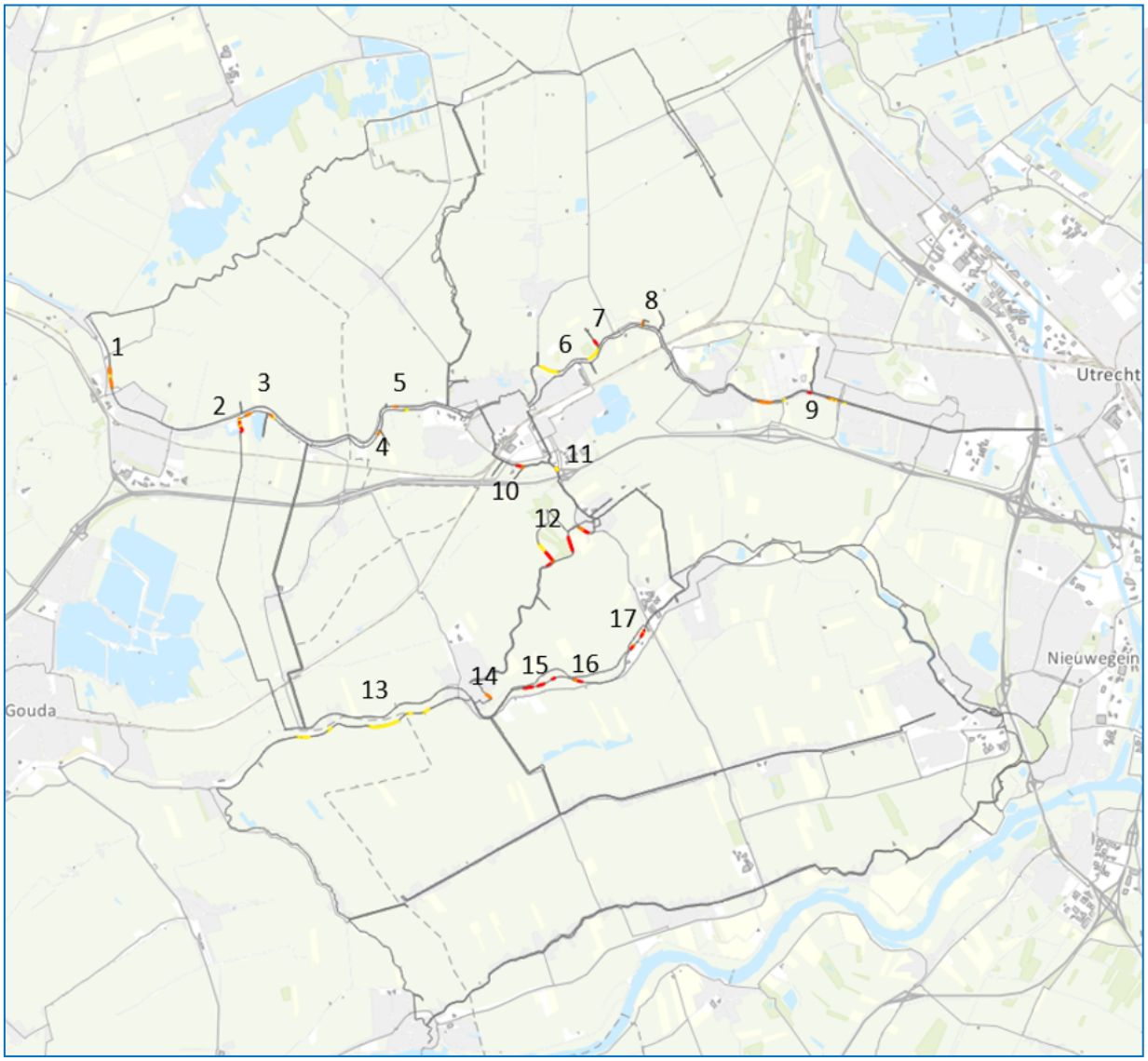
Figuur 19: Schematische weergave toetsproces STPH

7.2 Resultaten

De resultaten van de technische toets is te vinden in tabel 7. De risicoindeling van de in stap 3 afgekeurde waterkeringen is weergegeven in figuur 20.

Tabel 7: Tussenoordeel en technisch oordeel STPH

Stap	Aantal km afgekeurd
1. Gebiedsbrede benadering	48,4
2. Locatiespecifieke benadering	15,4
3. Toets op maat	6,6



Figuur 20: Waterkeringen met technisch oordeel STPH 'onvoldoende' en risicoklasse (geel: laag, oranje: midden, rood: hoog). In de onderliggende rapportage worden de genummerde deelgebieden toegelicht.

7.3 Conclusies

Hoewel er in de praktijk geen aanwijzingen voor piping zijn, volgt uit de technische toets dat 6,6 km een onvoldoende oordeel krijgt op het faalmechanisme piping. Advies is om voor dit faalmechanisme het beheerdersoordeel zwaar te laten meewegen bij de bepaling van het eindoordeel.

8. Kunstwerken

De toetsing van de kunstwerken is beschreven in *'Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Rapportage Kunstwerken'* d.d. 29-05-2024, DM1998267
Dit hoofdstuk is een korte samenvatting van de uitgangspunten, werkwijze en resultaten.

8.1 Werkwijze en uitgangspunten

De kunstwerken zijn getoetst met een risicogestuurde aanpak. Hierbij is van grof naar fijn gewerkt. Bij de toetsing van de kunstwerken zijn vier fasen te onderscheiden:

1) Uitfilteren van kunstwerken met een lage kans op het overschrijden van de waterveiligheidsnorm.
    a. Op basis van de leidraad kunnen kunstwerken met een verval over de waterkering van minder dan 0,2 m goedgekeurd worden;
    b. De leidraad schrijft voor dat kunstwerken met een diameter kleiner of gelijk aan 0,3 m (0,5 m bij gemalen) goedgekeurd kunnen worden;
    c. Afsluitmiddelen en kokers die zich bevinden in IPO-I & IPO-II waterkeringen. Deze filterregel is niet conform leidraad maar is toegevoegd omdat de maatgevende omstandigheden in de afgelopen jaren meermaals zijn opgetreden voor IPO I en II. Zolang de kunstwerken in goede staat verkeren wordt op basis van het feit dat er vanuit beheer geen meldingen zijn gekomen het risico op falen als erg laag ingeschat. Dit komt overeen met de 'ervaringen in den lande' waar, voor zover bekend, in de recente historie geen overstroming heeft plaatsgevonden als gevolg van een falend kunstwerk.
2) Quickscan van grotere kunstwerken in een IPO-I of IPO-II waterkering. Per gemaal is een risicoinschatting gemaakt gebaseerd op aanlegjaar, (verandering in) verkeersbelasting over de kokers, locatie (kruin of achterland), uitstroomconstructie en kwelschermen. Indien daar aanleiding voor is wordt een gemaal meegenomen in de eenvoudige toetsing. Ook alle sluizen doorgegaan naar de eenvoudige toetsing.
3) Kunstwerken met het hoger risico zijn verder getoetst door middel van de eenvoudige en gedetailleerde toets. De in deze stap behandelde kunstwerken, betreffen de kunstwerken die op basis van de eerste en tweede stap een faalkans hebben die niet te verwaarlozen is. Deze kunstwerken die in stap 1 en stap 2 niet uitgefilterde kunstwerken zijn in het veld bekeken en conform leidraad getoetst;
4) Beheerdersoordeel.

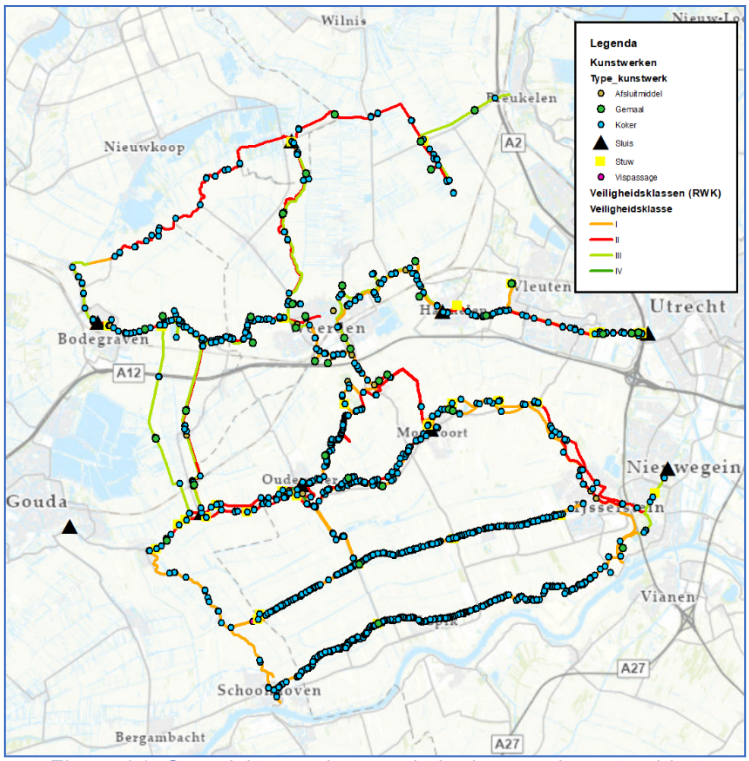
Voor de eenvoudige toets zijn de (na stap 1 en 2) resterende kunstwerken op locatie geïnspecteerd. De kunstwerken zijn in een app geregistreerd en op basis van die gegevens eenvoudig getoetst. Het voordeel van de kunstwerken buiten bezoeken is de toelichting van de beheerder en het waarnemen van de context waarin het kunstwerk zich bevindt. Daarnaast zijn er ook foto's gemaakt van observaties die noodzakelijk zijn voor het toetsen en is gelijk een start gemaakt met het beheerdersoordeel.
Naast de betrokken rayonmedewerkers is ook het assetteam kunstwerken geïnterviewd als input voor het beheerdersoordeel.

Specifieke uitgangspunten:

- Uitgangspunt voor de te toetsen kunstwerken is het beheerregister (peildatum 23 februari 2022). Tijdens veldbezoeken is een steekproef uitgevoerd op de actualiteit en volledigheid van het beheerregister.

8.2 Resultaten

Het beheerregister kunstwerken van HDSR is gebaseerd op objecten. Een overzicht van de kunstwerkobjecten in regionale keringen is te vinden in figuur 21 en tabel 8. Vaak bestaat een kunstwerk uit meerdere objecten. Een inlaat bestaat bijvoorbeeld vaak uit een afsluiter en een koker. In de toetsing is de eerste filtering uitgevoerd op objectniveau. De eenvoudige en gedetailleerde toets zijn per kunstwerk uitgevoerd.



Figuur 21: Overzicht van de voor de keringen relevante objecten

De resultaten van de filtering zijn weergegeven in tabel 8.

Tabel 8: Resultaten filtering kunstwerken

Type kunstwerk	Objecten beheersgebied HDSR		
	Totaal	Goedgekeurd door filterregels en quickscan	Resterende objecten
Afsluitmiddel	657	603	54
Gemaal	40	32	8
Duiker (Koker)	995	968	27
Stuw	33	30	3
Vispassage	15	12	3
Sluizen	8	0	8
Totaal	1748	1645	103

Deze 103 objecten vormen samen 52 kunstwerken. Het betreft 31 inlaten, 8 gemalen, 2 stuwen, 3 vispassages en 8 sluizen. Deze kunstwerken zijn integraal beschouwd in de eenvoudige en (eventueel) gedetailleerde toets.

In de eenvoudige toets hebben 34 kunstwerken een voldoende oordeel gekregen. 18 kunstwerken zijn doorgegaan naar de gedetailleerde toets: 16 inlaten en 2 stuwen. In de gedetailleerde toets zijn ook deze 18 kunstwerken goedgekeurd. Er is onder andere gebruik gemaakt van het kombergend vermogen om aan te tonen dat betrouwbaarheid van sluiten voor veel kunstwerken geen relevant faalmechanisme is. 9 inlaten zijn met een beheerdersoordeel goedgekeurd.

Tijdens de veldbezoeken is een steekproef uitgevoerd op de actualiteit en volledigheid van het beheerregister. Daarbij zijn kunstwerken aangetroffen die niet in het beheerregister staan. De aantallen zijn beperkt en het betreft vooral recente kunstwerken die nog niet in het beheerregister waren ingevoerd en doorvoeren met een kleinere diameter. Gezien deze constatering achten we de kans voldoende klein dat er een kunstwerk gemist is dat afgekeurd had moeten worden.

8.3 Conclusie

Alle kunstwerken in de regionale keringen van HDSR krijgen het technisch oordeel voldoende.

9. NWO's kabels en leidingen

De toetsing van de kabels en leidingen is beschreven in *'Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Rapportage kabels en leidingen* d.d. 03-10-2024, DM2009643
Dit hoofdstuk is een korte samenvatting van de uitgangspunten, werkwijze en resultaten.

9.1 Uitgangspunten en werkwijze

De leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkering (LTVRW) verwijst voor het toetsen van kabels en leidingen naar het VTV 2006, en via dit voorschrift naar de normen NEN3650 en NEN3651 (2003). Bijlage E van NEN3651 geeft inhoud aan het beoordelen van bestaande leidingen in of nabij waterstaatswerken.

De kabels en leidingen zijn getoetst met een risicogestuurde aanpak. Hierbij is van grof naar fijn gewerkt en is de aanpak uit de VTV vertaald in drie stappen: een filtering op risico van de leiding, een filtering op robuustheid van de combinatie leiding-waterkering en het bepalen van de faalkans van de leiding.

1. Voor het uitfilteren van kabels en leidingen met een zeer kleine kans op het overschrijden van de waterveiligheidsnorm zijn de volgende kabels en leidingen uitgefilterd:
    a. Buiten de waterstaatswerkzone;
    b. Kabels;
    c. Beoordeling materiaal-middellijn-druk combinatie (Diameter kleiner of gelijk aan 125 mm en/of lage druk, stalen leidingen kleiner of gelijk aan 500 mm) conform bijlage E van NEN3651.
2. In de toets op relevantie wordt middels een GIS-analyse bepaald of er voldoende restbreedte overblijft bij een leidingbreuk.
    a. Hiervoor is een vereenvoudigde, maar realistische inschatting van de verstoringszone gebruikt;
    b. Aansluitende worden de resultaten gevalideerd en worden de leidingen voorzien van een risico-oordeel op basis van expert judgement. In deze stap zijn bijvoorbeeld leidingen in waterkeringen waar onder dagelijkse omstandigheden geen water tegen aan staat goedgekeurd. Gedachte hierachter is dat de kans dat EN de leiding faalt EN er tegelijkertijd water tegen de kering aan staat voldoende klein is.
3. In de laatste stap is aan de leidingbeheerders gevraagd om inzichtelijk te maken of de faalkans van een leiding voldoende klein is. Slechts voor een enkele leiding is overgegaan tot sterkteberekeningen. In de meeste gevallen kon de leidingbeheerder op basis van het gevoerde risicomanagement aantonen dat de leiding aan de gestelde eisen voldoet.

De basis voor de te toetsen kabels en leidingen is een KLIC-melding (data-aanvraag ligging kabels en leidingen bij het Kabels en Leidingen Informatie Centrum, onderdeel van het kadaster), peildatum 23 februari 2022. De informatie voor de relevante leidingen is aangevuld op basis van informatie van de betreffende leiding-beheerders. Daarnaast zijn de volgende brondata en uitgangspunten gehanteerd:

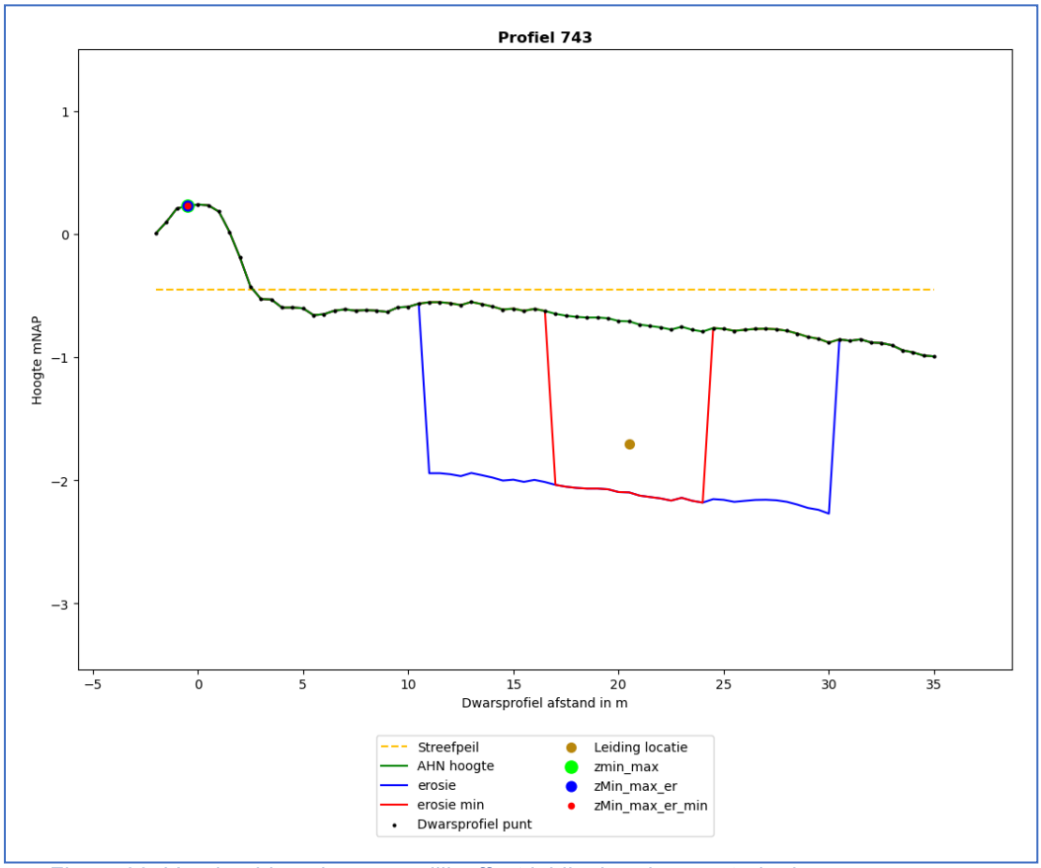
- AHN4, ingevlogen begin 2020;

- Hydraulische randvoorwaarden versie september 2023;
- Watervlakken uit het beheerregister HDSR (DAMO_W_waterdeel 2023-08-23).

9.2 Resultaten

Er is ruim 3000 km kabel of leiding geregistreerd in de waterstaatswerkzone van de regionale keringen en 10 m daarbuiten. Het grootste deel daarvan heeft een voldoende laag risico toegekend gekregen op basis van de filterregels uit NEN3651 bijlage E.168 km leiding moest nader beschouwd worden.

Voor die 168 km leiding is op basis van een verstoringszone ingeschat of het aannemelijk is dat een leidingbreuk een doorbraak kan veroorzaken. Daarvoor zijn voor deze 168 km leiding elke 25 m dwarsdoorsnedes van leiding en kering gemaakt. Ook bij elke kruising van een leiding met de referentielijn zijn dwarsdoorsnedes gemaakt. Een voorbeeld van een dwarsdoorsnede is opgenomen in figuur 22. Hierin is te zien dat zowel bij een grote (blauwe lijnen) als realistische verstoringszone (rode lijnen) voldoende restbreedte overblijft.



Figuur 22: Voorbeeld analyse mogelijk effect leidingbreuk op waterkering

Op basis van deze relevantieanalyse is 795 meter leiding als ‘hoog risico’ beoordeeld. Deze leidingen zijn als volgt verdeeld over de netbeheerders:

- Oasen N.V.: 344 meter
- Vitens: 199 meter
- N.V. Nederlandse Gasunie West: 160 meter
- Defensie Pijpleiding Organisatie (DPO): 74 meter
- Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden: 19 meter

Een deel van deze 795 m leiding is inmiddels door de leidingbeheerders buiten gebruik gesteld. Vernieuwing van de betreffende leiding was al gepland in combinatie met verbeteringsproject Meijekade. De betrokken leidingbeheerders hebben aangetoond dat de faalkans van de overige leidingen voldoende klein is.

Een aantal grote leidingbeheerders is ook vanuit andere wetgeving of sectorbrede initiatieven verplicht om professioneel risicomanagement uit te voeren. Dit risicomanagement is vergelijkbaar met NEN3650/51 of draagt op een andere manier bij aan het sterk reduceren van de faalkans van een leiding.
Dit geldt voor drinkwaterbedrijven die in hun beheer specifieke aandacht hebben voor waterkeringzones. Zij voeren periodiek een BEEL-analyse uit (Beoordeling Externe Effecten Leidingen), waarbij specifiek gekeken wordt naar de risico's voor infrastructuur zoals waterkeringen, wegen en spoorlijnen.
Gasunie en DPO (Defensie Pijpleidingen Organisatie) hebben te maken met de strenge eisen uit het besluit externe veiligheid buisleidingen (door de overgang naar de omgevingswet per 1 januari 2024 het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal).

In de dataoplevering is een database met alle niet in stap 1 uitgefilterde leidingen aanwezig. Deze database bevat:

- (Een link naar) de afbeeldingen van het waterkeringprofiel inclusief realistische en grote verstoringszone;
- De validatie/expert judgement uit stap 2 inclusief een risico inschatting (Indien van toepassing);
- Het resultaat van de gedetailleerde toets (Indien van toepassing);
- Het technisch oordeel;

Daarnaast is de uit de KLIC geconverteerde invoerdatabase beschikbaar met alle kabels en leidingen binnen de waterstaatswerkzone+10 meter.

9.3 Conclusie

Alle kabels en leidingen in het beheergebied van HDSR hebben het oordeel 'voldoende' gekregen. Ondanks dat er geen leidingen zijn die een hoog risico vormen is het niet ondenkbaar dat ergens in het beheergebied een kabel of leiding een calamiteit veroorzaakt. Het grote aantal kabels en leidingen met een laag risico vormt gesommeerd een reëel risico.

10. NWO's bomen

De toetsing van de bomen is beschreven in *'Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Rapportage bomen* d.d. 29-05-2024, DM1998266
Dit hoofdstuk is een korte samenvatting van de uitgangspunten, werkwijze en resultaten.

10.1 Werkwijze en uitgangspunten

De verwachting was dat de toetsing conform de 'Leidraad Toetsen Regionale Waterkeringen' (LTVRW2015) en het bijbehorende addendum op deze leidraad 'Toetsen op veiligheid' leidt tot grote aantallen afgekeurde bomen. In de praktijk zijn echter geen situaties bekend waar een overstroming is veroorzaakt door een boom. Vanwege deze discrepantie volgt HDSR bij de toetsing van de NWO's niet de standaard werkwijze uit de LTVRW, maar gaat het direct over tot een toets op maat. Deze toets op maat bestaat uit drie hoofdstappen:

1) Het beschouwen van bomengroei, het effect daarvan op waterkeringen en de invloed van bomen op de faalmechanismen;
2) GIS-analyse en voorlopig oordeel;
3) Validatie, controle en technisch oordeel.

Samen met een boomdeskundige is het (wortel)gedrag van bomen in relatie tot waterkeringen uitgewerkt. De belangrijkste conclusies zijn:

- Bomen wortelen niet of nauwelijks onder autowegen. Als er een autoweg op de kruin van de waterkering ligt en een boom naast de weg ontworteld zal een groot deel van de waterkering blijven staan;
- Bomen op waterkeringen veroorzaken zelden een ontgrondingskuil. Het hoge maaiveld in relatie tot de freatische lijn zorgt ervoor dat bomen zich stevig in de dijk kunnen verankeren. Deze verankering spreidt ook de windkracht die door bomen aan de waterkering wordt doorgegeven.
- Ontgrondingskuilen zijn in de praktijk vaak kleiner dan volgens de leidraden moet worden aangehouden. Een verklaring hiervoor is dat vooral bomen die niet goed geworteld zijn ontgronden en/of dat (slechte) wortels dicht bij de stam breken.

In de toets op maat worden drie hoofdsituaties beschouwd waardoor bomen falen van de waterkering kunnen veroorzaken. Deze situaties worden getriggerd door wind:

- De boom ontwortelt en neemt daarbij een significant deel van de waterkering mee. Deze situatie is getoetst op relevantie. Met een GIS-analyse is bepaald of er voldoende restbreedte overblijft als de boom zou ontwortelen;
- De boom blijft staan en draagt de windbelasting over aan de ondergrond waardoor de dijk instabiel wordt en afschuift. In de toets op maat is een inschatting gemaakt van het effect hiervan op de macrostabiliteit waarbij ook tijdsafhankelijkheid en 3D-effecten zijn beschouwd.

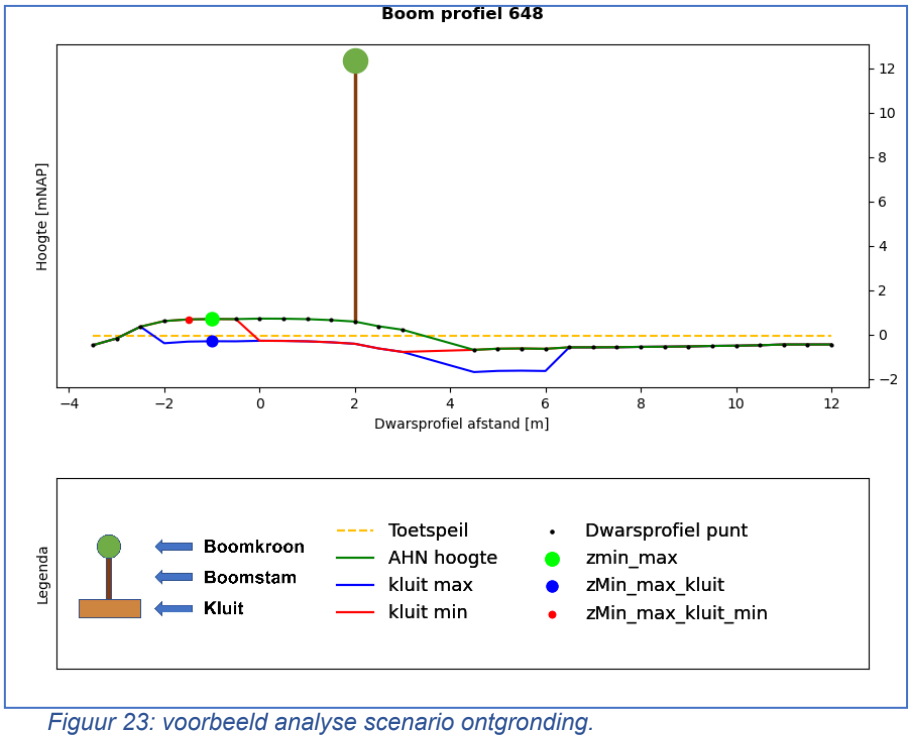
- Als gevolg van windbelasting breekt de stam. Dit gebeurt vooral bij ongezonde bomen en is voor de waterkering het meest gunstige scenario.

Daarnaast zijn bomen vaak een belemmering voor het goed beheren van de waterkering waardoor ze op langere termijn een risico vormen. Dit aspect is niet in de toetsing meegenomen.

In de GIS-analyse is een ‘voorlopig’ oordeel toegekend aan de bomen op basis van boomhoogte, restbreedte bij ontworteling en effect op de binnenwaartse stabiliteit.

- Hoge bomen op de kruin van groene kades zijn in de hoogste risicoklasse ingedeeld;
- Hoge bomen langs asfaltwegen en middelhoge bomen op groene kades in de middenklassen;
- De laagste risicoklasse wordt gevormd door lage bomen, middelhoge bomen langs asfaltwegen en bomen die verder van de kruin af staan.

Vanwege de afwijkingen in de bomendatabase is in de GIS-analyse de situatie met verschillende ontgrondingskuilen beschouwd. Een voorbeeld van de analyse van het scenario ontgronding is te vinden in figuur 23. In dit figuur is te zien dat bij een kleine ontgrondingskuil (rode lijnen) nog voldoende restbreedte over is (rond het rode bolletje). Bij een grote ontgrondingskuil ((blauwe lijnen) is onvoldoende restbreedte over.



Figuur 23: voorbeeld analyse scenario ontgronding.

Na een geautomatiseerde analyse met veilige marges zijn de bomen uit de hoogste twee risicoklassen beoordeeld in een bureaustudie en eventueel beschouwd in een veldbezoek. De bomen die op basis van deze beschouwing een hoog risico toegekend krijgen ontvangen het technisch oordeel ‘onvoldoende’. De overige bomen het technisch oordeel ‘voldoende’.

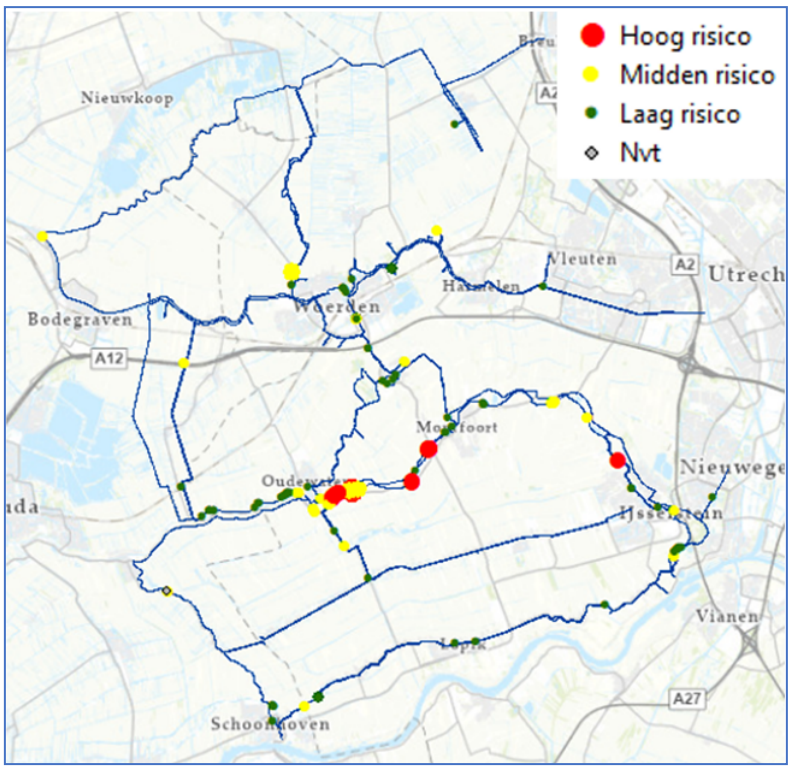
Specifieke uitgangspunten:

- Database bomen (Bomenmonitor Cobra Groeninzicht juni 2022)

10.2 Resultaten

In het beheergebied van HDSR staan 1,6 miljoen bomen uit de bomendatabase (bomenmonitor). Daarvan staan er 17.331 binnen de waterstaatswerkzone van de regionale waterkeringen. Van deze 17.331 bomen staan er 11.180 (64%) op een waterkering met een weg op de kruin.

In de GIS-analyse zijn 169 bomen in een hoge risicoklasse ingedeeld. Deze bomen zijn beoordeeld in een bureaustudie en eventueel tijdens een veldbezoek. Door conservatieve keuzes in de GIS-analyse bleek het mogelijk om tijdens het bureauonderzoek veel bomen in een lagere risicoklasse in te delen. De eindindeling in risicoklassen is te vinden in figuur 24. Er zijn 19 bomen in de hoogste risicoklasse ingedeeld. Daarnaast zijn er 74 bomen met een midden risico beoordeeld.



Figuur 24: definitieve risico-indeling bomen.

10.3 Conclusie

Er zijn 19 bomen op basis van het technisch oordeel in de hoogste risicoklasse ingedeeld. Deze bomen staan allemaal op keringen langs de Hollandse IJssel. De waterkeringen waar deze bomen op staan, in totaal heeft 215 m verdeeld over 9 strekkingen, hebben het technisch oordeel ‘onvoldoende’ op faalmechanisme NWO-bomen gekregen. Al deze strekkingen maken onderdeel uit van een lopend project.

Bij het opstellen van het beheerdersoordeel is ook 230 m van de Grechtkade West als onvoldoende beoordeeld vanwege de aanwezigheid van bomen in de teen van de waterkering. De stabiliteitsfactor (STBI) van deze waterkering zonder bomen ligt rond de norm.

11. Overige faalmechanismen

Een aantal faalmechanismen is niet relevant voor de regionale waterkeringen in beheer van HDSR of vormen een verwaarloosbaar klein risico. In een aantal redeneerlijnen is de onderbouwing hiervan voor bekleding, microstabiliteit, bebouwing en voorlanden gegeven. In paragraaf 11.5 worden een aantal bijzondere situaties besproken. Paragraaf 11.6 gaat in op risico's voor de waterkering die niet in een bestaand toetsspoor gedekt worden.

11.1 Stabiliteit bekleding

Voor het faalspoor bekleding (STBK) is op basis van een kwalitatieve analyse bepaald dat de kans op een overstroming door het falen van de bekleding van de regionale waterkering van HDSR verwaarloosbaar is en in ieder geval kleiner dan gesteld op basis van de IPO-veiligheidsnormen. De beperkte waterbreedtes bij HDSR (<40 meter) zorgen dat de golfhoogte beperkt blijft tot maximaal 15 cm.
De kwalitatieve analyse is beschreven in 'Redeneerlijn STBK' d.d. 08-02-2024, DM1997051

11.2 Microstabiliteit

Binnen het areaal van de regionale waterkeringen in het beheergebied van HDSR zijn geen dijken van zand aanwezig. Dijken zijn hoofdzakelijk opgebouwd met dijkmateriaal dat kleiig van aard is. Een mogelijke uitzondering van dijken waar zand in de kern voorkomt, zijn wegen (wegcunet). De wegen liggen dermate hoog in de kern van de dijk dat de kans op uitspoeling door hoog water verwaarloosbaar klein is. Bovendien is dit zand goed verdicht, wat uitspoeling tegengaat. Ook is het verschil tussen dagelijkse en maatgevende waterstanden klein. Het falen door micro-instabiliteit is een langzaam verlopend faalmechanisme, dat bij regelmatige inspecties tijdig kan worden gesignaleerd.

Op basis van bovenstaande krijgen alle regionale waterkeringen in het beheergebied van HDSR het oordeel 'voldoende' (niet relevant) op het faalspoor STMI. De kwalitatieve analyse is beschreven in 'Redeneerlijn STMI' d.d. 17-04-2024, DM1990214.

11.3 NWO bebouwing

Voor het faalspoor Niet-Waterkerende Objecten Bebouwing (NWO_Bebo) is op basis van een kwalitatieve analyse bepaald dat de kans op een regionale overstroming door invloed van bebouwing op-of naast de waterkering binnen het areaal van HDSR verwaarloosbaar klein is, en in ieder geval kleiner dan gesteld op basis van de IPO-veiligheidsnormen.

Om de geldigheid van deze kwalitatieve beschouwing in de praktijk te toetsen zijn steekproefsgewijs de meest risicovolle panden in meer detail beschouwd. Geen van de in detail beschouwde bouwwerken vormen een dermate groot risico op waterveiligheidsgebied dat het tot afkeur van de waterkering leidt. De steekproef bevestigt daarmee de redeneerlijn. De kans dat bebouwing verder van de waterkeringlijn of langs meer robuuste waterkeringen een groot veiligheidsrisico vormt is zeer klein.

De kwalitatieve analyse is beschreven in ‘Redeneerlijn NWO Bebouwing’ d.d. 08-02-2024, DM1997052.

11.4 Stabiliteit voorlanden

In de toetsing van de faalmechanismen is het werkelijk aanwezige profiel beoordeeld, dus inclusief voorlanden. Een aparte beschouwing van de voorlanden is daarmee niet relevant.

De kans dat bij de regionale waterkeringen van HDSR falen van het voorland optreedt en via een vervolgmechanisme tot een doorbraak leidt is extreem klein en in alle gevallen voldoende klein. Voorlanden in het beheergebied van HDSR voegen juist sterkte / een extra robuustheid toe aan de waterkering. Derhalve worden alle regionale waterkeringen goedgekeurd voor dit faalmechanisme.

De kwalitatieve analyse is beschreven in ‘Redeneerlijn STVL’ d.d. 08-02-2024, DM1997053.

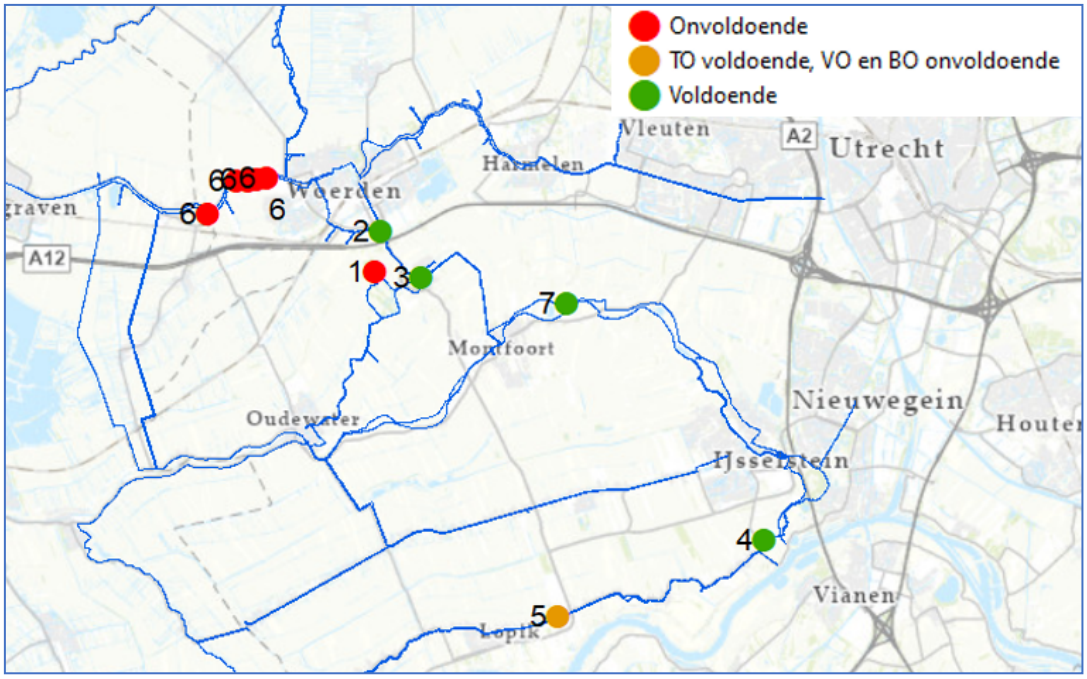
11.5 Doorsnijdingen keringen

Om te komen tot logische kadestrekkingen zijn in het verleden ook waterkeringen aangewezen op locaties waar sprake is van niet-overstroombaar achterland. De waterkeringen liggen hier ‘verholen’ in het landschap. Deze liggen vooral in het zuidoosten van het beheergebied.

Zichtbaar effect van deze verholen keringen is dat er doorsnijdingen (sloten of bruggetjes) zijn. De fysieke waterkering ligt dan niet op de referentielijn, maar op een andere locatie. Hierdoor kan het zijn dat er in de theoretische waterkeringlijn bruggen en andere doorsnijdingen voorkomen zonder dat dit direct tot een overstroming leidt. Feitelijk is er dan geen sprake van een waterkering en ligt de fysieke waterkering op een andere locatie. Tijdens de toetsing zijn in het beheergebied van HDSR zeven locaties met dergelijke doorsnijdingen geïdentificeerd.

Door bodemdaling of andere ontwikkelingen kunnen deze doorsnijdingen toch een risico (zijn) gaan vormen. Daarom zijn de doorsnijdingen in deze toetsing beoordeeld. Daarbij is de kans op een overstroming per locatie kwalitatief in kaart gebracht. De toetsing bestaat uit een toetsing op hoogte. Daarnaast is een inschatting gemaakt op basis van expert judgement of andere faalmechanismen een risico vormen. Gezien het vaak hooggelegen achterland is dat nergens het geval.
De toets op hoogte wordt uitgevoerd door een visuele check op de toetshoogte in het AHN4. Daarbij wordt geanalyseerd of er langs het oppervlaktewater achter de doorsnijding minimaal 1,5 m op toetshoogte aanwezig is. Aansluitend is op basis van gesprekken met rayonmedewerkers en/of een veldbezoek het beheerdersoordeel opgesteld.

In figuur 25 is het veiligheidsoordeel voor de doorsnijdingen gegeven. De als onvoldoende beoordeelde doorsnijdingen vormen geen groot veiligheidsrisico. Het aanpassen van deze situaties heeft daarom een lage urgentie. Wel is het belangrijk om te zorgen dat de situatie in het veld overeen komt met de situaties op papier. Een uitgebreidere toelichting op de methodiek en resultaten is te vinden in de rapportage ‘Toetsing doorsnijdingen RWK’ d.d. 29-05-2024, DM1997054 en de bijbehorende database.



Figuur 25: Overzichtskaart doorsnijdingen

11.6 Niet beschouwde faalmechanismen

Een waterkering kan ook falen op een manier die niet in de getoetste faalmechanismen is meegenomen, bijvoorbeeld door menselijk handelen. Een (30 jaar oud) voorbeeld uit het beheergebied van HDSR is de afschuiving van een waterkering doordat direct naast de kering gegraven werd voor de aanleg van een nieuwe schuur. Ook werkzaamheden aan bijvoorbeeld wegen, oeverbescherming of leidingen kunnen een risico vormen.

Een ander risico is graverij door bijvoorbeeld rivierkreeften, muskusratten of bevers. Door de grote holen vormen vooral bevers een risico. Bij andere waterschappen zijn meerdere ernstige schades door bevergraverij geweest. Door tijdige signalering en/of de lokale omstandigheden heeft dit gelukkig nog niet tot een overstroming geleid.

Om het risico van bevergraverij te relateren aan de norm van de waterkering is nog geen toetsmethodiek beschikbaar. Op dit moment is het aantal bevers in de regionale waterlichamen van HDSR beperkt. De inschatting van het toetsteam is dat bevers daarmee, op de peildatum 1 januari 2024, geen onacceptabel risico vormen voor de regionale waterkeringen. Gezien de groei van de beverpopulatie over Nederland en de ervaringen bij andere waterschappen is de kans groot dat bevers binnen enkele jaren een reëel risico vormen voor het functioneren van een aantal regionale waterkeringen. Hoewel dit moeilijk te kwantificeren is lijken (beheer)maatregelen op dit vlak noodzakelijk om te zorgen dat de regionale keringen aan de veiligheidsnormen blijven voldoen.

12. Beheerdersoordeel

Het opstellen van het beheerdersoordeel is beschreven in *'Beheerdersoordeel HDSR - Regionale Waterkeringen'.* d.d. 08-04-2024, DM1990988.
Dit hoofdstuk is een samenvatting van de uitgangspunten, werkwijze en resultaten.

12.1 Werkwijze

Op 30 januari, 1, 7 en 8 februari 2024 hebben werksessies plaatsgevonden om het beheerdersoordeel op te stellen voor de waterkeringen in de verschillende gebieden van HDSR. Bij deze werksessies waren het toetsteam, de rayonmedewerkers, de gebiedsbeheerders en een assetbeheerder aanwezig. Tijdens de werksessies bleek dat er voor een aantal locaties veldbezoeken benodigd waren. Deze veldbezoeken hebben in de middagen na de werksessie direct plaatsgevonden.

Het technisch oordeel is de basis geweest voor het ophalen van het beheerdersoordeel. Basisvraag was of het technisch oordeel voor een kadevak herkend wordt. In de technische toetsing waren voor een aantal locaties opmerkingen gemaakt als start voor het beheerdersoordeel. Dit waren onder andere verkennende berekeningen voor STBI, of overwegingen die in het beheerdersoordeel beschouwd konden worden.

Doordat de technische oordelen inclusief kanttekeningen bij het opstellen van het beheerdersoordeel bekend waren heeft in de sessies ook gelijk een afweging van het technisch oordeel en het beheerdersoordeel plaatsgevonden. Voor alle kadestrekkingen is de consensus dat het beheerdersoordeel tevens het eindoordeel is.

12.2 Resultaten

Het overall beeld bij het beheerdersoordeel is dat de oordelen veelal overeenkomen met de technische oordelen. Er zijn plaatselijke afwijkingen geconstateerd, welke ofwel middels de werksessie ofwel tijdens het aanvullende veldbezoek zijn benoemd. De locaties met afwijkingen betreffen over het algemeen plekken waar het technisch oordeel op het randje tussen goedkeur en afkeur lag. Op het faalmechanisme binnenwaartse stabiliteit was het opvallend dat ook een aantal locaties met een groot berekend stabiliteitstekort toch een beheerdersoordeel 'voldoende' kregen. Dit betreft vooral 'oude' keringen met een weg erop. De extra sterkte door historische belastingen is op dit soort locaties vaak moeilijk in de berekeningen mee te nemen. Binnen de beheerorganisatie zijn geen aanwijzingen voor het mogelijk optreden van piping bekend. Daarom is het beheerdersoordeel piping voor alle regionale waterkeringen 'voldoende'.

Voor 96% van de waterkeringen is het beheerdersoordeel overeenkomstig met het technisch oordeel. Over 14,4 km wijkt het beheerdersoordeel af van het technisch oordeel. 11 km heeft een technisch oordeel 'onvoldoende', maar heeft als beheerdersoordeel (en eindoordeel) 'voldoende'. 2,6 km was technisch als voldoende beoordeeld, maar is in het beheerdersoordeel afgekeurd. Over 0,9 km wijkt het beheerdersoordeel voor een specifiek faalmechanisme af van het technisch oordeel, maar is het overall technisch oordeel gelijk aan het beheerdersoordeel.

In tabel 9 en tabel 10 zijn technisch oordeel en beheerdersoordeel per faalmechanisme onder elkaar gezet. De resultaten zijn op kaart weergegeven in hoofdstuk 13.

Tabel 9: Technisch oordeel en beheerdersoordeel per faalmechanisme

Lengte (km) afgekeurd	TO/BO	Hoogte	Piping	STBI	STBU	STMI	STBK	STVL	Bomen	K&L	Bebouwing	KW	Door-snijdingen
Technisch oordeel	43	17	7	20	8	0	0	0	0,2	0,02	0	0	0,07
Beheerdersoordeel	35	17	0	17	7	0	0	0	0,5	0,02	0	0,01	0,07

Tabel 10: Technisch oordeel en beheerdersoordeel per faalmechanisme

Lengte (%) afgekeurd	TO/BO	Hoogte	Piping	STBI	STBU	STMI	STBK	STVL	Bomen	K&L	Bebouwing	KW	Door-snijdingen
Technisch oordeel	13%	5%	2%	6%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Beheerdersoordeel	10%	5%	0%	5%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

12.3 Overige opgehaalde informatie

Tijdens de toetsing, zowel de technische toets als bij het ophalen van het beheerdersoordeel zijn een aantal bijzondere situaties aan het licht gekomen. Deze zorgen niet per definitie voor een onvoldoende oordeel, maar geven vragen wel aandacht in het (gegevens)beheer. Enkele voorbeelden zijn:

- Weijpoortse Molen (en andere locaties); waterkeringlijn doorsnijdt een peilgebied. De waterkering ligt op een aantal locaties niet gelijk met de peilscheiding;
- Voor het oostelijk deel van de Gekanaliseerde Hollandsche IJssel (GHIJ) en de doorslag is het de vraag of de Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA) waterstanden voldoende goed in de hydraulische randvoorwaarden zitten;
- Vooral in het oostelijke deel van de GHIJ en de Leidsche Rijn ligt de waterkeringgrens niet altijd op een peilscheiding. Op dit soort locaties liggen vaak grote duikers zonder afsluitmogelijkheid. Vanwege het geringe peilverschil en het hoge maaiveld leidt dit niet tot overstromingsrisico's en een dus afkeur in deze toetsing. Het water stroomt er echter wel eens 'als een wildwaterbaan door de woonwijk', met ongewenste effecten tot gevolg zoals erosie, rondpompen van water en verminderde effectiviteit van de KWA;
- Sommige waterkeringen en kunstwerken vertonen gebreken die niet direct een risico vormen voor de waterveiligheid, maar wel op termijn de waterkerende functie kunnen aantasten, een risico zijn voor de omgeving of hoge onderhoudskosten veroorzaken. Voorbeelden zijn:
    - Lekkages die een risico vormen voor weggebruikers door plas- en/of ijsvorming;
    - De deuren van sluis Montfoort zijn binnenkort toe aan onderhoud;
    - Rond sluis Woerdens Verlaat vinden verzakkingen plaats die periodiek hersteld moeten worden. Ook komen de sluiswanden naar binnen toe.
- Op een aantal locaties ligt de feitelijke, fysieke, waterkering niet op de referentielijn van de legger. Een voorbeeld zijn de hoge, waterkerende voorlanden met daarachter een lage weg als juridische kering. Een ander voorbeeld zijn de doorsnijdingen/bruggetjes die op een beperkt aantal locaties in de waterkeringen te vinden zijn.

13. Eindoordelen toetsing

13.1 Veiligheidsoordeel

In tabel 11 zijn de eindoordelen van de toetsing te vinden. Het eindoordeel is gelijk aan het beheerdersoordeel. Doordat de technische oordelen inclusief kanttekeningen bij het opstellen van het beheerdersoordeel bekend waren heeft in de sessies ‘opstellen beheerdersoordeel’ ook gelijk een afweging van het technisch oordeel en het beheerdersoordeel plaatsgevonden.

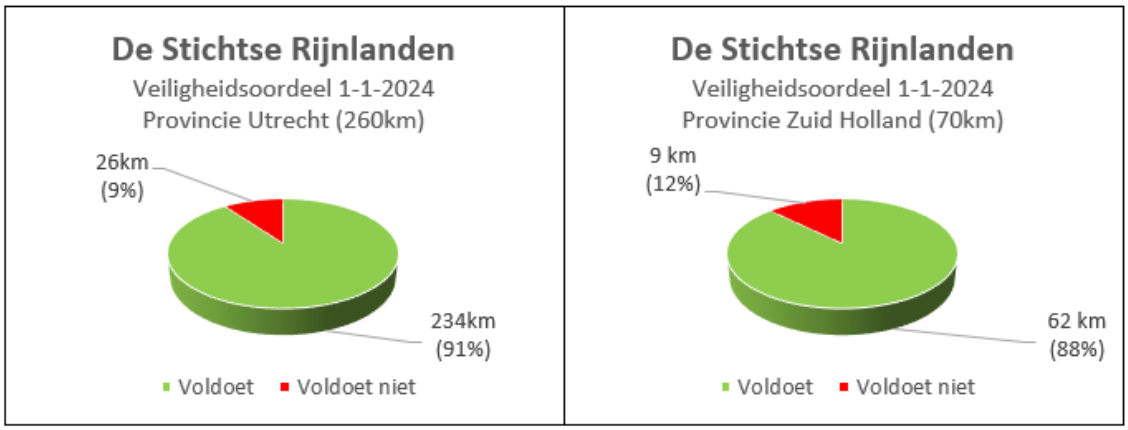
In tabel 11 is af te lezen dat het grootste deel van de afkeur veroorzaakt worden door een tekort op hoogte en/of stabiliteit binnenwaarts. Alleen op een klein aantal incidentele locaties wordt niet aan de norm voldaan door kunstwerken of bomen.

Conform de doelstelling zijn in deze toetsronde alle regionale waterkeringen van een toetsoordeel voorzien. Er resteren geen kadevakken waar ‘nog geen oordeel’ voor is.

Tabel 11: Veiligheidsoordeel, technisch oordeel en beheerdersoordeel per faalmechanisme

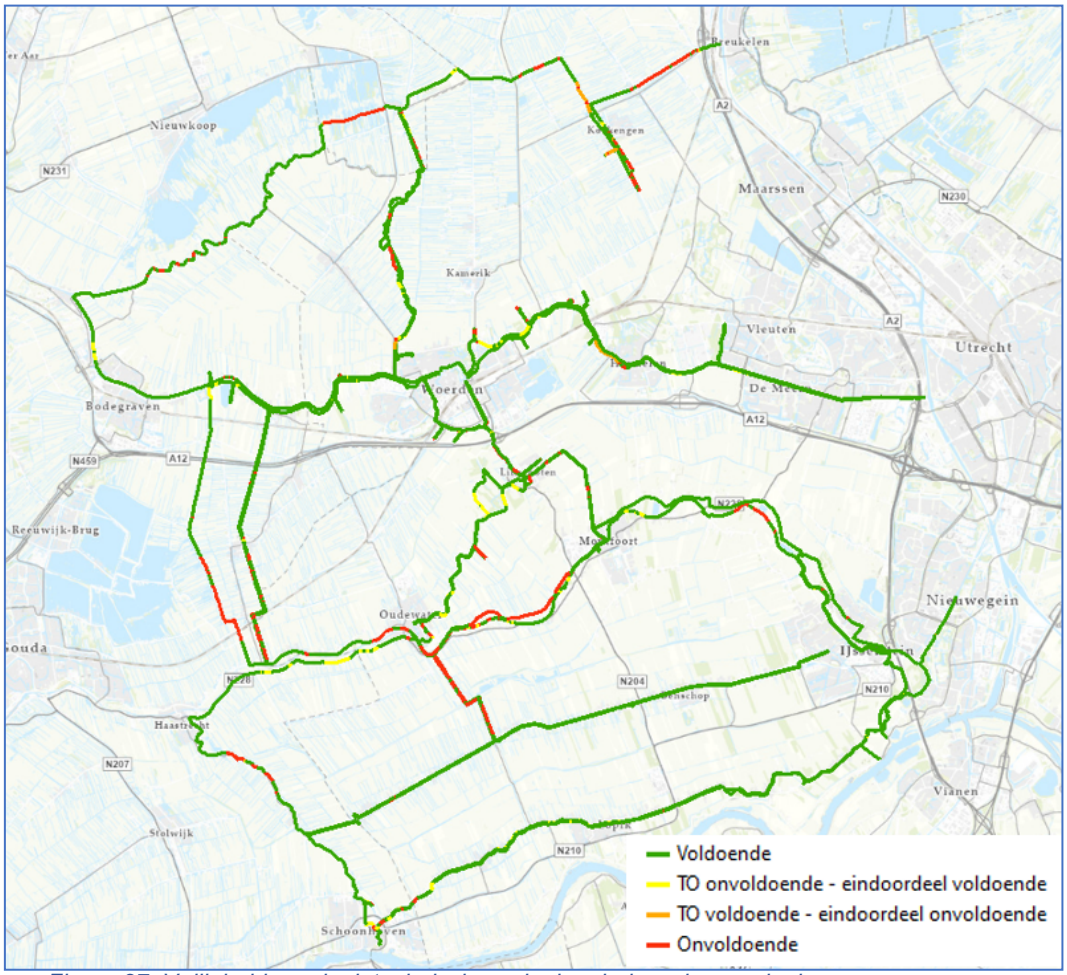
Oordeel	Faalmechanismen	Voldoende (km)	Onvoldoende (km)
Veiligheidsoordeel		295	35
Technisch oordeel		287	43
	Hoogte	313	17
	Piping	324	7
	STBI	310	20
	STBU	322	8
	NWO's	330	0,2
	Overige	330	0
Beheerdersoordeel		295	35
	Hoogte	313	17
	Piping	330	0
	STBI	313	17
	STBU	323	7
	NWO’s en overige	329	1

De regionale waterkeringen van HDSR liggen gedeeltelijk in de provincie Utrecht en gedeeltelijk in de provincie Zuid-Holland. De verdeling van de goedgekeurde en afgekeurde strekkingen per provincie is weergegeven in figuur 26.



Figuur 26: Veiligheidsoordeel per provincie

De geografische ligging van de goedgekeurde en afgekeurde strekkingen is te vinden in figuur 27. In deze figuur zijn ook de locaties zichtbaar waar het beheerdersoordeel afwijkt van het technisch oordeel. De kaart is gebaseerd op de einddatabase (eindtabel) met alle technische oordelen en beheerdersoordelen per strekking per faalmechanisme. De opbouw van deze database is te vinden in bijlage 1.



Figuur 27: Veiligheidsoordeel, technisch oordeel en beheerdersoordeel

14. Maatregelen en risicobeheersing

In voorgaand hoofdstuk zijn de eindoordelen van de toetsing weergegeven. Hieruit blijkt dat het overgrote deel van de regionale waterkeringen op peildatum voldoet aan de norm. Een veel kleiner deel voldoet (nog) niet aan deze norm. Het waterschap is als beheerder verantwoordelijk voor het op orde brengen en houden van de regionale waterveiligheid. Dat wil zeggen dat de bestaande waterveiligheidsrisico's op doelmatige, passende wijze beheerst moeten worden.

HDSR hanteert verschillende bedrijfsprocessen voor de beheersing van deze waterveiligheidsrisico's. De belangrijkste beheersmaatregel is het uitvoeren van groot onderhoud zodat de afgekeurde waterkering weer aan de norm voldoet. Om de risico's in de tussentijd te beperken worden de risico's beheerst middels toepassing van de zorgplicht. In onderstaande paragrafen is dit nader toegelicht.

14.1 Groot Onderhoud

Uit de eerste toetsronde op veiligheid voor de regionale waterkeringen bleek een groot deel van het areaal niet te voldoen aan de wettelijke norm. HDSR heeft in de periode 2012-2024 een flinke inhaalslag gemaakt met het op orde brengen hiervan. In deze periode is circa 123km regionale waterkeringen verbeterd. Echter, met deze realisatie is het werk aan de regionale waterkeringen niet gereed. Gesteld kan worden dat de uitvoering van groot onderhoud oneindig van karakter is. Periodiek zal onderhoud opnieuw plaats moeten vinden om ervoor te zorgen dat de regionale waterkeringen aan de normen blijven voldoen. Immers, de kwaliteit van de waterkeringen verslechterd door de tijd onder invloed van weersomstandigheden en medegebruik. Daarnaast hebben verandering van het klimaat, bodemdaling en zettingen invloed op de functie van de waterkering.

Voor het op orde brengen en houden van de waterkeringen in het verlengde van de tweede toetsronde heeft HDSR een 'voortrollend' grootonderhoudsplan op- en vastgesteld. Het betreft een investeringsprogramma waarmee de toekomstige opgave voor de regionale waterkeringen wordt geprogrammeerd, voorbereid en uitgevoerd. Het programma is voortrollend omdat de looptijd in theorie oneindig is. Gekozen is om in een voortrollend GOP altijd kredietruimte te hebben voor de dekking van de uitgaven in de komend vijf kalenderjaren. Ieder jaar wordt een nieuw vijfde jaar toegevoegd aan het krediet. Hiermee blijft de dekking altijd passend voor de geprognosticeerde uitgaven, ook als deze veranderen.

Een voortrollend GOP biedt een aantal belangrijke voordelen ten opzichte van een GOP met een vaste looptijd:

<u>Risicogestuurd programmeren</u>
Jaarlijks komt een bepaalde hoeveelheid waterkeringen in aanmerking voor groot onderhoud. De exacte programmering is afhankelijk van de toestand van de betreffende waterkering. De theoretische (rest)levensduur die tijdens de periodieke toetsronde wordt bepaald, geeft slechts een indicatie van de termijn waarop onderhoud zal moeten worden uitgevoerd. De kwaliteit van de waterkering kan door de tijd sneller, dan wel langzamer, verslechteren dan vooraf is bepaald. Meerdere factoren spelen daar een rol in. Te denken valt aan medegebruiksfuncties, aanpassing van

waterveiligheidsnormen, klimaatverandering en de werkelijk optredende bodemdaling. Inspectie en tussentijds hertoetsen van de waterkeringen kan een voortschrijdend inzicht bieden in de termijn waarop waterkeringen daadwerkelijk onderhouden moeten worden (toestandsafhankelijk onderhoud).

HDSR werkt hiervoor aan de implementatie en verbetering van het assetmanagement. Hieruit volgen de benodigde processen om de staat van onderhoud nog beter te volgen en onderhoud risicogestuurd te programmeren en uit te voeren. Daarnaast biedt de ervaring die wordt opgedaan in de lopende en reeds uitgevoerde projecten basis om het voortschrijdend inzicht te verwerken in de jaarlijkse actualisatie van de opgave en de daarvoor benodigde kredietruimte.

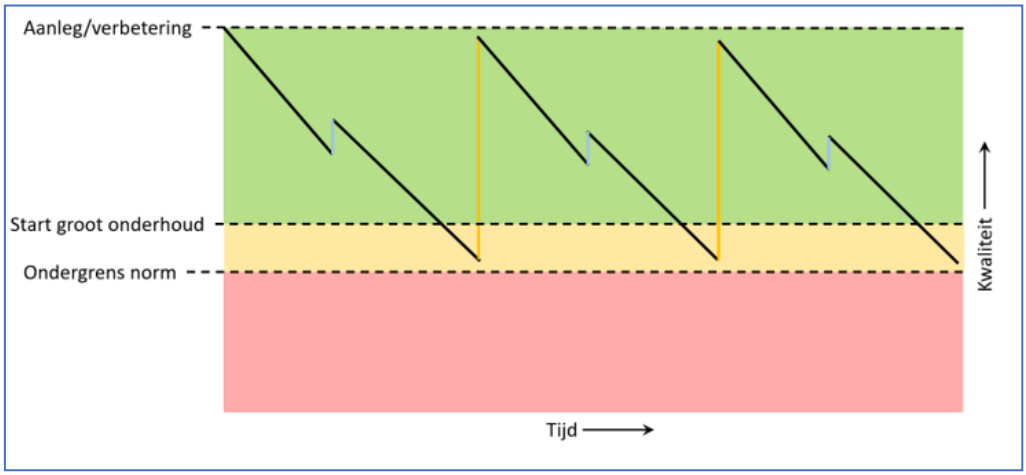
Flexibel

Voorheen zijn GOP's vastgesteld met een vaste looptijd van vijf jaar. Een vijfjarenplan is een hanteerbare horizon. Echter, tegen het einde van de looptijd wordt de grens planmatig en budgettair een probleem. Projecten kunnen nog niet worden opgestart als deze in het volgende vijfjarenplan gaan vallen. Door de lange doorlooptijd van de projecten van dit vijfjarenplan blijft ook het aflopende GOP nog jaren in de lucht. Een voortrollend programma kent deze problemen niet. Het statisch Grootonderhoudsplan wordt een dynamisch Grootonderhoudsprogramma, waarbij ingespeeld wordt op de kansen die langs komen en ingespeeld kan worden op onvoorzien onderhoud en voortschrijdend inzicht.

Van reactief naar proactief onderhoud

In dit voortrollend GOP wordt het zwaartepunt van de opgave verlegd van het op orde brengen van de regionale waterkeringen naar het op orde houden van de regionale waterkeringen. Hierbij wordt opnieuw het onderscheid gemaakt tussen verbeteren en in stand houden. Verbeteren geldt voor de waterkeringen die op het moment van toetsen al niet meer aan de norm voldoen. Hiervoor geldt een acute opgave om waterveiligheidsrisico's te beheersen. Instandhouden geldt voor de trajecten die op het moment van toetsen nog aan de norm voldoen, maar hier op korte termijn onder zullen zakken. Doel is dat het zwaartepunt van het voortrollend onderhoud op termijn zal liggen bij de instandhoudingsopgave.

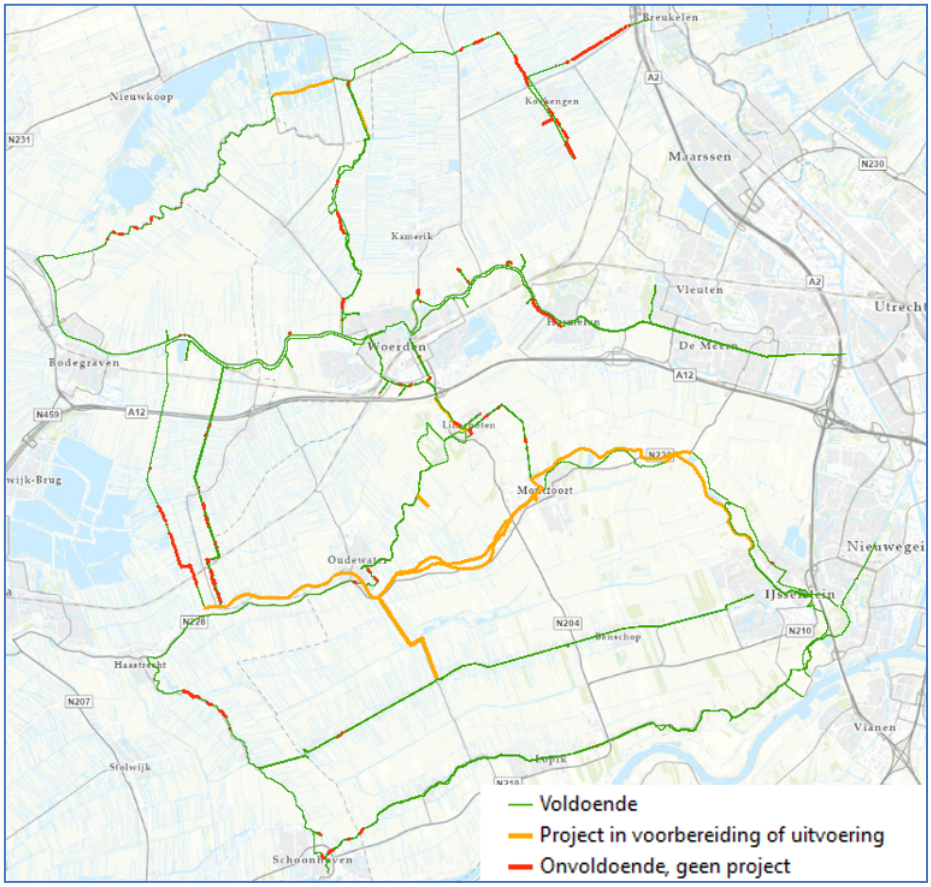
In figuur 28 is de levenscyclus van een waterkering weergegeven wanneer de focus ligt op het proactief uitvoeren van onderhoud. De grafiek geeft het kwaliteitsniveau van de waterkering weer. Door de loop van de tijd degradeert deze. Door de uitvoering van dagelijks onderhoud (blauwe verticale lijn) en de uitvoering van groot onderhoud (oranje verticale lijn) wordt de kwaliteit van de waterkering verbeterd. Hiermee wordt de levensduur verlengd. Het doel van dit voortrollend GOP is om het onderhoud aan de regionale waterkeringen zodanig te programmeren, dat het onderhoud wordt uitgevoerd voordat de ondergrensnorm bereikt wordt. Hiermee wordt de situatie bereikt waarin het areaal continu op orde is.



Figuur 28: Levenscyclus waterkering bij uitvoeren proactief onderhoud

Nieuwe opgave vs. actuele projecten

Van de 35 km waterkering die als onvoldoende is beoordeeld is 16 km al onderdeel van een project in voorbereiding of uitvoering. Dit is weergegeven in figuur 29.



Figuur 29: Projecten in voorbereiding of uitvoering in relatie tot het veiligheidsoordeel

De overige afgekeurde strekkingen worden samen met de waterkeringen die de komende jaren onder toetshoogte zakken opgenomen in een groot onderhoudsprogramma (GOP). Het streven is om de afgekeurde keringen snel op orde te brengen binnen de aanwezige capaciteit van de eigen organisatie en de markt. Om de maatschappelijke overlast te beperken wordt de planning van

waterkeringenprojecten samen opgesteld met gebiedspartners zoals wegbeheerders en natuurbeheerders. Voor de uitvoering van projecten worden nieuwe raamafspraken gemaakt met de provincies.

In de eerste toetsronde (2008-2012) werd een groot deel van de keringen afgekeurd. De afgelopen jaren zijn deze keringen in grote projecten aangepakt en verbeterd. Uit deze tweede toetsronde volgt dan ook een veel kleinere opgave. De opgave is ook anders: na de eerste toetsronde zijn vooral lange strekkingen aangepakt. Door deze prioritering, maar ook door het hogere detailniveau van de tweede toetsronden bestaat de huidige opgave voor een groot deel uit kortere, meer versnipperde kadestrekkingen. Daarnaast zorgt de bodemdaling in het veenweidegebied ervoor dat over lange strekkingen groot onderhoud (op hoogte) noodzakelijk zal zijn.

Er zijn geen waterkeringen gevonden met een dermate groot veiligheidstekort dat acute noodmaatregelen noodzakelijk zijn. Een beperkt aantal lage kadestrekkingen is bekend bij de gebiedsteams. Indien van toepassing wordt er extra geïnspecteerd, worden hier zandzakken geplaatst of wordt eerder gestopt met bemalen. Deze processen zijn nader beschreven in de volgende paragraaf.

14.2 Zorgplicht Regionale Waterkeringen

In de recente geschiedenis zijn bij HDSR geen significante waterveiligheidsrisico's opgetreden. Om dit ook in de toekomst te voorkomen, wordt gewerkt aan diverse processen in het kader van beheersing van waterveiligheidsrisico's. Dit geldt in het bijzonder voor de waterkeringen die na toetsing niet aan de norm voldoen én nog niet projectmatig verbeterd of in stand gehouden zijn. Immers, de capaciteit van de projectenorganisatie en markt zijn gelimiteerd. Ook kennen de projecten vaak een doorlooptijd van meerdere jaren.

Als middel om de risico's te beheersen zijn de beheerprocessen uitgewerkt conform de structuren en principes van de zorgplicht. Als onderdeel daarvan is het inspectieproces voor de regionale keringen doorontwikkeld. De regionale waterkeringen worden minimaal eens per jaar visueel geïnspecteerd. Daarnaast worden aanvullend specifieke inspecties uitgevoerd. Voorbeelden daarvan zijn de droogte-gerelateerde inspecties, of inspecties tijdens verhoogde waterstanden.

Uiteraard is met de uitvoering van de tweede toetsronde op zichzelf ook een belangrijke stap gezet in de beheersing van risico's. Doordat voor alle regionale waterkeringen de actuele afstand tot de absolute norm wordt bepaald, kan de beheersing van risico's op gerichte wijze plaatsvinden. Bijvoorbeeld door de inzet van risicogestuurde inspecties of beheersmaatregelen tijdens verhoogde waterstanden voor de waterkeringen die niet of net niet aan de norm voldoen.

Een andere belangrijke pijler binnen de zorgplicht in het kader van risicobeheersing is de crisisorganisatie. Hiervoor is binnen HDSR veel aandacht. Mocht het onverhoopt ergens mis gaan, dan treedt het crisisbestrijdingsplan in werking. De crisisorganisatie is daarbij zodanig georganiseerd, dat adequaat kan worden opgetreden. Nogmaals, in de recente geschiedenis is dit nagenoeg niet voorgekomen. Evengoed worden met regelmaat oefeningen georganiseerd om de benodigde kennis en ervaring op peil te houden. In het kader van kennisdeling vindt dit in veel gevallen plaats in samenwerking met andere waterschappen en de veiligheidsregio's.

15. Evaluatie toetsproces

Er heeft gedurende de toetsing met grote regelmaat externe kennisuitwisseling en afstemming plaatsgevonden. Dit geldt zowel voor de college-waterschappen, als de toezichthoudende provincies. Deze samenwerking is als prettig ervaren en zeer waardevol gebleken. Een nadere evaluatie van de externe samenwerkingen vindt plaats in West-Nederland-verband na afronding van de toetsing.

Voor aantal faalmechanismen; met name NWO's en stabiliteit buitenwaarts was het lastig om een passende toetsmethodiek te vinden. De leidraden zijn vooral geschreven voor primaire keringen en daarmee niet altijd passend bij de regionale keringen. Veel waterkeringen zouden op basis hiervan afgekeurd worden, maar tegelijkertijd is het aantal gefaalde waterkeringen de afgelopen jaren klein. Door deze discrepantie zijn waterschappen op zoek gegaan naar meer passende toetsmethodieken. Ondanks afstemming tussen verschillende waterschappen is daarbij een verschil in aanpak ontstaan tussen de verschillende waterschappen vanwege verschillen in areaal, organisatie(vorm) en beheersystematiek.

Het adviesteam dijkontwerp heeft (voor primaire waterkeringen) de aanbeveling gedaan om naast een robuuste/conservatieve toetsing ook te starten met een beschouwing op basis van ervaring en verwachting. In het werkveld blijft de neiging aanwezig om eerst robuust/conservatief te toetsen en indien nodig meer in detail te beschouwen. Het blijkt lastig om de aanpak met een realistische beschouwing door externe adviesbureau's uit te laten voeren. Enerzijds ontbreekt bij adviesbureau's de specifieke ervaring en gebiedskennis, anderzijds is er bij adviesbureau's de neiging om relatief snel terug te vallen op rekenregels uit de vertrouwde leidraden.

Het beheerregister bleek niet actueel. Dit heeft in het begin vertraging opgeleverd doordat aanvullende gegevens verzameld moesten worden.

De aanpak om te starten met dataverzameling heeft ervoor gezorgd dat soms meer data is verzameld dan nodig. Een proces met achtereenvolgende een eenvoudige (geometrische) toets, data-inwinning en daarna vervolgtoetsing (inclusief eventueel een extra slag data-inwinning lijkt het meest efficiënt. Dit vraagt echter wel een langere doorlooptijd.

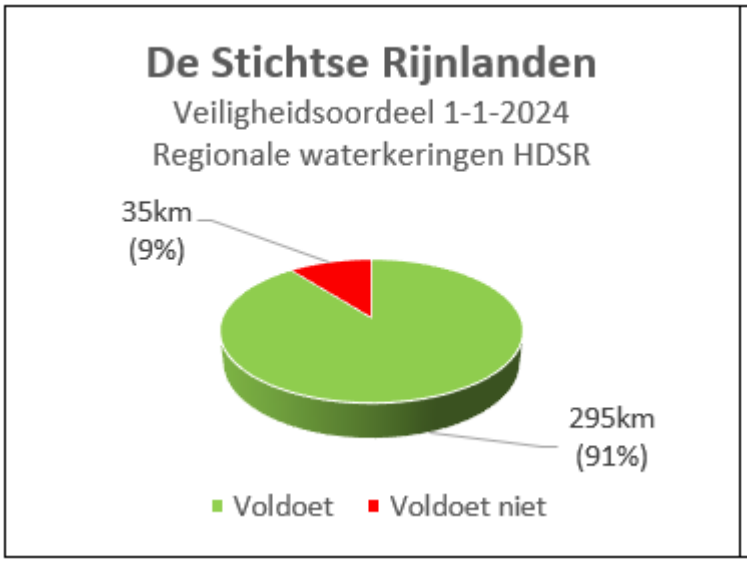
De combinatie van pragmatisme en vergaande automatisering vraagt om een intensieve afstemming tussen de dataspecialist en de adviseur waterkeringen zodat beiden elkaar goed begrijpen. Op een aantal GIS-analyses is een groot aantal iteraties uitgevoerd. Een beperkt aantal testruns is altijd noodzakelijk om de (on)mogelijkheden van automatisering in beeld te brengen, maar met een beter beheerst proces was het mogelijk geweest om sneller tot een goede analyse te komen.

16. Conclusies en aanbevelingen

16.1 Conclusies

De regionale keringen in beheer bij HDSR zijn tussen 2019 en 2024 getoetst. Daarbij is gekozen voor een pragmatische aanpak die gebruik gemaakt van vergaande automatisering en veel aandacht voor het beheerdersoordeel. Dit heeft geleid tot een realistisch toetsresultaat met een hoog detailniveau.

Van de 330 km regionale waterkering in beheer bij HDSR is 295 km goedgekeurd en 35 km afgekeurd. Dit is visueel weergegeven in figuur 30. Het grootste deel van de afkeur wordt veroorzaakt door een tekort op hoogte en/of stabiliteit binnenwaarts. Alleen op een klein aantal incidentele locaties wordt niet aan de norm voldaan door kunstwerken of bomen. Van de 35 km waterkering die als onvoldoende is beoordeeld is 16 km onderdeel van de reeds geprogrammeerde verbeteropgave.



Figuur 30: Samenvatting veiligheidsoordeel

De waterveiligheidsrisico's van de afgekeurde kadestrekkingen worden op een passende, doelmatige wijze beheerst. Verbeterprojecten worden risicogestuurd geprogrammeerd. Om de risico's in de tijd tot verbetering te beperken worden de risico's beheerst middels toepassing van de zorgplicht, met name door extra aandacht in het inspectieproces en de calamiteitenzorg.

16.2 Aanbevelingen

Uit de toetsresultaten en de evaluatie van het toetsproces kunnen de volgende aanbevelingen gedaan worden:

1) Vertaal de toetsresultaten inclusief prognose in een onderhoudsprogramma en actualiseer de onderhouds-/verbeterstrategie
2) Neem de toetsresultaten op in calamiteitenplannen
3) Bereid je, ook communicatief, voor op een mogelijke dijkdoorbraak
4) Actualiseer het beheerregister en de legger
5) Verbeter de situaties (met name kunstwerken) die wel veilig zijn, maar voor een groot waterbezwaar zorgen, of onderhoud nodig hebben.

6) Begin met het verzamelen van gegevens voor een volgende toetsronde
7) Overweeg een tussentijdse ‘toetsing’ light voor het faalmechanisme hoogte
8) Neem maatregelen op in beheerplannen om het risico van bevergraverij te beperken

Deze aanbevelingen worden hieronder verder toegelicht.

Ad1. Vertaal de toetsresultaten inclusief prognose in een onderhoudsprogramma en actualiseer de onderhouds-/verbeterstrategie

De toetsresultaten inclusief prognose maken inzichtelijk waar de komende jaren onderhouds- en verbeterprojecten noodzakelijk zijn. Uit de toetsing volgen relatief veel korte afgekeurde strekkingen. Dit vraag wellicht om een ander type project dan de afgelopen jaren gebruikelijk was.

Tijdens de toetsing kwam naar voren dat veel recent verbeterde waterkeringen met de uitgangspunten van de toetsing weer afgekeurd zouden worden. In verbeterprojecten wordt soms vergaand geoptimaliseerd waardoor deze waterkeringen getoetst kunnen worden zonder zeer gedetailleerd gegevens te verzamelen. In de huidige toetsing zijn deze op basis van de ontwerpberekeningen goedgekeurd. Voor toekomstige toetsingen wordt dit lastiger. Het verdient aanbeveling om de beheer-/onderhoudsstrategie van HDSR te analyseren en actualiseren naar en strategie van scherpt toetsen en robuust onderhouden/verbeteren. Daarbij kan onder andere aan de volgende aspecten gedacht worden:

- Kunnen waterkeringen robuuster ontworpen worden? Bijvoorbeeld door een bredere kruin aan te leggen zodat onderhoud op hoogte in een volgend project met een kleiner ruimtebeslag kan.
- Een belangrijk aspect is de set met geotechnische sterkteparameters. Overweeg om onderscheid te maken tussen de parameterset voor toetsing en voor ontwerp. Zijn lokale parametersets gewenst?

Ad2. Neem de toetsresultaten op in calamiteitenplannen

In de toetsing is veel data gegenereerd die met minimale nabewerking veel inzicht kan geven in waterveiligheidsrisico’s. Een voorbeeld is een kaart met de laagste plekken van een kadevak of boezemsysteem. Ook stabiliteitsberekeningen zijn gestructureerd beschikbaar. Het is verstandig om de calamiteitenplannen te updaten aan de hand van de toetsresultaten en te zorgen dat de data bekend is bij de calamiteitenorganisatie en eenvoudig voor hen toegankelijk is.

Ad3. Bereid je, ook communicatief, voor op een mogelijke dijkdoorbraak

De veiligheidsnormen van de regionale waterkeringen zijn relatief laag, zeker vergeleken met de veiligheidsnormen die aan rivierdijken gesteld worden. Op basis van de norm is de verwachting dat eens in de paar jaar een regionale kering ergens in Nederland faalt. Dat kan ook gebeuren zonder dat de normomstandigheden (waterstanden) overschreden worden. Ook onder dagelijkse omstandigheden kan een kering falen door bijvoorbeeld menselijk handelen, langzame degradatie of (bever)graverij.

Naast de voorbereidingen die de calamiteitenorganisatie van HDSR treft om een dijkdoorbraak te voorkomen en de gevolgen te beperken zou het nuttig zijn om ook op het gebied van publiciteit gesteld te staan voor een mogelijke dijkdoorbraak. De kernboodschap zou daarbij kunnen zijn dat ‘*we in Nederland veel inspanning verrichten om overstromingen te voorkomen. De kosten van het oneindig sterk maken van*

waterkeringen liggen echter veel hoger dan het heel soms herstellen van schade. Daarom wordt een optimum gezocht tussen dijken versterken en schade herstellen.

Daarnaast is het beeld van het toetsteam dat in de huidige situatie het grootste deel van de HDSR-medewerkers denkt dat een voldoende toetsoordeel betekent dat een waterkering '*oneindig veilig*' is. De kennis van faalkansen zou een belangrijk rol moeten spelen bij het delen van de toetsresultaten.

Ad4. Actualiseer het beheerregister en de legger

Tijdens de toetsing is gebleken dat het beheerregister (inclusief legger) niet altijd actueel is. In de toetsing zijn een hoop gegevens uit het archief gehaald of berekend. Met relatief geringe inspanning kan het beheerregister sterk verbeterd worden. Het betreft o.a. de volgende gegevens:

- Een obv het projectenarchief aangevulde database langsconstructies
- Een inventarisatie van de staat van langsconstructies
- Een database met het hoogste maaiveld binnen de waterstaatswerkzone (legger)
- Een kaart met de locatie van recent uitgevoerde projecten

Tot slot is de aanbeveling een proces in te richten om het beheerregister actueel te houden.

Ad5. Verbeter de situaties (met name kunstwerken) die wel veilig zijn, maar voor een groot waterbezwaar zorgen

Bij de gebiedsteams zijn een aantal niet afsluitbare duikers bekend op locaties met een gering peilverschil. Bij hogere waterstanden levert dit hoge debieten in achterliggende peilgebieden op, met ongewenste effecten tot gevolg zoals erosie, rondpompen van water en verminderde effectiviteit van de KWA.

Sommige waterkeringen en kunstwerken vertonen gebreken die niet direct een risico vormen voor de waterveiligheid, maar wel op termijn de waterkerende functie kunnen aantasten, een risico zijn voor de omgeving of hoge onderhoudskosten veroorzaken. Voorbeelden zijn:

- Lekkages die een risico vormen voor weggebruikers door plas- en/of ijsvorming;
- De deuren van sluis Montfoort zijn binnenkort toe aan onderhoud;
- Rond sluis Woerdens Verlaat vinden verzakkingen plaats die periodiek hersteld moeten worden. Ook komen de sluiswanden naar binnen toe.

Ad6. Begin met het verzamelen van gegevens voor een volgende toetsronde

Door innovaties wordt het inwinnen van data steeds makkelijker en goedkoper. Het verdient aanbeveling om te onderzoeken of in het dagelijks beheer tegen geringe kosten informatie ingewonnen kan worden die waardevol is voor toekomstige toetsingen en andere beheervragen. Onder andere kan gedacht worden aan:

- Een soort Street view op groene kades door met een fisheye camera de groene kades af te lopen;
- Actuele hoogtedata voor zettingsgevoelige keringen door bijvoorbeeld een lidar-installatie op maaimaterieel te installeren.

Het is belangrijk om alle metingen en monitoringsgegevens bij elkaar en centraal te beheren. Deze gegevens zijn niet alleen van belang voor toekomstige toetsingen, maar zijn ook voor assetmanagement/beheer belangrijk. Ook kunnen ze de meer duiding geven aan de toetsresultaten.

Ad7. Overweeg een tussentijdse ‘toetsing’ light voor het faalmechanisme hoogte
De hoogtetoets en geprognotiseerde levensduur is vatbaar voor onnauwkeurigheden doordat bodemdaling lastig te bepalen is. Als er een nieuwe AHN beschikbaar komt zal deze een beter beeld van de actuele waterkeringhoogte geven dan de gebruikte AHN4 met geschatte bodemdaling. Op basis van de ontwikkelde analysetool kan tegen geringe inspanning een nieuwe hoogtetoets uitgevoerd worden. Deze nieuwe hoogtetoets zal van grote waarde zijn voor een geactualiseerd onderhoudsprogramma.

Ad8. Neem maatregelen op in beheerplannen om het risico van bevergraverij te beperken
De afgelopen jaren is het aantal bevers in en rond de Nederlandse oppervlaktewateren sterk toegenomen. Zo ook binnen het beheergebied van HDSR. Dit is niet enkel goed nieuws. Immers, bevers kunnen in waterkeringen graven en veroorzaken daarmee een significant waterveiligheidsrisico. De bever is binnen het HDSR-gebied in de uiterwaarden van Amerongen tot aan Schoonhoven waargenomen. Dat is de gehele lengte van de primaire rivierdijk in beheer bij HDSR.

Ook in het regionale systeem zijn bevers gesignaleerd, bijvoorbeeld in het Kromme Rijngebied, het Leidsche Rijngebied en rond de Nieuwkoopse Plassen. Vooralsnog zijn rond de regionale keringen geen beverschades waargenomen. Echter, het is belangrijk om hier proactief mee aan de slag te gaan. Gezien de beschermde status van de bever is het van belang om dit in goede afstemming met de provincies op te pakken.

17. Referenties

In het digitale opleverdossier is een MIDP (master information delivery plan) aanwezig met een totaaloverzicht van alle opgeleverde rapportages en bestanden. Hieronder zijn de direct onderliggende rapportages (17.1) en bestanden (17.2) opgenomen. Onderliggende databases en eventuele tussenproducten zijn te vinden via het MIDP.

17.1 Rapportages

Leidraden

- Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen (LTVRW2015) (STOWA, 2015).
- Materiaalfactoren boezemkaden (STOWA, 2009b)
- Leidraad Waterkerende Kunstwerken in regionale waterkeringen, STOWA, ORK 2011-15.
- Technische uitgangspunten regionale waterkeringen HDSR (DM1644441, versie 1.01) 14 september 2022

Rapportages per faalmechanisme

- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Rapportage hoogte d.d. 29-05-2024, DM1998264
- *Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Rapportage STBI* d.d. 19-01-2024, DM1997046
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Eenvoudige geometrische toets d.d. 03-04-2024, DM1997047
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 -STBI toetsrapportage DAM - d.d. 19-01-2024, DM1997048
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - STBI toetsrapportage geavanceerd - d.d. 19-01-2024, DM1997049
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 Rapportage Stabiliteit buitenwaarts (STBU) - d.d. 29-05-2024, DM1998265
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - STPH toetsrapportage - d.d. 19-01-2024, DM1997050
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Rapportage kunstwerken d.d. 29-05-2024, DM1998267
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Rapportage NWO kabels en leidingen d.d. 03-10-2024, DM2009643
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - Rapportage NWO bomen d.d. 29-05-2024, DM1998266
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - ‘Redeneerlijn STBK’ d.d. 08-02-2024, DM1997051.
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - ‘Redeneerlijn STMI’ d.d. 17-04-2024, DM1990214.
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - ‘Redeneerlijn NWO bebouwing’ d.d. 08-02-2024, DM1997052.
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 - ‘Redeneerlijn STVL’ d.d. 08-02-2024, DM1997053.
- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 – rapportage doorsnijdingen d.d. 29-05-2024, DM1997054

- Toetsing Regionale Waterkeringen HDSR 2024 – Beheerdersoordeel d.d. 08-04-2024, DM1990988

Overige
- BODEMDALING Kruin regionale waterkeringen HDSR - Ref.: NL202015865-R21-100 30 juli 2021

17.2 Databestanden

De databestanden zijn te vinden in DM-dossier 1996511.

Bijlage 1. Toelichting kolommen database

Kolomnaam	***IPO-format***	***Keuzeopties***	***Toelichting***
Naam	Ja		Strekking is onderdeel van dit kadevak
Norm	Ja		IPO-norm kadevak
Datum_vastlegging	Ja		Datum opbouw database
Vaststellingsjaar	Ja	2024	Peildatum in [jaren]
Lengte	Ja		Lengte strekking
Veiligheidsoordeel	Ja	V, VN, NO	Gezien de gebruikte methode is het veiligheidsoordeel gelijk aan het beheerdersoordeel
Opmerking	Ja		Eventuele opmerking (bijv. project in voorbereiding)
Link	Ja		Niet gebruikt
Technisch_oordeel	Ja	V, VN, NO	
Beheerders_oordeel	Ja	V, VN, NO	
Hoogte_oordeel	Ja	V, VN, NO	Technisch oordeel hoogte
Piping_oordeel	Ja	V, VN, NO	Technisch oordeel piping
Binnentalud_oordeel	Ja	V, VN, NO	Technisch oordeel stabiliteit binnenwaarts
Buitentalud_oordeel	Ja	V, VN, NO	Technisch oordeel stabiliteit buitenwaarts
Microstabiliteit_oordeel	Ja	V, VN, NO	Technisch oordeel microstabiliteit
Bekledingen_oordeel	Ja	V, VN, NO	Technisch oordeel bekledingen
Stabiliteit_voorland_oordeel	Ja	V, VN, NO	Technisch oordeel stabiliteit voorland
Bomen_oordeel	Ja	V, VN, NO	Technisch oordeel voor de kering op NWO-bomen
KabelLeiding_oordeel	Ja	V, VN, NO	Technisch oordeel voor de kering op NWO-kabels en leidingen
Bebouwing_oordeel	Ja	V, VN, NO	Technisch oordeel voor de kering op NWO-bebouwing
Kunstwerken_oordeel	Extra info	V, VN, NO	Technisch oordeel kunstwerken
Doorsnijding_oordeel	Extra info	V, VN, NO	Oordeel doorsnijdingen, bijvoorbeeld bruggen in de kering
BO_hoogte	Extra info	V, VN, NO	Beheerdersoordeel hoogte
BO_STBI	Extra info	V, VN, NO	Beheerdersoordeel stabiliteit binnenwaarts
BO_STBU	Extra info	V, VN, NO	Beheerdersoordeel stabiliteit buitenwaarts
BO_STPH	Extra info	V, VN, NO	Beheerdersoordeel piping
BO_overig	Extra info	V, VN, NO	Beheerdersoordeel alle overige faalmechanismen (NWO's, KW, etc.)
Toelichting_beheerdersoordeel	Extra info		Toelichting oordeel vanuit beheerorganisatie indien afwijkend van TO
Welk_oordeel_prevaleert	Extra info		Gezien de gebruikte methode prevaleert altijd het beheerdersoordeel
Handelingsperspectief	Extra info		Niet ingevuld
Urgentie	Extra info		Niet ingevuld
Toelichting_handelingsperspectief	Extra info		Niet ingevuld
Provincie	Extra info	Utrecht Zuid-Holland	
Waterschap	Ja		Tbv gebruik door provincies. Is altijd *Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden*
SHAPE_Length			Lengte strekking