



RWS BEDRIJFSVERTROUWELIJK

Grote Kolksluis Vernieuwing

Waterveiligheid & Laag Water

Datum	15 september 2025
Versie	01
Status	DEFINITIEF

Colofon

Uitgegeven door

Auteurs

Informatie

Telefoon

Mobiel

E-mail

Datum

Versie

Status

WVL Waterveiligheid & Water

5.1.2e

5.1.2e @rws.nl, 5.1.2e @rws.nl

15 september 2025

01

Definitief

Versiebeheer

01	17-06-2025	Concept voor ON
02	27-06-2025	Concept voor kwaliteitsborging en review
03	10-07-2025	Reviews ontvangen
04	18-08-2025	Eindconcept, reviews verwerkt
D01	15-09-2025	Definitief

Inhoudsopgave

Inleiding 4

1 Beantwoording adviesvraag5

- 1.1. Hoog water 5
- 1.2. Laag water 6

2 Situatiebeschrijving 7

- 2.1. Watersysteem 7
- 2.2. Beschrijving constructie en keermiddelen 9
- 2.3. Beschrijving gebruik en bediening voor waterveiligheid 10
- 2.4. Te onderzoeken oplossingsrichtingen 11

3 Uitgangspunten analyses 12

- 3.1. Waterveiligheidsbeoordeling 12
- 3.2. Hydraulische belastingen 14

4 Resultaten analyses 18

- 4.1. Sluitvragen per jaar 18
- 4.2. Hoog water: Waterveiligheidsbeoordeling 21
- 4.3. Laagwater 29

5 Referenties 33

Bijlage A KNMI'23-klimaatscenario's (droog) 34

Bijlage B Scoretabel niet-sluiten 35

Bijlage C Doorkijk naar aankomende HB-veranderingen 36

Inleiding

Aanleiding

De Grote Kolksluis, gelegen in Zwartsluis, is onderdeel van een primaire waterkering en biedt doorgang van het Zwarte Water naar het Meppelerdiep voor recreatievaart in de zomerperiode. Delen van de sluis moeten vernieuwd worden en daarom voert Rijkswaterstaat Oost-Nederland (RWS ON) een regioanalyse uit. Binnen deze fase is het van belang om inzicht te verkrijgen in de toekomstige prestaties van de sluis, met specifieke aandacht voor de waterveiligheidsfunctie. De regio heeft daarom WVL verzocht om een verkennende analyse uit te voeren naar de mate waarin de sluis onder toekomstige omstandigheden kan voldoen aan haar waterkerende functie, mede in het licht van klimaatverandering en veranderend waterbeheer. Hierbij worden zowel hoogwatersituaties als laagwatersituaties bekeken.

Belang

Door nu al inzicht te verkrijgen in potentiële knelpunten en onzekerheden rond de waterkerende functie van de Grote Kolksluis, kunnen toekomstbestendige keuzes worden gemaakt. Dit draagt bij aan een effectieve en doelgerichte projectscope en verkleint de kans op dure of ineffectieve maatregelen in latere fasen van het project of in de jaren na renovatie.

Centrale vraag

Wat zijn de te verwachten prestaties van de Grote Kolksluis in haar waterkerende functie onder toekomstige omstandigheden? Anders gesteld: voldoet de sluis naar verwachting aan de wettelijke waterveiligheidsnorm in het zichtjaar 2050 en 2075? Daarnaast: in hoeverre is een toename van laagwatersituaties te verwachten en wat betekent dit voor de sluitfrequentie van de sluisdeuren in de zomerperiode?

De vernieuwingsopgave heeft een beoogde ontwerplevensduur van 25-50 jaar. Analyses zijn daarom uitgevoerd voor 2050 met een doorkijk naar 2075 en 2100.

1 Beantwoording adviesvraag

1.1. Hoog water

De Grote Kolksluis is beoordeeld voor hoogwaterkeren door gebruik te maken van de BOI-systematiek: het Beoordelings- en OntwerpInstrumentarium voor Waterveiligheid in Nederland. De sluis is onderdeel van dijktraject 9-2, met een overstromingskansnorm van 1/1000 per jaar.

De faalmechanismen die hier kunnen optreden zijn overloop/overslag (hoogte), sterkte en stabiliteit van de constructie, onder- en achterloopsheid (piping) en de betrouwbaarheid van de sluiting.

Tijdens de wettelijke 1^e Landelijke Beoordelingsronde Overstromingskansen (LBO-1) voldeed deze sluis net aan de gestelde waterveiligheidsnorm voor de betrouwbaarheid van sluiting (1/37.500 per jaar). De andere faalmechanismen voldeden ruim aan de gestelde eisen.

In de voorliggende rapportage is geconstateerd dat bij de analyses van de betrouwbaarheid van de sluiting onjuiste aannames zijn gedaan. Deze zijn gecorrigeerd waardoor de sluis op dit moment een onvoldoende betrouwbare sluiting kent ($\sim 1/3.200$ per jaar).

In deze rapportage zijn vervolgens de mogelijkheden onderzocht die bij de vernieuwing van het object kunnen worden uitgevoerd om de betrouwbaarheid te verbeteren en onderzoekt of de sluis daarmee in de toekomst, zichtjaar 2050-2075 weer in staat is het water met voldoende betrouwbaarheid te keren. Hierbij is rekening gehouden met verschillende oplossingsrichtingen en bedienvormen.

De verwachting is dat deze sluis ook in de toekomst aan de eisen voor hoogte, sterkte en stabiliteit en piping zal blijven voldoen. Voor de betrouwbaarheid van de sluiting is dit niet met zekerheid te stellen en zijn er de volgende uitkomsten: Met de voorgestelde verbeteringen (in alarmering, mobilisatie, bediening en techniek) zal de betrouwbaarheid van de sluiting (met scoretabel) verbeteren naar $P_{vraag} = 1/13.000$ per vraag. Dit dient te worden vermenigvuldigd met het aantal keren per zomerperiode dat een kritieke waterstand (het zogenaamde OKP is hier 0,50 m+NAP) optreedt om tot een kans per jaar te komen en met de eis van $P_{jaar} = 1/37.500$ te vergelijken, zie vergelijking 1.

Op basis van meetgegevens wordt het OKP nu $\sim n = 1/4$ keer per zomerperiode overschreden. Dat resulteert in een faalkans van 1/52.000 per jaar, daarmee voldoet het aan de eis.

De verwachting is dat in de toekomst de hoogwaterstanden zullen toenemen. De impact van klimaatverandering lijkt beperkt in verhouding met mogelijke toekomstige beleidswijzigingen in het beheer van het IJsselmeergebied. De verwachting is dat in 2026 hier meer duidelijkheid over komt. Als wordt besloten om het IJsselmeerpeil met 30 cm op te zetten na 2050 dan is de verwachting dat het OKP meerdere keren per zomerperiode zal optreden ($n > 1$), waardoor de betrouwbaarheid van de sluiting onvoldoende is.

De analyse is uitgevoerd met de 'scoretabel'-methode. Dit is een relatief eenvoudige methode die doorgaans een conservatieve uitkomst geeft. Het is gebleken dat deze niet genoeg diepgang geeft om de onderzoeksvraag met zekerheid te kunnen beantwoorden. Met geavanceerdere rekenmethodes, zoals RAMS, kan een faalkans worden bepaald die beter aansluit bij de specifieke eigenschappen van deze (toekomstige) sluis in zijn omgeving.

Voor vervolgonderzoek zijn daarom aanbevelingen gedaan voor het vervolg van dit vernieuwingsproject op twee aspecten: (1) analysemethodes en aannames en (2) het fysieke object en het gebruik.

Het is waardevol om expertsessie te houden om tot aandachtspunten en aanbevelingen voor handelingsperspectief te komen om de betrouwbaarheid van sluiten te verhogen. Zowel voor het doen van scherpere en meer gedetailleerdere analyses als voor maatregelen in de uitvoering die de betrouwbaarheid kunnen doen toenemen.

De beoordeling laat zien dat de sluis, mits verbetermaatregelen worden getroffen, naar verwachting voldoet aan de wettelijke eisen voor waterveiligheid in 2050. Wel vraagt de onzekerheid rond toekomstige beleidskeuzes en de beperkte diepgang van de scoretabelmethode om nadere analyse. Vervolgonderzoek is nodig om meer zekerheid te verkrijgen na 2050 en de ontwerpbeslissingen robuust te onderbouwen.

1.2. Laag water

Vanwege een gebrek aan data kan er op dit moment geen exact antwoord worden gegeven over de te verwachte toekomstige sluitvraag vanwege laagwatersituaties van de Grote Kolksluis en wat dit betekent voor de betrouwbaarheid van de sluiting. Wel kan op basis van de KNMI'23-klimaatsscenario's worden geconcludeerd dat de zomerneerslag in Nederland zal afnemen terwijl de temperaturen en verdamping toenemen. Hierdoor zal hoogstwaarschijnlijk ook het aantal laagwaterevents toenemen, en daarmee waarschijnlijk ook de sluitvraag. Echter kan er op basis van de analyse niet één-op-één worden vergeleken tussen de huidige sluitvraag en de KNMI'23-scenario's. Een aantal redenen hiervoor zijn: (1) de KNMI'23-scenario's zijn gebaseerd op de landelijke gemiddelde en niet locatie/regio specifiek. (2) Vanwege een gebrek aan data over laagwaterstandstatistieken en modelberekeningen, en niet weten hoe het systeem in de toekomst gaat zijn, kan er op dit moment geen exact antwoord worden gegeven op de sluitvraag. Hier dient aanvullende modelstudie te worden uitgevoerd. Wel biedt de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse een indicatie en meer inzicht.

Voor de analyse is Sluis Weurt gebruikt als voorbeeldcasus om te laten zien hoe bij Weurt de klimaatsscenario's zijn toegepast. In deze casus zijn ook de hydraulische randvoorwaarden gekwantificeerd. Dit is voor de Grote Kolksluis ook nuttig, en kan ook bij de Grote Kolksluis worden gevolgd. Om antwoord te kunnen geven op de vraag over de toekomstige sluitvraag en de hydraulische randvoorwaarden te kwantificeren willen we verdiepen in de casus Sluis Weurt, en als het kan ook in andere casussen.

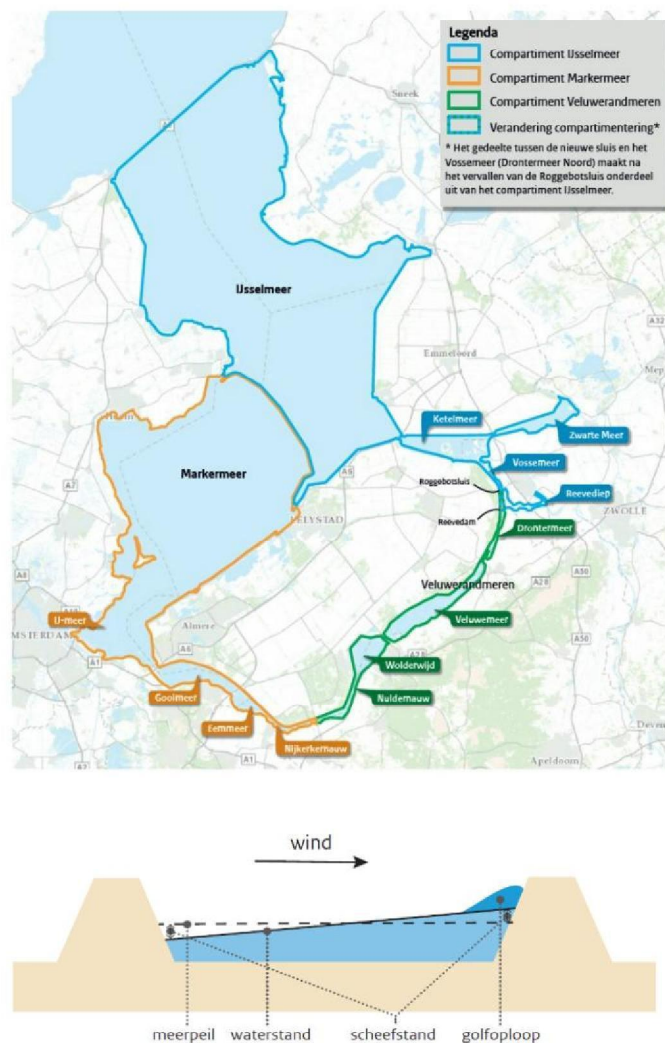
Het is ook waardevol om voor laagwater een expertsessie te houden om tot aandachtspunten en aanbevelingen voor handelingsperspectief te komen om op een gedetailleerd niveau analyse uit te voeren naar de toekomstige sluitvraag.

2 Situatiebeschrijving

2.1. Watersysteem

De Grote Kolksluis verbindt het Zwarte Water (buitenwater) en het Meppelerdiep (binnenwater). Het Zwarte Water ligt aan het Zwarte Meer wat onderdeel is van het Compartiment IJsselmeer, zie Figuur 1. De Grote Kolksluis bestaat uit een schutsluis, beweegbare verkeersbrug en een beweegbare fietsbrug. Momenteel wordt er niet gesloten, maar zijn de deuren in beide sluishoofden bij gunstige waterstanden geopend in de zomer. De Grote Kolksluis fungeert dus in feite als een keersluis.

Het peil op het Zwarte Meer wordt gereguleerd op basis van het Peilbesluit IJsselmeer [1]. Het peil op het IJsselmeer werd beheerd door Rijkswaterstaat op grond van het peilbesluit 2018, waar er een bandbreedte is waarbij het peil in de



Figuur 1: Figuur boven is een kaart van het IJsselmeergebied, met de hydrologische compartimenten van dit peilbesluit. Figuur beneden, een visualisatie van een aantal begrippen. Beide figuren zijn afkomstig uit het Peilbesluit IJsselmeergebied [1].

zomerperiode schommelt tussen -10 en -30 cm NAP. Dit flexibele peilbeheer zal worden gehandhaafd tot tenminste 2050.

De wateraanvoer op het IJsselmeergebied is grotendeels afhankelijk van de IJssel en de Vecht. In droge perioden is de IJssel vrijwel de enige aanvoer naar dit gebied. De afvoer van de Vecht is beperkt en enkele andere kleinere aanvoerroutes hebben dan hun eigen water lokaal nodig. Ook zijn er in Rijn-Oost¹ gebieden die (onder vrij verval) water uit het IJsselmeer inlaten. Bij lage IJsselafoeren is dit een potentiële kwetsbaarheid. De waterafvoer uit het IJsselmeer is geheel uitgevoerd met behulp van de spuisluizen in de Afsluitdijk.

De waterstand op het Zwarte Water is ook mede afhankelijk van de windrichting en snelheid. Vanwege de lange strijklengte van het IJsselmeer kan bij een (sterke) noordwestelijke wind het water bij het Zwarte Water worden opgestuwd (Figuur 1), wat kan zorgen voor hogere waterstanden. Bij een (sterke) zuidoostelijke wind kan dit juist het omgekeerde effect hebben op het Zwarte Water, waardoor de waterstanden juist zullen zakken. Volgens het KNMI'23-klimaatsscenario zal er vaker wind uit het oosten waaien wat dan warme, droge lucht aanvoert. Hierdoor kunnen in de toekomst vaker lagere waterstanden voorkomen bij het Zwarte Meer. Echter, dit is ook afhankelijk van de duur en sterkte van de wind.

De aanvoer van het binnenwater (Meppelerdiep) is grotendeels afkomstig uit een overschot aan water uit Drenthe.. Het water wordt via Zwartsluis op het Zwarte Water afgevoerd. Normaal gesproken via de Meppelerdiepsluis, maar bij hoge waterstanden op het Zwarte Water via gemaal Zedemuden.

Toekomstige beleidsontwikkelingen IJsselmeergebied

Er zijn enkele toekomstige beleidsontwikkelingen die de werking van het watersysteem kunnen beïnvloeden. De exacte uitwerking hiervan is nog niet zeker te stellen en is op dit moment nog aan discussie onderhevig.

- Ramspolkering. Hier spelen twee zaken:
 - (1) Het sluitregime van deze kering is begin jaren '90 vastgesteld, maar inmiddels zijn de inzichten voortgeschreden. Dit heeft onlangs geleid tot een aanpassing van het sluitregime (voorjaar 2025), waarbij het sluitpeil geen vaste waarde meer heeft, maar afhankelijk is van het IJsselmeerpeil en de verwachte stormcondities. Hierdoor kunnen licht verhoogde waterstanden mogelijk vaker voorkomen. VWM hanteert een licht verhoogde waterstand van >20cm.
 - (2) Voor de langere termijn, verder dan ~20-30 vooruit. Inmiddels begint de vraag te komen wat te doen als Ramspol einde levensduur is. Laten we de balgstuw liggen of is er een andere oplossing met nieuwe kering.
- Peilbeheer IJsselmeer. Dit is een onderwerp in de herijking van de Deltabeslissingen en naar verwachting wordt in 2026 hierover besloten. Men heeft als doel om de zoetwaterbuffer te vergroten. Hiervoor zijn grofweg twee opties in beeld:
 - (1) Er zijn gedachten om het IJsselmeerpeil op te zetten, en dit is nu ook een uitgangspunt in de hydraulische ontwerp databases van 2100. Als daartoe wordt besloten is nog de vraag wanneer dat hogere peil ingaat

¹ De beheersgebieden van de waterschappen Drents Overijsselse Delta, Vechtstromen, Rijn en IJssel en Vallei en Veluwe.

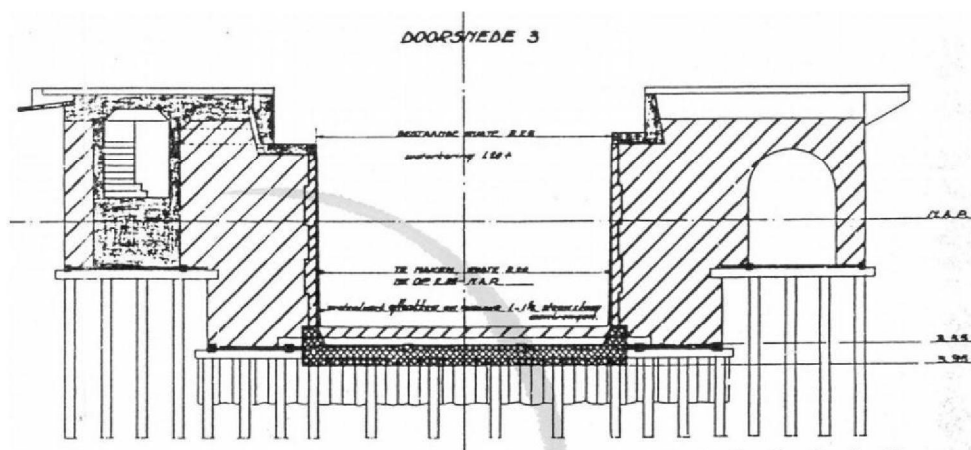
en of het alleen de zomer en/of alleen winter betreft. Een hoger peil zal zeker doorwerken op de hydraulische belastingen.

- (2) Daar staat tegenover de mogelijkheid om het peil verder uit te laten zakken in de zomer. Ook dat geeft extra buffer, maar kan leiden tot het vaker optreden van lage waterstanden.

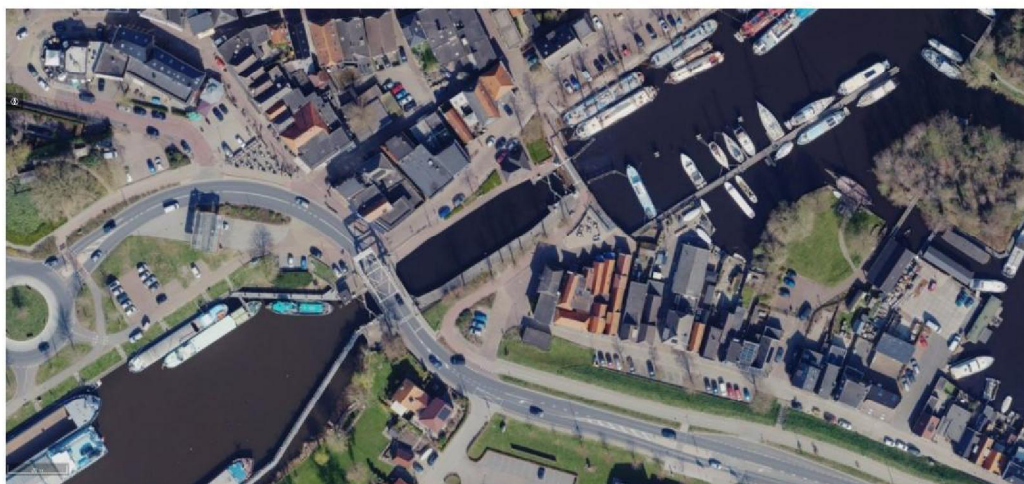
2.2. Beschrijving constructie en keermiddelen

De lengte van de sluiskolk is 55,10 m en de doorvaartbreedte bij het buitenhoofd is 8,20 m. De drempelhoogte van het buitenhoofd ligt op -3,05 m+NAP. De Grote Kolksluis beschikt over acht deuren die dienen als kerende elementen. De gegevens in deze paragraaf zijn overgenomen uit het rapport: Beoordeling RWS kunstwerken normtraject 9-2 [2]. Dit rapport heeft de gegevens overgenomen van [3]. Enkele foto's van de sluis en zijn omgeving zijn opgenomen in Figuur 3, Figuur 4 en Figuur 5.

- Buitenhoofd: twee houten vloeddeuren met een kerende hoogte van 3,31 m+NAP en twee houten ebdeuren.
- Binnenhoofd: twee houten vloeddeuren met een kerende hoogte van 1,25 m+NAP en twee stalen ebdeuren.



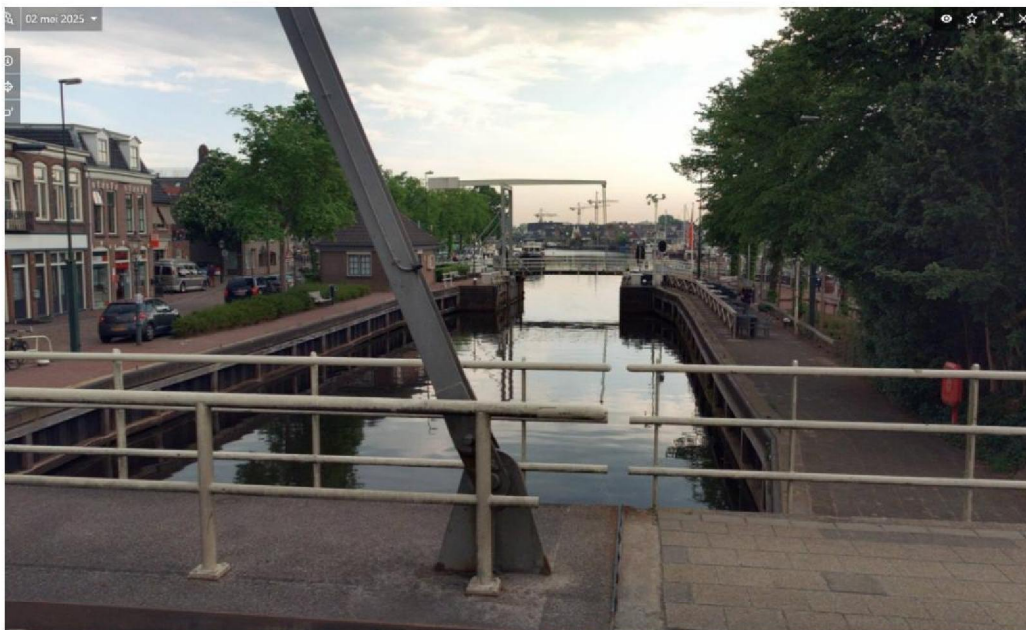
Figuur 2: Doorsnede keersluis ter hoogte van buitenhoofd van de Grote Kolksluis. Overgenomen van [2] dat is overgenomen van [3].



Figuur 3 Luchtfoto van de sluis en zijn omgeving. [Cyclomedia, opnamedatum 26-03-2022]



Figuur 4 Vooraanzicht vanaf het binnenwater [Cyclomedia, opnamedatum 29 september 2023]



Figuur 5 Aanzicht vanaf de brug bij het buitenhoofd [Cyclomedia, opnamedatum 2 mei 2025]

2.3. Beschrijving gebruik en bediening voor waterveiligheid

De Grote Kolksluis, in beheer bij Rijkswaterstaat-regio Oost-Nederland (ON), is onderdeel van dijktraject 9-2. Dit dijktraject valt onder het beheer van Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDODelta). Voor dit traject geldt een wettelijke waterveiligheidsnorm van 1/1000 per jaar, zoals vastgelegd in de Omgevingswet. Deze norm zegt dat de kans op verlies van waterkerend vermogen van het dijktraject - waardoor het door het dijktraject beschermde gebied zodanig overstroomt dat dit leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade - niet groter mag zijn dan 1/1000 per jaar.

In 2022 is de sluis beoordeeld met het wettelijk beoordelingsinstrumentarium 2017 (WBI-2017). Peildatum voor de beoordeling is 1 januari 2023. Deze beoordeling is onderdeel van de 1^e Landelijke Beoordelingsronde Overstromingskans (LBO-1).

Uit de beoordeling bleek dat het toetsspoor 'betrouwbaarheid sluiten' (BSKW) de grootste bijdrage levert aan de overstromingskans van de Grote Kolksluis. [2]

De Grote Kolksluis functioneert enkel als keersluis en wordt sinds 2012 alleen gebruikt voor het passeren van lage recreatievaart. De Grote Kolksluis wordt primair bediend vanaf het bediengebouw van Sluiscomplex Meppelerdiep, maar kan ook lokaal worden bediend. In het zomerseizoen dat loopt van 1 mei tot 1 oktober is de keersluis normaliter geheel open bij waterstanden tussen -0,5 m+NAP en +0,47 m+NAP. In het winterseizoen is de keersluis standaard gesloten. Hierdoor vindt een hoogwatersluiting enkel plaats in het zomerseizoen.

In het Protocol Waterbeheer Meppelerdiep [4] staat benoemd dat ~36-24 uur voor verwacht hoogwater WDO Delta een voorwaarschuwing ontvang van het WMCN en er dan telefonisch contact wordt gezocht met RWS met het verzoek om de deuren van de Grote Kolksluis te sluiten.

2.4. Te onderzoeken oplossingsrichtingen

Het vernieuwingsproject geeft aan drie oplossingsrichtingen te onderzoeken. Deze zijn:

1. Oplossingsrichting 1: Schutsluis definitief dichtzetten en aanbrengen spoel- en spuifunctie met klep of schuif.
 - A. Vaste keerwand
 - B. Dichtzetten buitenvloeddeuren
2. Oplossingsrichting 2: Renoveren functionaliteit passage scheepvaart (lage recreatievaart)
3. Oplossingsrichting 3: Renoveren functionaliteit passage scheepvaart en ophaalbruggen

Bij deze oplossingsrichtingen worden drie bedieningsvarianten onderscheiden:

- A. Lokaal, elektrisch bediend.
- B. Op afstand vanaf de Meppelerdiepsluis, elektrisch bediend.
- C. Lokaal, handmatig bediend.

Oplossingsrichting 2 en 3 zijn voor de waterkerende functie aan elkaar gelijk. Oplossingsrichting 2 in combinatie met bedienvariant A is vergelijkbaar² met de huidige situatie.

Voor alle oplossingsrichtingen geldt dat de schutsluis in de winterperiode (van 1 oktober tot 1 mei) permanent gesloten is. In de zomerperiode (van 1 mei tot 1 oktober) staat hij standaard open en wordt hij gesloten wanneer een waterstand lager dan -0,50 mNAP en hoger dan +0,47 mNAP wordt verwacht.

Merk op dat de gemeente de wens heeft om de Grote Kolksluis voor de pleziervaart al op 1 april te openen in plaats van 1 mei. Dit is in 2025 ook gebeurd.

² Op IA-componentniveau verschilt het, maar dat onderscheid kan met de in dit rapport gebruikte analysemethode 'scoretabellen' niet worden gemaakt.

3 Uitgangspunten analyses

3.1. Waterveiligheidsbeoordeling

De Grote Kolksluis is beoordeeld met de BOI-methoden en het softwareprogramma Riskeer 23.1.1.1. Dit programma wordt gebruikt bij waterveiligheidsbeoordelingen en hiermee kunnen faalkansen worden berekend voor faalmechanismen bij dijken en waterkerende kunstwerken. Zo kan een doorkijk gemaakt worden naar toekomstige beoordelingen. Hierbij is onderscheid gemaakt in de oplossingsrichtingen, zoals beschreven in voorgaande paragraaf.

In onderhavig rapport worden dezelfde uitgangspunten gebruikt als bij de LBO-1 beoordeling (WBI-2017), tenzij anders aangegeven. Een toelichting op deze uitgangspunten valt te lezen in het beoordelingsrapport. [2] De meest relevante worden in deze paragraaf herhaald.

3.1.1. Komberging

Dit onderdeel betreft de eigenschappen van het binnenwater. Dit wordt gebruikt in de berekeningen om een volume water uit te kunnen rekenen dat op het binnenwater geborgen kan worden voordat er overstromingsgevolgen optreden. Het binnenwater en -waterstand zijn gegeven in Tabel 1. Voor het binnenwater geldt hierbij dat de binnenwaterstand is gelijkgesteld aan de buitenwaterstand bij sluiting van de waterkering volgens het sluitprotocol. [4]

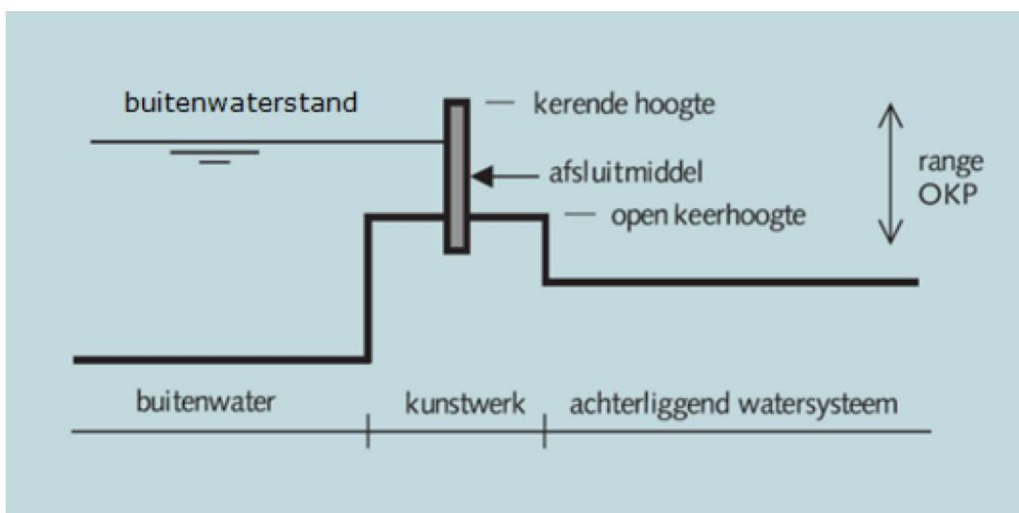
Tabel 1 Parameterwaarden Komberging.

Parameter	Waarde	Eenheid
Binnenwaterstand	0,47	[m+NAP]
Kombergend oppervlak	550.000	[m ²]
Toegestane peilverhoging komberging	0,03	[m]
Open Keerpeil (OKP)	0,50	[m+NAP]

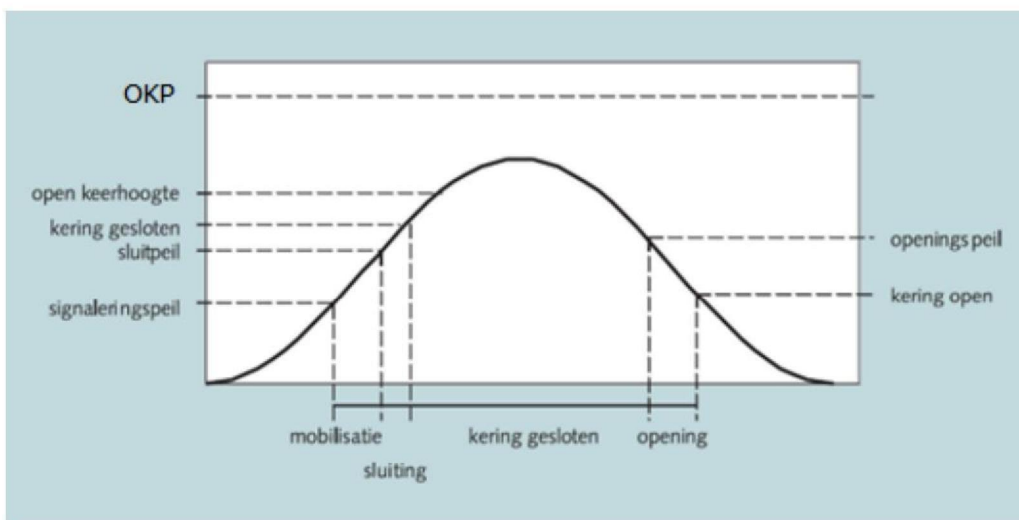
Toegestane peilverhoging komberging: De toegestane peilverhoging van het binnenwater is tijdens LBO-1 bepaald in samenspraak met het Waterschap. Dit was toen 0,04 m. De toegestane peilverhoging is aangenomen als het verschil tussen het sluitpeil en de waterstand horende bij de overschrijdingskansnorm van de regionale keringen bij Zedemuden. In 2026 wordt de waterstand met frequentie gelijk aan de overschrijdingskansnorm van de regionale kering in Zwartsluis bijgesteld naar 0,50 m+NAP. In het vervolg van deze rapportage is de toegestane peilverhoging daarom 0,03 m.

Open Keerpeil (OKP): Voor het inschatten van de kans op overstromingsgevolgen bij het niet tijdig sluiten van een sluis is het gebruik van het Open Keer Peil (OKP) gangbaar. Het OKP markeert namelijk de grens waarbij, bij openstaande deuren, nog net geen ontoelaatbare instroom van buitenwater optreedt. Dit sluit beter aan bij de daadwerkelijke overstromingsgevolgen dan het beheersmatig gekozen sluitpeil, dat vaak uit voorzorg lager ligt. Gebruik van het OKP voorkomt daarmee een onnodig conservatieve inschatting van het risico.

Een eenvoudige wijze van bepalen van het OKP is deze gelijk te stellen aan de open keerhoogte (OKH): de kerende hoogte van de keringen van het achterliggende watersysteem. Dit is 0,50 m+NAP, de lokale waterstand met een herhalingstijd gelijk aan de overschrijdingskansnorm van de regionale kering. Ter illustratie voor de diverse hoogtes en peilen zie Figuur 6 en Figuur 7. In het voorbeeld van Figuur 7 zijn er geen overstromingsgevolgen zelfs als de sluiting faalt, omdat het waterstandsverloop van het binnenwater het OKP niet bereikt.



Figuur 6 Dwarsdoorsnede over het kunstwerk. [5]



Figuur 7 Waterstandsverlooptlijn en belangrijke peilen. [5]

3.1.2. Sluiscomplex

De dimensies van de schutsluis en de bodembescherming blijven ongewijzigd en zijn gegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Dimensies sluis

Parameter	Waarde	Eenheid
Kerende hoogte buitenvloeddeur	3,26	[m+NAP]
Kerende hoogte binnenvloeddeur	1,35	[m+NAP]
Drempelhoogte	-3,10	[m+NAP]
Breedte van de doorstroomopening (sluiskolk)	8,20	[m+NAP]
Kritiek instromend debiet [m ³ /s/m]	1,00	[m ³ /s/m]
Faalkans kunstwerk gegeven erosie bodem	1	[-]
Kritieke sterkte constructie volgens de lineaire belastingschematisatie	45,98	[kN/m ²]

Kritiek instromend debiet: geeft de waarde voor het debiet waarop de sluisdeur of de bodembescherming achter de sluis nog net niet bezwijkt. Komt dat hierboven, dan kunnen de sluisdeuren bezwijken of zal de bodem eroderen.

Faalkans kunstwerk gegeven erosie bodem: bij de beoordeling is het gebruikelijk om aan te nemen dat de constructie bezwijkt zodra de bodem aan de binnenzijde van het kunstwerk bezwijkt door instroming. In werkelijkheid zullen eerst vervolprocessen optreden, namelijk terugkerende erosie en het instabiel worden van het kunstwerk, voordat daadwerkelijk sprake is van een bres en een gefaald kunstwerk.

Kritieke sterkte constructie: op het moment dat het ontwerp van de nieuw te plaatsen deuren of een vaste keerwand bekend zijn, kan dit worden aangepast. In de onderhavige analyse wordt uitgegaan van dezelfde kritieke sterkte als die van de huidige Azobé-houten deuren.

3.1.3. Overige uitgangspunten

Het laatste uitgangspunt is de stormduur, 6 uur. Deze wordt gebruikt als tijdsduur in de berekening voor het bepalen van een instromend volume water. Aanbevolen wordt om voor windgedomineerde belastingsystemen te rekenen met een verwachtingswaarde van 6 uur. [6]

De kans op overstroming als gevolg van aanvaren van een gesloten kunstwerk draagt niet significant bij aan het totale overstromingsrisico. Dit wordt onderbouwd in [3]. Deze bijdrage wordt hier niet verder beschouwd. [7]

3.2. Hydraulische belastingen

De hydraulische belastingen (HB) bij de sluis bestaan uit vervalbelasting en golfbelasting. Marginale statistiek van waterstanden en golven van het buitenwater worden opgehaald uit HB-databases. De hydraulische belastingen variëren per

jaartal. De wettelijke waterveiligheidsbeoordeling (uitgevoerd in 2022) is uitgegaan van omstandigheden in het jaar 2023. In dit rapport wordt een analyse verricht voor de jaartallen 2050 en 2100 met respectievelijk 25 jaar en 75 jaar vanaf heden.

3.2.1. *Hydraulische belastingen in 2023*

Bij de LBO-1 beoordeling is gebruik gemaakt van database 'WBI2017_Vechtdelta_9-2_v01'. De hydraulische belastingenlocatie is nr. 384. Op dit moment is versie 2 vigerend, met de naam 'WBI2023_Vechtdelta_9-2_v00_terBeoordeling'. De hydraulische belastingenlocatie is nr. 6, het dichtbijgelegen uitvoerpunt nabij de sluis, zie Figuur 8. Beide databases geven de omstandigheden in 2023, maar versie 2 is een verbeterde versie. De volgende paragraaf geeft een toelichting op deze verbetering. Ook de nummering van de hydraulische belastingenlocaties is veranderd. Nr. 384 in versie 1 komt overeen met nr. 6 in versie 2. In de analyses wordt altijd gewerkt met de vigerende versie 2.

In de volgende paragraaf worden waarden voor waterstand en golfhoogtes getoond, en wordt de vergelijking gemaakt met HB-databases in 2050 en 2100.



Figuur 8 Hydraulische belastingenlocaties ter hoogte van de Grote Kolksluis

3.2.2. Hydraulische belastingen in 2050 en 2100 in vergelijking met 2023

Voor zichtjaren 2050 en 2100 en KNMI'06-klimaatscenario's G (gematigd) en W+ (warm) zijn ook HB-databases beschikbaar. De analyses zijn uitgevoerd met klimaatscenario W+, wat aansluit bij de huidige ontwerppraktijk. [8]

De databases beschrijven grotendeels dezelfde fysieke situatie als in 2023. Twee significante verschillen:

- Spuicapaciteit van de Afsluitdijk is aangepast.
- Peilopzet van het IJsselmeer van +30 cm is doorgevoerd in 2100, maar niet in 2050.

Klimaatverandering wordt in het model voor 2050 en 2100 ingebracht door de op de randen van het model aangepaste basisstochasten te hanteren, zoals een hogere zeespiegel of veranderende rivierafvoeren.

De overschrijdingsfrequenties voor de waterstand h en de significante golfhoogte H_{m0} (marginale statistiek) zijn gegeven in Tabel 3 en Tabel 4 en Figuur 9 en Figuur 10 respectievelijk (incl. statistische en modelonzekerheden).

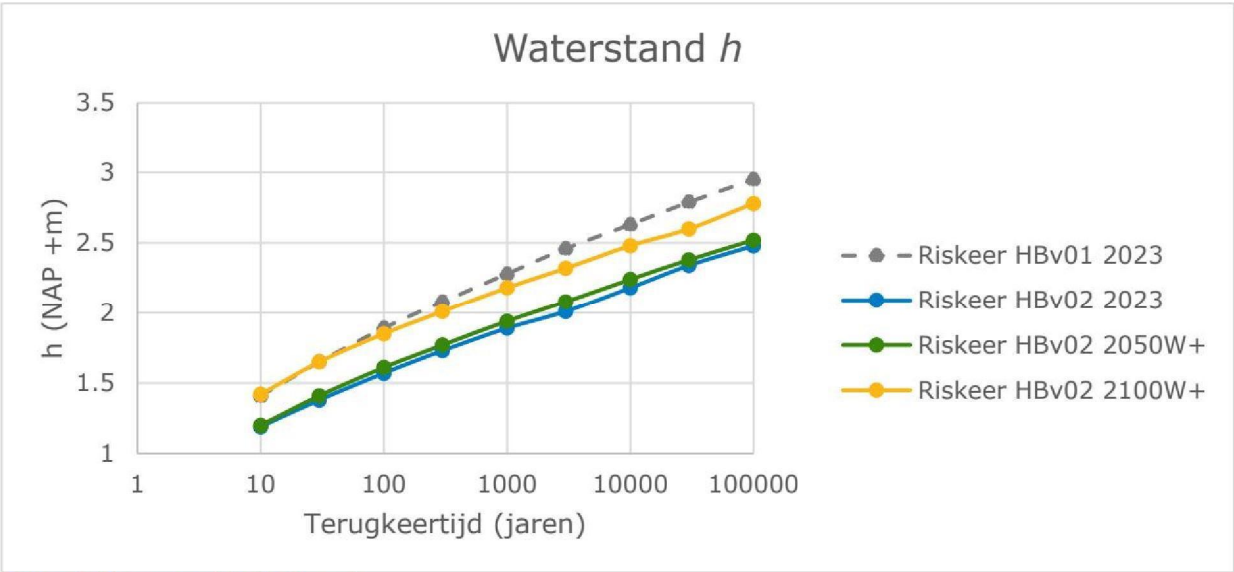
In Figuur 9 is een duidelijk verschil zichtbaar tussen de 2023 database v01 en v02. De lijn van v02 ligt ongeveer 0,4 m lager. Dit komt door het oplossen van fouten in de fysica van de waterbeweging bij Kampereiland. Waterstanden in 2050 W+ stijgen nauwelijks ten opzichte van 2023. Er is wel een duidelijke stijging zichtbaar in 2100, dit komt door de extra 30 cm peilopzet van het IJsselmeer.

Tabel 4 en Figuur 10 geven de significante golfhoogte H_{m0} . Deze is voor alle databases praktisch gelijk.

Bijlage C geeft nog een korte doorkijk naar veranderingen in de hydraulische belastingen databases die in de komende jaren wordt verwacht.

Tabel 3 Waterstand h [m+NAP] winterstatistiek

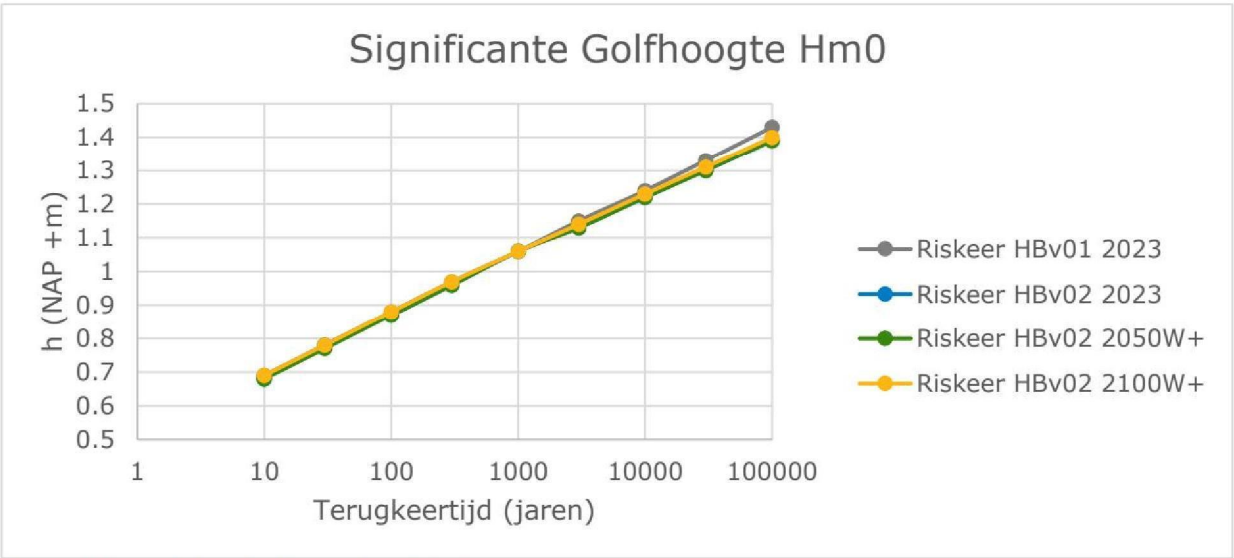
Herhalingstijd [1/jaar]	Overschrijdings- frequentie [per jaar]	2023 HBv01	2023 HBv02	2050 W+	2100 W+
10	1,00E-01	1,41	1,19	1,20	1,42
30	3,33E-02	1,65	1,38	1,41	1,65
100	1,00E-02	1,89	1,57	1,61	1,85
300	3,33E-03	2,08	1,73	1,77	2,01
1000	1,00E-03	2,28	1,89	1,94	2,18
3000	3,33E-04	2,46	2,01	2,08	2,32
10.000	1,00E-04	2,63	2,18	2,24	2,48
30.000	3,33E-05	2,79	2,34	2,38	2,60
100.000	1,00E-05	2,95	2,48	2,52	2,78



Figuur 9 Waterstand h [NAP + m]

Tabel 4 Significante golfhoogte H_{m0} [m] winterstatistiek

Herhalings ­ tijd [1/jaar]	Overschrijd ­ ings ­ fre ­ quentie [per jaar]	2023 HBv02	2023 HBv01	2050 W+	2100 W+
10	1,00E-01	0,69	0,68	0,68	0,69
30	3,33E-02	0,78	0,78	0,77	0,78
100	1,00E-02	0,88	0,87	0,87	0,88
300	3,33E-03	0,97	0,96	0,96	0,97
1000	1,00E-03	1,06	1,06	1,06	1,06
3000	3,33E-04	1,15	1,13	1,13	1,14
10.000	1,00E-04	1,24	1,22	1,22	1,23
30.000	3,33E-05	1,33	1,3	1,30	1,31
100.000	1,00E-05	1,43	1,39	1,39	1,40



Figuur 10 Significante Golfhoogte H_{m0} [m]

4 Resultaten analyses

In dit hoofdstuk wordt eerst een analyse van de sluitvragen per jaar in de huidige situatie en de verwachting naar de toekomst gegeven. Vervolgens wordt in paragraaf 4.2 een waterveiligheidsbeoordeling uitgevoerd van de huidige situatie en van toekomstige omstandigheden met de 2050 en 2100 HB-databases. Paragraaf 4.3 geeft een beschrijving van laag water en de verwachtingen daarover.

4.1. Sluitvragen per jaar

De Grote Kolksluis wordt in de periode van 1 mei tot 1 oktober (de zomerperiode) opengesteld. Daarnaast is er de wens om de sluis al vanaf 1 april open te stellen, zoals gegeven in paragraaf 2.4. Hier wordt een inschatting gemaakt voor de sluitvraagfrequentie in de toekomst voor beide periodes. Op het moment dat de waterstand van 0,47 m+NAP wordt verwacht dient de sluis te worden gesloten (sluitvraag) om ongewenste instroming te voorkomen – hoogwater. Het Open Keerpeil is vastgesteld op 0,50 m+NAP (bovengrens). Dit geldt ook voor –0,50 m+NAP (ondergrens) om ongewenste wegstromen uit het Meppelerdiep te voorkomen – laagwater.

Om inzicht te geven in het aantal sluitvragen is de analyse uitgevoerd door gebruik te maken van waterstanden gemeten bij meetstation Zwartsluis Buiten³ in de periode van de afgelopen 22 jaar, sinds de ingebruikstelling van de Ramspolkering. De HB-databases bevatten alleen belastingenstatistiek in de winter, deze zijn daarmee niet bruikbaar om analyses uit te voeren voor waterstanden in de zomer.

De sluitfrequentie die wordt berekend uit de meetgegevens, wordt gebruikt om de kans te bepalen op het falen door niet-sluiten van de kering, zie paragraaf 4.2.4.

4.1.1. Huidige situatie

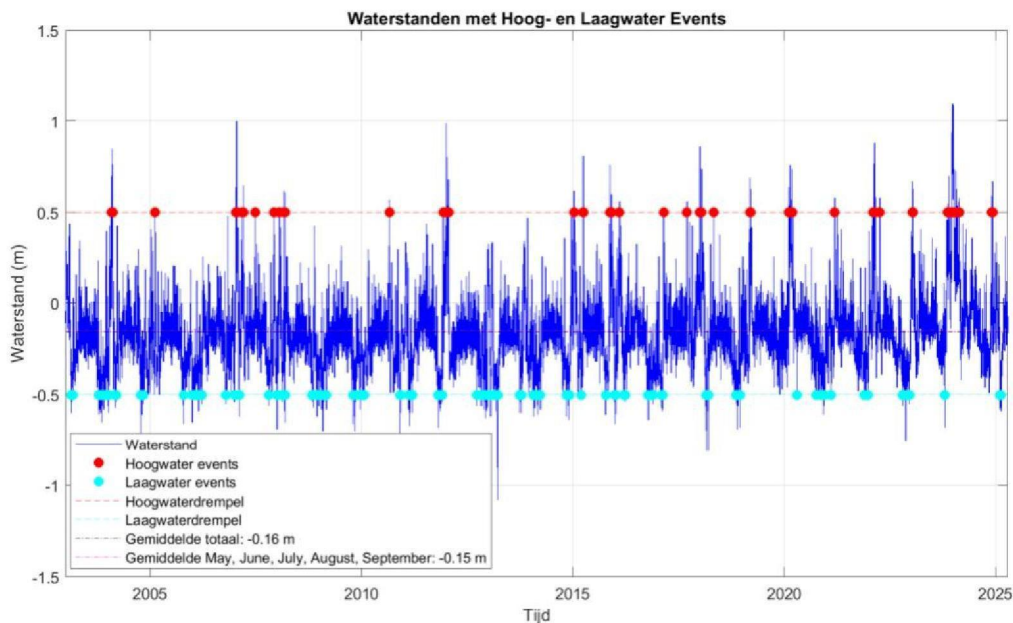
Figuur 11 geeft de volledige meetreeks weer lopend van 1-1-2003 00:00 uur tot 16-04-2025 12:40 uur, met daarbij gemarkeerd in rood de tijdstippen waarop het OKP (hoogwaterdrempel) werd overschreden, en in blauw de laagwaterstand (laagwaterdrempel). Uit de meetreeks bleek dat in de zomerperiode (1 mei tot 1 oktober) de hoogwaterdrempel 5 keer⁴ is overschreden, frequentie 0,23 of 1/4,4 jaar en de laagwaterdrempel ook 2 keer⁵, frequentie 0,09 of 1/11 jaar.

De wens om al 1 april te openen, de zomerperiode met één maand uit te breiden, had in het verleden 4 extra OKP-overschrijding voor hoogwater opgeleverd. De sluitfrequentie voor de verlengde zomerperiode is dan 0,39, of 1/2,56 jaar. Voor laag water 1 extra sluiting, frequentie 0,13 of 1/7,69 jaar.

³ www.waterinfo.rws.nl

⁴ Op 26-06-2007, 30-08-2010, 13-09-2017 om 13:10, 13-09-2017 om 14:00 en 01-05-2018.

⁵ Op 24-09-2012 en 29-09-2013.



Figuur 11 Waterstanden ter hoogte van Grote Kolksluis in de afgelopen 22 jaar.

4.1.2. Toekomstige situatie

Voor de inschatting van toekomstige sluitvragen per jaar is de meetreeks aangepast door de waterstanden homogeen te verhogen voor hoogwatertellingen en de waterstanden te verlagen voor laagwatertellingen. Vervolgens is gekeken naar hoe vaak de waterstand de drempelwaarden overschrijdt.

Een hoogwaterevent wordt geteld als het OKP (de hoogwaterdrempelwaarde) wordt overschreden. Als later op de dag de waterstand is gezakt onder de waarde en vervolgens weer wordt overschreden, dan wordt dit dus als twee afzonderlijke events gerekend. In de praktijk kan het logischer zijn om de sluis niet tussentijds te openen, maar dan is hij wel voor een langere periode, 1 of enkele dagen, niet beschikbaar voor de scheepvaart. Hiervan zal sprake zijn naarmate de drempelwaardes frequenter voorkomen.

In Tabel 5 en Tabel 6 zijn de resultaten weergegeven. Indien de hoogwaterstanden zullen toenemen is de verwachting dat ook de sluitvragen en overschrijding van het OKP uiteindelijk zullen toenemen naar meerdere keren per zomerperiode. Voor laag water is het verlagen van de meetreeks gevoeliger, en neemt de sluitfrequentie sneller toe bij lagere laagwaterstanden, oplopend tot bijna dagelijkse onderschrijdingen. Dit is ook logisch want de gemiddelde waterstand (-0,16 m+NAP) ligt dicht bij de laagwaterdrempel dan bij de hoogwaterdrempel. Bij uitbreiding van de zomerperiode met april neemt de overschrijdingsfrequentie voor hoog en laag water toe, zoals verwacht. De sluitfrequentie voor hoog water wordt hierdoor sterker beïnvloed.

Tot 2050 zullen de hoogwaterstanden weinig toenemen. Het verschil tussen 2023 en 2050 in Tabel 3 is 5 cm bij een 1/1000-herhalingstijd. Bij andere herhalingstijden was de verhoging ook ongeveer zo groot. In de analyse voor niet-sluiten is daarom de meetreeks homogeen met 5 cm verhoogd. Met andere woorden: voor de situatie in 2050 wordt uitgegaan van de sluitvraag bij +5 cm hogere waterstanden.

In 2100 is een stijging van ongeveer 30 cm te verwachten, wat betekent dat de sluis meerdere keren per zomerperiode een sluitvraag krijgt.

Tabel 5 Sluitfrequentie bij hogere hoogwaterstanden.

	1 mei – 1 oktober		1 april – 1 oktober	
<i>Waterstand [cm]</i>	<i>Overschrijdings- frequentie [per jaar]</i>	<i>Herhalingstijd [jaar]</i>	<i>Overschrijdings- frequentie [per jaar]</i>	<i>Herhalingstijd [jaar]</i>
+ 0 cm	0,23	1/4,4 ~ 1/4	0,39	1/2,56 ~ 1/2
+ 5 cm	0,23	1/4,4 ~ 1/4	0,35	1/2,88 ~ 1/2
+ 10 cm	0,27	1/3,7 ~ 1/3	0,52	1/1,92 ~ 1
+ 20 cm	1,09	> 1	1,61	> 1
+ 30 cm	3,32	> 1	4,30	> 1
+ 40 cm	8,64	> 1	10,09	> 1

Tabel 6 Sluitfrequentie bij lagere laagwaterstanden.

	1 mei – 1 oktober		1 april – 1 oktober	
<i>Waterstand [cm]</i>	<i>Overschrijdings- frequentie [per jaar]</i>	<i>Herhalingstijd [per jaar]</i>	<i>Overschrijdings- frequentie [per jaar]</i>	<i>Herhalingstijd [per jaar]</i>
- 0 cm	0,09	1/11	0,13	1/7,69 ~ 1/7
- 5 cm	0,55	1/1,83 ~ 1	0,65	1/1,54 ~ 1
- 10 cm	1,59	> 1	1,87	> 1
- 20 cm	20,18	> 1	23,04	> 1
- 30 cm	109,77	> 1	126,43	> 1
- 40 cm	100,41	> 1	113,30	> 1

Hoewel je zou verwachten dat een verdere opzet (bijvoorbeeld van -30 cm naar -40 cm) altijd zou leiden tot meer sluitvragen (aangezien de hele reeks zakt), kan het in de praktijk tóch voorkomen dat het aantal gebeurtenissen daalt. Hier wordt uitgelegd waarom dat gebeurt. Het begin van een overschrijding wordt geteld als een gebeurtenis. Als in het voorbeeld voor laag water door de extra negatieve opzet meerdere aparte overschrijdingen samensmelten tot één lange gebeurtenis, dan krijg je minder starts, dus minder getelde laagwaters. Bijvoorbeeld bij -30 cm twee pieken onder de drempel is twee laagwaters. Bij -40 cm vallen deze pieken samen in één langere dip, dus één laagwater. Bij een bepaalde opzetwaarde liggen grote delen van de meetreeks al continu onder de laagwaterdrempel. Daardoor ontstaan langdurige overschrijdingen met weinig 'starts'.

4.2. Hoog water: Waterveiligheidsbeoordeling

In dit hoofdstuk worden de relevante faalmechanismen voor de waterveiligheidsfunctie van de sluis geanalyseerd met behulp van de methoden uit het BOI-instrumentarium. De uitkomsten worden vergeleken met de huidige situatie. Vervolgens wordt per faalmechanisme beoordeeld wat de invloed is van de drie voorgestelde oplossingsrichtingen. Daarbij worden dezelfde waterveiligheidseisen op doorsnedeniveau gehanteerd als in LBO-1.

De waterveiligheidsnorm geldt het hele jaar. De HB-databases bevatten alleen belastingenstatistiek in de winter⁶, deze zijn gebruikt voor de analyses voor de faalmechanismen hoogte, piping en sterkte en stabiliteit. Voor de betrouwbaarheid van de sluiting is gebruik gemaakt van meetgegevens in de zomer. In de winter is de sluis permanent gesloten. Daarvoor is het te conservatief om ook bij de betrouwbaarheid van sluiting van winterstatistiek uit te gaan.

4.2.1. Hoogte kunstwerk

In de berekening is de huidige kerende hoogte van de buitenvloeddeuren als uitgangspunt genomen. Als na de vernieuwing de kerende hoogte vergroot of verlaagd wordt, neemt de faalkans respectievelijk af of toe.

Tabel 7 Resultaat faalkansberekening voor overloop en/of overslag (hoogte).

Situatie	Software versie	Resultaat (faalkans per jaar)
2023 HB v01 – LBO-1	Riskeer 19.1.1.2	1/830.530
2023 HB v02	Riskeer 23.1.1.1	1/477.423
2050 W+	Riskeer 23.1.1.1	1/370.167
2100 W+	Riskeer 23.1.1.1	1/262.391

De faalkansen vertonen een logische volgorde. De stijging van de faalkans in het 2100 W+ scenario kan worden verklaard door de meerpeilstijging (+30 cm), die niet aanwezig is in het 2050 W+ scenario.

Voor het resultaat van 2023 HB v01 is de verwachting dat de berekening met te weinig 'richtingen' is uitgevoerd, waardoor de berekenmethode naar een lokaal minimum is geconvergeerd. Het is beter niet hiermee te vergelijken. De berekening is daarom herhaald met verbeterde rekeninstellingen in combinatie met de HB v02 database.

Het resultaat van zowel 2050W+ als 2100W+ blijft ruim onder de faalkanseis op doorsnedeniveau, 1/8.333 jaar. Daarmee zal de sluis ook in de toekomst voldoende kerende hoogte hebben (en zeker tot ontwerplevensduur 2050).

4.2.2. Piping bij kunstwerk

De LBO-1 rapportage geeft aan dat het faalmechanisme piping niet relevant is. Dit komt doordat het kunstwerk wordt omsloten door een slecht doorlatende klei-/veenpakket. Het faalmechanisme is hier opnieuw behandeld.

⁶ We gebruiken winterstatistiek omdat jaarextremen gemiddeld minder extreem zijn en daarmee zou de hydraulische belasting onderschat worden.

De sluis is gefundeerd in een gebied met een slappe ondergrond en deze is zettingsgevoelig. Dit blijkt ook uit de actuele bodemdaling van het maaiveld volgens Bodemdalingskaart.nl en is circa 2,0 tot lokaal zelfs 4,0 mm/jaar. Uit de beschikbare tekeningen van de sluis (o.a. tekening RWS-ON-2023-002095) blijkt dat rondom de hoofden kwelschermen aanwezig zijn. Volgens de legger (versie 1 december 2009) gaat het om zes schermen per hoofd. Deze zijn niet allemaal direct teruggevonden op tekening, maar de aanwezigheid van één scherm is in de regel al voldoende om het risico op onderloopsheid sterk te beperken.

Een potentiële risico ontstaat wanneer zich een spleet zou ontwikkelen tussen de op palen gefundeerde vloer en de ondergrond. Daarvoor zou echter zowel aanzienlijke zetting van de ondergrond (enkele decimeters) als verlies van de inklemming van meerdere kwelschermen in de betonvloer noodzakelijk zijn. De kans dat dit gelijktijdig optreedt, wordt zeer klein geacht.

Indien een doorgaande spleet onder de vloer aanwezig zou zijn, zou dit zich uiten in waarneembare stroming onder de hoofden tijdens perioden dat de sluis gesloten is. Zolang dergelijke waarnemingen ontbreken, is de aanname gerechtvaardigd dat er geen spleet aanwezig is. Het valt wel aan te bevelen om tijdens hoogwateromstandigheden hierop extra te inspecteren.

Ook bij aanwezigheid van een spleet lijkt het risico beperkt. De ondergrond onder het kunstwerk is weinig erosiegevoelig en de fundering op palen is robuust. Er zou een zeer grote hoeveelheid materiaal moeten wegspoelen (vervolgstappen in het faalpad) voordat de stabiliteit van het kunstwerk in gevaar komt. Al met al wordt het optreden van piping of onderloopsheid bij deze sluis daarom niet realistisch geacht.

De verwachting is dat piping of onderloopsheid dan ook niet zal optreden, ongeacht het verval over het kunstwerk.

4.2.3. Sterkte en stabiliteit kunstwerk

De faalkans door overloop en/of overslag (hoogte) is voor oplossingsrichtingen 1B, 2 en 3 hetzelfde, omdat deze situaties dezelfde deuren hebben met gelijke sterkte.

Dit geldt niet voor oplossingsrichting 1A Vaste keerwand. Dit is een andere oplossing dan de azobé-houten sluisdeuren. Op dit moment is onbekend wat het ontwerp is. Als de vaste keerwand ten minste zo sterk is als de sluisdeuren, dan blijven de resultaten zoals gegeven in Tabel 8 gelijk of worden beter.

Tabel 8 Resultaat faalkansberekening voor sterkte en stabiliteit.

Situatie	Software versie	Resultaat (faalkans per jaar)
2023 HB v01 – LBO-1	Riskeer 19.1.1.2	1/8.451.289
2023 HB v02	Riskeer 23.1.1.1	1/42.109.165
2050 W+	Riskeer 23.1.1.1	1/44.073.904
2100 W+	Riskeer 23.1.1.1	1/17.050.863

De faalkansen vertonen een logische volgorde. De faalkansen voor HB v02 en 2050 W+ liggen erg dicht bij elkaar. De stijging van de faalkans in het 2100 W+ scenario kan worden verklaard door de meerpeilstijging (+30 cm), die niet aanwezig is in het 2050 W+ scenario.

Voor 2023 HB v01 geldt hetzelfde als bij HTKW, de rekeninstellingen zijn aangepast. Het resultaat van zowel 2050W+ als 2100W+ blijft ruim onder de faalkanseis op doorsnedeniveau, 1/150.000 jaar. Daarmee zal de sluis ook in de toekomst voldoende sterkte hebben.

4.2.4. Betrouwbaarheid sluiten

In LBO-1 is een zogenaamde 'Toets op Maat' uitgevoerd waarbij rekening is gehouden met het waterkerende vermogen van de binnenvloeddeuren. Deze deuren kunnen ook sluiten met een kerende hoogte van NAP +1,35 m. Omdat er in de zomer minder hoge hoogwaterstanden voorkomen, kan de binnendeur in veel gevallen ook als keermiddel fungeren. Hiermee is tijdens LBO-1 voldaan aan de faalkanseis van 1/37.500 per jaar. Er is in die analyse rekening gehouden met de sluitvraag per jaar met behulp van de onderstaande vergelijking. Deze vergelijking gaat uit van de sluitvraag in de zomerperiode en een verwaarloosbare kans op waterstanden hoger dan NAP + 1,45 meter⁷ in de zomerperiode. [2]:

$$P_{\text{sluiting faalt}} = P_{A \text{ faalt}} \cdot n_{\text{sluitingen}_A} \quad (1)$$

Waarbij:

$P_{\text{sluiting faalt}}$ de kans dat de sluiting faalt in kans per jaar.

$P_{A \text{ faalt}}$ de kans dat de sluiting van situatie A faalt in kans per vraag.

$n_{\text{sluitingen}_A}$ het aantal sluitvragen per jaar onder situatie A.

Situatie A: Buitenwaterstand $\leq$ NAP + 1,45 m. De binnendeur is voldoende sterk en hoog. De "faalkans niet sluiten" wordt bepaald door de gecombineerde kans op falen sluiting buitenvloeddeur én binnenvloeddeur. Indien de buitenvloeddeur niet sluit fungeert de gesloten binnenvloeddeur als een tweede keermiddel.

De faalkans per sluitvraag ($P_{A \text{ faalt}}$) is afhankelijk van de configuratie van de sluis en de bedienvormen. De oplossingsrichtingen in de regioanalyse zullen dit getal beïnvloeden. Over de sluitfrequentie ($n_{\text{sluitingen}_A}$) staat in paragraaf 4.1.2 toegelicht hoe deze kan veranderen in de toekomst.

De faalkans per sluitvraag wordt bepaald door gebruik te maken van de BOI-scoretabellen. Deze methode bestaat uit een scoretabel voor elk van de vier onderdelen uit het sluitproces (alarmering, mobilisatie, bediening en technisch falen) en zijn per oplossingsrichting opnieuw bekeken en ingevuld, zie Tabel 9.

Mogelijke bedienvormen:

- A. Lokaal, elektrisch bediend.
- B. Op afstand vanaf de Meppelerdiepsluis, elektrisch bediend.
- C. Lokaal, handmatig bediend.

⁷ Dit is 10 cm hoger dan de kerende hoogte, en dat komt omdat de deur ook overloopt tot 1 m³/s/m kan toestaan.

Opmerking 1: er is een verschil tussen lokaal, elektrisch bediend vanuit een bediengebouw ter plaatse of op een knoppenpaneel ter hoogte van de sluisdeur. Met die laatste wordt soms lokaal, handmatig bediend bedoeld.

Opmerking 2: Lokaal, handmatig bediend, kan technisch op verschillende manieren. Een handpomp of handslinger (afhankelijk van de aandrijving) of met een mechanische noodbediening met lier en kabel. Voor redundantie worden ze vaak beiden toegepast.

Tabel 9 Scoretabel thema's betrouwbaarheid sluiten

Onderdeel sluitproces	Opmerking
Alarmering	Wordt door bedienvorm niet beïnvloed.
Mobilisatie	Afhankelijk van (contract)afspraken met VWM en aannemer.
Bediening	Verandert als je meerdere bedienvormen als redundantie hebt, maar niet tussen bedienvormen.
Technisch falen	Verandert als je meerdere bedienvormen als redundantie hebt, maar niet tussen bedienvormen.

In de regioanalyse worden drie bedienvarianten onderscheiden. In de scoretabel kan geen onderscheid worden gemaakt tussen het soort bedienvorm. Wat wel uitmaakt is de redundantie in het object. Bestaan er meerdere (onafhankelijke) keermiddelen, hebben elk van deze keermiddelen meerdere manieren van bedienen naast elkaar; oftewel welke alternatieve bediening is er?

Mobilisatie gaat over het personeel dat de bediening doet. In de standaardpraktijk zijn de bedienaars van VWM alleen bevoegd voor het elektrisch bedienen vanuit een bediengebouw (op afstand of lokaal). Indien deze vorm van bediening niet beschikbaar is of faalt, moet alternatieve bediening worden ingezet. Deze bedienopties vereisen echter inzet van een aannemer, die daartoe gemobiliseerd moet zijn. Dit betekent dat de beschikbaarheid en reactietijd van deze partij direct van invloed kan zijn op de betrouwbaarheid van de sluiting. De (contract)afspraken die hiervoor gemaakt worden zijn belangrijk omdat ze daarmee ook bepalen of een alternatieve bedienvorm kan worden meegerekend in de analyses.

De beste oplossing zal dan ook niet één van de drie bedienvormen zijn, maar eerder een combinatie van bedienvormen en contractafspraken. In de analyse met scoretabel wordt hier zo goed mogelijk invulling aan gegeven.

Indien in meer detail naar de bedienvormen wordt gekeken, bijvoorbeeld in een RAMS-analyse, kan wel onderscheid gemaakt worden en kan voor elk van deze vormen een faalkans worden bepaald.

Het lokaal of op afstand bedienen heeft wel consequenties voor de mobilisatieregeling; is personeel ter plaatse of is er genoeg tijd om te gebruik te maken van alternatieve bediening.

4.2.5. Gebruik BOI scoretabellen

LBO-1 resultaat in vergelijking met huidige situatie: naar mening van de auteur is in LBO-1 niet op een correcte wijze de scoretabel toegepast. Technisch vraag b1 uit de scoretabel is met nee beantwoord, maar er is wel een positieve score toegekend. Dit geldt ook voor mobilisatie vraag b.

De scoretabel is apart als pdf bijgevoegd.

Situatie 1 - LBO-1 gedetailleerde toets

Voor het technisch falen is verondersteld dat er slechts 1 deurstel is. Het score-resultaat voor technisch falen was 3.5, kans per vraag $P1=1/3162$ (gedetailleerde toets in LBO-1-rapport)

Situatie 2 – LBO-1 Toets op Maat

- A. Nu is er ook een tweede keermiddel en heeft Arcadis het volgende gedaan:
Uitkomst van situatie 1, veiligheidshalve vergroot met een CCF-factor van 5%: $P1^2 + 0.05 \cdot P1 = 1/62.848$ per vraag.
- B. Het is ook mogelijk om de scoretabel aan te passen, er kan immers een tweede keermiddel in rekening worden gebracht. De score technisch falen neemt dan toe met 0.75 naar 4.25. Dit is $1/17.794$ per vraag.

De scoretabel van LBO-1 is gecorrigeerd. Uitgaande van hetzelfde aantal sluitvragen (1/4 jaar), is het verschil in beoordelingsresultaat gerapporteerd in Tabel 10.

Mobilisatie verandert van 1×10^{-5} per vraag naar 1×10^{-4} per vraag.

Situatie 2B is daarmee de score die geldt voor de huidige situatie: de faalkans van niet-sluiten is $1/3184$ per jaar.

Ook in de rekenmethode van Arcadis (2A) is de uitkomst na correctie lager dan de faalkanseis van $1/37.500$ per jaar.

Tabel 10 Resultaten scoretabel voor LBO-1 correcties.

Situatie	Kans per vraag technisch falen	Kans per vraag niet-sluiten	Kans per jaar niet-sluiten
Faalkanseis			$1/37.500$
Situatie 1	$1/3162$	$1/2888$	$1/11.552$
Situatie 1 gecorrigeerd	$1/316$	$1/313$	$1/1252$
Situatie 2A (gerapporteerd in LBO-1)	$1/62.848$	$1/21.781$	$1/87.124$
Situatie 2A gecorrigeerd	$1/5944$	$1/5044$	$1/20.178$
Situatie 2B	$1/17.794$	$1/796$	$1/3184$

4.2.6. *Verbetervoorstellen vernieuwing*

Om het resultaat uit de scoretabellen te verbeteren, zijn hier een aantal voorstellen opgenomen voor het vernieuwingsproject om de score te verbeteren:

Alarmering

Toevoegen tweede methode voor hoogwateralarmering (alarmering – vraag b). Dit kan bestaan uit lokale metingen, het volgen van het weerbericht of andere methoden, waar Rijkswaterstaat zelf direct voor verantwoordelijk is. De beheerder ON en bedienaar VWM dient te hebben vastgelegd welke andere bronnen worden geraadpleegd, wanneer dit gebeurt en wie daar verantwoordelijk voor is. Dit levert een verbetering van $1,00 \times 10^{-4}$ naar $1,00 \times 10^{-6}$.

Mobilisatie

Bij de mobilisatie zijn een aantal vragen positief beantwoord, maar een aantal operationele verbeteringen zijn wel wenselijk:

- Op dit moment wordt er op basis van een storingscontractregeling schriftelijk vastgelegd hoe de aannemer werkt. Er is behoefte om dit te verbeteren en specifiek voor de hoogwatersluiting een schriftelijke vastgelegde up-to-date mobilisatieregeling inclusief stand-by regeling en terugmeldingssysteem in te richten.
- De mobilisatie voor hoogwater na melding van de storing wordt niet geoefend. Andersoortige storingsen vinden wel plaats en de mobilisatie is vergelijkbaar. Dit kan worden gebruikt als bewijsvoering voor het oefenen. De sluiting wordt wel geoefend door de beheerder samen met de aannemer, maar de mobilisatieregeling van de aannemer niet.
- PPO is aanspreekpunt van de aannemer. Worden de ervaringen van de aannemer en oefening en mobilisaties teruggekoppeld aan PPO en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling? En doet PPO ook de terugmelding naar de beheerder ON? Audit bij PPO is gewenst.

Het toevoegen van herstel van de mobilisatie en deze ook opnemen in de hoogwater mobilisatieregeling levert nog een verbetering op van $1,00^{E-05}$ naar $1,00^{E-06}$. Een voorbeeld is dat er altijd een tweede monteur wordt opgeroepen. In het geval dat de 1^e monteur in de file beland of om andere redenen niet kan mobiliseren, zorgt dit niet voor vertraging.

Bediening

Een verbetering is mogelijk door het toevoegen van herstelmogelijkheden voor de bediening en op te nemen in de sluitprocedure. Dan kan gedacht worden aan het hebben van twee bedienvormen in redundantie, bijvoorbeeld op afstand én lokaal elektronische bediening. De score verbetert van $1,00^{E-03}$ naar $1,00^{E-05}$.

Technisch

De scoretabel is met twee keermiddelen in de huidige situatie al best gunstig. Wel is de verwachting dat de betrouwbaarheid zal toenemen als een sluitmethode op handkracht wordt toegevoegd. Voor redundantie kan worden gedacht aan een handpomp of handslinger (afhankelijk van de aandrijving) én met een mechanische noodbediening met lier en kabel. Die laatste is ook relatief goedkoop.

De sluis is dan ook volledig op handkracht te sluiten en de betrouwbaarheid kan hierdoor toenemen, mits het uiteraard wordt opgenomen in de bedieninstructies en ook voldoende wordt geoefend. Met de scoretabel kan deze extra bedienvorm niet in rekening worden gebracht.

De score kan tenslotte ook nog verbeterd worden door het risico van merkbaar en niet-merkbaar falen aan te pakken. De deuren lopen regelmatig vast door vuil en slib. Dan kan worden gedacht aan frequentere testsluitingen.

Extra redundantie in de bediening verhoogt de kans dat een bedienactie succesvol wordt uitgevoerd, maar voorkomt niet dat een niet-merkbaar mechanisch falen tot functieverlies leidt; de betrouwbaarheid van sluiting verbetert daarmee niet automatisch. (Een voorbeeld is een blokkade op de sluisbodem tussen de deuren. Ongeacht het aantal redundante bedienvormen, de sluis zal alsnog niet dicht kunnen).

Resultaat na voorgestelde verbeteringen

Met de genoemde verbetervoorstellen wordt de kans per vraag $P_{A_{faalt}} = 1/12.948 \approx 1/13.000$. Daarmee zijn de volgende conclusies t.a.v. het voldoen aan de gestelde faalkanseis te maken:

- Om exact aan de faalkanseis van $1/37.500$ te voldoen, mag de sluitvraag maximaal toenemen naar $1/2,89$ keer per jaar.
- 2023: een verlengde zomerperiode vanaf april levert nu al $1/2,56$ sluitvragen per jaar op. Dan wordt ook met de voorgestelde verbetering nog niet aan de eis voldaan ($1/13.000 * 2,56 = 1/33.280$ per jaar).
- 2050: een verwachte sluitvraag voor hoog water van $1/4,4$ per jaar in 2050 resulteert in $1/57.200$.
- 2075: Verder vooruit naar 2075, dan is mogelijk het meerpeil opgezet en is de verwachting dat er elke zomerperiode minstens een sluitvraag zal optreden. Op dat moment wordt zeker niet meer voldaan aan de eis voor niet-sluiten. Het lijkt daarmee erg lastig om deze sluis, zelfs als deze is verbeterd aan de eis voor niet-sluiten te laten voldoen op basis van deze analyses.

Tabel 11 Resultaat faalkansberekening voor betrouwbaarheid sluiten met voorgestelde verbeteringen.

Situatie	Resultaat (faalkans per jaar)
2023 – huidige situatie (situatie 2B)	1/3.184
2023 – situatie direct na verbetering	$1/13.000 * 1/4,4 = 1/57.200$
2050	$1/13.000 * 1/4,4 = 1/57.200$
2075	$1/13.000 * 3,32 = 1/3.900$

Is het korte antwoord dan, dat uit de analyse blijkt dat de sluis ondanks renovatie niet aan de waterveiligheidsnorm kan voldoen? Nee, de voorliggende analyses hebben nog niet voldoende diepgang om die conclusie te trekken. Enkele aanbevelingen voor vervolg:

Analyses:

- De meetreeks en het tellen van events kan verder worden verfijnd door rekening te houden met de bediening in de praktijk. Dat wil zeggen, op het moment dat de sluis is gesloten zal hij pas weer openen als voor een langere tijd, zeg één dag, de waterstand niet opnieuw te hoog of te laag wordt. Hiermee wordt het aantal sluitingen n in de berekeningen gunstiger. Ook kan de meetreeks anders worden geschaald, bijvoorbeeld door het uit te rekken in plaats van homogeen op te hogen/verlagen. Het een is niet per se beter dan het ander. Het geeft meer inzicht in de gevoeligheid van deze aanpak.
- De scoretabel is een snelle methode om een faalkans in te schatten en levert daarom over het algemeen een conservatieve inschatting. Met geavanceerdere rekenmethodes, zoals RAMS kan een faalkans worden bepaald die beter aansluit bij de specifieke eigenschappen van deze (toekomstige) sluis in zijn omgeving.
- Mogelijk is het OKP te conservatief gekozen. De doorstroomde opening van het geopend kunstwerk heeft immers beperkte afmetingen, waardoor het instromende debiet sterk wordt beperkt. Afhankelijk van het bergend

vermogen van het achterliggende systeem kan derhalve een buitenwaterstand boven de open keerhoogte best toelaatbaar zijn, mits het kunstwerk en het achterliggende systeem voor wat betreft sterkte en stabiliteit (bodembescherming) zijn ontworpen op de belasting van het daarbij behorende instromende debiet. Door hiervan gebruik te maken kan mogelijk nog ruimte worden gevonden in de analyse van de kans op waterbezwaar ten gevolge van niet sluiten. Het OKP kan dan worden verhoogd met een zekere overloophoogte.

De uitkomst van de analyses is erg gevoelig voor de hoogte van het OKP. Ter illustratie: bij een OKP dat 1 tot 5 cm hoger ligt (dat is dan 0,51-0,55 m+NAP), daalt de sluitfrequentie naar 1/11 per jaar. 10 cm hoger (0,57 m+NAP) is in de meetreeks in de zomerperiode überhaupt nog nooit voorgekomen. De methode op basis van metingen werkt dan niet meer. Daarvan moet statistiek worden afgeleid om een herhalingstijd te bepalen buiten de waargenomen meetreeks.

In april is het wel twee keer voorgekomen (1/11 per jaar dus), uitbreiding van de zomerperiode moet dan ook kritisch worden bekeken.

- Het kan nuttig zijn om naar voorbeeld van het OKP bij hoogwater ook een kritische laagwaterstand vast te stellen die mogelijk lager is dan -0,50 m+NAP. Dit is dan een betere maat voor het optreden van ongewenste gevolgen door laag water.

Het fysieke object en het gebruik:

- Procedure en protocollen verbeteringen. Denk bijvoorbeeld aan het aanpassen van het sluitpeil om zo meer tijd te creëren voor het doen van noodmaatregelen. Daarmee is er namelijk meer buffer om water dat ongewenst instroomt op te vangen voordat er overstromingsgevolgen optreden. Consequentie is wel dat de aannemer vaker zal worden opgeroepen om te sluiten. Let wel: het is zeer complex in de hele keten van partners om dit goed in te regelen bij dit watersysteem. De inzet van het gemaal en het beleid dat het waterschap voert voor de waterhuishouding dient hier ook in meegenomen te worden. Met het waterhuishoudingsvraagstuk kunnen conflicterende belangen optreden. Overweeg bedientijden en de mogelijkheid van preventief sluiten bij naderend hoogwater, waarmee extra risicoreductie kan worden bereikt. Loop hier de hele tijdslijn en waterstandsverlooplijn af: van het moment van de eerste weersverwachting tot de laatste noodmaatregel bij een sluiting.
- Extra sluitmogelijkheden aanbrengen, zoals lier en handpomp. Deze kunnen niet expliciet worden meegenomen in de scoretabel, maar wel met een RAMS-analyse. Dit kan leiden tot een betrouwbaardere sluiting, maar dient ook een plek te krijgen in de protocollen met ook jaarlijks oefenen, onderhoud etc.
- Overwegen om schutfunctie terug te brengen, zodat er altijd één deurstel gesloten staat. In dat geval is de betrouwbaarheid van sluiting niet meer aan de orde en is het hele probleem verholpen. Wat zijn daarvan de kosten en baten?

4.3. Laagwater

Door een veranderend klimaat en toenemende temperaturen dient er naast hoogwaterveiligheid ook rekening te worden gehouden met laagwater voor de vernieuwingsopgave van de Grote Kolksluis. In het zomerseizoen is de keersluis normaliter geheel open bij waterstanden tussen -0,5 m NAP en 0,47 m NAP. Dit hoofdstuk gaat in op welke lage waterstanden, rekening houdend met realistische klimaatscenario's en aannames, worden verwacht. Vervolgens gaat dit hoofdstuk in op wat de mogelijke impact hiervan is op de sluitfrequentie van de sluisdeuren in de zomerperiode (1 mei tot 1 oktober). Daarnaast is ook gekeken wat voor veranderingen de resultaten geven als ook de maand april wordt meegenomen.

Analyseaanpak: hoogwater versus laagwater

Voor de beoordeling van de waterkerende functie onder hoogwatersituaties is gebruikgemaakt van de bestaande methodiek uit het BOI-instrumentarium, inclusief de bijbehorende hydraulische databases. Deze methodiek sluit aan op de eisen die komen uit de Omgevingswet (waterveiligheidsnorm) en biedt een kwantitatief kader voor het beoordelen van de toekomstige prestaties van de sluis.

Voor laagwatersituaties is een dergelijke gestandaardiseerde methodiek niet beschikbaar. De mogelijke impact van lage waterstanden op de sluitfrequentie van de sluisdeuren is daarom kwalitatief geanalyseerd. Hierbij is gebruikgemaakt van expertinschatting en trends in klimaatscenario's. Het doel van deze verkenning is om potentiële knelpunten in beeld te brengen die relevant zijn voor het functioneren en beheer van de sluis in droge zomers, en om daarmee input te leveren voor de beoordeling van de oplossingsrichtingen.

4.3.1. Waterstandstatistieken

Sinds de ingebruikstelling van de Ramspolkering (1-1-2003 t/m 16-4-2025) zijn er twee dagen geweest waarbij de waterstand lager was dan de ondergrens van het sluitpeil van de Grote Kolksluis -0,50 m NAP in het zomerseizoen:

- 24-9-2012, minimumwaarde -0,56 m NAP
- 29-9-2013, minimumwaarde -0,60 m NAP

Als ook de maand april is meegenomen, waren er ook op de volgende twee dagen de waterstand lager dan het sluitpeil:

- 3-4-2013, minimumwaarde -0,50 m NAP
- 21-4-2020, minimumwaarde -0,51 m NAP

4.3.2. Klimaatverandering

Voor klimaatverandering heeft IenW stresstesten uitgevoerd naar de kwetsbaarheid van het HWS. Voor deelsystemen en objecten van het HWS zijn stresstesten uitgevoerd voor droogte & hitte, wateroverlast en waterveiligheid. Of de Grote Kolksluis in een regionale stresstest is meegenomen is niet bekend.

Tijdshorizon en klimaatscenario's

Alhoewel het niet bekend is of de Grote Kolksluis meegenomen is in een regionale stresstest, is toch een (grove) analyse uitgevoerd naar de impact van

laagwatersituaties op de sluitvraag. Voor deze analyse is gebruik gemaakt van het stappenplan uit het Topkader toepassen klimaatscenario's [9].

De ontwerplevensduur van vervangingsonderdelen van de sluis (oplossingsrichting 2) is ongeveer 25 jaar. Ook werd vanuit de regio gevraagd om een doorkijk te maken naar 50 jaar.

4.3.3. *Klimaat effecten en -scenario's*⁸

Het KNMI maakt voor Nederland een aantal klimaatscenario's die aangeven hoe het toekomstige klimaat er mogelijk uit zal zien. De klimaatscenario's zijn een combinatie van de hoeveelheid broeikasgasuitstoot (laag en hoog) en de mate van vernatting (toename van neerslag, vooral in de winter) of verdroging (toename van droogte, vooral in de zomer). De zes KNMI'23 klimaatscenario's zijn als volgt:

- Ld: Lage uitstoot, droog scenario
- Md: Matige uitstoot, droog scenario
- Ln: Lage uitstoot, nat scenario
- Hd: Hoge uitstoot, droog scenario
- Mn: Matige uitstoot, nat scenario
- Hn: Hoge uitstoot, nat scenario

Omdat de ontwerplevensduur van vervangingsonderdelen van de sluis (oplossingsrichting 2) ongeveer 25 jaar is én vanwege de toekomstige (klimatologische en politieke) onzekerheden is voor deze analyse gekozen voor een scenario dat een evenwichtige benadering biedt tussen voorbereiding op verwachte klimaat effecten en realistische beleidsdoelen. Dit is gebaseerd op het voorbeeld van de Vernieuwingsproject sluis Weurt. Hierbij is uitgegaan van het 2050 matige droogscenario (Md-scenario), omdat, zoals beschreven in de voorbeeldcasus Oostkolk Weurt in de "Kwaliteitsborging hydraulische randvoorwaarden": *Nederland heeft zich gecommitteerd aan klimaatmaatregelen die leiden tot een gematigde toename van broeikasgassen. Dit scenario neemt een stabiele uitstoot aan rond 2050, wat een geloofwaardige weergave is van de huidige trajecten en mondiale beleidsvoornemens. Het matige droogscenario (Md) biedt een goede balans tussen de voorbereiding op mogelijke extremen en de waarschijnlijkheid van deze gebeurtenissen. Terwijl het hoge scenario (H) het extreme beeld schetst, zou het lage scenario (L) kunnen leiden tot een onderschatting. Nederland heeft daarnaast te maken met toenemende droogteproblematiek, vooral in de zomer. Het droogscenario is van cruciaal belang voor waterbeheer en de werking van sluizen, omdat het rekening houdt met sterkere droogteperiodes. Dit scenario houdt meer rekening met de vermindering van wateraanvoer en frequentere lage waterstanden, wat directe invloed heeft op de operationele beschikbaarheid en sluitfrequentie van de sluis Rijkswaterstaat, 2025, p. 17).*

Omdat we voor nu geen data hebben kunnen vinden die exact de toekomstige laagwatersituaties kan voorspellen is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op basis van de verwachte toename/afname van de landelijke klimaatdreigingen tussen de huidige situatie en de Md 2050 scenario (Bijlage A). Deze bijlage biedt ook een overzicht van alle 6 droge klimaatscenario's.

⁸ In het Topkader toepassing klimaatscenario's wordt aangegeven om voor het gebruik van klimaatscenario's uit te gaan van de meest recente klimaatscenario's. Dat is hier aangehouden.

Uit de analyse blijkt dat de gemiddelde klimaatdreigingen lichtelijk zal toenemen, waardoor waarschijnlijk de sluitvraag van ook lichtelijk zal toenemen. Alhoewel bovenstaande analyse niet één-op-één kan worden vergeleken met de sluitvraag voor de Grote Kolksluis, biedt het wel een algemeen overzicht.

Om meer inzicht te krijgen in de gevoeligheid van de hoogte van het sluitpeil op het aantal onderschrijdingen is ook een analyse uitgevoerd naar het aantal onderschrijdingen bij een waterstand van -0,40 m NAP en -0,30 m NAP sinds de ingebruikstelling van de Ramspolkering. Dit houdt in dat wordt onderzocht hoeveel sluitingen er zouden zijn opgetreden indien de ondergrenswaarde was vastgesteld op -0,40m of -0,30 m NAP in plaats van de huidige ondergrens van de Grote Kolksluis. Hierbij is de meetreeks homogeen verlaagd alsof het droger is, waardoor lagere waterstanden zullen optreden. Dit is gedaan omdat we voor nu geen data hebben kunnen vinden die exact de toekomstige laagwatersituaties kan voorspellen. Volgens de KNMI'23-klimaatscenario's is wel bekend dat droogte zal toenemen, waardoor lage waterstanden in de toekomst ook vaker zal optreden. Door het homogeen verlagen van de meetreeks wordt meer inzicht gegeven in de sluitvraag bij lagere waterstanden, zie tabel 7.

4.3.4. *Kwetsbaarheden bij sluiting*

Als onder bepaalde omstandigheden de waterstanden (extreem) laag zijn moet de Grote Kolksluis worden gesloten, wat leidt tot stremming van de recreatievaart. Als verder uitzakken van het meerpeil vaker voorkomt (bijvoorbeeld door klimaatverandering en het niet doorvoeren van de beleidsoptie van 30 cm meerpeilverhoging) zal het aantal keren sluiten van de Grote Kolksluis bij laagwater gaan toenemen. Dit geldt ook voor de sluitingsduur.

4.3.5. *Kwetsbaarheden falen sluiting*

Bij een toenemende sluitfrequentie zal ook de faalkans per jaar toenemen. Het falen van sluiten van de Grote Kolksluis tijdens een laagwatersituatie kan gevolgen hebben voor de achterliggende keringen (Meppelerdiep). Dit komt vanwege het "leeg lopen" van het Meppelerdiep. Door (toenemende) droogte en laagwatersituaties verdwijnt water uit de poriën van de dijk, waarbij de dijk kleiner wordt. Ook kunnen verzwakkende scheuren ontstaan loodrecht op of langs dijken. Daarnaast kan de druk van het onderliggende grondwater de te lichte dijk omhoog duwen. Deze drie factoren verhogen de kans op bezwijken van de achterliggende keringen. Of het daadwerkelijk een gevaar vormt voor de achterliggende keringen is afhankelijk van het verschil in waterstanden (aantal centimeters) en de duur.

Mocht er na een periode van droogte ineens hoogwater zijn, en de dijken zijn nog onvoldoende hersteld zijn van de droogteschade, is er een verhoogde overstromingskans bij de regionale keringen van het Meppelerdiep. Door het "leeg lopen" kunnen ook de recreatieboten en schepen op de bodem komen te liggen. Dit hangt echter ook af van de waterstand, de duur, en de diepte van de recreatievaargeulen en vaargeulen.

Daarnaast kunnen kwetsbare unieke natuurgebieden bij aanhoudende droogte of extreem lage waterstanden onherstelbare schade oplopen. Dit is echter afhankelijk van de duur dat de Grote Kolksluis open staat bij extreem lage waterstanden. Bij

kortdurende onderschrijdingen met weinig verschil in centimeters, zal de schade aan de natuur niet-significant zijn.

Opmerking: bij een te hoge stroomsnelheid door de sluis kunnen de sluisdeuren niet veilig worden gesloten. Dat betekent dat op het moment dat de sluiting mislukt is en de stroming door het leeg lopen is ontstaan, men moet wachten met het sluiten totdat het laagwater weer voorbij is. Alleen onorthodoxe noodmaatregelen zoals het dichtstorten van de kolk met zand en klei kunnen zeer ernstige gevolgen nog voorkomen.

5 Referenties

- [1] D. M. V. I. E. WATERSTAAT, „Peilbesluit IJsselmeergebied,” 2018.
- [2] Arcadis, „Beoordeling RWS Kunstwerken Normtraject 9-2 - Sluiscomplex Grote Kolk en Sluiscomplex Meppelerdiep,” 2022.
- [3] Infram, „Toetsing Grote Kolksluis, Zwartsluis,” 12-06-2008.
- [4] Rijkswaterstaat, „Protocol Waterbeheer Meppelerdiep,” 2018.
- [5] TAW, „Leidraad Kunstwerken,” 2003.
- [6] Rijkswaterstaat, „Gebruikershandleiding Riskeer - Kunstwerken,” 2023.
- [7] Rijkswaterstaat Programma Rijkskeringen, „Werkwijze overstromingsrisico als gevolg van aanvaren,” 2021.
- [8] Adviesteam Dijkontwerp, „Rode draad nr. 6 - Omgang met klimaatscenario's bij het ontwerp,” 2024.
- [9] 5.1.2e, „Topkader toepassing klimaatscenario's,” 2024.
- [10] KNMI, „KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland”.
- [11] KNMI, „Kerncijfers KNMI'23,” [Online]. Available: <https://www.klimaatscenarios-data.knmi.nl/kerncijfers>. [Geopend 16 06 2025].
- [12] Rijkswaterstaat, „Protocol Waterbeheer Meppelerdiep,” 2018.

Bijlage A KNMI'23-klimaatscenario's (droog)

Kerncijfers KNMI'23

Landelijk gemiddelde

Seizoen	Variabele	Indicator	Klimatologie 1991-2020	2050 Ld	Bandbreedte 30-jaar gemiddelde	2050 Md	Bandbreedte 30-jaar gemiddelde	2050 Hd	Bandbreedte 30-jaar gemiddelde	2100 Ld	Bandbreedte 30-jaar gemiddelde	2100 Md	Bandbreedte 30-jaar gemiddelde	2100 Hd	Bandbreedte 30-jaar gemiddelde
Wereldwijde temperatuurstijging ten opzichte van 1991-2020				0,8°C		1,1°C		1,5°C		0,8°C		1,9°C		4,0°C	
Wereldwijde temperatuurstijging ten opzichte van 1850-1900				1,7°C		2,0°C		2,4°C		1,7°C		2,8°C		4,9°C	
Zomer	Temperatuur	gemiddelde	17,3°C	18,4°C	17,9 – 18,9°C	18,8°C	18,3 – 19,3°C	19,3°C	18,8 – 19,8°C	18,4°C	17,9 – 18,9°C	19,8°C	19,3 – 20,2°C	22,3°C	21,8 – 22,7°C
		gemiddeld dagmaximum	21,7°C	23,0°C	22,4 – 23,6°C	23,2°C	22,7 – 23,8°C	23,7°C	23,2 – 24,4°C	23,0°C	22,4 – 23,6°C	24,3°C	23,7 – 24,8°C	26,8°C	26,3 – 27,4°C
		gemiddeld dagminimum	12,9°C	13,9°C	13,5 – 14,3°C	14,3°C	13,9 – 14,8°C	14,8°C	14,4 – 15,3°C	13,9°C	13,5 – 14,3°C	15,3°C	14,9 – 15,7°C	17,8°C	17,4 – 18,2°C
	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	235 mm	216 mm	190 – 242 mm	214 mm	188 – 237 mm	204 mm	179 – 233 mm	216 mm	190 – 242 mm	200 mm	176 – 228 mm	167 mm	146 – 190 mm
		aantal natte dagen (≥ 0.1 mm)	44 dagen	42 dagen	39 – 45 dagen	42 dagen	39 – 45 dagen	41 dagen	38 – 44 dagen	42 dagen	39 – 45 dagen	40 dagen	38 – 44 dagen	37 dagen	34 – 40 dagen
		1-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden	48,0 mm ³	49,9 (48,5 – 50,9) mm ⁴		50,4 (49,0 – 51,4) mm ⁴		50,9 (49,0 – 52,3) mm ⁴		49,9 (48,5 – 50,9) mm ⁴		51,4 (49,4 – 53,8) mm ⁴		55,2 (50,4 – 60,5) mm ⁴	
	Droogte	uurlijkse neerslag die eens per jaar wordt overschreden	16 mm ³	13,5 (13,3 – 13,8) mm ⁴		13,7 (13,3 – 13,9) mm ⁴		13,8 (13,3 – 14,2) mm ⁴		13,5 (13,3 – 13,8) mm ⁴		13,9 (13,4 – 14,6) mm ⁴		14,9 (13,7 – 16,4) mm ⁴	
		maximaal neerslagtekort april t/m september	160 mm	194 mm	166 – 224 mm	200 mm	173 – 229 mm	214 mm	184 – 251 mm	194 mm	166 – 224 mm	219 mm	190 – 253 mm	280 mm	242 – 322 mm
		maximaal neerslagtekort april t/m september dat eens in de 10 jaar wordt overschreden	265 mm	302 mm	281 – 329 mm	331 mm	307 – 350 mm	342 mm	323 – 360 mm	302 mm	281 – 329 mm	360 mm	337 – 379 mm	427 mm	400 – 451 mm
	Verdamping	potentiele verdamping (Makkink)	286 mm	306 mm	297 – 317 mm	309 mm	297 – 320 mm	315 mm	303 – 329 mm	306 mm	297 – 317 mm	320 mm	306 – 329 mm	346 mm	335 – 358 mm
	Vochtigheid	gemiddelde relatieve vochtigheid ²	77%	76%	75 – 77%	76%	75 – 77%	75%	74 – 76%	76%	75 – 77%	75%	74 – 77%	74%	72 – 75%
	Zonnestraling	gemiddelde	206 W/m ²	217 W/m ²	210 – 223 W/m ²	217 W/m ²	210 – 223 W/m ²	219 W/m ²	213 – 226 W/m ²	217 W/m ²	210 – 223 W/m ²	220 W/m ²	214 – 226 W/m ²	229 W/m ²	222 – 236 W/m ²

Extra uitleg

1De getallen voor zeespiegel gelden ten opzichte van het gemiddelde over 1995-2014.
2De relatieve vochtigheid is in procentpunten (voorbeeld: 80% in de referentie, met 1% erbij wordt 81%).
3De hoeveelheid neerslag in de referentieperiode is de hoeveelheid die gemiddeld eens per jaar op een locatie voorkomt, zoals beschreven in STOWA 2019-19, Neerslagstatistiek en -reeksen voor het waterbeheer 2019, update volgt in 2024. Afgerond op hele getallen.
4Gebaseerd op een andere methodiek en modellen en met een onzekerheidsband vanwege de bandbreedte in kleinschalige processen rond buien (zie hoofdstuk Zomerbuien, hagel en onweer in het [gebruikersrapport](#)).

Figuur 12 Kerncijfers KNMI'23, Input data berekening droogte-impactscore. [11]

Bijlage B Scoretabel niet-sluiten

Apart als pdf aangeleverd

Bijlage C Doorkijk naar aankomende HB-veranderingen

In 2025 en 2026 werkt BOI aan een update van de belastingendatabases. De veranderingen die BOI doorvoert zijn:

- Nieuwe afvoerstatistiek en nieuwe meerpeilstatistiek;
- Het meenemen van correlaties modelonzekerheden golfhoogte en golfperiode.

Het is aan te bevelen om bij het vernieuwingsproject uit te gaan van de nieuwste databases. De update komt naar verwachting eind 2026 beschikbaar.

Tabel 12 is opgesteld om voor de Vecht- en IJsseldelta een korte samenvatting te geven van de veranderingen die zijn doorgevoerd in de hydraulische belastingendatabases voor hoog water, welke veranderingen er nog verwacht worden en welke verbeteringen WVL daarnaast nog ziet. Riskeer en Hydra-NL zijn de softwareprogramma's die bij de HB-databases en wettelijke beoordelingen gebruikt worden. De betrokken waterveiligheid/waterbouw adviseur kan dit gebruiken.

Tabel 12 Overzicht veranderingen in HB voor Vecht en IJsseldelta.

	Riskeer	Hydra-NL	Opmerking
Beoordelings-instrumentarium (BI) 2017 - pas vrijgegeven in 2018	Fysica en statistiek, modelonzekerheden (plus fout in modelonzekerheden golven)	Fysica en statistiek, modelonzekerheden (plus fout in modelonzekerheden golven)	Geen OI
Ontwerp-instrumentarium (OI)	In 2018	Sinds 2014 consistent met OI 2014 via KNMI2006	
Update 2020 BI en OI statistiek	Fysica Fouten in modelonzekerheden golven opgelost Fouten in fysica waterbeweging opgelost (Kampereiland)	Fysica consistent met OI 2014 via KNMI2006 Fouten in modelonzekerheden golven opgelost Fouten in fysica waterbeweging opgelost (Kampereiland)	
OI (pas in 2020)	Fysica en statistiek KNMI2006		
Vigerend	Versie 23.1	Versie 2.8.2	
BOI	Versie 24.1 Nieuwe statistiek GRADE 3.0 (IJssel) Oude statistiek Vecht (Geerse)	Versie 2.9.1 Nieuwe statistiek GRADE 3.0 (IJssel) Oude statistiek Vecht (Geerse)	Alleen intern Rijkswaterstaat te gebruiken voor verkenningen. Hiervoor toestemming gegeven te worden door MT of DT-lid,

	Riskeer	Hydra-NL	Opmerking
	Nieuwe meerpeil met impact pompen op Afsluitdijk	Nieuwe meerpeil met impact pompen op Afsluitdijk	omdat het nog niet formeel is vrijgegeven.
Wat moet verbeterd in 2025/2026	Fout bij lamellen voor meerpeilstatistiek Ambitie aanpassen in 25.1.	GRADE OI Vecht	
Wat moet verbeterd na 2027	Nieuwe afvoerstatistiek Vecht en Rijn met kennis van hoogwater Maas (uit project Flood Wisdom) Toepassing D-Hydro op de IJssel Beschutting land van de wind op de IJssel en Vecht		D-Hydro en nieuwe productiesommen databases. Afvoerstatistiek onderzoek loopt bij KNM Deltares en GRADE Windstatistiek Onderzoek loopt bij KNMI
Wat moet verbeterd voor BOI 2035	Tijdafhankelijkheid en faalpaden in de software		