

Gezamenlijke Zienswijze NRD dijktraject Arcen



Stichting belangenvereniging
bewoners aan de Maas Arcen

&



Aan de Gedeputeerde Staten van Limburg
t.a.v. de heer J.L. Goudriaan
Postbus 5700
6202MA Maastricht

Versie 1.0

Betreft zienswijze i.v.m. NRD MER projectplan dijktraject Arcen

Arcen 07-04-2018

Geachte heer Goudriaan,

Bij dezen ontvangt u een zienswijze die gezamenlijk wordt ingediend door de Stichting belangenvereniging bewoners aan de Maas Arcen en de Dorpsraad Arcen, hierna te noemen "wij". De machtigingen door de stichting en de dorpsraad evenals de contactgegevens kunt u vinden in bijlage 1. Deze zienswijze is vanaf www.dedorpsraadarcen.nl digitaal te downloaden.

Wij hebben kennisgenomen van de NRD voor het dijktraject Arcen en hebben een aantal opmerkingen, aanvullingen en suggesties. Tevens hebben wij een aantal opmerkingen, aanvullingen en suggesties op bijlage 3 van de NRD, het Verkennend effecten-onderzoek behoud winterbed Noordelijke Maasvallei. In aanvulling op de standaard beoordeling van de zienswijze vragen wij tevens de Commissie m.e.r. deze gehele zienswijze te bestuderen en hierop te reageren.

Een opmerking vooraf: hetgeen onderstaand **geel gemarkeerd** is betreft een tekstaanvulling of – wijziging ten opzichte van de tekst van de NRD. Onderbouwingen en verduidelijkingen zijn **groen gemarkeerd** indien de plaats in de tekst hierom vraagt. De hieronder vermelde bladzijdennummers verwijzen naar de betreffende bladzijden van de NRD.

Zienswijze op de NRD voor het dijktraject Arcen:

Blz. 11

Stap 2: Tevens vragen wij de Commissie m.e.r. deze gehele zienswijze te bestuderen en hierop te reageren.

Blz. 13

"Overige partijen" aansluitend op de 2^e alinea: Hetgeen niet impliceert dat alle standpunten van de Stichting en de Dorpsraad terug zijn te vinden in de NRD.

Blz. 16

Wij pleiten voor een oplossing qua dijkhoogte (beschermingsniveau) voor een eerste periode van 50 jaren, waardoor vooralsnog een minder hoge bescherming gerealiseerd hoeft te worden en toekomstige ontwikkelingen ten gunsten kunnen worden meegenomen. Ook kunnen onzekerheden in deze periode worden weggenomen.

Blz. 18

Ruimtelijke opgave voor het dijktraject Arcen:

In het centrum ligt de opgave enerzijds in een samenhangend en vanzelfsprekend totaalbeeld van de particuliere tuinen in combinatie met de gebruikswaarde en de relatie **van het dorp** met de Maas **door zijn specifieke en bijzondere ligging aan de Maas**. Anderzijds is het mogelijk versterken van de cultuurhistorische en toeristisch recreatieve waarden van het dorp. Hierbij vraagt de openbare maasoever met de cultuurhistorische plek rond De Schans extra aandacht **en is het behoud van het dorpskarakter als geheel door de zichtkwaliteit over de gehele breedte van het dorp belangrijk.**

In het noorden ligt de ruimtelijke opgave met name bij de systeemmaatregel van het 'Eiland van Hertog Jan'. De complexiteit zit hier in de hoogwaterveiligheid van de bierbrouwerij en de naastgelegen erven in combinatie met de monumentale kastanjelaan als dorpsentree van Arcen. Meekoppelkansen voor het dijktraject Arcen:

3. Ontwikkelen van een verbeterde passantenhaven nabij de Schanstoren, ingebracht door de dorpsraad.
4. Het terugbrengen van cultuurhistorische kenmerken, in samenhang met de dijkversterking. Hierbij kan gedacht worden aan een kering als stadsmuur stadsmuur als kering.
5. Hernieuwd ontwikkelen van een karakteristieke Maasboulevard aan het waterfront, ingebracht vanuit de gemeente en de dorpsraad.
6. Grond, klei en eventueel andere waardevolle stoffen, die beschikbaar komen uit het verlagen van het grondpeil in het plan Hertogbroek (bijlage 2), kunnen worden gebruikt voor het aanleggen van groene dijken of commercieel worden aangewend.

Blz. 21

Het gedeelte over de opgave systeemmaatregel dijktraject is uitermate tendentius en niet objectief geformuleerd, er wordt als het ware naar de uitkomst toegeschreven. Zo worden er sterkere bewoordingen gebruikt dan in het verkennend effecten-onderzoek. Er wordt vermeld dat 249 ha winterbed wordt ontnomen aan de rivier. Er wordt echter niet gesproken over de minieme winsten die door een dijkteruglegging te behalen zijn. De teruglegging naar de Maasstraat levert in het meest gunstige geval 18,75 ha winst op, een korte verbinding naar de hoge grond nog eens maximaal 12,5 ha. Zie bijlage 3.

Ligging nabij hydraulische knelpunten: Het rivierbed van de Maas is bij het dijktraject Arcen erg smal. Hierdoor is er bij Arcen sprake van een hydraulisch knelpunt, welke sterk zou toenemen door de huidige kering op te hogen. Het uitvoeren van een systeemmaatregel in dit gebied zal de doorstroming van de Maas in zeer geringe mate verbeteren. Het gebied is daarom mogelijk geschikt voor een dijkteruglegging. Er zijn ook nog andere mogelijkheden om het hydraulisch knelpunt op te lossen zoals de plannen Hertogbroek en Lottum/Broekhuizerweerd.

Oppervlakte: De oppervlakte van het gebied dat beschermd wordt door de kering bij Arcen is redelijk groot (249 ha). Hierdoor zal het ontnemen van heeft het gebied uit het winterbed een groot effect hebben op de doorstroming. In 2005 heeft de kering in Arcen de wettelijke status "primaire kering" gekregen. Hierdoor is het beschermde gebied geen winterbed meer. Op dit moment is de hoogte van de hele dijk om Arcen 17m NAP. Elke dijk is overstroombaar maar het binnendijkse gedeelte van Arcen maakt als geheel geen deel meer uit van het winterbed!

Bebouwing: De bebouwing bij het dijktraject Arcen is redelijk geclusterd. De grote woonkern is Arcen. Hier liggen alle woningen bij elkaar. In het buitengebied ligt de bebouwing rondom de Hertog Jan brouwerij. Bebouwing ten zuiden van Arcen (kasteel) maakt het onmogelijk om een nevengeul achter Arcen langs te leggen. Een dijkteruglegging in het noordelijke gebied is wel mogelijk. In het geval van een dijkteruglegging kan moet dit buitengebied relatief makkelijk beschermd worden met maatwerk. Het creëren van een eiland is helemaal niet makkelijk! Denk aan de riolering, kwelwater, bescherming van de bron van de brouwerij en de bereikbaarheid bij laag en hoog water. Tevens moet de beschermingsgraad bepaald worden en die zal wellicht hoger moeten liggen dan de nieuwe beschermingsgraad van Arcen. Eilandbewoners kunnen niet meer vluchten bij hoog water en bescherming door de dijk is hierdoor van levensbelang!

Uit de bovenstaande criteria kan worden geconcludeerd dat er voor het dijktraject Arcen kansen zijn voor een dijkteruglegging. Met deze dijkteruglegging blijft wordt het stroomvoerend regime van de rivier voor een deel behouden vergroot. Andere mogelijkheden tot vergroten van het stroomvoerend regime zijn het plan Hertogbroek, welk is aangedragen door de dorpsraad en het plan Lottum/Broekhuizerweerd. Dat bekend is bij Waterschap en Provincie.

Blz. 28

Teruglegging kering naar de Maasstraat: Hierdoor blijft een groot gedeelte van het winterbed behouden is niet correct. Op blz. 21 wordt gesproken over 249 ha. ontnemen aan het winterbed. Bijlage 3 maakt duidelijk dat de dijkteruglegging naar Maasstraat maximaal 18,75 ha. winst oplevert. 18,75 ha. is niet een groot gedeelte van 249 ha. maar slechts een zeer klein gedeelte, namelijk 7,5%.

Blz. 29

Punt 3.3.5 is niet compleet en bevat een foutieve straatbenaming
Input vanuit de omgeving:

Er zijn gedurende het proces verschillende contactmomenten geweest met de omgeving. Deze momenten zijn toegelicht in paragraaf 1.3. Tijdens deze momenten was het voor de omgeving mogelijk om input te leveren op de te ontwikkelen alternatieven. De dorpsraad van Arcen heeft zich actief ingezet om de kansen en mogelijkheden die ontstaan alsook de gevolgen van sterkere en ook hogere dijken goed in kaart te brengen en te bespreken met diverse stakeholders. Er is veel informatie uitgewisseld met Waterschap Limburg, Ministerie van I&W, Provincie Limburg, Gemeente Venlo, Gemeenteraad Venlo en allen is een informatieboekje van de Dorpsraad verstrekt over de dijkbescherming bij Arcen. Hierin zijn de meekoppelkansen die er ontstaan alsook de gevolgen van een oeverafgravingen aan beide zijden van de Maas ter hoogte van Arcen om een groter waterbergingsgebied te creëren en de doorstroming gelijkmatiger te laten verlopen, opgenomen. Complete en uitvoerige melding van de plannen Lottum/ Broekhuizerweerd en Hertogbroek dienen dan ook vermeld te worden in deze NRD opdat helder wordt dat er vele maatregelen mogelijk zijn om de Deltawet-doelen in Arcen te kunnen halen, buiten de al genoemde opties die in deze versie van de NRD staan. Daarnaast is er vanuit de omgeving veel waardevolle gebiedskennis gedeeld, bijvoorbeeld tijdens veldbezoeken. De omgeving heeft voor Arcen onder andere de volgende punten aangedragen:

- De meekoppelkansen zoals genoemd in paragraaf 2.1.2 van dit rapport;
- Het idee om de kering langs de Maasstraat-Schans/Raadhuisplein (deels) vorm te geven als stadsmuur, gebaseerd op de cultuurhistorie van het gebied. Dit biedt ruimte aan meekoppelen aan andere gebruiksfuncties (recreatie/toerisme);
- Kennis over de historie van het gebied rondom de watermolen en ideeën over hoe dit kan worden meegenomen in alternatieven voor de dijkversterking;
- Het idee om de mogelijke nieuwe kering rondom de bebouwing bij de Hertog-Jan brouwerij te combineren met de terrassen van aanwezige horecagelegenheden;
- Wensen van de bewoners t.a.v. dijktraject en uitvoering, onderbouwd met een enquête onder alle bewoners aan de Maas, zie bijlage 4.
- Rapport Benodigde Dijkhoogte in Arcen door Han Soethoudt, verder aangehaald als Rapport BDA, bijlage 5. Het Rapport BDA achten wij in het kader van de NRD in zijn geheel van belang en geldend.
- Ideeën over zichtbehoud vanuit woningen aan de Maas;
- Suggesties voor rivier-verruimende maatregelen in de buurt van Arcen met name de plannen Hertogbroek en Lottum/Broekhuizerweerd.

Blz. 29 en 30

3.4 Beschrijving van de alternatieven. Doordat er geen inzicht is gegeven in de verschillende dijksecties is het niet mogelijk om te zien of bepaalde combinaties mogelijk zijn. Hierdoor kunnen trajecten afvallen die door de bewoners wel gewenst zijn. Het ontbreken van de dijksecties getuigt niet van transparantie. Combinaties van dijksecties en afwijkingen binnen de dijksecties moeten mogelijk zijn.

Blz. 30

Alternatieven dijktraject Arcen.

- In alternatief 1 zou in Arcen Noord ook het kort tracé naar de hoge grond mogelijk moeten zijn. Doordat er geen secties bekend zijn is het onduidelijk of dit nu al een optie is. Indien dit nu geen optie is moet deze toegevoegd worden.
- Tevens zou in alternatief 1 onderzocht moeten worden of er winst te halen valt door het horizontale dijkstuk richting brouwerij te verleggen. Wellicht kan dit gebied bijdragen aan de waterberging.
- Alternatief 3 zou ook de mogelijkheid voor een meanderende beek moeten hebben. In het ontwerpatelier waren we er nog niet uit wat de beste oplossing was. Wellicht dat een compromis van alternatief 2 en 3 het beste zou werken. In de huidige alternatieven is dit niet mogelijk. Het is zonde om in dit stadium mogelijk goede oplossingen weg te gooien.
- In het zuidelijke traject is er een extra alternatief. De nieuw aan te leggen passantenhaven kan het startpunt/eindpunt zijn voor de vispassage door het groen. De stroom zou door het natuurgebied aan kunnen sluiten op de Lingsforterbeek via een afsluitbare pijp die bij hoogwater gesloten kan worden om te vermijden dat de Maas het achterland in kan stromen via deze verbinding.
- Er is een variant van de Lingsforterbeek die wel is onderzocht maar niet opgenomen. Er bestaat de mogelijkheid om de Lingsforterbeek ten oosten van Arcen om te leiden naar het noorden om er voor te zorgen dat deze ten noorden van Arcen in de Maas uitkomt. Voor de volledigheid is het zeker zaak om deze variant te vermelden in de NRD.

Blz. 31

Er zijn aandachtspunten voor MER Fase 2 vermeld maar er zijn ook aandachtspunten voor MER Fase 1. Deze zijn hier bijgevoegd. Tevens zijn de aandachtspunten voor MER Fase 2 aangevuld.

Aandachtspunten voor MER Fase 1.

- Bereikbaarheid van Hertog Jan brouwerij en omliggende bebouwing, bij laag en bij hoog water.
- Beschermingsgraad van Hertog Jan Brouwerij en omliggende bebouwing.
- Bescherming van de waterbron van de Hertog Jan Brouwerij
- Reële afweging van kosten en baten van een dijkteruglegging in het noordelijke tracé.
- Behoud van de monumentale kastanjelaan.
- Wensen van de bewoners, zie bijlage 4
- Privaat-/publiekrechtelijke eigendomsverwerving incl. planschade
- Behoud van het contact van Arcen met de Maas.

Aandachtspunten MER Fase 2.

- Varianten d.m.v. adaptief bouwen.
- Bereikbaarheid van Hertog Jan brouwerij, de proeverij en woningen laag en bij hoog water.
- Beschermingsgraad Hertog Jan Brouwerij, proeverij en woningen.
- Behoud monumentale kastanjelaan.
- Inpassing Schanstoren in dijksectie.
- Zichtbehoud op de Maas bij hoek Schanstoren.
- Planschade
- Wensen van bewoners, zie bijlage 4
- Voorkomen van kwelwater.
- Evacuatiemogelijkheden bij hoog water.
- Toegankelijkheid van de wandelboulevard voor mindervaliden.
- Toegankelijkheid wandelboulevard voor hulpdiensten.
- Schade door werkzaamheden.
- Keur van de gebouwen vóór aanleg.
- Waarborging van privacy in de tuinen.

Zienswijze op het Verkennend effecten-onderzoek behoud winterbed Noordelijke Maasvallei:

Blz. 31

De volgende gedeelten zijn incorrect en onvolledig. Daarbij is de volgorde onlogisch. Als er een dijkteruglegging plaats vindt komen de brouwerij en de omliggende bebouwing niet op een eiland te liggen maar zijn dan onbeschermd! De oplossing kan een eiland zijn. De eis is om voor het eiland tenminste hetzelfde veiligheidsniveau te realiseren als de nieuwe norm voor Arcen dorp.

Waterveiligheid

De indicatieve berekeningen gaan uit van een teruglegging naar de Maasstraat en een beschermingsgraad van het eiland van 17m NAP. De monumentale kastanjelaan moet echter behouden blijven en de beschermingsgraad van het eiland moet omhoog naar minimaal 18,60m NAP. Hierdoor zal de waterstandsvaling aanzienlijk minder zijn dan voorgespiegeld in het verkennend onderzoek.

Woon- en leefomgeving

Het gevolg van een dijkverlegging in het Noordelijke deel is dat de brouwerij en de omliggende bebouwing op een eiland onbeschermd komen te liggen bij hoogwatersituaties. Een passende maatregel kan zijn om rondom deze gebouwen een eigen waterkering te realiseren met als insteek dat deze tenminste hetzelfde veiligheidsniveau houdt als in de huidige situatie, de nieuwe norm voor dorp Arcen. Dit zou betekenen dat de brouwerij en de omliggende bebouwing op een eiland komen te liggen.

Daarnaast kunnen door de dijkversterking en/of verlegging gevolgen optreden voor ruimtebeslag op percelen van woningen en bedrijven. Met name de bedrijvigheid van agrarisch gebied kan zal hierdoor worden aangetast. Ook kan zal er zich hinder optreden.

Natuur en landschap

Delen van het plangebied zijn aangewezen als Bronsgroene landschapszone. Een nieuwe doorsnijding hiervan kan zal gevolgen hebben voor het beschermd landschap. Het gaat met name om aantasting van beeldbepalende kwaliteiten in het gebied, Zoals de Hertog Jan brouwerij en bomenrijen de monumentale kastanjelaan als entree van Arcen.

Blz. 32

De conclusie is niet correct en gaat uit van een verkeerd uitgangspunt. De huidige dijk om Arcen heeft in 2005 de wettelijke status "primaire waterkering" gekregen. Dit betekent dat het er achter liggende gebied niet meer tot het winterbed behoort. Tevens zijn de effecten te positief beoordeeld.

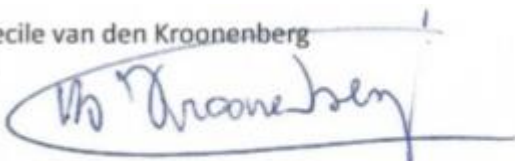
Conclusie

Door de dijkverlegging in Arcen blijft een belangrijk deel van de winterbedding behouden. De dijkverlegging, eventueel in de toekomst gecombineerd met een geul kan leiden tot positieve hydraulische effecten met waterstandsverlagingen van 1,5 – 3,5 cm incorrect, zie opmerking bij waterveiligheid, die ver ca. 55 km bovenstrooms doorwerken. Het beschermingsniveau van de brouwerij en de omliggende bebouwing die als gevolg van de maatregelen buitendijks komen te liggen is een belangrijk aandachtspunt alsmede de bereikbaarheid van dit gebied bij hoog en bij laag water. Het gebied kent diverse landschappelijke-, natuur en ruimtelijke waarden, die beïnvloed kunnen worden door de dijkverlegging en de geul. Door goede inpassingsmaatregelen kunnen effecten worden beperkt. Andere mogelijkheden tot positieve hydraulische effecten zijn het plan Hertogbroek, aangedragen door de dorpsraad van Arcen, en het plan Lottum/Broekhuizerweerd.

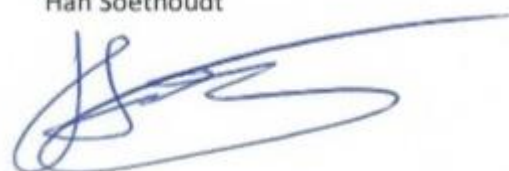
Dit is onze zienswijze. Wij hopen op een goed gefundeerde en spoedige reactie.

Dank en groet,

Cecile van den Kroonenberg



Han Soethoudt



Bijlage 1: Machtiging

De Stichting belangenvereniging bewoners aan de Maas Arcen machtigt hierbij de heer Han Soethoudt tot het indienen van een zienswijze op de NRD voor het dijktraject Arcen namens de Stichting.



Han Soethoudt
Voorzitter Stichting belangenvereniging
Bewoners aan de Maas Arcen

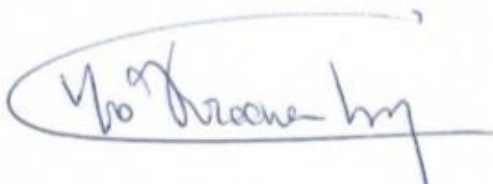


Roy Peeters
Secretaris Stichting belangenvereniging
Bewoners aan de Maas Arcen

Contactgegevens:

Adres: Stichting belangenvereniging bewoners aan de Maas Arcen, p.a. Maasstraat 39, 5944CA Arcen
E-Mail: peetersr@home.nl

De Dorpsraad Arcen machtigt hierbij de heer Cecile van den Kroonenberg tot het indienen van een zienswijze op de NRD voor het dijktraject Arcen namens de dorpsraad.



Cecile van den Kroonenberg
Voorzitter Dorpsraad Arcen



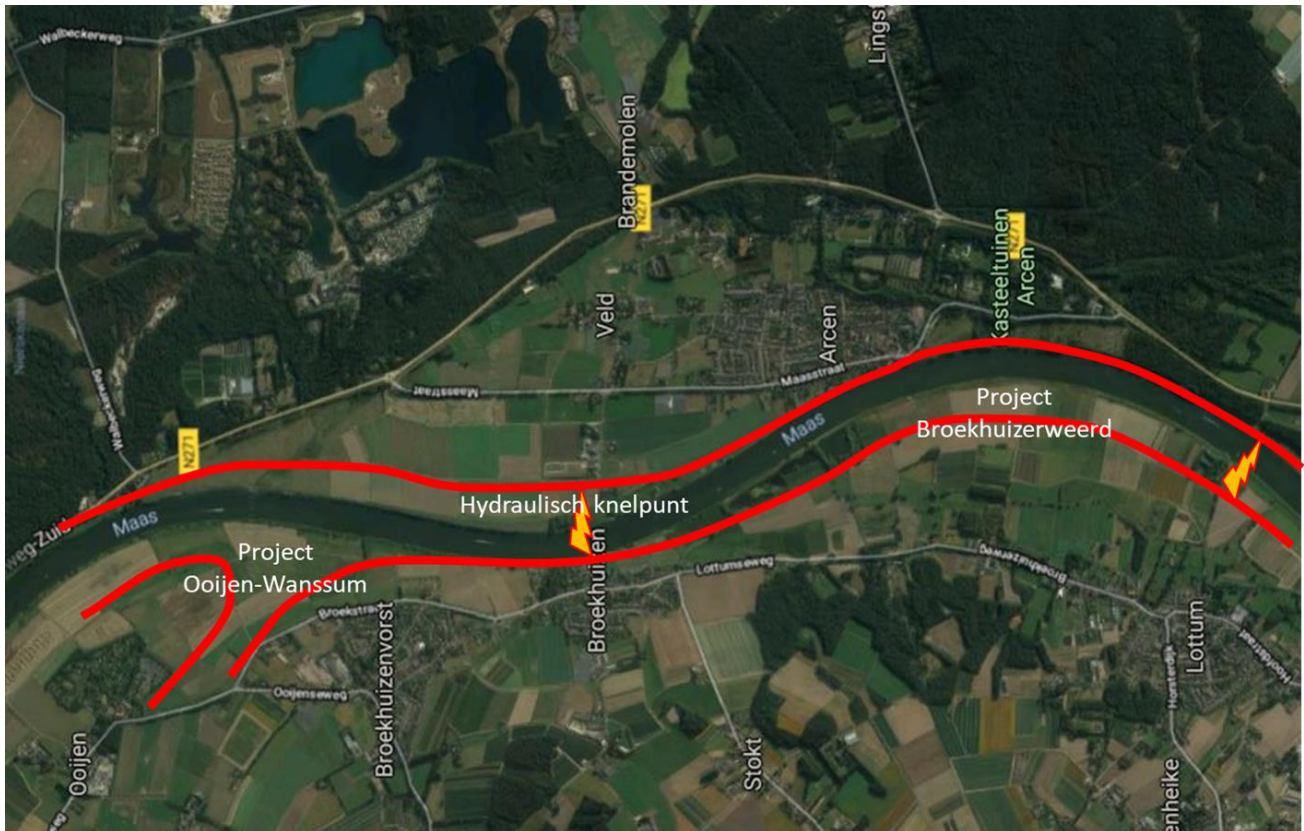
Hennie Rheiter
Secretaris Dorpsraad Arcen

Contactgegevens:

Adres: Dorpsraad Arcen, p.a. Aan de Poel 13 , 5944ES Arcen
E-Mail: info@dedorpsraadarcen.nl

Bijlage 2: Plan Hertogbroek

In de nabijheid van Arcen bestaan twee hydraulische knelpunten. Het knelpunt bij het veer Lottum kan worden opgelost door het plan Lottum/Broekhuizerweerd. Het hydraulisch knelpunt bij het veer Arcen-Broekhuizen kan worden opgelost door het plan Hertogbroek.



Afbeelding 1. Hydraulische knelpunten bij Arcen.

Het hydraulisch knelpunt bij het veer Arcen-Broekhuizen levert een substantiële bijdrage aan de huidige hoogwaterstanden in Arcen. Door dit hydraulisch knelpunt op te lossen kan het stroomvoerend regime van de rivier in zijn geheel sterk verbeteren. Zonder dit knelpunt zal de hoogwaterstand in Arcen substantieel lager zijn. Bij het veerpont Arcen-Broekhuizen loopt de grond aan beide zijden steil omhoog. Aan de zijde van Broekhuizen ligt het dorp nagenoeg direct aan de Maas. Aan de zijde van Arcen loopt de weg stijl op waardoor deze de hoogwaterstroom onnodig belemmert. Bovendien staan aan er bomen en struiken alsook een woning met hagen die de doorstroming van de Maas belemmeren.



Afbeelding 2. Situatie bij veerpont Arcen-Broekhuizen.

In het verkennend effecten- onderzoek behoud winterbed Noordelijke Maasvallei (NRD bijlage 3) wordt melding gemaakt van oplossingen voor hydraulische knelpunten waardoor de waterstand met meer dan 10 centimeter daalt. Het hydraulisch knelpunt dat van belang is voor Arcen dient derhalve dezelfde aanpak en prioriteit te krijgen als in de andere situaties.

Voorbeelden uit het effecten-onderzoek:

- pagina 22: maatregelen die zorgen voor 11 centimeter verlaging rondom Baarlo
- pagina 26: maatregelen die zorgen voor 20 centimeter verlaging rondom Venlo-Velden
- pagina 22: maatregelen die zorgen voor 11 centimeter verlaging rondom Well

Alle maatregelen die voor een bepaalde omgeving een verlaging betekenen resulteren ook, zoals beschreven staat, in een verlaging in stroomopwaarts gelegen gebieden. Het oplossen van het hydraulisch knelpunt voor Arcen betekent behalve voor Arcen ook een verbetering voor Broekhuizen, Lottum, Lomm, Velden, Grubbenvorst en Venlo.

Het hydraulisch knelpunt veer Arcen-Broekhuizen dient uiteraard vermeld te staan in deze NRD opdat eenieder op de hoogte is van deze situatie en er gepast maatregelen genomen kunnen worden. De Dorpsraad Arcen heeft bij het Waterschap Limburg plan Hertogbroek ingediend, om een 200 meter breed verlaagd terras aan te leggen aan oostzijde van de Maas over een lengte van 2000 meter, opdat de waterstand wordt verlaagd in Arcen en stroomopwaarts gelegen gebieden. Tevens ontstaat er zo een groter en volumineuzer waterbergingsgebied en verbetert de doorstroming beduidend. Grond, klei en eventueel andere waardevolle stoffen, die beschikbaar komen uit het verlagen van het grondpeil in het plan Hertogbroek, kunnen worden gebruikt voor het aanleggen van groene dijken of commercieel worden aangewend.



Afbeelding 3. Af te graven gedeelte plan Hertogbroek.

Door langs Arcen een verlaagd terras van 200 meter breed langs de Maas aan te leggen ontstaat een stromingsgebied van gelijke grootte om de hoeveelheid hoogwater gelijkmatig door te laten stromen en wordt het hydraulische knelpunt bij veerpont Broekhuizen-Arcen opgelost. De combinatie van het plan Hertogbroek met het plan Lottum/Broekhuizerweerd zorgt in Arcen en verder stroomopwaarts voor een substantiële hoogwaterstandverlaging. Het plan Hertogbroek is ook ingediend bij de provincie Limburg en zal door realisatie, de HWBP opgave voor Arcen makkelijker maken.

Bijlage 3: Oppervlakteberekeningen dijkeruglegging

De onderzochte dijkeruglegging in Arcen Noord bestaat uit twee gedeelten:

1. De teruglegging naar de Maasstraat, afbeelding 1. Vak A.
2. De korte aansluiting op de hoge grond, afbeelding 1. Vak B.

Tevens is er nog een eiland gepland voor de brouwerij en omliggende gebouwen, afbeelding 1. Vak C.



Legenda

Een rood lijnstuk heeft een lengte van 500 m

Een oranje lijn heeft lengte van 250 m

De groene lijn is de huidige groene dijk

Afbeelding 1. Oppervlakte dijkeruglegging

Oppervlakte A

$$= 500 \text{ m} \times 1.000 \text{ m} / 2 = 250.000 \text{ m}^2 = 25 \text{ hectare}$$

(ervan uitgaande dat alle huizen en kassengebouw langs de Maasstraat worden verwijderd en dijk op de Maasstraat komt te liggen waardoor minder verliezen zijn aan een hoge en brede groene dijk)

Oppervlakte B

$$= 500 \text{ m} \times 500 \text{ m} / 2 = 125.000 \text{ m}^2 = 12,5 \text{ hectare}$$

Oppervlakte C

$$= 250 \text{ m} \times 250 \text{ m} = 62.500 \text{ m}^2 = 6,25 \text{ hectare}$$

Resultaat van dijkteruglegging naar de Maasstraat in Arcen Noord:

25 hectare – 6,25 hectare = 18,75 hectare oppervlakte

Resultaat van de korte aansluiting op de hoge grond:

12,5 hectare oppervlakte

De plannen Lottum/Broekhuizerweerd en Hertogbroek betekenen een veel grotere winst in oppervlakte

Bijlage 4: Wensen bewoners

In november 2017 heeft de stichting belangenbehartiging bewoners aan de Maas samen met de dorpsraad een bijeenkomst gehouden met de inwoners van Arcen. Hier werden de resultaten besproken van een onderzoek onder de bewoners aan de Maas over de wensen betreffende de kering. Er is een duidelijk antwoord gekomen op de wensen qua traject en de wijze van uitvoering. Omgevingsmanager Sjoerd Haitsma heeft het volledige onderzoek toegestuurd gekregen.

De bewoners van de Schans/Raadhuisplein willen een vestingmuur van 16,10 m NAP met een opdrijvende of demontabele kering van 2,5 m. Onder aan de muur een brede wandel-fietsboulevard met muurtjes om op te zitten. De bewoners willen beslist géén toerisme bovenop de vestingmuur, enkele ondernemers juist wel.

De bewoners vanaf Alt Arce tot aan Vermunt willen het liefst een opdrijvende of demontabele kering van 2,5 meter die zo dicht mogelijk bij de woningen ligt. Zo blijft het contact met de Maas behouden en kan er volledig gebruik worden gemaakt van de tuin.

De bewoners van Vermunt tot aan van Disseldorp willen graag een opdrijfbaar of demontabele kering zo dicht mogelijk bij het huis. Zo blijft het contact met de Maas behouden en kan er volledig gebruik worden gemaakt van de tuin.

De bewoners van de Maasstraat willen unaniem géén teruglegging van de dijk richting de Maasstraat.

De bewoners rondom de Hertog Jan brouwerij willen géén eiland.

Bijlage 5: Rapport Benodigde Dijkhoogte Arcen

Benodigde dijkhoogte in Arcen

Kwantitatief achtergrondonderzoek (definitieve versie)



STICHTING BELANGENVERENIGING BEWONERS AAN DE MAAS ARCEN

April 2, 2018

Opgesteld door: Han Soethoudt

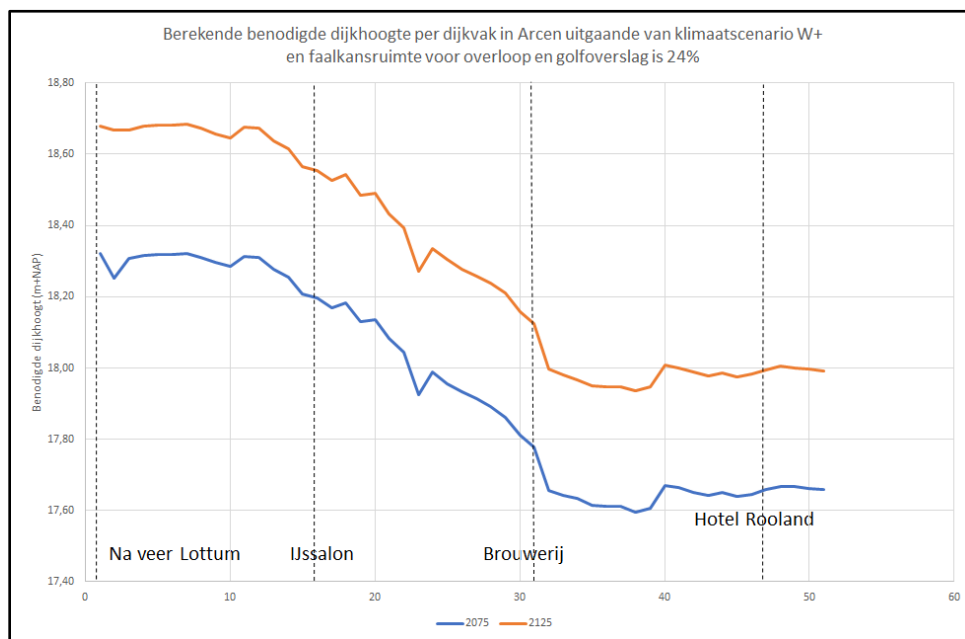


Samenvatting

Dit document is geschreven met als doelstelling:

Hoe ver kunnen we komen met het achterhalen en verifiëren van de onderbouwing van alle kwantitatieve informatie, die in directe relatie staat tot de benodigde dijkhoogte in Arcen, en kunnen we op basis daarvan argumenten vinden om die hoogte naar beneden bij te stellen.

Op basis van literatuuronderzoek en gesprekken met experts is uitgelegd hoe het Waterschap is gekomen tot de hoogte van 18.60m+NAP als benodigde dijkhoogte (=BD). Een belangrijke conclusie is dat er eigenlijk geen sprake is van de BD. Een BD hangt nl. af van de jaren waar je naar kijkt (de zichtjaren), hetgeen in het geval van het Waterschap Limburg de jaren 2075 en 2125 zijn. Daarnaast is de BD verschillend voor de diverse dijkvakken. Vanwege het verval van de Maas, dat tijdens hoogwater zo'n 80 cm is, zullen de dijken trapsgewijs aflopend worden aangelegd vanuit het zuiden. Op dit moment wordt de 18.60m+NAP door het Waterschap genoemd als BD in 2125 voor (bij benadering) het stuk van de Schanstoren tot aan Alt Arce. Wat de uitkomst van de berekeningen voor heel Arcen is geworden, is gevisualiseerd in Figuur 1:



FIGUUR 1: UITKOMSTEN BD VOOR DE DIJKVAKKEN IN ARCEN (VOOR ZOWEL ZICHTJAAR 2075 ALS 2125)

Zoals gezegd worden de stappen hoe deze waarde tot stand is gekomen toegelicht in dit document, en wel op zo'n manier dat ook op andere plekken in Nederland, waar dijkversterking aan de orde is, nagegaan kan worden hoe de nieuwe werkwijze, sinds de intrede van de nieuwe Waterwet 1 januari 2017, in elkaar steekt.

Naast het ontrafelen van de werkwijze is ook per stap in de methode gekeken of er nuances kunnen worden aangebracht, die ertoe zouden kunnen leiden dat de BD's lager kunnen worden dan dat ze nu zijn berekend. De volgende nuances zijn in dit document naar voren gebracht:

1. Vanuit de wettelijke norm is de 1/100 norm vastgesteld, echter omdat het faalkansmechanisme 'overloop en golfoverslag' met de hoogte te maken heeft, en de overige faalkansmechanismen niet, is het contra-rationeel dat ruimte in de faalkansbegroting wordt ingenomen ten nadele van de BD, terwijl er geen enkele relatie tussen bestaat. Bijvoorbeeld een hogere faalkansruimte voor 'piping' betekent dat de BD hoger moet worden, terwijl die zaken in het geheel niet samenhangen. Voorstel is om de faalkansnorm op te splitsen in 2 aparte normen: een voor de BD en een deel voor de rest (zie voor details paragraaf 5.2.9)
2. Voor groene dijken hoeft slechts 50 jaar vooruit gekeken te worden, en is de BD dus lager dan wanneer je voor een zichtjaar 100 jaar verder bouwt
3. Er is volgens de wet een mogelijkheid om in plaats van 100 jaar slechts 50 jaar vooruit te kijken en zgn. adaptief te bouwen. Dat betekent dat de dijk in 2 fasen kan worden gebouwd, waarbij in eerste instantie de BD wordt gehanteerd die past bij het zichtjaar 2075. Daarmee zal de BD dus lager zijn dan 18.60m+NAP. Deze optie wordt nu verkend door het Waterschap Limburg en waarschijnlijk in juni 2018 in de Stuurgroep Noordelijke Maasvallei beoordeeld. Dan zullen we weten of het kan of niet. Dit gaat over het bouwen in 2 fasen bij gelijkblijvend klimaatscenario waarvan wordt uitgegaan, d.w.z. W+.
4. De onderbouwing van de keuze voor het ergste klimaatscenario W+ is niet sterk, omdat het ministerie I&W in de argumentatie aangeeft dat de reden niet geldig is voor 2085 of verder
5. Naast het bouwen in 2 fasen zoals besproken in 3 mag bij het ontwerp ook uitgegaan worden van G en G+ scenario's, als het ontwerp maar uitbreidbaar is naar W+ op het moment van 'einde levensduur' van de dijk. Dus het is ook wettelijk toegestaan om bij de analyse voor 50 jaar vooruit uit te gaan van het meest milde scenario, nl. G. Ook hiervoor worden de voor- en nadelen afgewogen door het Waterschap Limburg voor de Stuurgroep in juni 2018, en zullen we daarna weten of het toegepast kan worden of niet. Een analyse met scenario G zal leiden tot een lagere BD.
6. De schrijvers en gebruikers van de software HBV, een programma dat de regenval vertaalt naar afvoeren in de rivier, zelf geven aan dat het niet duidelijk is of HBV geschikt is voor extreme afvoeren. Argument om dit HBV-model nu toch te gebruiken is dat er nu geen alternatief is (zoals 'physically based' modellen)
7. In HBV wordt het 1-dimensionale SOBEK-programma gebruikt, en soms zelfs eenvoudige regressie; de effecten daarvan op de uitkomsten zijn onduidelijk. ENW, een adviesorgaan voor het ministerie van I&W, heeft vragen gesteld over het gebruik van SOBEK, en in elk geval voor de Rijn gevraagd heeft om 2-dimensionale modellersoftware te gebruiken. SOBEK lijkt niet goed genoeg te zijn voor de benodigde modellering in sommige situaties en daarnaast wordt zelfs daar nog vereenvoudiging door regressie toegepast.
8. Er wordt in GRADE (het programma dat de BD uitrekent) geen rekening gehouden met overstromingen in België, terwijl er wel overloop zal zijn. Hierdoor zal de vloedgolf iets aftoppen.

Er zijn tenminste twee studies bekend waar aangegeven wordt dat overstroming in Wallonië zal plaatsvinden. Het effect heeft volgens de auteur een effect van 10-15cm verlaging van de BD.

9. Voor de intrede van de Waterwet werd de BD afgeleid uit statistieken van de waterstanden. Met die methode blijkt dat er weliswaar een verhoging van de waterstanden was in de periode 1990-2003, maar dat inmiddels alles weer terug is naar het patroon van voor 1990. Op basis van historische data-analyse is er geen aanleiding tot dramatische dijkverhoging. Een analyse van de eigenaar van de website www.waterpeilen.nl (een website met veel historische data) heeft tot deze conclusie geleid.
10. De klimaatonzekerheden van het KNMI voor de rivieren lijken volgens het RWS/WVL nog onvoldoende onderbouwd om nu al in de praktijk voor dijkontwerpen te kunnen benutten. Dat betekent dat de modellen, die gebruikt worden om afvoerstatistieken te genereren voor de rivier eigenlijk nog verder onderzoek behoeven, terwijl ze nu toch al gebruikt worden.
11. De duur van de golf wordt nu standaard op 30 dagen gezet. Soms heb je een stompe golf, die inderdaad langer duurt (1995), maar soms heb je een piekgolf (1993), die veel minder lang duurt. Het is dus niet terecht om standaard uit te gaan van een duur van 30 dagen. Het ligt in de lijn der verwachtingen dat een golf die langer duurt tot hogere BD's zal leiden
12. Als er in twee fases gebouwd kan worden, dan hoeft het scenario over 50 jaar vooruit niet uit te gaan van het W+ scenario, maar mag het G-scenario toepassen. De bijbehorende ontwerphoogte kan pas in april worden afgeleid als de statistieken voor Hydra beschikbaar komen, in de nieuwe versie Hydra 2.4. Vreemd genoeg is de keuze voor het G-scenario al geruime tijd mogelijk (ook al ver vóór de intrede van de nieuwe Waterwet op 1 januari 2017), maar nooit eerder opgevraagd waar het gaat om bijbehorende afvoerstatistieken.
13. Er wordt door het Waterschap Limburg gerekend met een bepaalde faalkansbegroting, die qua lijst van faalkansmechanismen niet past bij de situatie in Arcen. Dat gegeven èn dat je mag optimaliseren binnen de faalkansbegroting geven mogelijkheden om af te wijken van de MTFPON van 24%, die de BD nu zo hoog maakt.
14. Hydra kan nog niet rekenen met andere faalmechanismen, waardoor het optimalisatieproces met betrekking tot de BD niet goed kan worden uitgevoerd en mogelijk kansen op een lagere BD worden ontnomen aan Arcen.
15. Door toevoeging van het faalkansmechanisme 'overig' wordt (middels een vage term) 30% van de optimalisatieruimte ontnomen en de BD daardoor op een onduidelijke en niet goed te interpreteren wijze verhoogd.
16. Het is niet duidelijk wat het effect van de windsnelheid op de uitkomsten is. Er is immers geen gevoeligheidsanalyse mogelijk ten aanzien van de wind. Nu wordt er uitgegaan van de windsnelheid in Schiphol die gemiddeld bijna 60% hoger ligt dan in Arcen.

17. Er zijn opties om met afgravingen tegenover Arcen en bij het veer Arcen-Broekhuizenvorst decimeters waterstandverlaging te verkrijgen. Dit verdient nader onderzoek op haalbaarheid.

Uit veel zaken blijkt dat de methodologie nog niet is uitontwikkeld. Het lijkt erop dat de methode onder druk is geïntroduceerd. Denk maar aan gebrek aan invoerstatistieken, veel faalmechanismen niet in Hydra, faalkansruimte 'overig' is nu een black box, die de BD omhoogduwt. Maar ook de klimaatscenario's zijn in 2006 anders dan in 2014. Dit onderwerp is ook continu in beweging en kan over 8 jaar weer anders liggen. Het lijkt daarom niet te verkopen dat je 100 jaar vooruitkijkt als klimaatscenario's op korte termijn veranderen.

Hieronder een tabel met daarin de opties voor maatregelen en ingeschatte effecten op de BD

	Maatregel	Inschatting mogelijke verlaging BD
1	Zichtjaar 2070 en 2120 nemen in plaats van 2075 en 2125	4 cm
2	Meenemen overstroming Wallonië in België	10-15 cm
3	Zichtjaar 50 jaar in plaats van 100 jaar vooruit	35 cm
4	Uitgaan van klimaatscenario G in plaats van W+ bij 50 jaar vooruitkijken	Onbekend
5	Optimalisatie faalkansbegroting (liefst splitsing in 2 normen, die onafhankelijk zijn)	max. 47, realistisch 10-20 cm
6	Effect van windsnelheden: Schipholstatistiek vervangen door die in Arcen	Onbekend
7	Afgravingen overkant Maas Lottum/Broekhuizerweerd	± 30 cm
8	Afgravingen bij Hertogbroek	Onbekend (waarschijnlijk vergelijkbaar met vorige punt)

TABEL 1: OVERZICHT VAN MOGELIJKE MAATREGELEN EN INSCHATTINGEN VAN DE EFFECTEN

De kans dat alle opties worden meegenomen is erg klein, maar we zullen in Arcen alle mogelijkheden willen onderzoeken om de BD's te verlagen.

Tot slot is het opvallend te noemen dat, gezien de lange lijst met opmerkingen hierboven, er nog geen diepgaande inhoudelijke discussie op gang is gekomen over deze nieuwe werkwijze om te komen tot een BD. De auteur hoopt dat dit document zal helpen om die discussie bij bewoners, bestuurders en andere betrokkenen op gang te brengen

Inhoud

1.	INLEIDING	6
2.	WERKWIJZE.....	9
3.	INFORMATIEBRONNEN.....	10
4.	DE BENODIGDE DIJKHOOGTE IN ARCEN OP EEN SIGARENDOOS.....	11
5.	DE BEREKENING VAN DE BENODIGDE DIJKHOOGTE IN ARCEN	12
5.1	SCHEMA VOOR DE BEREKENING VAN DE BD.....	12
5.2	ELKE STAP IN DE BEREKENING VAN DE BD	13
5.2.1	STAP 1: NORM	13
5.2.2	STAP 2: ZICHTJAAR.....	13
5.2.3	STAP 3: KLIMAATSCENARIO	15
5.2.4	STAP 4: AFVOERSTATISTIEK	19
5.2.5	STAP 5: RIVIERVERRUIMENDE MAATREGELLEN.....	23
5.2.6	STAP 6: DATABASE FYSICA	25
5.2.7	STAP 7: WATERHOOGTEN.....	25
5.2.8	STAP 8: STATISTIEKEN	26
5.2.9	STAP 9: FAALKANSEISBEGROTING.....	27
5.2.10	STAP 10: BEREKENING HBN	32
5.2.11	STAP 11: LINEAIRE INTER- OF EXTRAPOLATIE.....	36
5.2.12	STAP 12: ONZEKERHEDEN.....	37
5.3	DE UITEINDELIJKE BD	37
5.4	DE ONVOLTOOIDE VAN	39
6.	BEREKENINGEN BIJ INGREPEN IN ARCEN	42
6.1	EEN NEVENGEUL IN ARCEN	42
6.2	EEN VERBREDING VAN DE MAAS IN ARCEN	43
7.	OVERIGE ZAKEN.....	46
7.1	SLUIZEN	46
7.2	DE ROL VAN DE BESTUURDERS	46
8.	CONCLUSIES	47
9.	NAWOORD.....	49
10.	WOORDENLIJST	50
11.	REFERENTIES.....	52
	LIJST MET AFKORTINGEN	54
	BIJLAGE A GRADE AFVOERSTATISTIEKEN VOOR DE MAAS	55
	BIJLAGE B WAARDE RIVIERKILOMETER PER PLAATS AAN DE MAAS	56
	BIJLAGE C ONDERBOUWING KEUZE KLIMAATSCENARIO W+.....	58
	BIJLAGE D EIGEN BEREKENINGEN	60
	BIJLAGE E HUIDIGE DIJKHOOGTEN	66
	BIJLAGE F OVERZICHT MAASWERKEN	67

“Ook het Waterschap Limburg wil de dijken zo laag mogelijk hebben”

(Wout de Fijter, Waterschap Limburg, Ontwerpatelier Arcen, 2017)¹

1. Inleiding

Teneinde de bevolking van Arcen meer te betrekken bij de processen rondom de dijkversterking, maar vooral ook om te kijken of de benodigde dijkhoogte (die door het Waterschap op het moment van schrijven op 18.60m+NAP is vastgesteld) omlaag kan, heeft de auteur geprobeerd een toegankelijk document te schrijven over de kwantitatieve achtergronden van de dijkverhoging. Ook het Waterschap zegt dat ze het liefst de dijk zo laag mogelijk willen hebben; de auteur hoopt dat in dit document argumenten gevonden kunnen worden om dat samen voor elkaar te krijgen. Het gaat in dit document enkel over de benodigde dijkhoogte (NAP) en niet over de plaats van de dijk of de vorm daarvan.

Sinds 1 januari 2017 is de Waterwet van kracht en heeft de overheid besloten dat Nederland extra moet worden beschermd tegen risico's van wateroverlast, bijvoorbeeld door overstromingen [1]. In deze wet is per dijktraject afgesproken hoe groot de kans mag zijn dat er wateroverlast mag ontstaan [2]. In Arcen is dat 1/100 per jaar². In de periode voor 1 januari 2017 werd gekeken naar een *overschrijdingskans*, waarbij rekening gehouden werd met de kans op een overstroming door het overschrijden van een bepaalde waterstand. In de nieuwe waterwet wordt gesproken over een *overstromingskans*. “Een overstromingskans is de kans op een overstroming door het bezwijken van een primaire waterkering, rekening houdend met allerlei mogelijke waterstanden en sterkteaspecten van de kering, waardoor het door het dijktraject beschermde gebied zodanig overstroomt dat dit leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade. In een overstromingskans zijn dus verschillende mogelijke wijzen van falen verdisconteerd.” In feite betekent dit enerzijds dat niet alleen naar overschrijding van de dijkhoogte door de waterstand wordt gekeken, maar ook naar zwakheden in de dijken, en anderzijds dat het gevolg van een overstroming wordt meegenomen in de toegestane kans op wateroverlast. Als er mensen zullen overlijden, of industrieën onder water komen te staan zal de beschermingsfactor veel hoger zijn dan in Arcen. Immers de kans dat mensen overlijden bij een overstroming in Arcen is zeer klein, evenals de (relatieve) economische schade aan bedrijven. De norm in Arcen is 1/100 per jaar (ondergrens) en signaleringswaarde 1/300 per jaar en komt voort uit een methodologie, die in de waterwet is beschreven. Aangezien dit een wet is valt hier weinig aan te doen, al zijn er altijd uitzonderingen zoals in Kessel.

Die grens van ‘1/100 per jaar’ is een voorbeeld waarover dit rapport zal gaan. Bij de invoering van de nieuwe waterwet hebben de waterschappen opdracht gekregen om deze beschermingsniveaus te implementeren. En na lering getrokken te hebben uit het verleden, betrekken ze nu de bewoners al vroeg in het proces om (binnen de gestelde eisen) tot een oplossing van dijkversterking te komen, die in een

¹ Deze quote moet in de goede context geplaatst worden: “Ook het Waterschap Limburg wil de dijken zo laag mogelijk hebben. Er zijn meerdere mogelijkheden om de hoogteopgave te beperken, maar deze hebben ieder ook andere consequenties. Het waterschap maakt daar waar mogelijk bij elke optie de afweging om het wel of niet te doen. Voor bijvoorbeeld rivierversuiming ligt deze afweging bij andere partijen”.

² Dit is iets anders dan 1 keer in de 100 jaar.

bepaalde context de beste is. Die context kan gerelateerd zijn aan de wet, financiën, technische haalbaarheid, bewonersvoorkeuren, toerisme, enz. Het betrekken van bewoners betekent dat er veel communicatie is, waarbij het Waterschap Limburg veelal achtergrondinformatie geeft, die invloed heeft op de keuzes die gemaakt worden. Maar er is één belangrijk punt van aandacht: *veel van de informatie, die wordt verstrekt, is voor de inwoners van Arcen niet (direct) verifieerbaar*. Dat kan een gevolg zijn van enerzijds gebrek aan alle informatie en anderzijds ten gevolge van de complexiteit van het proces. Een paar voorbeelden, waarvan niemand weet 'hoe komen ze daar nu precies aan?':

- De 1/300 per jaar signaleringswaarde
- De benodigde dijkhoogte van 18.60m+NAP
- Het waterstandverlagend effect van een afgraving aan de andere kant van de Maas bij Arcen is slechts 2 cm
- Faalkansfactor voor overloop en overslag is 0.24
- Klimaatteffect op de hoogwaterstand in 2075 is 0.5m

En zo zijn er nog meer voorbeelden, die intussen de revue gepasseerd zijn in Arcen. Uit ervaring weet de auteur dat ook het Waterschap Limburg niet alle achtergronden kent en kan uitleggen waar de resultaten vandaan komen. Zij krijgen immers ook door waarmee ze te werk moeten gaan, zonder altijd de verklaring en/of informatie te kunnen geven. Omdat de uiteindelijk benodigde dijkhoogte bepalend is voor heel veel zaken is ons veel gelegen om deze kwantitatieve informatie nader te onderzoeken.

Het belangrijkste doel van dit rapport is daarom dan ook:

Hoe ver kunnen we komen met het achterhalen en verifiëren van de onderbouwing van alle kwantitatieve informatie, die in directe relatie staat tot de benodigde dijkhoogte in Arcen, en kunnen we op basis daarvan argumenten vinden om die hoogte naar beneden bij te stellen.

Het is een complexe omgeving waarin dit proces van dijkversterking plaatsvindt. Er zijn niet alleen veel stakeholders, maar ook veel verschillende taken, die verdeeld zijn over die diverse stakeholders. Om een paar partijen te noemen, die bij deze berekeningen een rol spelen:

- Deltares (technologisch instituut op het gebied van water, ondergrond en infrastructuur)
- HKV (adviesbureau)
- Arcadis (adviesbureau)
- Rijkswaterstaat Zuid-Nederland
- Water, Verkeer en Leefomgeving (onderdeel van RWS)
- Waterschap Limburg
- Diverse gemeenten (Venlo, Well, Nieuw-Bergen,...)
- Provincie Limburg
- Ministerie Infrastructuur en Waterstaat

Een ander factor, die het verkrijgen van inzicht en overzicht bemoeilijkt, is de dynamiek. Er veranderen continu omstandigheden, randvoorwaarden en mensen in de uitvoering (veelal omgevingsmanagers). Verder zal blijken dat de methodologie zo nieuw is dat er nog steeds kennis moet worden opgebouwd, terwijl er al beslissingen genomen worden. Al met al een omgeving waar weinigen integrale kennis zullen hebben op alle inhoud en processen.

De periode waarin dit rapport is geschreven (februari - maart 2018), is de periode waarin in Arcen wordt toegewerkt naar een voorkeursalternatief (VKA) voor de dijkversterking. Het is dus de hoogste tijd om, als we nog iets van de benodigde dijkhoogte af willen halen, op zoek te gaan naar plekken in de onderbouwing die genuanceerd c.q. heroverwogen kunnen of moeten worden. Dit rapport neemt u mee in deze zoektocht en zal aan het eind conclusies trekken aangaande diverse elementen van die onderbouwing.

De auteur heeft geprobeerd de materie zo goed als mogelijk toegankelijk te maken voor iedereen, in de wetenschap dat het een schier onmogelijke opdracht is. Immers, veel zaken zijn erg technisch van aard, en de terminologie is voor de meesten ook nieuw. Troost u met de gedachte dat, om genoemde redenen, ook het Waterschap vindt dat hun opdracht om de bevolking mee te nemen in het proces geen eenvoudige is. Dit rapport kan dan ook op twee manieren gelezen worden. Enerzijds kun je alleen naar de conclusies kijken en anderzijds is het mogelijk om de achtergronden van die conclusies in de tussenliggende hoofdstukken te achterhalen en te begrijpen.

Aan dit rapport kunnen geen rechten worden ontleend. De auteur heeft geprobeerd alle inhoud te onderbouwen met verwijzingen, zodat alles ook na te kijken is. Alle verwijzingen zijn bij de auteur te verkrijgen en voor software kan hij de weg aangeven om die te verkrijgen, want alles is openbaar op één programma (ArcGIS) na. Ondanks dat dit document in eerste instantie geschreven is voor de bewoners van Arcen, hoopt de auteur dat ook andere betrokkenen er iets aan hebben. Denk hierbij aan diverse bestuurlijke stakeholders, maar ook inwoners van andere plaatsen in Nederland, waar dijkversterking momenteel of in de nabije toekomst een issue is.

2. Werkwijze

Om te achterhalen welke kwantitatieve informatie in relatie staat tot de benodigde dijkhoogte in Arcen is het noodzakelijk om erachter te komen hoe die dijkhoogte wordt afgeleid, welke aannames er zijn gemaakt, welke invoervariabelen zijn gebruikt en wat hun waarden zijn. Om dat te bereiken heeft de auteur de volgende activiteiten ondernomen:

- Literatuuronderzoek
- Bezoek Waterschap Limburg, Roermond (12 januari 2018, Wout de Fijter)
- Bezoek Rijkswaterstaat Zuid-Nederland, Maastricht (1 februari 2018, Siebolt Folkertsma, Jan Bremer)
- Download van simulatiesoftware:
 - Hydra 2.3.5
 - WAQUA/Simona
 - Baseline 5.3.1
 - ArcGIS 10
- Aanvraag van inputgegevens:
 - Schematisaties van de Maas: ben015-5-v4, j17-5-v2 , mknov
 - Hydraulische voorwaarden voor zowel de Maas als de beken en zijrivieren (lateralen)
- Overleg met niet betrokken specialisten (zie ook hoofdstuk 3)
- Feedback van experts op versie 1 van dit rapport

De software WAQUA/Simona en Baseline 5.3.1 en de bijbehorende schematisaties zijn weliswaar ter beschikking gesteld, maar tot nu toe nog niet gebruikt. In een later stadium kan het alsnog worden ingezet indien nodig.

3. Informatiebronnen

Dit document is tot stand gekomen met hulp van diverse personen en organisaties. Hierbij spreekt de auteur zijn dank uit aan:

- Alphons van Winden (beheerder www.waterpeilen.nl)
- Arcadis
- Bureau Stroming
- Deltares
- Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW)
- Groene Rekenkamer
- HKV
- Helpdesk Water
- KNMI
- Ministerie Infrastructuur & Waterstaat
- Rijkswaterstaat
- Rijkswaterstaat Zuid-Nederland (kantoor Maastricht)
- Ruben Jongejan (Jongejan Risk Management Consulting BV)
- Waterschap Limburg
- WVL

4. De benodigde dijkhoogte in Arcen op een sigarendoos

In het verleden is het regelmatig voorgekomen dat voor de benodigde dijkhoogte (vanaf nu BD genoemd) een waarde is genoemd, die afwijkt van de momenteel telkens genoemde 18.60m+NAP, die 1.60m hoger is dan de huidige dijken in Arcen. Zo staat enerzijds in een studie van HKV, een adviesbureau dat veel werkt verricht voor Rijkswaterstaat, dat de benodigde verhoging 90-100 cm is ([3], p.36) en kreeg anderzijds de auteur direct van het Waterschap Peel en Maas een BD in precies dezelfde orde grootte door voor een bepaald klimaatscenario en diverse zichtjaren³ in de toekomst (mail d.d. 27-01-2017, Marleen Weijters, WPM). Eenzelfde verhoging van 90-100 cm staat in een rapport waar bijna alle belangrijke stakeholders bij betrokken zijn [4]. En in een rapport uit december 2013, uitgevoerd door Arcadis in opdracht van Provincie, RWS en de Waterschappen, staat zelfs dat in 2100 in Arcen slechts 0.40m dijkverhoging nodig is [5]. Het is allemaal erg verwarrend, en zeer complex.

Het Waterschap Limburg legt de BD vaak op eenvoudige wijze uit, door te zeggen dat ie is opgebouwd uit de volgende termen:

BD = Correctie ten opzichte van oude norm (voor de Waterwet) + Klimaatverandering + Onzekerheden

De waarden, die door het Waterschap Limburg hiervoor gehanteerd worden zijn gepresenteerd in een omgevingswerkgroep op 19 april 2017 in Arcen [6]:

$$BD = (0.5 - 1 \text{ m}) + 0.5 \text{ m} + (0.2 - 0.6 \text{ m}) = 1.2 - 2.1 \text{ m}$$

Voor de klimaatverandering wordt grofweg 1 cm per jaar vooruit gerekend.

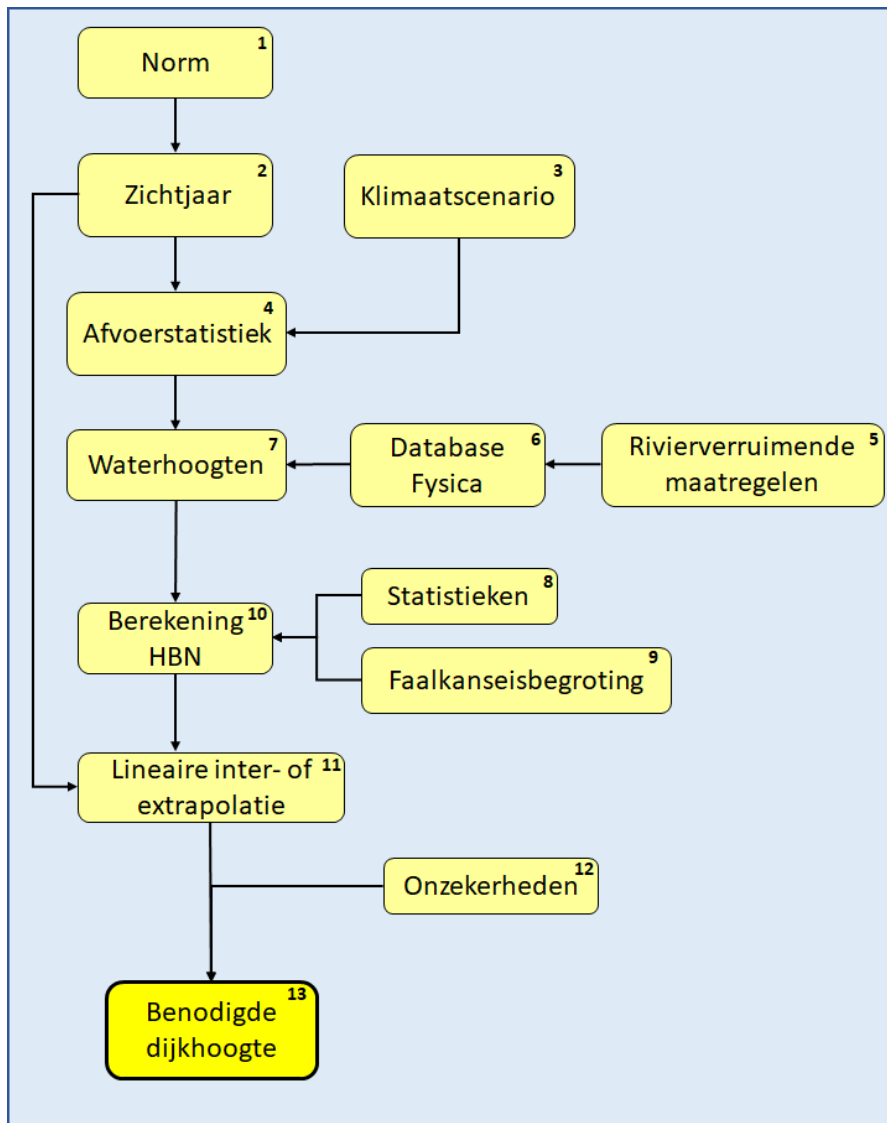
De waarde, die de laatste tijd steeds wordt gecommuniceerd is 1.60m (bovenop de huidige ontwerphoogte van ongeveer 17m+NAP). Waar die precies vandaan komt is niet zo eenvoudig uit te leggen. De hierboven beschreven opbouw uit 3 termen is slechts een richtlijn van denken om een globaal inzicht te geven, die niet strookt met de werkelijke berekeningen, die nodig zijn om de uiteindelijke BD te bepalen. Hoe dat echt in elkaar zit wordt toegelicht in de het verdere deel van dit rapport. Er is namelijk veel verwarring rondom de term en daarom zal uitgebreid worden ingegaan wat ie precies betekent. Voordat we kunnen omschrijven wat de BD is moeten er eerst andere zaken worden toegelicht. Het is namelijk niet mogelijk om die in tekst te definiëren op zo'n manier dat ie precies de lading dekt. Daarvoor is het nodig om het hele proces, dat leidt tot de daadwerkelijke BD, te beschrijven en te begrijpen.

5. De berekening van de benodigde dijkhoogte in Arcen

In deze paragraaf wordt het schema besproken en alle onderdelen benoemd, die nodig zijn om uiteindelijk de BD te kunnen afleiden op de manier zoals de Nederlandse overheid (RWS Min I&M, Waterschap) dat in samenwerking met adviesbureaus (Arcadis, HKV, ...) bepaalt. Hiertoe wordt het jargon van het waterschap gebruikt, maar ook toegelicht, zodat in de toekomst documenten en presentaties hopelijk beter gevolgd kunnen worden.

5.1 Schema voor de berekening van de BD

Voor de berekening van de BD wordt door de overheid uitgegaan van een opeenvolging van stappen zoals beschreven in [7] (p.21). Dit schema heeft de auteur ietwat aangepast en uitgebreid om het hele plaatje van randvoorwaarden en relevante invoer voor de vervolgstappen in het schema inzichtelijk te maken.



FIGUUR 2: SCHEMA HOE DE OVERHEID KOMT TOT DE BENODIGDE DIJKHOOGTE

Voor elk van de stappen zal worden beschreven hoe er te werk is gegaan en of er aanleiding is de redenering en/of uitgangspunten te nuanceren in de hoop dat de BD te verlagen is in Arcen (= nuance). Aan het eind van het verslag zullen de nuances overzichtelijk worden weergegeven in een tabel.

5.2 Elke stap in de berekening van de BD

Zoals te zien is in Figuur 2 is het een lange weg om bij de BD te komen. Per proces worden er vaak keuzes gemaakt, die uiteindelijk invloed hebben op de BD aan het eind. Daarmee is de BD een hoogte, die een functie is van vele invloeden zoals de norm, hoeveel je vooruitkijkt, wat je wel en niet meeneemt in je model, enz. Dit wordt per stap uitgelegd in de komende paragrafen.

5.2.1 Stap 1: Norm

Om tijdig zicht te krijgen op de versterkingsopgave van de waterkering is bij de nieuwe normen onderscheid gemaakt tussen een ondergrens en een signaleringswaarde. De ondergrens is de maximaal toelaatbare overstromingskans of faalkans: kans waarop de waterkering 'minimaal ontworpen moeten zijn'. De signaleringswaarde wordt gebruikt bij het toetsen van een dijk. De dijk wordt afgekeurd op het moment dat deze niet meer voldoet aan de signaleringswaarde. Deze waarde wordt gebruikt omdat in de praktijk pas vele jaren na de afkeuring de dijk daadwerkelijk versterkt zal worden. De faalkans zal in die periode nog verder toenemen tot de maximaal toelaatbare faalkans (afkeurkans) wordt bereikt. Deze is ongeveer een factor 3 groter dan de signaleringswaarde. De dijk wordt vervolgens ontworpen op de afkeurgrens en er wordt naar gestreefd dat de dijk minimaal 50 jaar voldoet. Na overschrijding van de signaleringswaarde is er nog voldoende tijd om de dijkversterking uit te voeren voordat de maximaal toelaatbare overstromingskans wordt bereikt. Dit wordt ook wel besteltijd genoemd.

Concreet voor Arcen betekent dat het volgende: de ondergrens (ook wel overstromingskansnorm genoemd) is gelijk is aan de maximaal toelaatbare faalkans, en die is in Arcen 1/100 per jaar. Voor andere plekken in heel Nederland is deze norm te vinden in [2] (p.67-68). De waarde 1/300 per jaar is enkel de signaleringswaarde. Deze wordt niet gebruikt als norm om de dijkhoogte te bepalen. Maar als de dijk wordt getoetst en de faalkans is groter dan 1/300 dan betekent dat dat men over 50 jaar de dijk versterkt moet hebben, omdat verwacht wordt dat de faalkans door de klimaatontwikkeling zal groeien naar de ondergrens van 1/100 en dan moet de dijk daarop zijn voorbereid. Voor het bepalen van de BD is dus alleen de 1/100 van belang.

Nuance	
1	Vanuit de wettelijke norm is de 1/100 norm vastgesteld, echter de manier hij gebruikt wordt later zou voor de auteur een reden zijn om de norm aan te passen. Zie daartoe paragraaf 5.2.9

5.2.2 Stap 2: Zichtjaar

Het zichtjaar is het referentiepunt voor de ontwerpmaatregelen voor de dijkversterking. De in dat jaar geldende omstandigheden bepalen met name de BD. Dat betekent dat de zaken, die de BD beïnvloeden, voor het zichtjaar voorspeld c.q. meegenomen moeten worden. Denk hierbij aan klimaat effecten, afvoer

Maas bij Borgharen, maar ook aan maatregelen, die in de Maas genomen worden om de hoogwaterrisico's in te dammen (bijv. project Ooijen-Wanssum, dat een flinke waterstandsverlaging tot gevolg heeft).

Het ontwerpen van een dijk is een investering. Voor een groene dijk is de investering een stuk lager dan voor een 'constructie'-dijk (muur, muur met glas, opdrijfbaar dijk). De vuistregel, die het waterschap gebruikt, is dat, vanwege het investeringsverschil, voor een groene dijk 50 jaar vooruitgekeken wordt en voor een constructie 100 jaar. Dat betekent op dit moment dat voor een groene dijk het zichtjaar 2070 is en voor een constructie 2120 (ervan uitgaande dat er nog ongeveer 2 jaar nodig is voor de realisatie). Mocht het dus zo zijn dat in Arcen deels een groene dijk en deels een constructie komt, kan het zo zijn dat de ontwerphoogten verschillen, omdat de verwachte hoogwaterstanden in 2070 lager zijn dan die van 2120. In dat geval zal de groene dijk lager zijn dan de constructie en het overstromingsrisico hoger. Eis van het waterschap is wel dat de groene dijk 'uitbreidbaar' is naar de ontwerphoogte 100 jaar vooruit. En hier liggen mogelijkheden! Definitie 'uitbreidbaarheid': dit criterium beoordeelt of de kering (bij veranderende randvoorwaarden) eenvoudig in hoogte en lengte uit te breiden is [8] (p.19).

Een tijd geleden (ergens in 2017) heeft Wout de Fijter van het Waterschap Limburg in een van de vergaderingen aangegeven dat ze willen bekijken of ze de dijken in twee fasen kunnen realiseren. Concreet betekent dit dat, als er een constructiedijk nodig is (dus geen groene dijk), er gekeken wordt hoe die dijk er, met zichtjaar 100 jaar vooruit, uit moet zien, maar tegelijkertijd onderzocht wordt of die dijk in twee fasen gebouwd kan worden. De eerste fase op een hoogte, die hoort bij een zichtjaar 50 jaar vooruit, en dan over 50 jaar kijken of de omstandigheden, zoals het klimaat, daadwerkelijk aanleiding geven om nog steeds die eerder bepaalde hoogte van 100 jaar vooruit te bouwen. Hier zitten veel voordelen aan vast. Ten eerste is het nu goedkoper, en mogelijk integraal bekeken later ook. Immers als het allemaal wel meevalt, hoeft er minder verhoogd te worden. Ten tweede is er meer zichtbehoud voor de bewoners en bezoekers van Arcen. Ten derde kunnen ze, indien nodig, straks voortbouwen op de bestaande constructie en hoeven niet opnieuw te beginnen. Het Waterschap Limburg is van deze gedachte werk aan het maken. In de maand april verwachten ze een document te hebben met een visie hierover⁴, welke waarschijnlijk in juni 2018 aan de Stuurgroep Noordelijke Maasvallei zal worden voorgelegd. Of deze 2 fasen benadering kan en mag zal ook getoetst worden bij stakeholders zoals de Provincie Limburg. Voorbeelden waar je aan kunt denken zijn: een stenen dijk, die volledig verankerd is in de bodem voor een constructie voor over 100 jaar, maar de hoogte past bij een zichtjaar van 50 jaar vooruit. Een ander voorbeeld is een stenen dijk, die met glaswand zou worden verhoogd tot 18.60m+NAP, omdat dan het uitzicht blijft, zou in eerste instantie kunnen worden gemaakt zonder glaswand⁵.

In deze rapportage is uitgegaan van de huidige ontwerphoogte 18.60m+NAP, die aangegeven wordt door het Waterschap, en wel met een zichtjaar 100 jaar vooruit. Bij het Waterschap is 100 jaar vooruit 2125, terwijl wij denken dat 2120 ook goed is.

⁴ Bezoek aan Waterschap Limburg bij Diederik Timmer, 9 maart 2018.

⁵ Telefoongesprek met Wout de Fijter van Waterschap Limburg, 9 maart 2018

Er is niet gemeld wat de hoogte bij 50 jaar vooruit zou moeten zijn. Later in dit document zullen we die wel bepalen conform de werkwijze van het Waterschap Limburg en kijken of er aanleiding is om een lagere ontwerphoogte te kunnen hanteren.

In de praktijk is het zo dat de diverse invloedfactoren zoals het klimaat, en de daaruit afgeleide afvoer van de Maas bij Borgharen, slechts op 2 zichtjaren zijn voorspeld: 2050 en 2100. Het is logisch om van die lange tussenperiodes te nemen, omdat het klimaat niet elk jaar flink verandert. Om hier gebruik van te kunnen maken voor de jaren 2070 en 2120 wordt lineaire inter- en extrapolatie toegepast. Dat komt neer op het trekken van een lijn tussen de waarden van 2050 en 2100 en kijken wat je dan krijgt in 2070 en 2120. In punt 11) zal dat toegepast worden en wordt duidelijk hoe eenvoudig dat werkt.

Nuance	
2	Het is normaal om investeringshoogten te relateren aan dergelijke perioden in de toekomst. De kans op dijkverlaging zit hem in de bepaling van het zichtjaar. Een dijk met een zichtjaar 2070, zoals een groene dijk, zal lager zijn dan de 18.60m+NAP, die nu aangegeven wordt.
3	Door te kiezen voor het bouwen in 2 stappen ('adaptief bouwen') kan in de eerste fase een veel lagere dijk gebouwd worden

TABEL 2: NUANCETABEL ZICHTJAAR

5.2.3 Stap 3: Klimaatscenario

Het klimaatscenario is de basis voor de huidige manier van voorspellen van neerslag, temperatuur, waterhoogte e.d. Uit dergelijke gegevens worden de afvoerstatistieken berekend, d.w.z. de afvoer van de Maas in Borgharen en wel bij de zichtjaren 2050 en 2100. Die afvoerstatistieken zijn nodig in de volgende stap (stap 4) in de berekening van de BD (zie Figuur 2). De methode die hier momenteel door de overheid wordt toegepast heet GRADE (Generator of Rainfall And Discharge Extremes).

Achtergrond GRADE

Tot voor kort waren de ontwerpafvoeren (de afvoeren, die gebruikt worden om berekeningen voor de toekomst mee te doen) voor de rivieren Rijn en Maas gebaseerd op een statistische analyse van waargenomen afvoeren uit het verleden (we komen hier in de volgende paragraaf nog op terug).

Er is een nieuwe methode ontwikkeld om de ontwerpafvoeren en de bijbehorende hoogwatergolven af te leiden voor de rivieren Rijn en Maas. Stochastische simulatie van het weer en hydrologische \ hydrodynamische modellering zijn de belangrijkste elementen van deze methode. Deze nieuwe methode heet GRADE (Generator of Rainfall And Discharge Extremes) en bevat de volgende componenten [9]:

- a) Een deel dat regen en temperatuur voorspelt
- b) Een deel dat de waterafvoer bepaalt als gevolg van neerslag
- c) Een deel dat een vertaalslag maakt van de uitkomst van b naar de waterstand van de rivier

GRADE is een (belangrijk) onderdeel om later de benodigde dijkhoogte te gaan bepalen. Deze methode is echter nog erg nieuw en onlangs is er onderzoek gedaan naar de achtergronden ervan [10]. De geïnteresseerde lezer kan in [10] dit onderzoek bestuderen. Eén van de belangrijkste conclusies was:

“Gemis aan transparantie ten aanzien van methodologische keuzes, achterliggende aannames en betrouwbaarheid van de samenstellende modellen van de modellentrein die wordt aangeduid met GRADE”

Er is dus kritiek op GRADE. Hieronder wordt GRADE iets uitvoeriger behandeld, zodat kritiekpunten van anderen en van de auteur naar voren kunnen worden gebracht in een te begrijpen context.

Toepassing van GRADE

Om de 3 componenten van GRADE te kunnen uitvoeren zijn er klimaatscenario's nodig. In 2006 zijn door het KNMI 4 scenario's als optie voor de toekomst gegeven [11]:

Klimaatscenario's	Luchtstromingen onveranderd	Luchtstromingen veranderen
Temperatuur +1°C	G	G+
Temperatuur +2°C	W	W+

TABEL 3: DE 4 SCENARIO'S VAN HET KNMI UIT 2006

In 2014 heeft het KNMI de klimaatscenario's geüpdatet. Deze zijn echter nog niet inzetbaar voor de vertaling volgens het schema naar afvoeren bij Borgharen. Bij het Wettelijk Toets Instrumentarium (WTI) en het Ontwerp Instrumentarium (OI) wordt immers nog op een specifieke wijze rekening gehouden met onzekerheden [12]. Daarom wordt er op dit moment nog uitgegaan van de KNMI 2006 scenario's. Dit blijkt later ook in de paragraaf in stap 8: statistiek, waar met statistieken uit 2006 wordt gewerkt. De keuze is zeer belangrijk, immers op basis van het gekozen klimaatscenario worden de temperatuur en de neerslag afgeleid uit simulaties op basis van data voor de Maas in de periode 1930-2008 [12], en wel voor een periode van 50.000 jaar vooruit! Die dienen als input voor de vervolgstappen.

Het klimaat is een moeilijk punt. Wie kan er nou voorspellen wat het klimaat zal doen over 100 jaar? Er zijn immers vele meningen over bijvoorbeeld hoeveel de zeespiegel of de temperatuur op aarde zal stijgen. Het is voor iedereen duidelijk dat hier veel onzekerheden zijn. Echter, de overheid wil/moet ergens van uitgaan om de mensen, bedrijven en gebieden veiligheid te bieden tegen wateroverlast. Het feit dat ze een keuze maken is in de ogen van de auteur onvermijdelijk. De vraag is echter: welke keuze?

Voor alle dijkprojecten wordt het klimaatscenario W+ aangeleverd. Dit is het meest extreme scenario, waarbij zowel de luchtstromingen veranderen alsook de temperatuur 2°C stijgt in 2050. Het dijkontwerp hoeft niet op W+ aangelegd te worden; het kan adaptief worden aangelegd op een gematigd scenario G of G+ mits het dijkontwerp 'uitbreidbaar' is naar W+ en op 'einde levensduur' daaraan voldoet [7],[13]. Deze term 'uitbreidbaar' is precies wat in de vorige paragraaf is behandeld. Wat de auteur opvalt is dat referentie [7] uit juli 2016 is, en dat in maart 2018 nog niet duidelijk is wat de term 'uitbreidbaar' betekent. De auteur heeft de betekenis en/of interpretatie van het woord 'uitbreiding' ook gevraagd bij de Helpdesk

Water. En ondanks dat het voorkomt in vele stukken kan de Helpdesk de vraag niet beantwoorden⁶. Kennelijk is het niet eerder aan de orde geweest bij een HWBP-project, want het Waterschap Limburg gaat nu met de Provincie Limburg afstemmen wat een toegelaten interpretatie hiervan is. Eigenlijk is het nog vreemder, omdat zelfs in het document ‘Leidraad Rivieren’ [14] uit juli 2007 al sprake was van deze term. Daar waar projecten zijn met dijken, die het zicht wegnemen van mensen, zou je toch mogen verwachten dat in elk geval de gemeente of andere stakeholders met een dergelijk voorstel tot fasering naar voren komen. Mogelijk is het ergens voorgekomen, en heeft de auteur er geen weet van, maar het gegeven dat het Waterschap Limburg dit nu moet onderzoeken en toetsen geeft aanleiding om te denken dat er geen precedent is in de zin van het bouwen in 2 stappen van een constructiedijk⁷.

De onderbouwing voor keuze voor het ‘ergste’ scenario W+ heeft de auteur tot nu toe nergens kunnen vinden. Waarschijnlijk staat die ook nergens. Het ENW, een adviesorgaan voor het Ministerie I&M (tegenwoordig I&W), heeft als een van de aanbevelingen bij GRADE aangegeven dat de keuze voor het scenario W+ onderbouwd dient te worden.”

Er is onlangs een eerste antwoord gekomen vanuit het Ministerie I&W⁸. Daarin werd gesteld dat het KNMI nieuwe scenario’s heeft berekend in 2014 en dat daar bleek dat de 4 scenario’s veel dichter bij elkaar liggen vergeleken met de 4 scenario’s uit 2006, waar het scenario W+ een stuk extremer is dan de rest. Ze zouden meer neigen naar het extreme scenario dat in 2014 W_H genoemd wordt. Het Ministerie I&W geeft aan dat dat alleen voor zichtjaar 2050 geldt. Als er verder in de toekomst gekeken wordt gaan de scenario’s weer uit elkaar. En dan is het dus niet meer logisch om volgens deze redenering W+ te kiezen. De onderbouwing is daarom niet sterk te noemen. Zie ook Bijlage G voor het formele antwoord.

Opmerking: het is voor de auteur moeilijk te vatten, dat 8 jaar na 2006 er nieuwe klimaatscenario’s worden gevonden. Het argument dat gebruikt wordt is het feit dat er een vernieuwde versie van het internationale IPCC rapport is over klimaatverandering [15]. Wie zegt er dat het over 8 jaar niet weer anders is. Het klimaat voorspellen is een jonge wetenschap met veel onzekerheden en veranderende resultaten, en is daarom moeilijk te gebruiken als uitgangspunt. Het is verder vreemd dat de klimaatscenario’s van 2014 niet gebruikt mogen worden voor de afvoerberekeningen, maar wel als argument gebruikt mogen worden om voor scenario W+ in 2006 te kiezen.

Opmerking: opvallend is dat in een telefoongesprek met RWS⁹ aangegeven werd dat het Waterschap zelf besluit welk klimaatscenario gekozen wordt als uitgangspunt voor de analyse. De onderbouwing moet volgens RWS dus van het Waterschap komen en niet van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Conclusie van dit eerste deel is dat uitgangspunt bij stap a) van GRADE er wordt uitgegaan van het meest extreme klimaatscenario W+, alhoewel er diverse kanttekeningen bij te plaatsen zijn.

⁶ Mail Helpdesk Water 9 maart 2018, refnr 18030696: “Helaas valt de inhoud van uw vraag niet binnen de scope van de Helpdesk Water. En wij adviseren u zich verder tot het Waterschap te wenden.

⁷ Telefoongesprek met Wout de Fijter van het Waterschap Limburg, 22 maart 2018

⁸ Telefoongesprek met Wim de Vries van het Ministerie I&W op 8 maart 2018.

⁹ Telefoongesprek met Robert Slomp van RWS op 3 maart 2018.

In deze maanden werkt het Waterschap Limburg aan de voorbereiding van de Stuurgroep Noordelijke Maasvallei, waar het zogenaamde ‘adaptief bouwen’ (in 2 stappen dus) op de agenda staat. De verwachting is dat de Stuurgroep over twee zaken een bestuurlijke beslissing gaat nemen. Ten eerste een afweging of ‘adaptief bouwen’ gaat worden toegepast en ten tweede of er (bij een antwoord ‘ja’ op punt 1) voor de eerste fase dan uitgegaan wordt van klimaatscenario G of W+¹⁰. De eerste beslissing heeft een zeer grote impact op de benodigde dijkhoogte! Van de tweede vermoeden we dat, en dat kan getoetst worden als de G-scenario’s beschikbaar komen in Hydra 2.4 (programma om benodigde dijkhoogten te berekenen; de nieuwe versie)¹¹.

Omdat de BD dus afhangt van het zichtjaar en het gekozen klimaatscenario introduceren we de volgende definitie

BD (j, ksc): =dijkhoogte, die gerealiseerd moet worden uitgaande van zichtjaar ‘j’ en klimaatscenario ‘ksc’.

Voorbeeld: BD (2100, W+) is de benodigde dijkhoogte in het jaar 2100 als we uitgaan van de gevolgen van klimaatscenario W+.

In stap b) van GRADE wordt met deze tijdreeksen in een ander model de hoeveelheid neerslag vertaald naar een bepaalde afvoer van de Maas. Dat model is het HBV-model¹². Een beschrijving van de details is te vinden in [9]. Het gebruik van HBV in de context van de Rijn en Maas is niet onomstreden. In [10] (p.45) wordt aangegeven dat uit de validatie van HBV blijkt dat de situatie met hoogwaters van 1993 en 1995 door het HBV-model te hoog berekend wordt. Ook de schrijvers en gebruikers van HBV zelf geven in hun rapport aan dat het niet duidelijk is of HBV geschikt is voor extreme afvoeren ([9], p.31), en dat is precies waar wij mee te maken hebben. Aangegeven wordt dat modellen uit de categorie “physically based” hiervoor waarschijnlijk beter zijn toegerust. Dat betekent dat waarden, die in dit model voorkomen, ook gemeten kunnen worden. In het HBV-model kunnen resultaten aan de uitkomstenkant niet gemeten worden. Het is immers niet zo eenvoudig als je wilt kijken hoeveel van de gevallen regen in de rivier terecht komt via de bodem. Toepassing van het type “physically based” modellen wordt voorlopig echter nog als te complex beoordeeld om ze als een alternatief voor HBV te kunnen beschouwen ([10], p.45-46).

Een ander aspect van HBV is de transformatie van afvoer (uitkomst HBV) naar afvoergolf van de Maas. Dat gebeurt in stap c) in theorie via een simulatie met het programma SOBEK¹³ maar volgens de beschrijving gebeurt dit soms (waarschijnlijk alleen bij gevoeligheidsanalyses) via een regressievergelijking omdat simulatie met SOBEK te veel rekentijd vergt. De vraag is wat het effect hiervan is. Daar wordt in de

¹⁰ Telefoongesprek met Wout de Fijter van Waterschap Limburg, 22 maart 2018

¹¹ <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/applicaties-per/omgevings/omgevings/hydra-nl-0/>

¹² Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning model, een hydrologisch model dat in begin jaren 70 ontwikkeld is in Zweden door SMHI (Zweeds Meteorologisch en Hydrologisch Instituut)

¹³ Sobek is de Egyptische god van het water. Deltares heeft deze naam gegeven aan een programma dat veelal gebruikt wordt bij 1-dimensionale modellering van waterstromen.

beschrijving van het model verder niet op in gegaan. In de praktijk van Rijkswaterstaat, Arcadis, Waterschappen en ingenieursbureaus wordt SOBEK niet gebruikt voor gedetailleerde ontwerp vragen. Dat heeft te maken met het feit dat SOBEK bij de modellering de Maas opdeelt in lange stukken van 500 meter, waardoor variaties binnen die 500 meter niet apart worden behandeld. Om het gewenste detailniveau te modelleren wordt daarom gewerkt met WAQUA. Daarmee wordt de Maas 2-dimensionaal bekeken in vakjes van 40x40 meter en daarmee kan veel nauwkeuriger worden gerekend en laterale stroming kan worden meegenomen. We komen hier later uitgebreid op terug, maar voor hier is de vraag of SOBEK wel de juiste tool is om met HBV-uitkomsten de vertaalslag te maken naar afvoeren voor de rivier. Een vergelijkbaar advies is eerder gegeven door het onafhankelijk adviesorgaan ENW. Toen het Ministerie I&M het ENW vroeg om GRADE als instrument te toetsen was een van de adviezen om het GRADE-instrumentarium SOBEK voor de Duitse Niederrhein vervangen door WAQUA (of een evenwaardig 2D-model) ([16], p.12). De vraag is of dat bij de Maas ook nodig is. Daar kan de auteur geen uitspraak over doen.

Nuance	
4	De onderbouwing van de keuze voor het meest extreme klimaatscenario W+ is niet sterk.
5	Er mag bij het ontwerp ook uitgegaan worden van G en G+ scenario's, als het ontwerp maar uitbreidbaar is naar W+ op het moment van 'einde levensduur' van de dijk. Sowieso wordt de mogelijkheid van bouwen in 2 fases onderzocht, waardoor de dijken nu lager kunnen blijven.
6	De schrijvers en gebruikers van HBV zelf geven aan dat het niet duidelijk is of HBV geschikt is voor extreme afvoeren. Argument is dat er nu geen alternatief is (zoals 'physically based' modellen)
7	In HBV wordt het 1-dimensionale SOBEK-programma gebruikt, en soms zelfs eenvoudige regressie; de effecten daarvan op de uitkomsten zijn onduidelijk

TABEL 4: NUANCETABEL KLIMAATSCENARIO

5.2.4 Stap 4: Afvoerstatistiek

In stap 4 wordt gebruik gemaakt van de kansverdeling van de rivierafvoer gebaseerd op GRADE-resultaten. Concreet bedoelen ze hiermee hoe vaak een bepaalde (extreme) afvoer van de Maas naar verachting voorkomt. De GRADE-afvoerstatistiek is beschikbaar voor het referentie jaar 2015 en de zichtjaren 2050 en 2100 en is te vinden in Bijlage A [7]. Voor de zichtjaren 2050 en 2100 in combinatie met het scenario W+ zijn de afvoeren in Borgharen, die gebruikt worden voor de bepaling van de afvoeren 3470 en 3893 m³/s respectievelijk. Een andere bron geeft vergelijkbare maar andere hoeveelheden bij de genoemde zichtjaren en klimaat W+ ([17], p.75-76):

Afvoer Maas in m ³ /s	G	G+	W	W+
2050: Hoogwater 1/100 per jaar	3000	3000	3200	3200
2050: Hoogwater 1/1250 per jaar	3900	3900	4000	4000
2100: Hoogwater 1/100 per jaar	3200	3200	3500	3600
2100: Hoogwater 1/1250 per jaar	4000	4100	4400	4600

TABEL 5: ONTWERPAFVOER IN BORGHAREN VOOR VERSCHILLENDE ZICHTJAREN EN HERHALINGSJAREN

Hierbij worden in de huidige GRADE-versie geen harde aftopniveaus gehanteerd. Concreet betekent dit dat er geen rekening wordt gehouden met overstromingen in Frankrijk en België. Men geeft aan dat mogelijk in de praktijk wel sprake van dergelijke overstromingen (bijvoorbeeld rondom het mijnverzakkingsgebied in België bij Maasmechelen), maar het effect hiervan valt binnen de nauwkeurigheid van OI2014 [7]. Er is evenwel een studie gedaan (masterstudie aan de TU Delft [18]) naar de effecten op de vloedgolf in Borgharen als gevolg van overstromingen in België. Uit toepassing van het model komt als resultaat naar voren, dat de impact van overstromingen op de afvoer een paar procent demping is, die toeneemt van 0% bij een eens in de vijftig jaar golf tot 7% bij een eens in de vijftigduizend jaar vloedgolf ([18], p.6) . Een dergelijk ordegrootte in aftopping van de vloedgolf is eveneens genoemd in [16] (p.8). Hier is gerefereerd aan een Europees project, waar is vastgesteld dat bij een afvoer van 4000 m³/s in Borgharen/Eijsden er sprake is van een aftopping van 3% door overstroming in België. Deze afname van de vloedgolf wordt momenteel niet meegenomen in GRADE, en wordt een waterstandverlagend effect van 10-15cm¹⁴ genegeerd. De reden waarom dit niet wordt meegenomen is politiek gedreven. De Nederlandse en Belgische overheid hebben ‘afgesproken’ dat er geen overstromingen in België zullen voorkomen, en dus kunnen ze niet worden meegenomen in een lagere afvoerstatistiek bij Borgharen¹⁵. Formeel was het antwoord¹⁶:

Bij de dijkversterking in Limburg wordt geen rekening gehouden met eventuele overstromingen in Vlaanderen, omdat de Belgische overheid aan Nederland heeft laten weten alles in het werk te stellen om deze overstromingen te voorkomen. Momenteel is door DGWB (Min IenW) aangegeven dit als uitgangspunt te hanteren voor de dijkversterkingen in Limburg en Brabant.

Voor overstromingen in Wallonië is het volgende besloten door DGWB van het MinIenW (zie Bijlage; dit is ref. [19], een deel van die bijlage is hieronder weergegeven in Tabel 6):

- 1) *Voor Limburg is gegeven de lage normen dit effect minder relevant en mag worden verwaarloosd;*
- 2) *Voor Brabant kan voor dijken een korting van 10cm op het MHW en de ontwerphoogte van de dijk in rekening worden gebracht.*

Samenvatting uitgangspunten

De uitgangspunten voor de Maas betreffen:

	Uitgangspunt	Gevolg waterstand*)
1. Rivierafvoeren en klimaatverandering: GRADE-Maas	<ul style="list-style-type: none"> - Conform OI en WBI - Nu voor Maasvallei niet aftoppen voor overstromingen naar Wallonië. - Voor bedijkte Maas anticiperen op toekomstig aftoppen met een aftrek van 10 cm. - W+ en G voor gevoeligheidsanalyse 	-10 cm voor de bedijkte Maas (Anticiperend op toekomstig aftoppen)
2. Begrenzing modelschematisatie bij Vlaanderen	- Geen overstroming van Maas richting Vlaanderen	0 cm

TABEL 6: DEEL VAN TABEL UIT REFERENTIE, DAT OVER SITUATIE IN BELGIË GAAT

¹⁴ Berekening van auteur in Hydra, waarbij de invoerfile met afvoerstatistieken 3-4% is verlaagd.

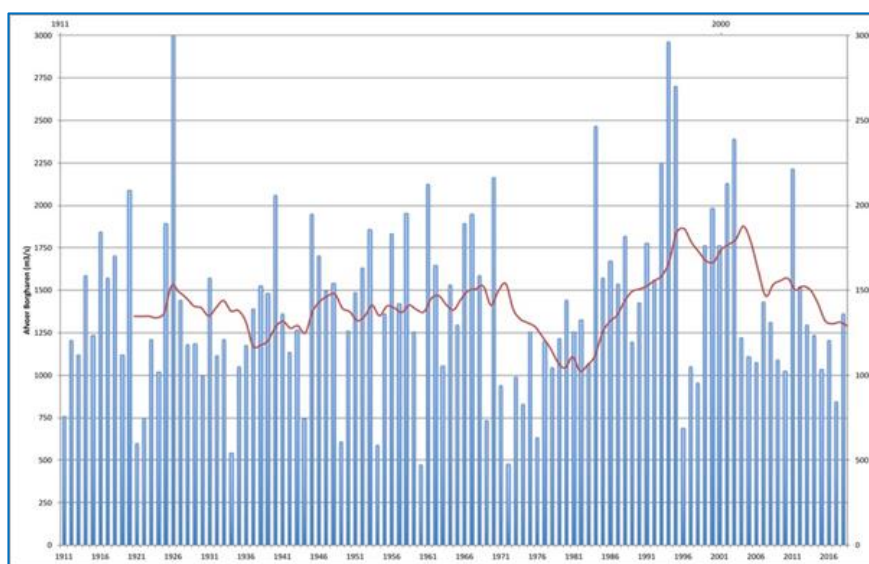
¹⁵ Telefoongesprek met Wout de Fijter van het Waterschap Limburg, 22 maart 2018

¹⁶ Mail van Helpdesk Water, 28 maart 2018, antwoord door RWS, referentienummer 18032322

In deze tabel staat dus dat voor ons stuk van de Maas (Maasvallei) er bij de berekeningen niet gekort hoeft te worden op de afvoer, maar verder stroomafwaarts wel. Bovendien hoeft er in Vlaanderen (Maasmechelen e.d.) helemaal niets afgetopt te worden. Dat laatste is niet ter discussie, maar het deel in de Wallonië wel!

We zien dus dat de overheidsinstanties uitgaan van een nieuwe methode, die langs (nu al) ingewikkelde wegen zal leiden tot een uiteindelijke benodigde dijkhoogte. Doordat er zoveel stappen in zitten, zijn er ook veel onzekerheden. Dat was voor de intrede van de Waterwet in 1 januari 2017 anders. Namelijk, voor deze nieuwe methode op basis van GRADE een paar jaar gelden zijn intrede deed, keken we naar hoe het ging met de ontwikkeling van de afvoercijfers van de Maas als basis voor de toekomstvoorspelling. Nu kunnen we deze statistieken gebruiken als een soort controle op de voorspellingen die volgen uit de voorspelde klimaatscenario's. Daarbij heeft de auteur input gekregen van Alphons van Winden, die de website www.waterpeilen.nl beheert, en analyses op die gegevens laat zien op die website. Zo heeft hij ook gegevens over de afvoer van de Maas geanalyseerd, in het bijzonder in de winter als de waterstanden het hoogst zijn. Hij komt daarbij tot de volgende conclusies¹⁷:

- In het afvoerpatroon van de Maas is geen trend zichtbaar waaruit blijkt dat de afvoeren zouden toenemen.
- De piekafvoeren in het winterhalfjaar en de 3 wintermaanden nemen niet toe (zie Figuur 3).



FIGUUR 3: GRAFIEK VAN DE MAXIMALE AFVOER DIE IN HET WINTERHALFJAAR IS OPGETREDEN (BLAUWE STAAF) EN HET LANGJARIG GEMIDDELDE OVER EEN PERIODE VAN 11 JAAR (RODE LIJN)

- De gemiddelde afvoeren in het winterhalfjaar en de 3 wintermaanden nemen niet toe.
- In de periode tussen 1990 en 2003 zie je dat de langjarige gemiddelde en de piekafvoeren toenemen. Dat was de periode dat er relatief veel hoogwaters waren en waarna besloten is om de

maatregelen te treffen die nu door Maaswerken langs de Maas zijn uitgevoerd. Sindsdien zijn de afvoeren echter niet verder gestegen en er is zelfs sprake van een periode met relatief weinig hoogwaters. De langjarige gemiddelden zijn dan ook weer teruggezakt naar waarden die vergelijkbaar zijn met de periode van voor 1995.

Er is nog een aandachtspunt. Ten aanzien van de klimaatonzekerheden in rivierafvoeren is ook nog onderzoek nodig. In een presentatie uit 2016 van RWS/WVL [20] staat dat dat nog niet goed is uitgezocht. Navraag bij de Helpdesk Water bevestigt dit¹⁸:

Wij hebben inmiddels ook een pilotproject gedaan voor klimaatonzekerheden in rivierafvoeren. De pilot geeft aan dat deze onzekerheden voor rivieren kleiner lijken dan de bestaande modelonzekerheden en statistische onzekerheden. Mogelijk kan deze onzekerheid voor rivieren worden weglaten maar dat moet nog nader worden onderbouwd.

De klimaatonzekerheden op basis van RCP's¹⁹ van het KNMI lijken nog onvoldoende onderbouwd om nu al in de praktijk voor dijkontwerpen te kunnen benutten. Daarom heeft Rijkswaterstaat aanbevolen aan de beleidsdirectie van IenW om deze RCP's nog niet te gaan gebruiken in de praktijk, maar ze eerst verder te ontwikkelen en te onderbouwen.

Er is in de literatuur veel te vinden over het klimaat. Het is volgens de auteur een oneindige discussie. Zo zijn er bronnen, die aangeven dat er in een paar jaar tijd rond 1990 een temperatuursprong van 1°C heeft plaatsgevonden en dat er dus van de 1.4°C, die het in Nederland sinds 1900 warmer is geworden, 2/3 in slechts 3 jaar is bewerkstelligd²⁰. Daarvoor en daarna is de trend minimaal [21] (p.57). Zoals in de analyse hierboven is aangegeven, is ook voor de hoogwaterstanden slechts in een beperkte periode 1990 tot 2003 een opleving te zien, maar verder is daarvoor en daarna de trend minimaal. Het zal onmogelijk zijn de klimaatdiscussie te winnen, want er zijn ongetwijfeld mensen te vinden, die de alarmbel voor het klimaat flink laten rinkelen met onderbouwing uit de literatuur. Feit is echter dat als we de dijkhoogten ontwerpen op basis van werkelijke waarnemingen, zoals werd gedaan voor intrede van de Waterwet, dat dan een heel andere uitkomst het gevolg zou zijn. Nu doen we het op basis van modellen, die

- Veel onzekerheid hebben (klimaatscenario's)
- Niet overal gedragen worden in de wetenschappelijke literatuur
- Niet gevalideerd zijn met echte metingen van de uitkomsten (HBV) (niet "physically-based")

Niet alleen de afvoer van de golf is belangrijk, ook de duur van een golf. Soms heb je te maken met een stompe golf (1995, [22]) en soms met een wat piekgolf (1993) met een hoger maximum. Er wordt nu aangenomen dat de vloedgolf een duur heeft van 30 dagen, terwijl dit een paar jaar geleden nog 12 dagen was.

¹⁸ Mail Helpdesk Water 8 maart 2018, referentienummer 18032277

¹⁹ Representative Concentration Pathways; heeft te maken met CO2-emissies, maar verder uitleg is hier niet relevant.

²⁰ <http://klimaatgek.nl/wordpress/de-temperatuursprong-van-de-bilt-rond-1990/>

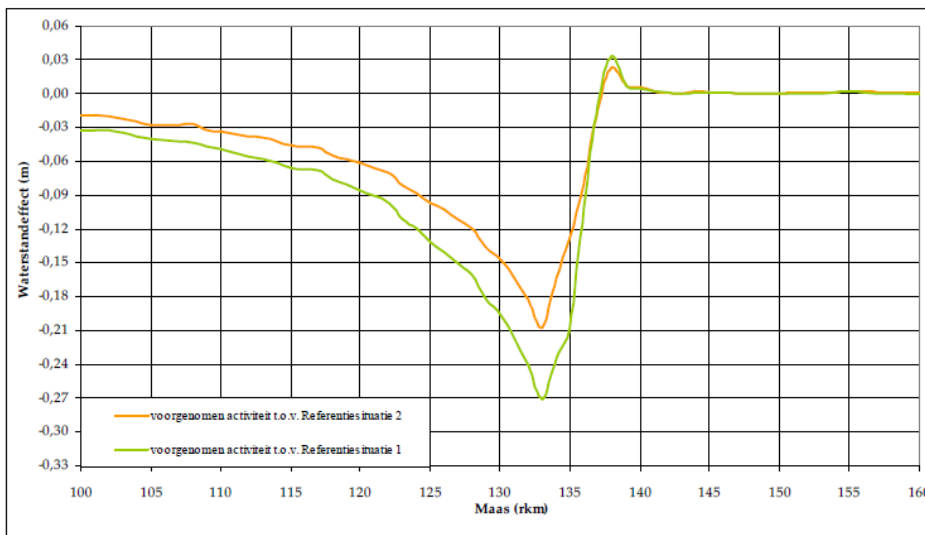
Nuance	
8	Er wordt in GRADE geen rekening gehouden met overstromingen in België, terwijl er wel overloop zal zijn. Hierdoor zal de vloedgolf iets aftoppen.
9	Op basis van de methode voor de intrede van de Waterwet blijkt dat er weliswaar een verhoging van de waterstanden was in de periode 1990-2003, maar dat inmiddels alles weer terug is naar het patroon voor 1990. Op basis van historische data-analyse is er geen aanleiding tot dramatische dijkverhoging.
10	De klimaatonzekerheden van het KNMI voor de rivieren lijken nog onvoldoende onderbouwd om nu al in de praktijk voor dijkontwerpen te kunnen benutten.
11	De duur van de golf wordt nu standaard op 30 dagen gezet. Soms heb je een stompe golf, die inderdaad langer duurt (1995), maar soms heb je een piekgolf (1993), die veel minder lang duurt. Het is dus niet terecht om standaard uit te gaan van een duur van 30 dagen.

TABEL 7: NUANCETABEL AFVOERSTATISTIEK

5.2.5 Stap 5: Rivierverruimende maatregelen

De berekende waterstanden hebben veel invloed op de benodigde dijkhoogte. Eén van de factoren, die sterk die waterstanden beïnvloedt, zijn de rivierverruimende maatregelen. Voorbeelden hiervan zijn neven- en hoogwatergeul, verbreding door afgraving en teruglegging primaire dijk (winterbedverbreding). Het is goed om te weten dat de ingrepen niet alleen effect hebben op de plaats van de ingreep zelf, maar ook stroomopwaarts of stroomafwaarts. Om een voorbeeld te geven: bij de dijkringen Bergen-Aijen (dijkring 59), Well (60), Arcen (65), Lottum (66), Venlo-Velden (68), Baarlo (70) en Geulle aan de Maas (88) zijn de plannen om de primaire keringen te verleggen en het winterbed te vergroten. Dit heet retentie en deze 7 cases samen hebben als gevolg dat stroomafwaarts (richting noorden) er ongeveer een waterstandverhoging van 5 cm zal optreden [23] (p.22-23). Aan de andere kant hebben geulen en rivierverbreding door afgraving een additioneel effect stroomopwaarts. Een voorbeeld daarvan wordt gegeven bij een analyse van een piekafvoer van 3430 m³/s (St Pieter, dichtbij Borgharen) met een hoogwatergeul in Well [24]:

Benodigde dijkhoogte in Arcen | 4/2/2018



FIGUUR 4: WATERSTANDEFFECTEN VAN HOOGWATERGEUL IN WELL TEN OPZICHTE VAN HUIDIGE SITUATIE

Er is geanalyseerd bij twee referentiesituaties. Het doet er even niet toe welke dat zijn. Het gaat erom dat zichtbaar wordt dat met een hoogwatergeul bij Well (rivierkm 132) er (ten opzichte van referentiesituatie 2) sprake is van een waterstandverlaging van circa 15 cm bij de haven van Wanssum, 6 cm bij Arcen (rivierkm 119-121) en 3 cm bij Venlo (rivierkm 108-110). Dus ver stroomopwaarts heeft de ingreep een waterstandverlagend effect.

Arcen is daarom gebaat bij rivierverbreding (afgraving, geulen) stroomafwaarts, bijv. Ooijen-Wanssum, en dijkeruglegging stroomopwaarts, bijv. Lottum.

Met dit gegeven is gekeken welke projecten zijn opgenomen in de berekeningen door de relevante instanties. Immers elk project heeft zijn invloed en meestal een waterstandverlagend effect. Zoals te lezen in hoofdstuk 2, wordt uitgegaan van de schematisatie ben015-5-v4. Het beno15_5-v4 model is gebaseerd op het actuele model van 2015 (j15_5-v2) + de ingrepen volgens Tabel 8 (belangrijkste ingrepen). Onderstaand overzicht is verkregen via de Helpdesk Water en Rijkswaterstaat²¹.

Rivierkm	Gebiedswijziging
Hele Maas	Vegetatielegger (opname 2012)
7	4e sluis Ternaaien
15-62	Vlaamse maatregelen (Hochterbampd, Herbricht, Kotem, Meeswijk, Booien-Veurzen, Geistingen)
15-160	Maaswerken helemaal uitgevoerd
69-73	Lus van Linne
77-78	Haven Rosslag
103	De Berckt, golfbaan
115-118	Hoogwatergeul Lomm
123-134	Ooijen-Wanssum
138-161	Maasheggegebied Boxmeer
133-134	Zuidgeul Well-Aijen
134-138	Maaspark Well
193	Maasbommel (KRW)
199-204	Over de Maas
214	Fort de Blauwe Sluis (KRW)
218	Empelse Waard (KRW)
221	Henriettewaard – Crèvecouer (KRW)

TABEL 8: INGEPEN, DIE ZIJN MEEGENOMEN BIJ DE ANALYSE VAN DE HOOGWATERSTANDEN

Uit deze tabel blijkt dat de retentie bij de bierbrouwerij in Arcen nog niet is meegenomen. De stelling bij de status luidt dan ook vaak dat alles wat is goedgekeurd ('afgerond', 'in constructie' of 'wordt zeker uitgevoerd') is meegenomen, al het andere niet. Hier blijkt weer de onduidelijkheid van het hele proces. In de tabel staat 'Maaswerken helemaal uitgevoerd', maar op een toelichting wat de Maaswerken inhouden staan nog heel veel projecten, die nog niet zijn ingevuld, zoals de dijkversterking in Arcen (zie Bijlage F).

²¹ Mail Jan Bremer (RWS-ZN) dd 7 februari 2018

Het blijkt dus moeilijk om na te gaan wat wanneer wel en niet is meegenomen in de schematisaties, dat wil zeggen de vorm van de rivier op elke plek in de Maas. Er blijkt dat de modelbeschrijvingen, die telkens worden uitgegeven (zie bijv. Modelbeschrijving Maas – 5^e generatie schematisaties [25]) op zichzelf geen overzicht geven van wat wel en niet is meegenomen bij de nieuwste modellen en schematisaties. Alleen de vernieuwingen staan erin, zodat, als je alles wilt hebben in één overzicht, alle modelbeschrijvingen af moet gaan. Er bestaat geen zgn. ‘cumulatief’ document.

Nuance: geen. Het is moeilijk te controleren of het juiste wordt gedaan, maar daarmee hoeft het niet fout te zijn.

5.2.6 Stap 6: Database Fysica

De modellen, die de stroming en de waterhoogte berekenen, worden gevoed met beschrijvingen van hoe de Maas en de keringen eruitzien. De geometrie, bodem, de diepte, de materialen waar de bodem uit bestaat, de ruwheid, enz. Dat worden schematisaties genoemd. Het is natuurlijk onmogelijk om elke stukje van de Maas te bestuderen en vast te leggen en daarom wordt op basis van deelonderzoek, opschaling en kalibratie een beschrijving van de hele Maas gemaakt, inclusief de ingrepen in de diverse Maasprojecten. De onzekerheid in die beschrijvingen wordt geanalyseerd in [26]. Daarin staat dat de volgende punten van belang zijn:

- a. Geometrie
- b. Bodemopbouw
- c. Geohydrologische karakterisering

Deze punten zijn niet direct van invloed op de ontwerphoogte van de dijk. Ze staan meer in relatie met andere faalkansen, waardoor een dijk het water niet tegenhoudt. Bijvoorbeeld stroming van grondlagen onder de dijk, waardoor er instabiliteit optreedt en er niet bovenlangs maar op een andere manier water binnenkomt. De auteur gaat ervanuit dat de geometrie van de rivier voldoende bekend (en gekalibreerd) is, dat het effect op de ontwerphoogte goed berekend worden. Immers, het kijken naar de invloed van de vorm van de rivier op de waterstand wordt al heel veel jaren gedaan. Het gebruik van faalmechanismen is pas recent ontwikkeld en zal mogelijk nog wat onzekerheden kennen, maar omdat ze niet direct relateren aan de ontwerphoogte, wordt dit niet verder onderzocht.

Nuance: geen

5.2.7 Stap 7: Waterhoogten

Er wordt bij modellering uitgegaan van oneindig hoge dijken. Maar de praktijk is anders. Er zal nooit 18.60m in Arcen komen, omdat al diverse dorpen onderlopen. In Bijlage E is aangegeven wat de huidige dijkhoogte van Buggenum, Neer tot Mook is. Er is nog een reeks dorpen, die onder de vlag Maaswerken zijn uitgevoerd en dus een oude norm hebben. Daardoor lopen allerlei projecten uit fase. Neem als voorbeeld Lottum. Daar wordt op dit moment een dijkversterking toegepast met een dijkhoogte van 18.12m+NAP, 1 meter hoger dan de huidige 17.12m+NAP. Die 18.12m+NAP is een stuk lager dan in Arcen de bedoeling is. Het is wel zo dat Lottum over 50 jaar aan de nieuwe norm moet voldoen, maar het

ligt niet voor de hand dat ze dat snel gaan doen als ze net dit jaar beginnen aan een dijk van 18.12m+NAP. Als Arcen 18.60m+NAP heeft zal voorlopig dus Lottum eerst volstromen mocht ooit de hoogte van 18.12m+NAP bereikt worden. Dit zal gelden voor alle dorpen, die gebaseerd zijn op de oude norm. Voorbeelden zijn Mook, Bergen, Afferden en Neer.

5.2.8 Stap 8: Statistieken

Om de BD uit te rekenen wordt gebruik gemaakt van het programma Hydra. Dit programma maakt die berekeningen op basis van allerlei invoergegevens. Dat zijn niet alleen de schematisaties, zoals benoemd in stap 6: Database Fysica, maar ook diverse statistieken. De volgende bestanden zijn hiervoor door het Waterschap Limburg aan de auteur geleverd:

- *kanswindrichting_v01.txt*: Momentane kansdichtheden van de windrichting
- *Ovkans_Borgharen_Piekafvoer_GRADE_2015.txt*: piekwaarde afvoer Borgharen met bijbehorende overstromingskans
- *Ovkans_Borgharen_Piekafvoer_GRADE_2050_W+.txt*: piekwaarde afvoer Borgharen met bijbehorende overstromingskans uitgaande van zichtjaar 2050 met klimaatscenario W+
- *Ovkans_Borgharen_Piekafvoer_GRADE_2100_W+.txt*: piekwaarde afvoer Borgharen met bijbehorende overstromingskans uitgaande van zichtjaar 2100 met klimaatscenario W+
- *Ovkanswind_schiphol.txt*: De conditionele kans op overschrijding van windsnelheid u gegeven de windrichting r. voor 12-uursmaxima te Schiphol.
- *Topduur_Borgharen_2017.txt*: Topduren van afvoergolven voor Borgharen voor trapeziumvormige afvoergolven. (Hydra-NL)

Zoals te zien is wordt met klimaatscenario W+ gewerkt. In stap 2 en stap 3 heeft de auteur al aangegeven dat de mogelijkheid bestaat om 'uitbreidbare' dijken te bouwen, en dat daarbij uitgegaan mag worden van scenario G en G+. Ook hier blijkt dat deze optie niet eerder behandeld is. De auteur had gevraagd om de invoerstatistieken zoals hierboven aangeleverd voor W+ ook te ontvangen voor G en/of G+ zodat lagere ontwerphoogtes konden worden berekend. Het antwoord van de Helpdesk Water was²²:

... U heeft aangegeven graag het G+ scenario te ontvangen. In Hydra-NL komt (eind maart / midden april) alleen het G en W+ scenario vrij. Het gaat dan om Hydra-NL versie 2.4. Momenteel vinden de laatste tests plaats en zijn aan het einde van de maand zijn de meeste controles afgerond.

*In de Ontwerpmodus van Hydra-NL versie 2.4 is het volgende opgenomen:
de Referentiesituatie van het OI in 2023 (is in veel gevallen anders dan de referentiesituatie van WBI2017),
het KNMI'2006 G-scenario (gematigd) voor 2050,
het KNMI'2006 G-scenario (gematigd) voor 2100,
het KNMI'2006 W+-scenario (warmer + verandering circulatiepatronen) voor 2050,
het KNMI'2006 W+-scenario (warmer + verandering circulatiepatronen) voor 2100.*

²² Mail Helpdesk Water 8 maart 2018, referentienummer 18022093

Het scenario G+ is niet gemaakt en zal dit vermoedelijk ook niet worden, aangezien het verschil tussen G en G+ zo klein is dat dit niet zinvol is.

Het blijkt dus dat de statistieken voor G en G+ beide nog niet bestaan. Dat is vreemd, omdat de conclusie dan is dat, sinds de mogelijkheid er is om 'G met uitbreidbaarheid' als optie te kiezen, nog geen enkel dorp aan de Maas dat aangekaart heeft. Voor bijvoorbeeld de dorpen Lottum en Nieuw-Bergen had dat gekund.

Belangrijk is om het volgende goed scherp te hebben: het Waterschap kijkt of er in twee fases gebouwd kan worden waarbij in de eerste fase 50 jaar vooruitgekeken wordt met uitbreidbaarheid naar 100 jaar. De hoogte wordt dan (op dit moment nog, maar misschien verandert dat) bepaald door het W+ scenario. Echter, het is ook toegestaan om bij uitbreidbaarheid te kijken naar het klimaatscenario G, hetgeen een lagere ontwerp hoogte oplevert in de eerste fase. Hiervoor moeten dan wel de statistieken voor het G-scenario beschikbaar komen, en zoals hierboven te lezen is komen die pas in april.

De statistieken over de windrichting worden voor lief genomen. De auteur schat in dat die effecten relatief zo klein zijn, dat het niet tot significante verlaging van de BD zal leiden. Over de duur van de golf is al in stap 5 een opmerking gemaakt.

Nuance	
12	Als er in twee fases gebouwd kan worden, dan moet het scenario over 50 jaar niet uitgaan van het W+ scenario, maar van het G-scenario. De bijbehorende ontwerp hoogte kan pas in april worden afgeleid als de statistieken voor Hydra beschikbaar komen.

TABEL 9: NUANCETABEL STATISTIEKEN

5.2.9 Stap 9: Faalkanseisbegroting

Dit onderwerp is waarschijnlijk het moeilijkste onderdeel van de nieuwe methode, die is geïntroduceerd. Voor de nieuwe Waterwet zijn intrede deed werd alleen naar het risico van overstroming gekeken. Echter er zijn ook andere manieren dan overstroming om natte voeten te krijgen. Stel je voor dat een dijk doorbreekt, terwijl de waterstand nog een stuk verwijderd is van de bovenkant van de dijk. Of mogelijk komt een onderstroom op gang onder de dijk door. Dit noemen we zgn. faalmechanismen. Voorbeelden, die we net genoemd hebben heten in waterschapsjargon overslag en overloop (dat betekent golven over de dijk), macrostabiliteit en piping.

Het risico op falen moet worden beheerst en daarom is er een norm over afgesproken, de overstromingskansnorm. Een overstromingskansnorm is een norm voor de kans dat een traject ergens, door welke oorzaak dan ook, faalt. In stap 1 in dit hoofdstuk is aangegeven dat deze norm voor Arcen 1/100 is. De som van de faalkansbijdragen van alle faalmechanismen mag niet groter zijn dan de norm. Wat betekent dat nou? Stel dat er twee mogelijke oorzaken (=mechanismen) zijn, waardoor er een overstroming ontstaat: bijvoorbeeld

- a) Overstroming door hoogwater
- b) Piping (er ontstaat een stroom onder de dijk waardoor de constructie kan instorten) anderzijds.

De kans op a) plus de kans op b) mag niet meer zijn dan 1/100, want dat is de norm in Arcen. Dus als de kans op a) 1/200 is en de kans op b) ook 1/200, dan zijn ze samen 1/100 en dus niet meer dan 1/100, en is aan de eis voldaan. Omdat beide kansen gelijk zijn, nl. 1/200, kun je zeggen dat als de dijk faalt 50% kans is dat het door a) komt en 50% kans dat het door b) komt. Die 50% noemen we de maximaal toelaatbare faalkans als percentage van de overstromingskansnorm (=MTFPON). In dit geval dus: 1/200 is 50% van de overstromingskansnorm 1/100.

Nu komt een wat ingewikkelder stap. De kans op a) of b) wordt niet berekend, maar is een vrijheidsgraad. Dus je mag kiezen dat de kans op a) maximaal 3/400 is en de kans op b) maximaal 1/400, want ook in dat geval is de optelsom van de twee gelijk aan $4/400=1/100$. En zo kun je 'spelen' met de maximale kansen voor faalmechanisme a) en faalmechanisme b). Wat is nu het nut hiervan? Als je bijvoorbeeld zegt dat de kans op a) kleiner moet zijn dan 1/200, dan betekent dat dat de dijk maar eens in de 200 jaar mag overstromen. En dan moeten we kijken naar de maximale afvoer bij Borgharen bij een terugkeertijd (herhaling) van die 200 jaar. Die maximale afvoer leidt tot een bepaalde waterhoogte in Arcen en daarmee tot een BD. Als je nu in plaats van 1/200 de waarde 3/400 had gekozen als maximale waarde voor de kans op a) dan had je moeten kijken naar de maximale afvoer, die eens in de $400/3=133$ jaar voorkomt. Omdat die periode korter is, is de maximaal te verwachten afvoer in Borgharen ook lager. Immers de kans dat we in 50 jaar een keer overstromen is ook groter dan wanneer we over een kortere periode van bijvoorbeeld 5 jaar kijken. Conclusie hiervan is dat als we de faalkans op a) maximaal nemen, d.w.z. 1/100, en daarmee de kans op b) nul (want samen mogen ze niet meer zijn dan 1/100) de bijbehorend BD het laagst is.

Er is nu uitgelegd hoe gekeken moet worden naar faalmechanismen. Als er diverse faalmechanismen zijn, dan mag de optelsom van de kans daarop niet groter zijn dan de norm (1/100 in Arcen). De volgende faalmechanismen worden bekeken door het Waterschap (en andere experts):

- Overloop en golfoverslag
- Opbarsten en piping
- Macrostabieleit binnenwaarts
- Beschadiging bekleding en erosie
- Niet sluiten
- Piping
- Constructief falen
- Duinafslag
- Overig

Uit dit overzicht volgt direct dat alleen overloop en overslag invloed heeft op de BD. De rest heeft meer met de constructie te maken of met mensafhankelijkheid bij het niet tijdig of niet foutloos sluiten van de dijken, maar niet met de hoogte. Idealiter zou je dan dus de faalkans op a) zo groot mogelijk willen maken, te weten 1/100 en de faalkans op alle andere mechanismen 0. In dat geval is de ontwerphoogte van de dijk zo laag mogelijk. Maar is dat reëel? Mogelijk moet je dan heel veel geld investeren om de kans op bijvoorbeeld piping op 0 te krijgen. Zo zijn de faalmechanismen communicerende vaten, die samen niet over de grens van 1/100 mogen uitkomen en elke verdeling van de maximale faalkans per mechanisme heeft zijn voor- en nadelen. We komen daar zo op terug.

Door experts is hierover nagedacht en zij hebben een voorstel bedacht, dat de werkelijkheid zou weerspiegelen. Dit voorstel heet een faalkansbegroting en is oorspronkelijk vastgesteld in [27] (p.12):

Type waterkering	Faalmechanisme	MTFPON dijk
Dijk	Overloop en golfoverslag	24.5%
	Opbarsten en piping	24.5%
	Macrostabieliteit binnenwaarts	3.5%
	Beschadiging bekleding en erosie	10.5%
Kunstwerk	Niet sluiten	3.5%
	Piping	1.8%
	Constructief falen	1.8%
Duin	Duinafslag	0-10%
Overig		20-30%
Totaal		100%

TABEL 10: FAALKANSBEGROTING VOOR DE FAALKANSMECHANISMEN BIJ EEN DIJK

Zoals eerder in deze paragraaf in het voorbeeld met a) en b) volgde dat 50% overeenkwam met een kans van 1/200 (en daarmee met een herhalingsstijd van 200 jaar) kunnen we op dezelfde manier laten zien waarmee de MTFPON-waarden uit Tabel 10 mee overeenkomen. De formule die daarbij hoort is:

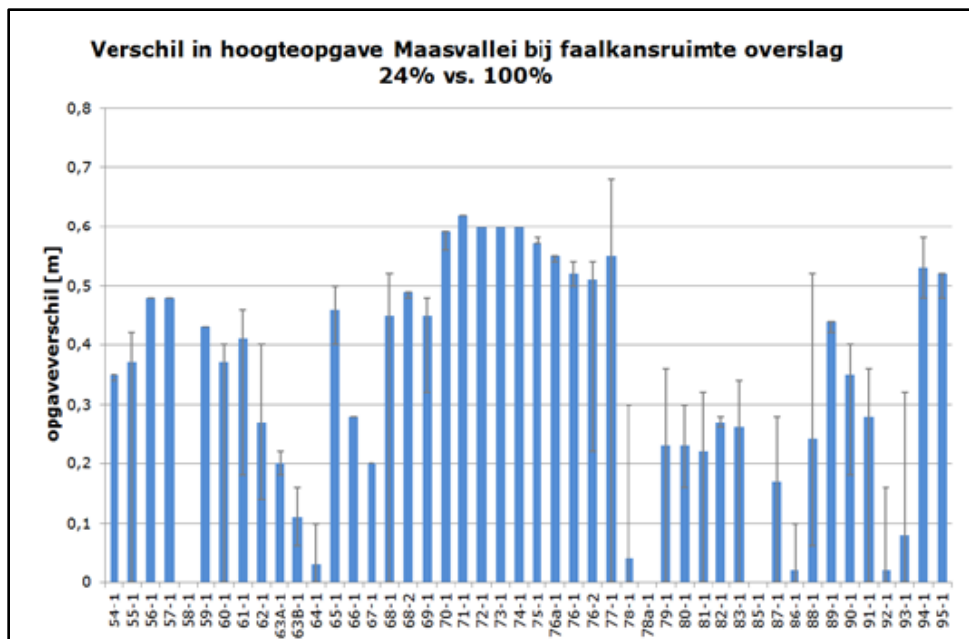
MTFPON * Norm = maximale overschrijdingskans van dat faalmechanisme

Voorbeeld: In Tabel 10 staat bij faalmechanisme ‘overloop en golfoverslag’ een MTFPON van 24.5%. Dat betekent dat de maximale overschrijdingskans voor dit faalmechanisme gelijk is aan:

$$24.5\% * (1/100) = 0.00245 \approx 1/408.$$

Dat wil zeggen dat de maximale afvoer in 408 jaar bepaald moet worden en de daarbij behorende waterhoogte in Arcen. Op basis daarvan wordt dan de BD bepaald.

Zoals hierboven aangegeven zou het voor de hoogtereductie goed zijn om de faalkansruimte voor overloop en golfslag zo groot mogelijk te maken. In ons geval dus 1/100. In dat geval wordt de BD het laagst. Deze gedachte is uitgewerkt in het rapport ‘Beleidsstudie Kostenreductie Dijkversterking door Rivierverruiming - Toepassing methodiek op Maas’ ([4], p.117). Het resultaat wordt weergegeven in Figuur 5:



FIGUUR 5: VERSCHIL IN BD ALS IN PLAATS VAN 24% FAALKANSRUIMTE, 100% WORDT TOEGEKEND AAN OVERLOOP EN GOLFSLAG

Hier is af te lezen dat in Arcen (dijkkring 65) de BD met ongeveer 45 cm omlaag kan als we de 24.5% vervangen door 100%. In principe zou bij de grafiek ook het zichtjaar moeten staan, omdat elk zichtjaar zijn eigen hoogwaterafvoer in Borgharen heeft, waarmee gerekend moet worden. Echter later zal blijken dat in alle gevallen de BD met ongeveer 45 cm omlaag kan, of je nu 2050, 2070, 2100 of 2020 als zichtjaar neemt.

Het is vrij om te wisselen met die percentages, zolang als je opgeteld maar onder de 100% blijft. Let wel, dat je alle andere faalmechanismen dan op 0% kans zet, en zeker met het ‘niet sluiten’ (demontabele dijken) is dat niet reëel, maar bij vaste dijken is dat weer niet aan de orde.

De belangrijkste conclusie van dit verhaal is dat de faalkansbegroting, zoals gegeven in Tabel 10, niet heilig is. Echter dat is wel waar het Waterschap Limburg mee rekent. Zij rekenen standaard met een faalkansruimte van 24% (i.p.v. 24.5%) voor overloop en golfslag, en dat betekent dat ze rekening houden met de maximale waterstand die eens in de 420 jaar²³ kan voorkomen. Die is natuurlijk hoger dan wanneer je kijkt naar de maximale waterstand die in 100 jaar kan voorkomen. Door naar 24% te kijken moet de dijk dus een hogere waterstand kunnen tegenhouden en is de BD hoger. Volgens Wout de Fijter wordt de faalkansanalyse pas na het vaststellen van het voorkeursalternatief behandeld.

Hier ligt wel een aandachtspunt. De enige faalkans uit de lijst, die met de BD te maken heeft, is golfslag en overloop. Maar de methodiek leert dat als de kans op ‘piping’ groot is, je de dijk hoger moet maken. Dat gaat eenieder tegen het gezonde verstand. Voorstel is dan ook om twee normen te formuleren: één voor de golfslag en overloop en één voor de rest. Immers de ellende van andere faalmechanismen verhalen op de hoogte is zeer irrationeel. Met name omdat de hoogte voor de bewoners zo belangrijk is, lijkt het de moeite

²³ $24\% \cdot (1/100) = 0.0024 \approx 1/420$

waard om deze splitsing op te nemen in de methodiek. In feite zou deze opmerking gelden voor alle faalmechanismen, die elkaar niet beïnvloeden, maar door de gehanteerde methode wel last van elkaar hebben. Stel je zou voor hoogte een apart norm hebben en eentje voor de rest. Bij demontabele dijken zou dan het risico zo groot zijn dat het kan betekenen dat je enorme investeringen in de grond moet doen voor 'piping'. Dat klinkt ook niet logisch.

Net als eerder in het document blijkt ook in dit stapje van de berekening dat er nog werk aan de winkel is in de ontwikkeling van de methode. Immers, of een dijktraject aan de norm voldoet is in theorie te bepalen door de overstromingskans van het traject te berekenen. Vooralsnog ontbreekt het echter aan de technische middelen om voor alle faalmechanismen en onderdelen van een traject faalkansen te berekenen en te combineren tot één overstromingskans. Probabilistische modellen zijn slechts voor een beperkt aantal faalmechanismen beschikbaar. Daarom moet vaak worden gewerkt met rekenregels die per faalmechanisme voor een representatieve doorsnede van een vak aangeven of de faalkans kleiner is dan een bepaalde waarde. In dat geval zijn faalkanseisen per faalmechanisme voor de representatieve doorsnede nodig (doorsnedeniveau) [28] (p.50). Om op doorsnedeniveau te kunnen analyseren zijn de volgende twee stappen nodig:

Stap 1: Bepaal faalkanseis op trajectniveau middels de faalkansruimtefactor

In de eerste stap wordt de maximaal toelaatbare overstromingskans van het dijktraject verdeeld over de diverse faalmechanismen door een zogenaamde faalkansbegroting te gebruiken. De bijbehorende faalkansruimtefactor geeft het percentage van de toegestane bijdrage van het faalmechanisme aan de overstromingskans weer. Dit hebben we eerder besproken.

Stap 2: Bepaal faalkanseis op doorsnedeniveau middels de lengte-effect-factor N

In de tweede stap wordt, per faalmechanisme, de faalkanseis van het dijktraject vertaald naar een faalkanseis per doorsnede. In de vertaalslag van traject naar doorsnede wordt ook rekening gehouden met het feit dat sommige mechanismen normaal gesproken niet over het hele traject kunnen plaatsvinden. Het lengte-effect wordt alleen toegepast op het deel van het dijktraject waar het faalmechanisme mogelijk kan optreden. Echter in het geval van Arcen is het faalmechanisme overloop en golfoverslag en is het lengte-effect niet van toepassing, oftewel $N=1$ ([2], p.68). Hier hoeven we in ons geval dus verder niet op in te gaan.

Belangrijk is ook om vast te stellen dat het programma Hydra, dat door het Waterschap Limburg gebruikt wordt om de BD te bepalen, alleen met het faalmechanisme 'overloop en golfslag' kan rekenen, terwijl er dus een reeks aan andere faalmechanismen is. Het is wel zo dat het lijkt alsof andere faalmechanismen geen direct effect hebben op de BD, omdat piping e.d. niet met de dijkhoogte te maken hebben. Echter er is toch een direct verband omdat de faalkansruimte van piping de faalkansruimte van 'overloop en overslag' beïnvloedt. Immers opgeteld met alle andere faalmechanismen mag de faalkans niet over de 1/100 uitkomen. Dit is weer een voorbeeld van een punt dat nog niet klaar is, terwijl de methodiek al op verschillende dijktrajecten werd en wordt toegepast.

En er is nog een voorbeeld. In de faalkansbegroting uit Tabel 10 staat nog een term overig, die tussen de 20 en 30% ligt. Het is lastig rekenen met een term ‘overig’. Weer een voorbeeld waaruit blijkt dat de methode nog niet geschikt is voor een volledige optimalisatie. Het is zeer vreemd als je een MTFPON 30% geeft (omdat er in Arcen geen sprake is van duinen) en er verder niets mee kunt. Het effect is nl. dat de som van de overige faalkansruimten kleiner dan 0.70 moet zijn. Daarmee wordt de speelruimte voor de BD kleiner gemaakt en is het uitgangspunt van die hoogte al een stuk hoger dan wanneer je de 30% op 0 zou zetten.

Nuance	
13	Er wordt door het Waterschap Limburg gerekend met een bepaalde faalkansbegroting, die qua lijst van faalkansmechanismen niet past bij de situatie in Arcen. Dat gegeven èn dat je mag optimaliseren binnen de faalkansbegroting geven mogelijkheden om af te wijken van de MTFPON van 24%, die de BD nu zo hoog maakt.
14	Hydra kan nog niet rekenen met andere faalmechanismen, waardoor het optimalisatieproces met betrekking tot de BD niet goed kan worden uitgevoerd en mogelijk kansen op een lagere BD wordt ontnomen aan Arcen
15	Door toevoeging van het faalkansmechanisme ‘overig’ wordt (middels een vage term) 30% van de optimalisatieruimte ontnomen en de BD daardoor op een onduidelijke en niet goed te interpreteren wijze verhoogd
16	In de methodiek van faalmechanismen is het ‘contra-rationeel’ om de hoogte van de dijk te koppelen aan mechanismen, die daar niets mee van doen hebben. Daardoor zou de norm qua waarde en hantering in de methodologie heroverwogen moeten worden door bijvoorbeeld een ont koppeling in twee normen.

TABEL 11: NUANCETABEL FAALKANSBEGROTING

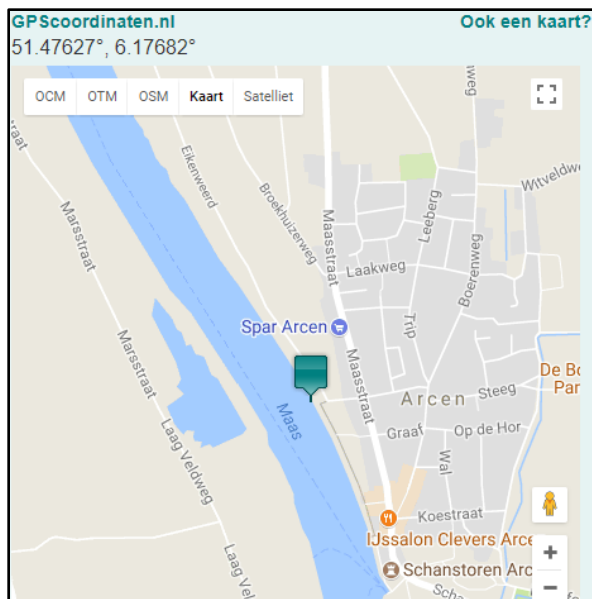
5.2.10 Stap 10: Berekening HBN

Het maatgevende HBN (ook wel MHBN) is de hoogte waarop de kruin van de dijk zou moeten worden aangelegd om ten tijde van het zichtjaar te voldoen aan het criterium voor overloop en golfoverslag. Dit is echter nog zonder onzekerheidstoeslag (zie stap 12). De HBN wordt berekend met het programma Hydra via een probabilistisch proces, waar hier verder niet op zal worden ingegaan. Achtergronden hierover zijn te vinden in [29, 30]. De berekeningen in Hydra zijn gedaan conform de instellingen en invoerstatistieken, die het Waterschap Limburg heeft aangedragen²⁴. We werken nu een voorbeeld uit op één plek in Arcen.

In Hydra wordt gewerkt met RD – coördinaten (Rijksdriehoek) en die waren X=209856, Y= 387766. Deze zijn online te converteren²⁵ naar gps-coördinaten (51.47627, 6.17682). In Hydra wordt dat: MA_1_65-1_dk_00020. Verderop zal een grafiek te zien zijn waar de berekening is gedaan voor alle 51 punten in Arcen waar Hydra het kan uitrekenen.

²⁴ Denk bijvoorbeeld aan de oplossingsruimte, die groot genoeg moet zijn om een goede uitkomst te genereren. Dus afvoer-max op 6000 m³/s en windsnelheid-max op 50 m/s.

²⁵ <https://www.gpscoordinaten.nl/converteer-rd-coordinaten.php>



FIGUUR 6: LOCATIE DIE GEBRUIKT IS ALS PUNT OM DE BEREKENING UIT TE VOEREN

Zoals eerder vermeld hebben we alleen gegevens van het W+ klimaatscenario. Dat is het meest extreme scenario. Andere invoerstatistieken (voor klimaatscenario G) komen in april beschikbaar. Verder zijn we ook uitgegaan van de faalkansbegroting, waarbij overloop en golfoverslag op 24% staat.

Wat belangrijk is om te zien is dat de BD niet alleen afhangt van het zichtjaar en het klimaatscenario, maar ook van de plek aan de Maas en, zoals we in de vorige paragraaf hebben gezien, de faalkansbegroting voor ‘overloop en golfoverslag’. We zullen straks zien dat bij hoogwater het verval in waterstand zo hoog is dat er straks verschillende dijkhoogten zullen zijn in Arcen²⁶. Om die reden breiden we nu de definitie voor de BD uit:

BD(j, ksc, pl, fkb_{og}): = dijkhoogte, die gerealiseerd moet worden uitgaande van zichtjaar ‘j’, klimaatscenario ‘ksc’, plaats aan de Maas in dijkvak zoals aangegeven in Hydra, faalkansbegroting voor overloop en golfoverslag

Voorbeeld: BD(2075, W+, MA_1_65-1_dk_00020, 24%) = de benodigde dijkhoogte in het jaar 2075 als we uitgaan van de gevolgen van klimaatscenario W+, kijken naar dijkvak MA_1_65-1_dk_00020 en voor het faalmechanisme ‘overloop en golfoverslag’ 24% van de faalkansruimte nemen.

Belangrijke conclusie is dat het niet zo eenvoudig is om de vraag te beantwoorden hoe hoog de dijk moet worden in Arcen. Zo is ook de 18.60m+NAP ook een antwoord, dat goed geïnterpreteerd moet worden:

BD(2125, W+, MA_1_65-1_dk_00017, 24%) = 18.60m+NAP

²⁶ Telefoongesprek met Wout de Fijter, Waterschap Limburg, 29 maart 2018.

Waarbij MA_1_65-1_dk_00017 ongeveer bij La Tour Meuse is. Formeel zouden we nu veel zaken opnieuw moeten definiëren. Immers de waterhoogte en de HBN hangen ook af van die dingen waar de BD van afhangt. Dit voert echter te ver voor een rapport, dat geen wetenschappelijk status behoeft te hebben.

Intermezzo: in een vorige versie van dit rapport heeft de auteur een berekening gemaakt waar de BD 30cm lager uitkwam dan het Waterschap. Uiteindelijk is hier een verklaring voor gekomen en blijkt dat er toch een verschil heeft gezeten in de manier waarop de uitkomsten zijn uitgelezen. De volgende aspecten hebben hierbij een rol gespeeld:

	Waterschap Limburg	Auteur
1	Kijken naar 'HBN' als uitkomst	Kijken naar 'waterhoogte' als uitkomst
2	Zichtjaar 2075 en 2125	Zichtjaar 2070 en 2120
3	Uitkomst voor 'constructie' gebruiken	Uitkomst voor 'dijk' gebruiken
4	Locatie La Tour Meuse in Arcen geanalyseerd, die meer stroomopwaarts ligt	Locatie bij maasstraat 33 geanalyseerd, waar de dijk lager zal zijn

Door deze verschillen in werkwijze, is de uitkomst van het Waterschap 18.60m+NAP. Maar er is eigenlijk geen sprake van de uitkomst. Er zijn bij de verschillende plekken in Arcen verschillende uitkomsten.

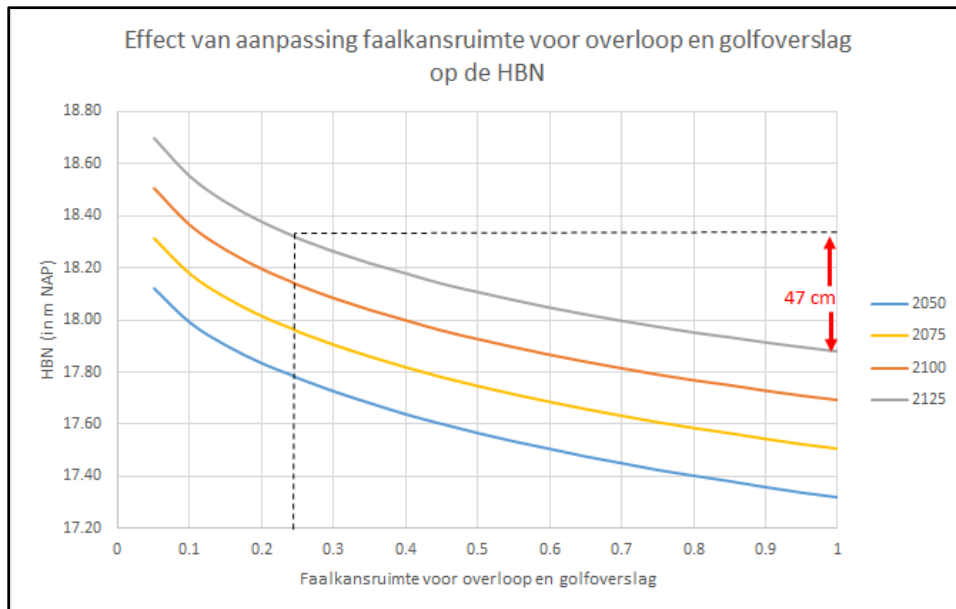
We keren nu terug naar ons meetpunt MA_1_65-1_dk_00020 van het begin van de paragraaf. De uitkomsten van de HBN bij deze omstandigheden van het Waterschap Limburg zijn:

Zichtjaar →	2050	2100
HBN (m+NAP)	17.70	18.06

FIGUUR 7: HBN WAARDE VOOR ZICHTJAREN 2050 EN 2100 IN ARCEN OP PUNT MA_1_65-1_DK_00020 BIJ W+ EN FAALKANSBEGROTING 0.24 VOOR OVERLOOP EN GOLFOVERSLAG

Dit is de ontwerphoogte (≠ BD) voor de dijk in Arcen in de betreffende zichtjaren. Alleen de onzekerheidsfactor moet er nog bij worden opgeteld (stap 12). En bovendien zijn dit niet de zichtjaren, die worden gehanteerd. Immers, als je 50 jaar vooruitkijkt kom je op 2070 uit en 100 jaar levert 2120. Maar voor Hydra zijn alleen invoergegevens aangeleverd voor 2050 en 2100. Om de HBN te bepalen voor 2070 en 2120 moeten we een inschatting maken vanuit de gegevens uit 2050 en 2100. Dat zullen we laten zien in stap 11.

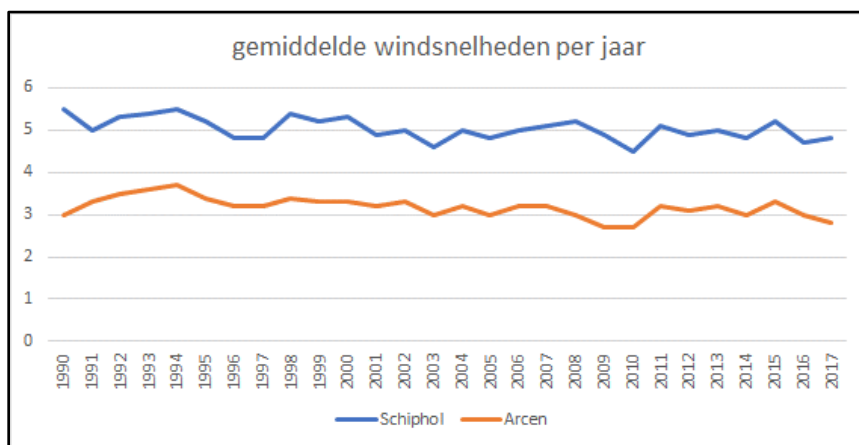
Zoals in stap 9 beschreven kun je ook optimaliseren in de faalkansbegroting en kijken wat er met de HBN gebeurt als de 24% verschuift naar 100%. Dus alle ruimte voor overloop en golfoverslag. Het resultaat is berekend voor de zichtjaren van het Waterschap en voor de locatie La Tour Meuse te zien in Figuur 8:



FIGUUR 8: EFFECT VAN AANPASSING FAALKANSRUIMTE OP DE HBN IN ARCEN BIJ LA TOUR MEUSE

Duidelijk is dat de HBN (dit is de uiteindelijke BD verminderd met de onzekerheidstoeslag van 0.25m) 47 cm lager ligt als we die faalkansnorm verschuiven van 24% (0.24) naar 100%. Dat geldt overigens voor alle zichtjaren. Dit is precies conform de resultaten in stap 9.

Na al deze rekenpartijen wil de auteur ook nog kijken naar de invoerwaarde voor de wind, die invloed heeft op de overloop en golfverslag. Het invoerbestand in Hydra gaat uit van windsnelheden zoals gemeten op Schiphol. Iedereen weet dat het daar harder waait dan in Arcen. Dat blijkt ook eenvoudig uit de meetgegevens van de weerstations. Immers, zowel Arcen als Schiphol heeft een weerstation en er blijkt dat gemiddeld over de periode 1990-2017 Arcen 3.18m/s had en Schiphol 5.03m/s²⁷. Dat is in Schiphol bijna 60% hoger.



FIGUUR 9: JAARGEMIDDELDEN VAN WINDSNELHEID IN SCHIPHOL EN ARCEN

Helaas is het in Hydra niet mogelijk om een andere invoerfile met windsnelheden te gebruiken. Alleen de kansverdeling over de windrichting kun je aanpassen.

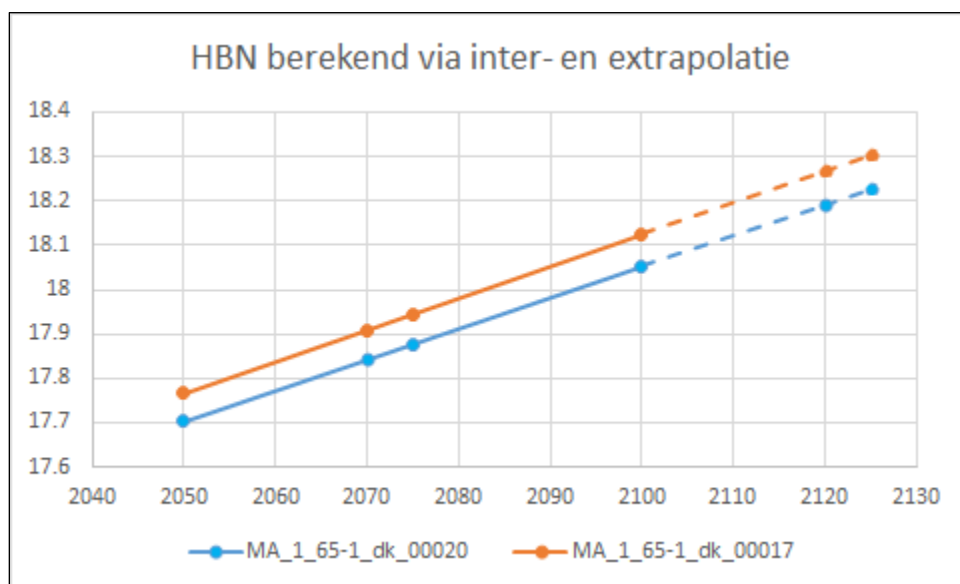
Nuance

- | | |
|----|---|
| 17 | Het is niet duidelijk wat het effect van de windsnelheid op de uitkomsten is. Er is immers geen gevoeligheidsanalyse mogelijk ten aanzien van de wind. Nu wordt er uitgegaan van de windsnelheid in Schiphol die gemiddeld bijna 60% hoger ligt dan in Arcen. |
|----|---|

5.2.11 Stap 11: Lineaire inter- of extrapolatie

In Arcen is het nu bijna 2020 en daarom worden de zichtjaren 2070 (50 jaar vooruit) en 2120 (100 jaar vooruit) gebruikt. Om de HBN in die jaren te bepalen maken we gebruik van lineaire inter- en extrapolatie. Dat komt simpelweg neer op het trekken van een lijn tussen de resultaten van 2050 en 2100 en kijken wat de HBN bij de jaren 2070 en 2120 is.

Merk op dat het Waterschap Limburg uitgaat van de zichtjaren 2075 en 2125. Dat maakt de dijken iets hoger dan bij onze berekening.



FIGUUR 10: HBN TRENDLIJN IN ARCEN OP PUNTEN MA_1_65-1_DK_00017 EN MA_1_65-1_DK_00020 AFGELEID UIT DE ZICHTJAREN 2050 EN 2100

Uit deze trendlijn volgt dat de HBN in Arcen voor 2070 gelijk is aan 17.84m+NAP (17.88m+NAP in 2075) en bij 2120 is het 18.19m+NAP (18.23m+NAP in 2125). Alles uiteraard weer in relatie tot W+ en de bekende faalkansbegroting 24%. Voor La Tour Meuse kan de HBN worden afgelezen van de oranje lijn.

Nuance: geen

5.2.12 Stap 12: Onzekerheden

Bij modelleren heb je altijd te maken met onzekerheden, en ook hier is het complex omdat er sprake is van diverse typen onzekerheden. Bij het bepalen van de ontwerpbelastingen dient een onzekerheidstoeslag te worden meegenomen. Deze onzekerheidstoeslag dient om de effecten van onzekerheden in het belastingmodel en de statistiek te verdisconteren in de hydraulische belastingen [2]. De onzekerheidstoeslag is iets anders dan de robuustheidstoeslag zoals deze in 2009 is afgeleid, toen er nog gewerkt werd met overschrijdingskansen. De robuustheidstoeslag wordt in de overstromingskansbenadering niet meer toegepast [31]. Andere onzekerheden, waarover in de literatuur wordt gesproken zijn schematiserings- en materiaalonzekerheid. In diezelfde literatuur wordt voorgesteld om hier geen additionele onzekerheid voor mee te nemen in de bepaling van de ontwerphoogte, de BD [31].

De hoogte van de onzekerheidstoeslag is afhankelijk van het type watersysteem (bijv. rivier, meer of zee) en is voor de rivier vastgesteld op 0,30m ten aanzien van de waterstand. Deze onzekerheid is generiek aangegeven voor elke rivier en daarom vind je hem ook terug in gevallen waar het specifiek over de Maas gaat ([30]). Toch wordt er nog gedifferentieerd hier en daar. Een eerste laag van differentiatie is naar de norm aangaande de overstromingskans [32]:

- 1:1000 afkeurnorm (maximaal toelaatbare overstromingskans) (Maastricht) = 35cm;
- 1:300 afkeurnorm (maximaal toelaatbare overstromingskans) = 30cm;
- 1:100 afkeurnorm (maximaal toelaatbare overstromingskans) = 25cm;

Hier zou Arcen een onzekerheidstoeslag van 25cm krijgen. Een andere specifieke differentiatie is bepaald in [7], waar aan Arcen (en 4 andere projecten in de Maasvallei) een onzekerheidsmarge van 25cm wordt toegekend. Dit wordt bevestigd door Wout de Fijter van het Waterschap Limburg²⁸, waar hij zegt dat het WVL deze marge heeft doorgegeven aan het WL. Hij merkt op dat in een latere versie van het programma Hydra²⁹ deze onzekerheid automatisch zal worden meegenomen in de berekeningen. Conclusie is dat in Arcen de onzekerheidsmarge 25cm is.

Nuance: geen

5.3 De uiteindelijke BD

Na alle stappen uit de vorige paragraaf kunnen we eindelijk de BD's uitrekenen op MA_1_65-1_dk_00017, MA_1_65-1_dk_00020:

BD (2075, W+, MA_1_65-1_dk_00017, 24%) = 17.95+0.25=18.20m+NAP

BD (2125, W+, MA_1_65-1_dk_00017, 24%) = 18.30+0.25=18.55m+NAP

BD (2070, W+, MA_1_65-1_dk_00020, 24%) = 17.88+0.25=18.13m+NAP

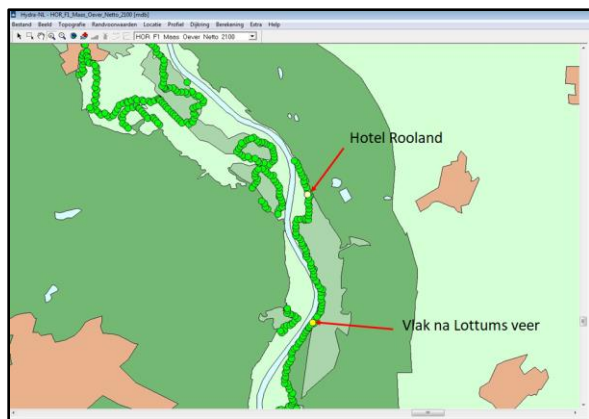
BD (2120, W+, MA_1_65-1_dk_00020, 24%) = 18.23+0.25=18.48m+NAP.

Er lijkt dus genoeg reden om de BD omlaag te krijgen, waarbij de eenvoudigste nu is om het zichtjaar 2070 te nemen, met G als klimaatscenario, in 2 fases te bouwen en de faalkansanalyse optimaliseren.

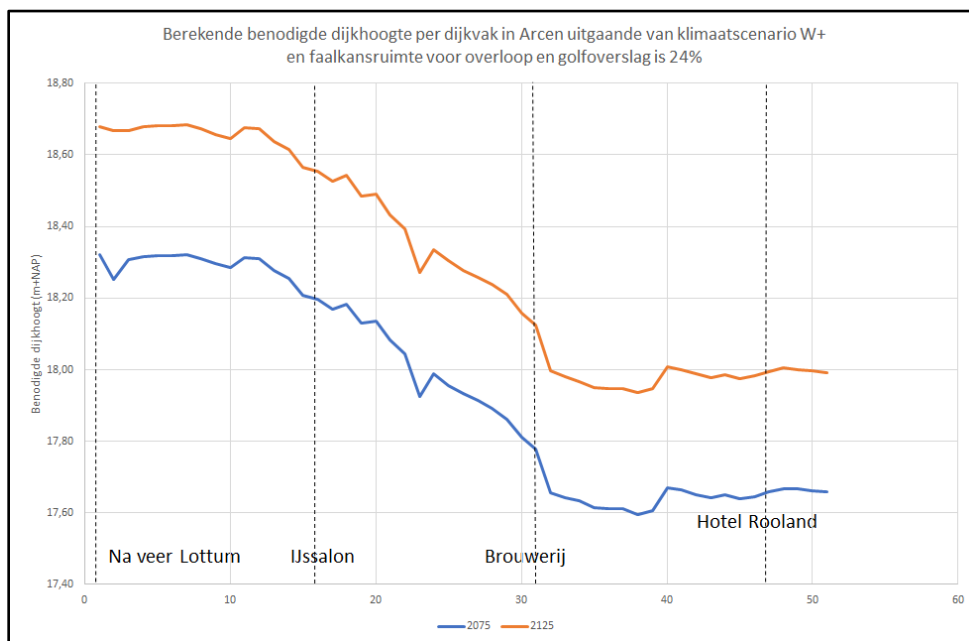
²⁸ Mail d.d. 11 januari 2018 naar auteur

²⁹ Software om scenario's in o.a. rivieren mee te analyseren. Hier komen we later uitgebreid op terug.

We zullen nu aangeven hoe het Waterschap er nu tegenaan kijkt en welke BD's daarbij horen over de hele Dijkkring 65 in Arcen. Die dijkkring is in het programma Hydra opgesplitst in 51 stukjes, en op elk van die stukjes kan het programma Hydra van alles uitrekenen (zie Figuur 11); ook de HBN, zoals gezien in stap 10. Voor elk van de 51 stukjes dijk in Dijkkring 65 heeft de auteur de HBN berekend behorend bij klimaatscenario W+ en de zichtjaren 2050 en 2100. Op basis daarvan is lineaire inter- en extrapolatie toegepast en onzekerheid van 0.25m opgeteld om de BD (2075, W+, alle dijkvakken, 24%) en BD (2125, W+, alle dijkvakken, 24%) te bepalen. Het resultaat daarvan is te zien in Figuur 12.



FIGUUR 11: KAART MET ALLEMAAL GROENE BOLLETJES, DIE EEN STUKJE DIJK REPRÉSENTÉREN. DIJKRING 65 LOOPT VAN HET GELE BOLLETJE (VLAK NA LOTTUMS VEER) TOT HET GRIJZE BOLLETJE (IETS VOORBIJ HOTEL ROOLAND LANGS DE RIJKSWEG)



FIGUUR 12: UITKOMSTEN BD VOOR DIJKRING 65 (ARZEN) OP BASIS VAN HYDRA 2.3.5 BEREKENINGEN EN WEL VOOR DE ZICHTJAREN 2075 EN 2125, DIE HET WATERSCHAP HANTEERT, UITGAANDE VAN FAALKANSBEGROTING MET 24% VOOR OVERLOOP EN GOLFOVERSLAG

Wat opvalt is dat er inderdaad bijna 18.60m+NAP wordt berekend voor de BD in het eerste punt van de dijkkring, vlak na het Lottums veer en 17.79m+NAP in het laatste punt, om ons te beschermen tegen overloop en golfoverslag. Dat is een verval van 80 cm en dat over een afstand van 5 km!

Op 24 maart 2018 heeft de auteur even de waterhoogten van Venlo en Well met elkaar vergeleken: 1166m+NAP in Venlo en 1126m+NAP in Well. Dat is een verloop van 40 cm over een afstand van 25 km. Dus in Hydra loopt de Maas 8x zo steil af als in de huidige werkelijkheid. De praktijk leert dat dit inderdaad het geval is. Wil Joosten heeft een keer het verschil in waterstand bekeken op de peilpaal en dat bleek inderdaad 70 cm te zijn onlangs bij het hogere water.

Nu bekend is hoe de berekeningen van het Waterschap eruitzien kunnen we ook aangeven waarom en hoeveel de BD ten opzichte van de referentiewaarde van 18.60m+NAP. Dit wordt geschetst in de volgende tabel:

	Maatregel	Inschatting mogelijke verlaging BD
1	Zichtjaar 2070 en 2120 nemen in plaats van 2075 en 2125	4 cm
2	Meenemen overstrooming Wallonië in België	10-15 cm
3	Zichtjaar 50 jaar in plaats van 100 jaar vooruit	35 cm
4	Uitgaan van klimaatscenario G in plaats van W+ bij 50 jaar vooruitkijken	Onbekend
5	Optimalisatie faalkansbegroting (liefst splitsing in 2 normen, die onafhankelijk zijn)	max. 47, realistisch 10-20 cm
6	Effect van windsnelheden: Schipholstatistiek vervangen door die in Arcen	Onbekend
7	Afgravingen overkant Maas of bij veer Broekhuizenvorst	20-30 cm (er zal er hooguit 1 doorgaan)

TABEL 12: OVERZICHT VAN MOGELIJKE MAATREGELLEN EN INSCHATTINGEN VAN DE EFFECTEN

Het is duidelijk dat de kans dat deze maatregelen allemaal doorgaan erg klein is. We zullen zien wat we kunnen bereiken.

5.4 De onvoltooide van ...

Uit de voorgaande paragrafen in dit hoofdstuk is regelmatig gebleken dat de nieuwe methode, die nu gebruikt wordt bij het bepalen van de dijkhoogte, nog niet uitontwikkeld is. Gevolg is dat beslissingen genomen worden op basis van de kennis van nu waardoor mogelijk dijken zo hoog worden gebouwd, dat men er later spijt van heeft. Menigeen heeft immers het gevoel dat alleen de veiligste norm wordt gehanteerd, en van daaruit zien we wel waar we flexibel kunnen en willen zijn. Vanuit het Waterschap een begrijpelijke houding, omdat ze de wet moeten handhaven op basis van het aangeleverde instrumentarium, dat door deskundigen net nieuw ontwikkeld is. Het is dus onlogisch om bij het Waterschap aan te kloppen als het om de onvolkomenheden in de methode gaat, alhoewel er genoeg kennis is bij deze club om een kritische noot te plaatsen.

In deze paragraaf wordt een opsomming gegeven van onvolkomenheden in de methode, die vanuit wetenschappelijk oogpunt vooral aanstuurt op de wettelijk taak van veiligheid. Als je een wetenschappelijk model zou maken dat als doelstelling heeft: genoeg veiligheid voor de komende 50 jaar en daarna uitbreidbaar indien nodig, in combinatie met een lagere benodigde dijkhoogte ten faveure van het uitzicht (onafhankelijk van de vorm van de constructie, zodat het kostenargument er niet is!) dan zal de huidige methode geen recht op publicatie krijgen, vanwege de vele onuitgezochte zaken, die bij kunnen dragen aan het tweede deel van de doelstelling. Een aantal dorpen in Noord-Limburg, en waarschijnlijk ook in de rest van Nederland, is nu de dupe van de dwang bij de overheid en de pech dat we de eersten zijn in een methode, waarbij (ook volgens interne mensen bij het Waterschap) nog veel geleerd moet worden.

Onderstaande opsomming is grotendeels gekopieerd uit eerdere stukken tekst, maar hier gebundeld om duidelijk te maken wat er allemaal nog onvolledig is in de methode

a) Gebrek aan transparantie en daardoor validatie van modellen

Gemis aan transparantie ten aanzien van methodologische keuzes, achterliggende aannames en betrouwbaarheid van de samenstellende modellen van de modellentrein die wordt aangeduid met GRADE. De intransparantie leidt tot afwezigheid van discussies op plaatsen waar grote behoefte is aan verheldering, bijvoorbeeld het feit dat de slechte simulatie van het hoogwater van 1988 bij de validatie van GRADE2.0 niet helder in de conclusies is bediscussieerd. Hierdoor wordt de suggestie gewekt dat het model goed presteert, maar als opgetreden extreme hoogwater-situaties bij simulatie worden overschat, moet er toch kritisch naar de uitkomsten gekeken worden [10]

b) Geen validatie HBV-model bij extreme afvoeren, en ook de auteurs van de methode zeggen dat het onbekend is of het model dan goed werkt

Het gebruik van HBV in de context van de Rijn en Maas is niet onomstreden. In [10] (p.45) wordt aangegeven dat uit de validatie van HBV blijkt dat de situatie met hoogwaters van 1993 en 1995 door het HBV-model te hoog berekend wordt. Ook de schrijvers en gebruikers van HBV zelf geven in hun rapport aan dat het onbekend is of HBV geschikt is voor extreme afvoeren ([9], p.31), en dat is precies waar wij mee te maken hebben. Aangegeven wordt dat modellen uit de categorie “physically based” hiervoor waarschijnlijk beter zijn toegerust. Dat betekent dat waarden, die in dit model voorkomen, ook gemeten kunnen worden. In het HBV-model kunnen resultaten aan de uitkomstenkant niet gemeten worden. Het is immers niet zo eenvoudig als je wilt kijken hoeveel van de gevallen regen in de rivier terecht komt via de bodem. Toepassing van het type “physically based” modellen wordt voorlopig echter nog als te complex beoordeeld om ze als een alternatief voor HBV te kunnen beschouwen ([10], p.45-46). Verder staan in paragraaf 4.4 van [9] nog andere beperkingen van het GRADE model.

c) Onvolkomenheden bij het gebruik van SOBEK

Een ander aspect van HBV is de transformatie van afvoer (uitkomst HBV) naar afvoergolf van de Maas. Dat gebeurt in de derde stap van het model (zie par. 5.2.3) in theorie via een simulatie met het programma

SOBEK maar volgens de beschrijving gebeurt dit soms (waarschijnlijk alleen bij gevoeligheidsanalyses) via een regressievergelijking omdat simulatie met SOBEK te veel rekentijd vergt. De vraag is wat het effect hiervan is. Daar wordt in de beschrijving van het model verder niet op in gegaan.

In de praktijk van Rijkswaterstaat, Arcadis, Waterschappen en ingenieursbureaus wordt SOBEK niet gebruikt voor gedetailleerde ontwerp vragen. Dat heeft te maken met het feit dat SOBEK bij de modellering de Maas opdeelt in lange stukken van 500 meter, waardoor variaties binnen die 500 meter niet apart worden behandeld. Om het gewenste detailniveau te modelleren wordt daarom gewerkt met WAQUA. Daarmee wordt de Maas 2-dimensionaal bekeken in vakjes van 40x40 meter en daarmee kan veel nauwkeuriger worden gerekend en laterale stroming kan worden meegenomen. We komen hier later uitgebreid op terug, maar voor hier is de vraag of SOBEK wel de juiste tool is om met HBV-uitkomsten de vertaalslag te maken naar afvoeren voor de rivier. Een vergelijkbaar advies is eerder gegeven door het onafhankelijk adviesorgaan ENW. Toen het Ministerie I&M het ENW vroeg om GRADE als instrument te toetsen was een van de adviezen om het GRADE-instrumentarium SOBEK voor de Duitse Niederrhein vervangen door WAQUA (of een evenwaardig 2D-model) ([16], p.12). De vraag is of dat bij de Maas ook nodig is. Daar kan de auteur geen uitspraak over doen.

d) Klimaatonzekerheden bij afvoerstatistieken van rivieren

De klimaatonzekerheden van het KNMI voor de rivieren lijken nog onvoldoende onderbouwd om nu al in de praktijk voor dijkontwerpen te kunnen benutten.

e) Het is niet mogelijk om met alle faalmechanismen te rekenen in de huidige software (Hydra)

Hydra is het programma waarmee de HBN bepaald wordt op basis van de probabilistische analyse in relatie tot de faalkansmechanismen. Echter op dit moment kan het programma alleen het faalmechanisme ‘golfslag en overloop’ meenemen. Men heeft dus de methode geïntroduceerd zonder dat alle faalkansmechanismen mee kunnen worden genomen in de analyse en zonder dat andere scenario's dan W+ gebruikt kunnen worden.

6. Berekeningen bij ingrepen in Arcen

In de voorgaande tekst is uitgelegd hoe de BD via diverse modellen wordt berekend, uitgaande van alle ingrepen zoals uitgevoerd, in uitvoering, dan wel goedgekeurd zijn. Dit is beschreven in paragraaf 5.2.5. Bij deze ingrepen zijn voorstellen vanuit de bevolking van Arcen niet meegenomen. De effecten zijn te gering volgens het Waterschap Limburg. In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de verificaties van die bewering. Zoals altijd is het belangrijk om de juiste uitgangspunten te hanteren. Deze zijn niet altijd eenvoudig te achterhalen, en soms niet éénduidig voor de auteur. Daarom zal in een aantal gevallen de uitkomst van een analyse een toets zijn op de ordegrrootte in plaats van een precieze controle van het effect.

We kijken naar drie onderdelen:

1. Een nevengeul in Arcen
2. Een verbreding van de Maas bij Arcen
3. Effecten van andere ingrepen op de situatie in Arcen

6.1 Een nevengeul in Arcen

In diverse vergaderingen met het Waterschap is geopperd om te kijken wat het effect van een nevengeul in Arcen zou opleveren. Dit idee blijkt niet nieuw te zijn. In 2007 heeft de gemeente Arcen en Velden in aansluiting op het Initiatiefplan Zandmaas het idee opgevat om ook voor de uiterwaarden ten noorden van Arcen een herinrichtingsplan op te laten stellen. De uitwerking van het herinrichtingsplan is destijds uitbesteed aan Bureau Strooming. Eén van de doelstellingen van dat project was [33]:

- Bepalen van de hydraulische effecten van twee varianten van een hoogwatergeul bij Arcen.

Het ging hierbij om een korte en een lange hoogwatergeul. In dit document gaan we alleen in op de lange, die begint bij rivier-km 120.2 (juist ten zuiden van de monding van de Roode Beek) en eindigt bij rivier-km 123.7 (een klein stuk ten noorden van Hotel Rooland, langs de N271). Ondanks dat de beoogde ligging van de geul in deze studie niet hetzelfde is als voorgesteld door de bewoners, kunnen conclusies ten aanzien van de waterstandverlaging wel worden overgenomen. Uitgangspunt bij deze analyse was een afvoer van 3765 m³/s. Deze ligt in dezelfde ordegrrootte als beschreven in paragraaf 0 over de afvoerstatistieken in het model. De bodem van de geul begint op een niveau van 12.0m+NAP aan de bovenstroomse zijde en wordt in benedenstroomse zijde langzaam dieper. De analyse is in 2007 gedaan door AHA (Agtersloot Hydraulische Advies) en de uitkomst is een waterstandverlaging van ongeveer 2 cm. De conclusie dat een nevengeul weinig oplevert is dus terecht, en dat was in 2007 door de gemeente Arcen en Velden al vastgesteld.

Opmerking: in deze studie is ook gekeken naar de dijkeruglegging bij de brouwerij. Er wordt gesteld dat er sprake is van een opstuwend effect van een dijk rondom de brouwerij, hetgeen dus van invloed is op de huizen aan de Maasstraat. Helaas staan de resultaten hiervan in de bijlage van het rapport, die niet in het bezit zijn van de auteur. Indien nodig kan daar nog navraag gedaan worden bij AHA.

6.2 Een verbreding van de Maas in Arcen

Aan de andere kant van de Maas bij Arcen staan geen of weinig huizen. Vandaar dat is voorgesteld om het effect te bekijken van een verbreding van de Maas. Of deze optie is geanalyseerd is niet bekend bij de auteur. In deze paragraaf zal daarom die analyse worden gedaan, zij het op sterk vereenvoudigde wijze, maar wel zodanig dat inzicht wordt verkregen over de ordegrrootte van de effecten. Als een verbreding wordt onderzocht is het nodig om te kijken naar de volgende factoren:

- a) Over welke lengte wordt de Maas verbreed?
- b) Hoeveel breder wordt de Maas?
- c) Hoe diep wordt het afgegraven?

Het is van belang te weten dat ook andere elementen bij de overweging een rol spelen, zoals de benodigde diepte van de Maas voor de scheepvaart als er geen hoogwater is, is de verbreding structureel of alleen vanaf een bepaalde waterhoogte, en levert de afgraving ook geld op. Deze vragen zijn uiteraard cruciaal, echter in dit hoofdstuk wordt alleen gekeken naar het waterstandverlagend effect van ingrepen.

De factoren, die hierboven in a)-c) genoemd zijn, zijn variabel, maar hebben ook een bepaalde bandbreedte. Je kunt de Maas niet 5 km verbreden aan de overkant. Om die bandbreedte vast te stellen zijn o.a. met de AHN-viewer³⁰ de volgende afmetingen bepaald (zie ook Figuur 13):

Bandbreedte voor afgraving in lengte, breedte en lengte	
De lengte van het stuk 'overkant Lomm' – Broekhuizenvorst	3300 m
De breedtevariatie van het stuk grond aan de overkant	220-800 m
De diepte van de afgraving	3-5 m

TABEL 13: GRENZEN AAN DE INGREEP 'VERBREDING MAAS BIJ ARCEN'

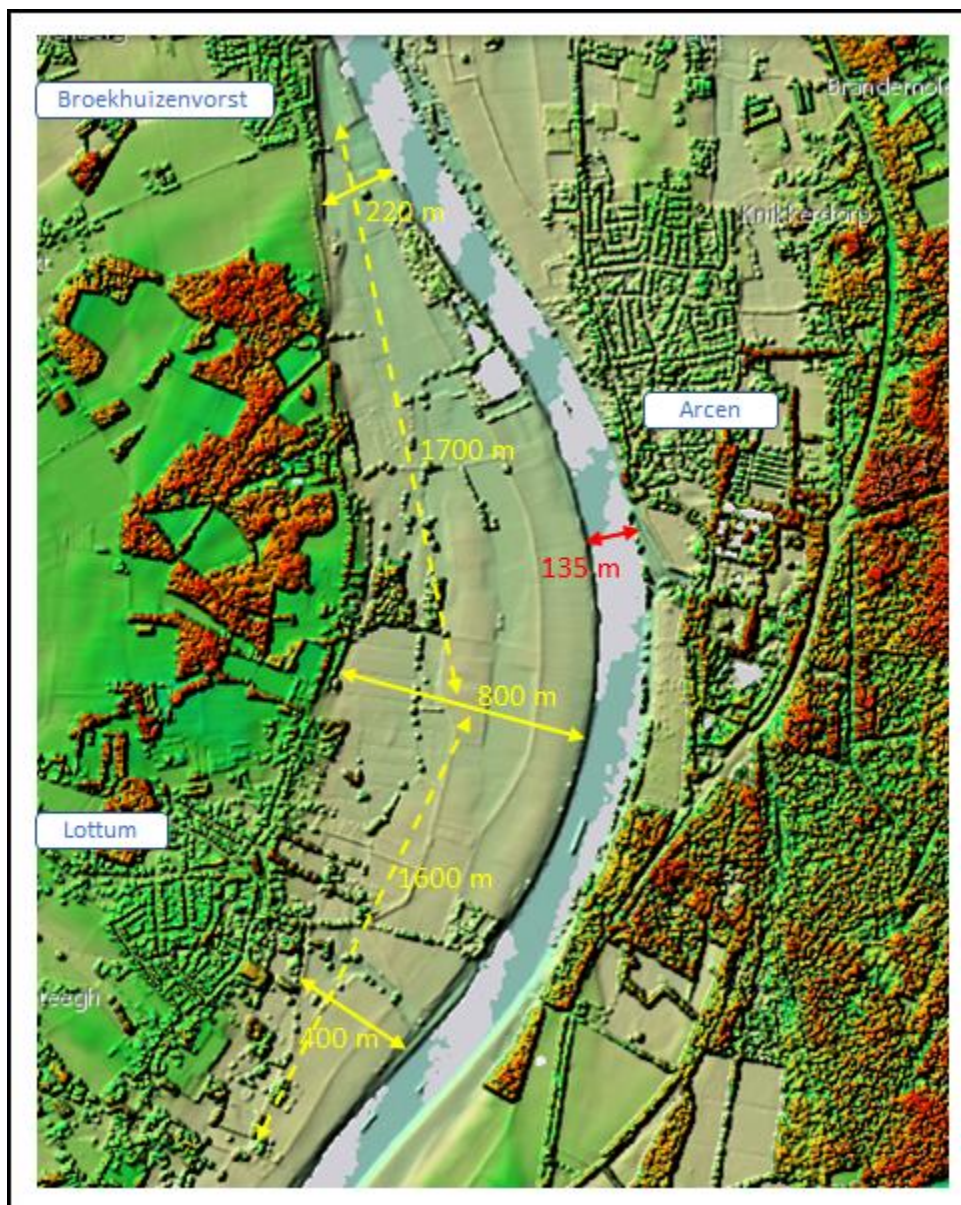
De diepte van de afgraving zal maximaal gelijk zijn aan de diepte van de Maas bij gemiddelde afvoer (zeg rond de 350 m³/s). Deze is 5 tot 6 meter in de Zandmaas [34] (p.17). De Zandmaas is het stuk van de Maas dat ligt tussen Maasbracht en Den Bosch. Op basis van de bandbreedtes in Tabel 13 zijn de volgende scenario's bekeken:

Lengte verbreding: 1000, 2000 en 3000 meter

Verbreding Maas: 100, 300 en 500 meter

Diepte: 5 meter

Dat levert dus $3 \times 3 \times 1 = 9$ combinaties op, maar niet alle combinaties zijn mogelijk. Immers, een verbreding van 500 meter kan niet over een lengte van 3000 meter, omdat de strook van de Maas tot aan de doorgaande weg daar te smal voor is. Zie daartoe ook Figuur 13:



FIGUUR 13: STROOMDEEL EN OEVERS VAN DE MAAS TUSSEN LOTTUM EN BROEKHUIZENVORST

Voor 'mogelijke' situaties is de waterstandsverlaging uitgerekend op basis van vereenvoudigde modellering. Deze modellering is toegelicht in Bijlage D en is uitsluitend gebruikt om indicatieve resultaten te verkrijgen bij de verschillende scenario's van verbreding van de Maas tussen Lottum en Broekhuizenvorst aan de overkant van Arcen. Hier is voor gekozen, omdat de auteur ARCGIS 10 weliswaar in een werkomgeving beschikbaar heeft, maar niet privé. En de eerlijkheid gebiedt te zeggen dat het veel tijd zal kosten om de software voor de berekeningen draaiende te krijgen met alle juiste instellingen, schematisaties, zijstromen,

enz. RWS-ZN heeft ook geadviseerd om dat uit te besteden aan een bureau of een expert uit onze kringen, indien dat nodig is. Vooralsnog is de wel gebruikte werkwijze goed genoeg als indicatie³¹. In onderstaande tabel de resulterende waterverlaging in cm bij de diverse combinaties van lengte en breedte van het afgegraven deel.

Waterstandverlaging in Arcen (in cm)	Verbreiding van de Maas (in m)		
Lengte van de verbreding (in m)	100	300	500
1000	12	18	20
2000	23	35	39
3000	34		

TABEL 14: WATERSTANDVERLAGING BIJ DE DIVERSE SCENARIO'S

Het is aardig om als vergelijking te kijken naar een vuistregel, die gehanteerd wordt door RWS. Elke 100000 m³ grond, die wordt afgegraven, levert 1 cm daling op. Per scenario berekenen we daarom de hoeveelheid grond, die wordt afgegraven.

Voorbeeld: verbreding 100m, lengte 1000m, diepte 5m levert: $100 \times 1000 \times 5 = 500000 \text{ m}^3$ op, en daarmee ongeveer 5 cm waterstandverlaging volgens de vuistregel van RWS.

Door de uitkomst van de afgravingen per scenario uit te drukken in 100000 is het getal in de tabel gelijk aan de waterstandverlaging volgens de vuistregel.

Afgegraven m ³ grond (x 100000)	Verbreiding van de Maas (in m)		
Lengte van de verbreding (in m)	100	300	500
1000	5	15	25
2000	10	30	50
3000	15		

TABEL 15: AFGEGRAVEN HOEVEELHEID GROND BIJ ELK SCENARIO

Hoewel in beide tabellen sprake is van een effect van decimeters is er toch een duidelijk verschil. In onze berekeningen zijn de waterstandverlagingen niet lineair in breedte, lengte noch diepte. Bovendien zou dat ook niet kunnen, omdat de evenwichtsbreedte ook niet lineair verloopt met de mate van verbreding. De auteur concludeert dat een waterstandverlaging van 20-30cm mogelijk is door een afgraving aan de overkant van de Maas. Let wel, dit is een zuiver rekenkundige exercitie, zonder gekeken te hebben naar belangen of waarde van grond, vaardiepte, overstromingsverbreding of structureel, etc.

Op geheel dezelfde wijze kan gekeken worden na een verbreding bij het veer van Broekhuizenvorst en daarna. Daar is een flessenhals, en als daar richting Well een stuk wordt afgegraven is ook een waterstandverlaging van decimeters mogelijk.

7. Overige zaken

7.1 Sluizen

Bij een afvoer van 2300 m³/s is er geen scheepvaart meer ([24]). Alle sluizen moeten dan ook open staan. Om de Maas geschikt te maken voor de scheepvaart, houdt Rijkswaterstaat het waterpeil kunstmatig hoog met 7 stuwen. In 1976 stond het Maaswater zo laag dat scheepvaart onmogelijk was. Beter gebruik van de stuwen zorgt dat dat niet meer voorkomt³². De maximale vaardiepte is op dit moment 3.2m rondom Grave ([35], p.208). Het lijkt alsof de sluizen geen invloed hebben of de hoogwatereffecten.

7.2 De rol van de bestuurders

In december 2017 heeft de Stichting Belangenbehartiging bewoners aan de Maas Arcen een Wob verzoek en later een bezwaarschrift ingediend bij de Stuurgroep Noordelijke Maasvallei. In eerste instantie waren delen van de tekst zwart gemaakt, maar in een compromis heeft de auteur de notulen volledig kunnen lezen en geconcludeerd dat er geen enkele aanleiding is om verdere openbaarheid van de notulen te eisen. Er staan geen dingen in, die de openbaarheid in moeten. Aan de andere kant blijkt uit de notulen ook dat in elk geval in de Stuurgroep geen diepgang is in de discussie. Alle punten waarin dit document nuances aangeeft in de overweging met betrekking tot de berekende dijkhoogte worden niet besproken in de Stuurgroep. Natuurlijk praat een Stuurgroep op hoofdlijnen, maar waar worden de details dan wel besproken? En sommige issues zijn dusdanig belangrijk dat er geen sprake is van detail maar van essentiële afwegingen, die direct invloed hebben op de bewoners.

Door een aantal gemeenten wordt aan het Waterschap Limburg gevraagd om een toelichting te geven aan de gemeenteraad op zaken die in die gemeente aan de orde zijn. Er wordt dus decentraal wel geïnformeerd. Dat geldt ook voor de gemeente Venlo. De gemeenteraad is onlangs op bezoek geweest in Arcen en de auteur heeft met een aantal mensen gesproken. Iedereen zal zijn eigen portefeuille hebben, echter om de nuances in de discussie te kunnen aanbrengen, is veel achtergrondkennis nodig en hopelijk kan dit document daar een bijdrage aan leveren. Daar is bij een bezoek te weinig tijd voor.

³² www.rijkswaterstaat.nl

8. Conclusies

Uit het voorafgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Momenteel wordt er gerekend met het zichtjaar 2125, als er wordt uitgegaan van een constructie (en niet een groene dijk). Maar ook voor constructies is het toegestaan om in twee fases te bouwen. In de eerste fase wordt dan in de grond de constructie klaar gemaakt voor 100 jaar, maar bovengronds voor 50 jaar. Dit levert een lagere BD op voor de eerste aanleg van de nieuwe dijk. Af dit gaat gebeuren wordt hoogstwaarschijnlijk besloten in de Stuurgroep Noordelijke Maasvallei in juni 2018. Het Waterschap bereidt de analyse nu voor.
2. Bij punt 1 gaat het Waterschap Limburg momenteel nog uit van het meest extreme klimaatscenario W+, terwijl er ook mag worden uitgegaan van het meest gematigde klimaatscenario G. Hiervoor zijn echter nog geen berekeningen mogelijk, omdat de overheid de invoerstatistieken nog niet klaar heeft. Ook dit wordt hoogstwaarschijnlijk besloten in de Stuurgroep Noordelijke Maasvallei in juni 2018.
3. De makers en auteurs van het HBV-model, het model dat de vertaalslag maakt van neerslag naar afvoer, zeggen dat het niet duidelijk is of dat model geschikt is voor extreme afvoeren. Sterker nog, het HBV-model is niet zgn. physically-based (i.e. kan niet geverifieerd worden met metingen) en het zou goed zijn als in de toekomst physically-based modellen hiervoor zouden worden ontwikkeld.
4. In het HBV-model wordt slechts naar 1-dimensionale modellering gekeken via SOBEK. Het ENW heeft gevraagd om dat, in geval van de Rijn, uit te breiden naar 2-dimensionale modellering via WAQUA. Voor de Maas is het niet duidelijk of dat ook betere uitkomsten zou geven. Echter vaak wordt zelfs SOBEK vervangen door een verdere vereenvoudiging met simpele regressie. De betrouwbaarheid van de uitkomst staat daardoor nog meer ter discussie.
5. Er wordt in GRADE (de naam van de nieuwe methode om de BD te bepalen) niet gekeken naar overstromingen in België, waardoor de afvoer in Borgharen (of St.Pieter tegenwoordig) afgetopt kan worden. Een studie uit Delft geeft aan dat er toch sprake is van een (weliswaar beperkte) aftopping. Dit is een politieke keuze op ministerieel niveau. Het Waterschap kan daar niets aan doen.
6. Op basis van de methode voor de intrede van de Waterwet blijkt dat er weliswaar een verhoging van de waterstanden was in de periode 1990-2003, maar dat inmiddels alles weer terug is naar het patroon voor 1990. Op basis van historische data-analyse is er geen aanleiding tot dramatische dijkverhoging.
7. De duur van de hoogwatergolf wordt nu standaard op 30 dagen gezet. Soms heb je een stompe golf, die inderdaad langer duurt (1995), maar soms heb je een piekgolf (1993), die veel minder lang duurt. Het is dus niet terecht om standaard uit te gaan van een duur van 30 dagen. Vroeger werd uitgegaan van 12 dagen.

8. Hydra kan nog niet rekenen met andere faalmechanismen, waardoor het optimalisatieproces met betrekking tot de BD niet goed kan worden uitgevoerd en mogelijk kansen op een lagere BD Arcen worden ontnomen.
9. Er wordt door het Waterschap Limburg gerekend met een bepaalde faalkansbegroting, die qua lijst van faalkansmechanismen niet past bij de situatie in Arcen. Dat gegeven èn dat je mag optimaliseren binnen de faalkansbegroting, geven mogelijkheden om af te wijken van de maximaal toelaatbare faalkans als percentage van de overstromingskansnorm (MTFPON) van 24%, die de BD nu zo hoog maakt.
10. Door toevoeging van het faalkansmechanisme ‘overig’ wordt (middels een vage term) 30% van de optimalisatieruimte ontnomen en de BD daardoor op een onduidelijke en niet goed te interpreteren wijze verhoogd.
11. De klimaateffecten op de afvoerstatistieken van de rivieren zijn nog niet goed uitontwikkeld
12. Uit veel zaken blijkt dat de methodologie nog niet is uitontwikkeld. Het lijkt erop dat de methode onder druk is geïntroduceerd. Denk maar aan gebrek aan invoerstatistieken, veel faalmechanismen niet in Hydra, faalkansruimte ‘overig’ in nu een black box, die de BD omhoogduwt. Maar ook de klimaatscenario’s zijn in 2006 anders dan in 2014. Dit onderwerp is ook continu in beweging en kan over 8 jaar weer anders liggen. Het lijkt daarom niet te verkopen dat je 100 jaar vooruitkijkt als klimaatscenario’s op korte termijn veranderen en ook via andere dimensies worden opgesteld (2014 (met sociale aspecten) ten opzichte van 2006 met luchtcirculatie).
13. Er zijn opties om met afgravingen tegenover Arcen en bij het veer Arcen-Broekhuizenvorst decimeters waterstandverlaging te verkrijgen. Dit verdient nader onderzoek op haalbaarheid.

9. Nawoord

Hier volgt nog een persoonlijke noot van de auteur:

Wat moeten we nou met alle bevindingen uit dit rapport? Het is duidelijk dat de materie ingewikkeld is en er nog veel werk aan de winkel is om het uit te kristalliseren. De lijst met zaken, die nog uitgezocht moeten worden is zo lang dat er nog vele jaren overheen zullen gaan vooraleer de methode de kritiek zal kunnen weerstaan.

Het is evident dat de kans op overstromen niet alleen afhangt van de hoogte van de dijk. Menselijk falen bij het opbouwen van schotten, onderstroming e.d. zijn eveneens zaken, die meegenomen moeten worden bij de afweging hoe een dijk moet zijn. De gedachte om een nieuwe methodiek te ontwikkelen is logisch. Echter de logica om al deze oorzaken te koppelen in één faalkansanalyse is niet te rijmen met het gezond verstand. Het gaat hier met name om de faalkans 'overloop en golfoverslag' (zeg maar overstromen over de dijk heen) versus de andere zaken, die niets (of heel weinig) met hoogte te maken hebben. Het is niet te begrijpen dat, als de kans dat er een stroom ontstaat, die onder de dijk het dorp binnen loopt, groter wordt, dat dan de dijk hoger gemaakt moet worden. Om die reden zou in Arcen de dijk in 2015 al 17.71m+NAP hebben moeten zijn. Iets waar de Maas nooit in de buurt is geweest.

Een terugblik op de laatste 25 jaar leert ook dat de gemiddelde hoogwaterpieken niet of nauwelijks toenemen. Als er in 25 jaar niet meer dan 1 cm toename is in de gemiddelde hoogwaterpieken, en in een hele eeuw ook niet of nauwelijks een toename is, waarom moeten we dan de dijk met 1.60m verhogen om ons te beschermen voor een periode van 100 jaar.

Veel klimaatinzicht is op hoog niveau en niet gedifferentieerd naar regio qua regenval en temperatuur en periode van het jaar. Bij de windrichting geeft dat al reden tot twijfel. En dan is die ook nog niet variabel te maken in Hydra, waardoor geen gevoeligheidsanalyse kan worden gedaan.

Onvoltooide methodologie en soms tegen het verstand in. Genoeg reden om de huidige BD eens kritisch tegen het licht te houden.

10. Woordenlijst

- Afvoer Maas:* dit is de hoeveelheid water (uitgedrukt in m^3/s), die passeert bij een bepaald punt (dwarsdoorsnede) in de Maas. In deze context wordt vooral gebruik gemaakt van de afvoer in Borgharen. Afvoer wordt ook vaak debiet genoemd. In 1993, toen Arcen overstroomde, was de afvoer in Borgharen ongeveer $3120 \text{ m}^3/\text{s}$ [36].
- Betrekkinglijn:* de grafische voorstelling aangevende welke waterstanden bij verschillende meetstations langs een waterloop bij stationaire afvoertoestand met elkaar overeenkomen. Hierbij wordt rekening gehouden met eventuele zij-in- en/of uitstromen (bijv. Lingsforterbeek, Roer)
- Faalkansruimte:* het interval waarin de kans op falen van een bepaald faalmechanisme zich moet bevinden. Deze is dus altijd kleiner dan de overstromingskansnorm
- Hydraulisch Belasting Niveau:* Het maatgevende HBN (ook wel MHBN) is de hoogte waarop de kruin van de dijk zou moeten worden aangelegd om aan het einde van de planperiode te voldoen aan het criterium voor overloop en golfoverslag.
- Klimaat:* de klimatologische omstandigheden in de wereld, ook in Nederland, veranderen. In deze context wordt het klimaat gebruikt om neerslag te voorspellen, omdat de Maas een regenrivier is.
- Lengte-effect:* het effect dat slechts een deel van het dijktraject (bestaande uit 12 dijkvakken in Arcen) te relateren is aan een bepaald risico. Bij bijvoorbeeld piping zal veelal slechts bij één dijkvak een onderstroom kunnen voorkomen (denk aan Alt Arce). De waarde van het lengte-effect heeft invloed op de eis waaraan het dijktraject moet voldoen. In onze context, waar we alleen naar de benodigde dijkhoogte kijken, hebben we alleen te maken met overloop en golfoverslag. Omdat de dijkvakken geen (significant) verschillende hoogteverschillen hebben is hier geen sprake van een lengte-effect, oftewel $N=1$ bij de faalkansberekening.
- Neerslag:* het KNMI heeft statistieken over de neerslag, waarmee de neerslag in de toekomst wordt voorspeld. Deze uitkomsten hebben invloed op de afvoerhoeveelheden in de Maas.
- Ondergrens:* De maximaal toelaatbare faalkans van een dijktraject (is doorgaans 1 normklasse soepeler dan de signaleringswaardenorm), in Arcen 1/100 jaar.
- Overstromingskansnorm:* is gelijk aan ondergrens
- Piping:* Piping is een term die aangeeft dat er water door een kade, dijk of ander kunstwerk stroomt als gevolg van een groot waterstandsverschil. Kwelwater met

zand stroomt door drukverschil onder of langs een dijk door richting binnendijkse zijde. In het begin gaat dit heel langzaam, maar hoe langer het doorgaat, hoe sneller de uitspoeling gaat. Na verloop van tijd ontstaan tunnelvormige ruimtes die de constructie verzwakken. Als piping niet op tijd wordt gestopt zal het leiden tot verzakking of dijkdoorbraak. In Arcen is hier sprake van bij o.a. Alt Arce.

- Retentie:* het vertragen of verminderen van de afvoer van water (door de rivier meer stromingsgebied in de breedte te geven, bijv. dijkeruglegging zoals men wil in Arcen-Noord)
- Schematisatie:* beschrijving van de rivier in een gekozen mate van detail (bijvoorbeeld in stukjes van 40x40 meter). Daarin staat o.a. de hoogte, breedte en diepte, waar water is en waar grond, en de bodemeigenschappen voor de wrijving e.d.
- Signaleringswaarde:* norm waar die over 50 jaar aan moet voldoen; alarmbelletje. Hij zakt richting ondergrens, we moeten langzaam aan de dijk gaan versterken. In Arcen 1/300 jaar. Dus als bij een toets aan de dijk de signaleringswaarde wordt overschreden, dwz de kans op ellende is groter dan 1/300 per jaar, dan moeten plannen worden gemaakt om over een bepaalde periode te zorgen dat de 1/100 per jaar niet overschreden wordt, want dat is de norm.
- Zichtjaar:* dat is het jaar dat als uitgangspunt wordt genomen voor analyses op allerlei vlak. Denk hierbij aan klimaat, waterstanden en ingrepen in de Maas (dijkverlegging of rivierverbreding). Veel gebruikte zichtjaren zijn 2050 en 2100. Op basis van de analyses in een gekozen zichtjaar zullen uiteindelijk beslissingen worden genomen met betrekking tot de dijkhoogte.

11. Referenties

Opmerking: het dikgedrukte nummer in de referentie is het nummer in de literatuurdatabase van de auteur, en daarmee niet relevant voor de lezer.

1. Staten-Generaal, Tweede Kamer.d., *34436 - 3 Wijziging van de Waterwet en enkele andere wetten (nieuwe normering primaire waterkeringen) - memorie van toelichting*. 29 maart 2016. **5**: p. 63.
2. Rijkswaterstaat, *Handreiking ontwerpen met overstromingskansen - Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansen-normen - Versie OI2014v4*. 2017. **30**: p. 71.
3. HKV - Saskia van Vuren, J.P., Carolien Wegman, Jakolien Leenders, Joana Vieira da Silva, *Ontwerpend Rekenen. Potentieanalyse waterstandsverlaging door rivierverruiming m.b.t. beperken van dijkversterkingsopgave en kosten. HKV rapport PR3231*. 30. augustus 2016 (naar buiten gebracht 22-12-2016?). **25**: p. 198.
4. (Deltares), Otto Levelt., et al., *Beleidsstudie Kostenreductie Dijkversterking door Rivierverruiming - Toepassing methodiek op Maas*. januari 2017. **98**: p. 209.
5. (ARCADIS), A.M.Berkhof, D.G.Meijer (RiQuest), and H. Leushuis, *Deltaprogramma rivieren: voorkeursstrategie Maasvallei - onderzoeksrapportage fase 2 regioproces*. 17 december 2013. **59**: p. 149.
6. Limburg, Waterschap, *Omgevingswerkgroep Dijkversterking Arcen* 19 april 2017. **92**: p. 44.
7. Smale, A.J., *Werkwijzer bepaling hydraulische ontwerpvoorwaarden - Aanvulling OI2014, versie 4*. juli 2016. **94**: p. 98.
8. Ir. C. Dorst, Ir.R.J.C.Mom, Ir. H.M.J. de Gruiter (Infram) and G.A.Smit, Ir. K. Lendering (Horvat & Partners), *Innovatieve oplossingen kruinhoogtetekort*. 4 december 2016. **91**: p. 69.
9. (Deltares), M.Hegnauer, et al., *Generator of Rainfall and Discharge Extremes (GRADE) for the Rhine and Meuse basins - Final report of GRADE 2.0*. 2014. **52**: p. 94.
10. Roel During, M.P.J.V.W., *Legitimatie van de nevengeul voor de Waal langs Varik - Constructies van risico's uit onzekerheden die redenen geven voor voorzorg - Achtergrondrapport*. 2016. **35**: p. 146.
11. Hurk, B.v.d., et al., *KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands*. 22 mei 2006. **113**: p. 82.
12. Weiland, F.S., et al., *Implications of the KNMI'14 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse - comparison with earlier scenario studies*. 2015. **95**: p. 85.
13. Wiebes, E., *Brief aan de Tweede Kamer - Vergelijking zeespiegelstijging voor dijkverbeteringen en voor de delfstofwinning onder de Waddenzee*. 31 januari 2018. **105**: p. 3.
14. Rijkswaterstaat, et al., *Leidraad Rivieren*. juli 2007. **55**: p. 334.
15. Stocker T.F., et al., *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2013. **127**: p. 1552.
16. (ENW), Ir.G.Verwolf, *brief aan Ministerie van Infrastructuur en Milieu, t.a.v. de Directeur-Generaal Ruimte en Water, de heer drs. P.R. Heij*. 1 mei 2015. **97**: p. 14.
17. Bruggeman, W., et al., *Deltascenario's - Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 - 2012*. 2011. **74**: p. 158.
18. Rongen, G., *The effect of flooding along the Belgian Meuse on the discharge and hydrograph shape at Eijsden*. 2016. **31**: p. 107.
19. Min I&W, *Memo Ministerie van Infrastructuur en Milieu - Modeluitgangspunten hydraulische ontwerpbelasting Maas*. 25 september 2017. **129**: p. 3.
20. Vos, R., *Uncertainty in climate predictions: How to take this into account for dike design*. 13 Oktober 2016. **99**: p. 30.

21. M. Crok, R. de Vos, *Waarom de KNMI-scenario's niet zullen uitkomen*. 11 januari 2018. **104**: p. 129.
22. onbekend, *Bijsluiter betrekkingslijnen 2017_2018*. onbekend. **112**: p. 24.
23. Milieu, M.v.I&M en M.v.EZ, *Synthesedocument Rivieren - Achtergronddocument B6*. 1 juli 2014. **43**: p. 193.
24. R. Agtersloot, A.H.A., *Gebiedsontwikkeling Maaspark Well - Bepaling hydraulische milieueffecten als onderdeel van Plan-MER - DEFINITIEF*. 18 juli 2011. **45**: p. 34.
25. Rijkswaterstaat, D., *Maas - 5e generatie schematisaties*. 2017. **87**: p. 14.
26. Jongejan, R. and H. Knoeff, *Kennisplatform Risicobenadering - Memo - Korte toelichting op schematiseringonzekerheid v4*. 26 juni 2017. **110**: p. 4.
27. Jongejan, R., *Vaststellen uitgangspunten definitieve kalibratie WTI 2017, Cluster Raamwerk*. 1 juli 2013. **120**: p. 43.
28. prof. dr. ir. M. Kok, et al., *Grondslagen voor hoogwaterbescherming*. november 2017. **114**: p. 84.
29. (HKV), C.Geerse, *Overzichtsdocument probabilistisch modellen zoete wateren - Hydra-VIJ, Hydra-B en Hydra-Zoet*. 2010. **60**: p. 228.
30. Chbab, H. and H.d. Waal, *Achtergrondrapport Hydraulische Belastingen - Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017*. 2017. **73**: p. 280.
31. RWS WV, Kennisplatform Risicobenadering, *Achtergrondrapport Ontwerpinstrumentarium 2014*. december 2016. **93**: p. 102.
32. Vuren, S.v., G. Pleijter, and J.V.d. Silva, *Hydraulische Ontwerpbelastingen Maas - Memo 4 : Hydra databases en Hydraulische Ontwerpbelastingen Maas - HOB Maasvallei fase 1*. 3 februari 2017. **77**: p. 17.
33. Agtersloot, R., *Bepaling van hydraulische effecten van twee varianten van een nevengeul bij Arcen*. 15 februari 2007. **122**: p. 12.
34. Wolters, H.A., M. Platteeuw, and M.M. Schoor, *Richtlijnen voor inrichting en beheer van uiterwaarden ecologie en veiligheid gecombineerd*. december 2001. **58**: p. 195.
35. RWS (CIV), *Vaarwegen in Nederland*. oktober 2017. **124**: p. 385.
36. Bleichrodt, G. and E.F.J.M. Ensink, *De Maas slaat toe - verslag hoogwater Maas december 1993*. april 1994. **108**: p. 71.
37. RWS-ZN, O.v., *Waarde rivierkm van Belgische plaatsen langs de (Grens)maas en Nederlandse plaatsen langs de Maas. ??* **126**: p. 6.
38. Thayer School of Engineering, D., *Rivers and streams, Chapter 15*. 2018. **72**: p. 45.
39. P.Ph.Jansen, *Principles of river engineering*. 1979. **88**: p. 532.
40. Vriend, prof.dr.ir.H.J.d., et al., *River Engineering*. Februari 2011. **86**: p. 174.
41. Schoor, M.M., R.v.d. Veen, and E. Stouthamer, *Historische rivierkundige parameters; Maas, Merwede, Hollandsch Diep en Haringvliet*. november 2003. **115**: p. 28.
42. Breukel, ing.R.M.A., et al., *De Maas - Verleden, heden en toekomst*. april 1992. **125**: p. 104.
43. Rijkswaterstaat, *Maatregelen voor hoogwaterbescherming langs de Maas. ??* **47**: p. 1.

Lijst met afkortingen

BD	= Benodigde dijkhoogte
DGR	= Deltawet Grote Rivieren (van kracht sinds 1995)
DGWB	= Directoraat-Generaal Wonen en Bouwen
ENW	= Expertise Netwerk Waterveiligheid
HBN	= Hydraulisch Belasting Niveau (de be
OI2014	= Ontwerp-instrumentarium 2014
MTFPON	= Maximaal toelaatbare faalkans als percentage van de overstromingskansnorm
RWS	= Rijkswaterstaat
RWS-ZN	= Rijkswaterstaat, Zuid-Nederland
SIMONA	= Simulatie Modellen Natte waterstaat
VKA	= Voorkeursalternatief (basiskeuze voor de dijkversterking, waar en hoe hoog moet ie komen; vandaaruit wordt verder de detailinvulling gedaan, bijv. type dijk)
WL	= Waterschap Limburg
WVL	= Water, verkeer en leefomgeving (onderdeel van RWS)

Bijlage A Grade afvoerstatistieken voor de Maas

De afvoerstatistieken [7]

Herhalingstijd	Referentie (WTI)	2050W+	2100W+
2	1439	1492	1667
5	1971	2054	2298
10	2302	2419	2709
20	2603	2741	3081
30	2776	2951	3298
50	2965	3171	3550
100	3224	3470	3893
250	3520	3800	4284
300	3573	3857	4360
500	3701	4039	4537
1000	3862	4209	4720
1250	3914	4247	4788
2000	4024	4380	4928
3000	4118	4441	4994
4000	4185	4480	5039
5000	4237	4531	5082
10000	4398	4652	5188
20000	4560	4773	5295
30000	4654	4844	5357
50000	4773	4933	5435
100000	4935	5055	5542

Bijlage B Waarde Rivierkm per plaats aan de Maas

Deze informatie komt uit [37]

	Plaatsnaam	rivierkm		Plaatsnaam	rivierkm		Plaatsnaam	rivierkm
1	Aalstbroek	120	39	Caestert	4	77	Haren	188
2	Aasterbers	56	40	Crevecoeur	220	78	Hasselt	115
3	Afferden	145	41	Cuijk	162	79	Hedel	220
4	Aijen	139	42	De Hamert	126	80	Hedikhuizen	226
5	Alem	210	43	De Hoeven	226	81	Heel	74
6	Alphen	199	44	De Plaats	163	82	Heerewaarden	206
7	Ammerzoden	224	45	De Rijtjes	158	83	Heeswijk	163
8	Appeltern	189	46	De Tuut	188	84	Heikant	160
9	Arcen	121	47	De Voorst	116	85	Helbroek	153
10	Asselt	85	48	Demen	185	86	Hengeland	146
11	Baarlo	102	49	Deursen	183	87	Herten	74
12	Balgoij	178	50	Dieden	187	88	Het Wild	212
13	Batenburg	186	51	Diekendaal	149	89	Heugem	10
14	Beegden	75	52	Dleskant	220	90	Heukelom	143
15	Beers	162	53	Dommelsvoort	163	91	Heumen	167
16	Beesel	92	54	Eijsden	5	92	Hijen	152
17	Belfeld	100	55	Eiland	63	93	Hoenzadriel	215
18	Benedeneind	198	56	Einde	86	94	Holthees	138
19	Berg	39	57	Elsloo	29	95	Hoogeind	155
20	Bergen	141	58	Elsteren	133	96	Hoorzik	211
21	Berghuizen	195	59	Empel	217	97	Horn	80
22	Berm	211	60	Engelen	220	98	Hout-Blerick	105
23	Beugen	152	61	Escharen	173	99	Houthuizen	117
24	Bilt	62	62	Ewijk	172	100	Illikhoven	48
25	Blauwe Sluis	191	63	Ewinkel	163	101	Itteren	20
26	Blerick	107	64	Gassel	172	102	Kamp	137
27	Blitterswijk	129	65	Gennep	155	103	Katwijk	164
28	Bokhoven	222	66	Geulle	25	104	Keent	178
29	Bong	115	67	Gewande	215	105	Kerkdriel	212
30	Borgharen	17	68	Geysteren	135	106	Kessel	95
31	Boveneind	195	69	Grave	174	107	Kessel	206
32	Boxmeer	148	70	Greffeling	197	108	Kesseleik	93
33	Brachterbeek	Z 68	71	Grevenbicht	44	109	Klein Linden	165
34	Brandt	63	72	Groeningen	142	110	Kleine Meers	30
35	Broekeind	115	73	Groot Linden	168	111	Knikkerdorp	131
36	Broekhuizen	122	74	Grubbenvorst	114	112	Kokkelert	51
37	Broekhuizenvorst	123	75	Haarsteeg	225	113	Laak	59
38	Buggenum	86	76	Hanssum	90	114	Langel	184

	Plaatsnaam	rivierkm		Plaatsnaam	rivierkm		Plaatsnaam	rivierkm
115	Leeuwen	83	153	Oevereind	53	191	Urmond	37
116	Leuken	135	154	Ohe	57	192	Velddijk	193
117	Lienden	184	155	Oijen	100	193	Velddriel	215
118	Linne	70	156	Oijen	196	194	Velden	113
119	Lith	202	157	Ooijen	125	195	Velden	122
120	Lithoijen	201	158	Ool	75	196	Velp	177
121	Lomm	118	159	Oost-Maarland	7	197	Venlo	108
122	Lottum	119	160	Ottersum	156	198	Vianen	162
123	Lunen	177	161	Oude Schans	218	199	Vierlingsbeek	141
124	Maasband	35	162	Overasselt	171	200	Visserweert	49
125	Maasbommel	193	163	Overlangel	179	201	Vliedberg	225
126	Maasbracht	66	164	Padbroek	161	202	Vlijmen	222
127	Maashees	137	165	Panheel	N 67	203	Voordijk	222
128	Maastricht	13	166	Papenbeek	134	204	Voorne	205
129	Macharen	193	167	Papenhoven	44	205	Vortum-Mullem	143
130	Maren	66	168	Plasmolen	160	206	Vosseneind	169
131	Maren-Kessel	208	169	Pol	N 68	207	Voulwames	23
132	Meers	31	170	Ravenstein	182	208	Wanssum	133
133	Megen	191	171	Reek	178	209	Weerd	N 68
134	Merum	72	172	Reuver	96	210	Well	132
135	Middelaar	160	173	Rijkel	90	211	Well	225
136	Milsbeek	158	174	Roermond	80	212	Wellseind	226
137	Moleneind	200	175	Roosteren	51	213	Wessem	Z 67
138	Molenhoek	166	176	Rosmalen	217	214	Wielder	118
139	Molenhoek	174	177	Rossum	209	215	Wieler	87
140	Mook	164	178	Sambeek	147	216	Wijchen	180
141	Moordhuizen	202	179	Schansberg	52	217	Worsum	170
142	Nattenhoven	40	180	Schoonenburg	173			
143	Nederasselt	176	181	Slijkwel	226			
144	Neer	90	182	St. Agatha	160			
145	Neerloon	180	183	St. Andries	208			
146	Nieuw-Bergen	141	184	St. Pieter	11			
147	Nieuw-Gassel	172	185	Stein	35			
148	Nieuwe Schans	197	186	Stevensweert	62			
149	Nieuwkuijk	225	187	Stokt	121			
150	Niftrik	181	188	Swalmen	86			
151	Obbicht	42	189	Tegelen	104			
152	Oeffelt	155	190	Thorn	64			

Hieronder de mailwisseling omtrent de onderbouwing van de keuze door het Ministerie van I en W voor klimaatscenario W+.

Vraag: wat is de onderbouwing voor de keuze voor het ergste klimaatscenario W+? Deze vraag is door het ENW, een adviesorgaan van het ministerie, gesteld.

Antwoord:

Op 26 maart 2018 om 17:32 schreef Vries, W.A. de (Wim) - DGRW <Wim.de.Vries@minienm.nl>:

Geachte heer Soethoudt,

Zoals afgesproken in ons telefonisch gesprek van 9 maart j.l. heb ik met hulp van collega's nagezocht wat wij gedaan hebben met het ENW-advies over klimaatscenario's en rivierafvoer. Het ENW heeft in zijn advies van mei 2015 over klimaatscenario's in relatie tot de rivierafvoer geadviseerd om de keuze voor het te hanteren klimaatscenario nader te onderbouwen, mede omdat vanuit economisch perspectief een 'gemiddeld' klimaatscenario de voorkeur heeft boven het (nu veelal gehanteerde) 'meest extreme' W+ scenario. Het klimaatscenario is een van de onzekerheden waarmee in het ontwerp rekening wordt gehouden. Vanuit het Ministerie hebben we dit advies gebruikt bij de verdere ontwikkeling. Naast het KNMI 2006 W+ scenario zijn inmiddels de afvoeren bij Lobith en Borgharen berekend bij de vier KNMI 2014 scenario's. De resultaten voor de 2014 scenario's komen voor het zichtjaar 2050 alle vier vrijwel overeen met het W+ scenario. Voor het zichtjaar 2085 zijn er wel verschillen.

Op dit moment worden de KNMI 2006 scenario's gebruikt. Voor het uitleveren van nieuwe afvoerstatistiek wordt een consequentanalyse uitgevoerd om te bepalen wat de doorwerking is van de nieuwe scenario's op de afvoer in heel Nederland. Als dit tot significante verschillen leidt kan worden besloten te gaan rekenen met de KNMI 2014 scenario's.

In het Ontwerp Instrumentarium dat de dijkbeheerders gebruiken, wordt het W+ scenario als standaard gehanteerd, maar wordt de mogelijkheid genoemd om met G te ontwerpen indien je een kortere levensduur kiest dan oorspronkelijk gewenst en je ruimte kan reserveren voor W+. Dat laatste is dus een adaptieve benadering, die u ook in het telefoongesprek genoemd heeft. Een gevoeligheidsanalyse met G wordt altijd aanbevolen. Het is uiteindelijk de verantwoordelijkheid van de beheerder hoe hij hier mee om gaat. Ik hoop dat ik u hiermee voldoende geïnformeerd heb. Ik neem aan dat u het ENW-advies kent, anders is het eenvoudig te vinden op de site van ENW.

Met vriendelijke groet,

Wim de Vries
Coordinator veiligheid rivieren
Ministerie van Infrastructuur en Milieu
06 15 879 204
wim.de.vries@minienm.nl

Reactie op antwoord:

Van: Han Soethoudt <sudanwur@gmail.com>

Verzonden: maandag 26 maart 2018 18:03

Aan: Vries, W.A. de (Wim) - DGRW <Wim.de.Vries@minienm.nl>

CC: Busch, M.J.C. (Mattie) - DGRW <Mattie.Busch@minienm.nl>; Bas, M.W.M. (Merijn) - DGRW <merijn.bas@minienm.nl>; Nijenhuis, A. te (Anouk) - DGRW <Anouk.te.Nijenhuis@minienm.nl>

Onderwerp: Re: Onderbouwing klimaatscenario

Beste heer de Vries,

Dank voor uw antwoord. Volgens mij staat er echter nog steeds niet waarom voor zowel 50 jaar als 100 jaar vooruit gekozen is voor W+ uit 2006. Of moet ik concluderen dat het enige argument is dat ze in 2050 ongeveer gelijkliggen als we in de nieuwe berekeningen kijken van 2014? Maar dan geldt het argument weer niet voor 2085 of nog verder, want daar loopt alles weer uit elkaar. Is mijn conclusie juist? Alvast dank.

Met vriendelijke groet,

Han Soethoudt

Antwoord op reactie:

Beste heer Soethoudt,

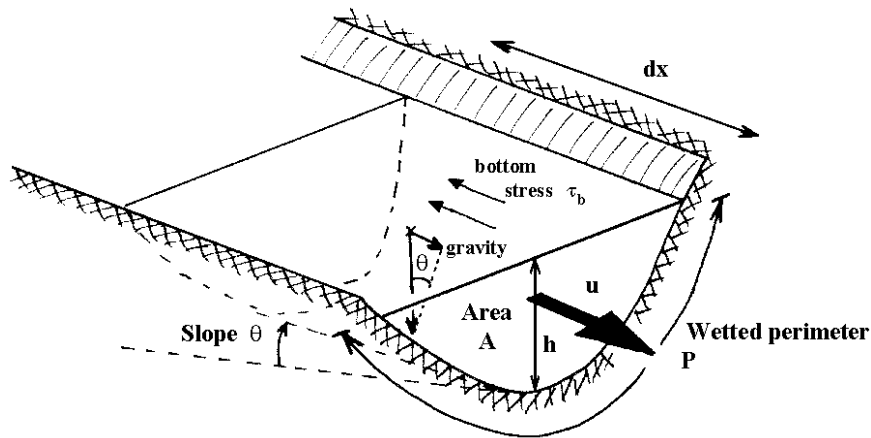
De dijken worden standaard ontworpen voor een periode van 50 jaar. We houden dus nog geen rekening met 100 jaar vooruit. Zoals hieronder gesteld wordt dus nog onderzocht of de KNMI 2014 scenario's significante verschillen opleveren binnen de levensduur van een kering. En zoals hieronder ook gesteld kan het Waterschap in bepaalde gevallen ook met een G-scenario rekening houden, maar of dat in uw geval aan de orde kan zijn kunt u het beste met het Waterschap bespreken.

Met vriendelijke groet,

Wim de Vries

Bijlage D Eigen berekeningen

Om na te gaan hoeveel waterstandsverlaging een verbreding van de Maas oplevert wordt uitgegaan van vergelijkingen uit de stromingsleer. In alle berekeningen in het kader van ingrepen in de rivier maken de overheid en de instanties (veelal adviesbureaus), die zij inhuren, gebruik van de St Venant-vergelijkingen³³. Feitelijk zijn deze afgeleid uit de behoudswetten van massa en energie. Bij de eigen modellering zijn we ook uitgegaan van deze vergelijkingen. Hierbij is een aantal variabelen en randvoorwaarden nog geheel vrij. Eerst worden aan de hand van een figuur allerlei variabelen en parameters geïntroduceerd (overgenomen uit [38]):



FIGUUR 14: DOORSNEDE VAN EEN STUK VAN EEN RIVIER MET DIKTE dx

x	= coördinaat in de longitudinale richting van de rivier
t	= tijd
u	= stroomsnelheid, gemiddeld over de diepte (m/s)
h	= diepte van het water (m)
g	= versnelling van de zwaartekracht: $9,81 \text{ m/s}^2$
θ	= hellingshoek van de stroming
i_b	= $\sin(\theta)$ (verhang)
P	= omtrek van de rivierbedding, van het deel waar water over stroomt (m)
A	= oppervlak van doorsnede van het de rivier (m^2)
$W(z)$	= breedte van de rivier op hoogte z
τ_b	= weerstand van het water op de bodem per opp. eenheid
C_d	= sleepcoëfficiënt
R_h	= hydraulische straal (m)
ρ	= massadichtheid van het water

³³ Besproken bij RWS-ZN tijdens bezoek in Maastricht op 1 februari 2018

Merk op dat een aantal grootheden zoals u , h , P , A afhangen van zowel x als t als er sprake is van een niet-uniforme bedding en niet-stationaire stroming. Door de wet van behoud van massa en de verandering in tijd van het momentum kunnen we de 1-dimensionale vergelijkingen van Saint-Venant opstellen ([38], p.4-7):

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(Au)}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \frac{\partial h}{\partial x} + g i_b - C_d \frac{u^2}{R_h} \quad (2)$$

Waarbij de variabelen R_h en C_d (impliciet) zijn gedefinieerd als

$$R_h = \frac{A}{P} \quad \text{en} \quad \tau_b = C_d \rho u^2 \quad (3)$$

Vanwege de gelijkheid ([39], p.64):

$$\frac{\tau_b}{\rho} = \frac{g}{C^2} u^2 \quad \text{volgt} \quad C_d = \frac{g}{C^2} \quad (4)$$

En daarmee verandert vergelijking (2) in:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \frac{\partial h}{\partial x} + g i_b - \frac{g}{C^2} \frac{u^2}{R_h} \quad (5)$$

waarbij C de Chézy-coëfficiënt is. Deze coëfficiënt heeft onder andere iets te maken met de ruwheid van de bodem van de rivier.

Nu zijn er aannames te maken, waardoor deze niet-lineaire partiële differentiaalvergelijking eenvoudiger van vorm wordt en we toch dicht bij de realiteit blijven.

Aanname A: de hydraulische radius R_h uit vergelijking (3) is ongeveer gelijk aan $\frac{A}{W}$, omdat in het geval dat de diepte h van de rivier klein is ten opzichte van de breedte P ongeveer gelijk is aan W . De diepte van de Maas is in de Zandmaas tussen de 5 en 6 meter en de breedte 135 meter ([34], p.17). Hiermee is de aanname gerechtvaardigd.

Aanname B: de stroming wordt stationair genomen, hetgeen betekent dat $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$. Doel van het modelleren is om de piekhoogte in Arcen te bepalen. Omdat de golf vanuit Borgharen geruime tijd hoog blijft kan de piekhoogte vanuit een stationair maximaal debiet worden afgeleid.

Aanname C: de Maas is een rechthoekig kanaal. Voor de orde grootte van de uitkomst zal deze aanname de meeste impact hebben, al zal de uitkomst nog steeds het juiste gevoel van het effect van de ingreep geven.

Wat voor implicaties hebben deze aannames? In aanname B staat dat de stroming stationair mag worden verondersteld, hetgeen betekent dat de afvoer volgens de wet van behoud van massa in longitudinale richting geen verandering kent, ofwel $\frac{d(uA)}{dx} = 0$ en dus $uA = \text{afvoer} = \text{constant}$. Verder volgt uit aanname C dat $A = Wh$ en daarmee $R_h = h$. Dan wordt vergelijking (5)

$$u \frac{du}{dx} = -g \frac{dh}{dx} + g i_b - \frac{g}{C^2} \frac{u^2}{h}$$

Er geldt dus voor de afvoer Q dat $Q = uWh$ (in m^3/s). Voor veel situaties is het prima om 1-dimensionaal te kijken, langs de stroomrichting. Daarbij worden laterale stromingen buiten beschouwing gelaten. Een bekende software-tool voor dit soort analyses is SOBEK, die ook door veel van de betrokken partijen gebruikt wordt. In een later stadium wordt, indien nodig, de meer specifieke analyse gedaan in een 2-D (soms zelfs 3-D) omgeving gedaan met WAQUA-software.

Omdat we nu alleen in de stroomrichting kijken kunnen we de afvoer per breedte-eenheid q definiëren $q = uh$. Uit [40] (p.2-2) volgt dan de zgn. Bélanger vergelijking:

$$\frac{dh}{dx} = i_b \left[\frac{h^3 - h_e^3}{h^3 - h_c^3} \right] \quad (6)$$

Hierbij zijn de kritische diepte h_c en de evenwichtsdiepte h_e gegeven door:

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad h_e = \left(\frac{q^2}{C^2 i_b} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

Omdat h veel groter is dan h_c kunnen we de vergelijking (6) vereenvoudigen tot

$$\frac{dh}{dx} = i_b \left[1 - \frac{h_e^3}{h^3} \right] \quad (8)$$

De oplossing van deze differentiaalvergelijking is

$$h = h_e + (h_0 - h_e) \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{x-x_0}{L_{1/2}}} \quad (9)$$

met $L_{1/2}$ de zgn. halflengte:

$$L_{1/2} = \frac{0.24 h_e}{i_b} \left(\frac{h_0}{h_e} \right)^{4/3} \quad (10)$$

De formules (7), (9) en (10) zijn voldoende om, onder de aannames A, B en C, de uitkomsten van de diverse scenario's te bepalen. Om met het model te kunnen rekenen zijn naast de keuzevariabelen nog andere gegevens nodig, die zijn aangegeven in Tabel 16:

Parameters	Betekenis	Waarde	Bron
i_b	Het 'verhang': dat geeft aan hoeveel verval er is in hoogte van de rivier over een bepaalde afstand	15 cm/km	[41], p.16; [42], p.31
W	Breedte van de rivier	135 m	AHN-view ³⁴
C	Een getal dat aangeeft hoe ruw de bodem is, de zgn. Chézy-coëfficiënt	40 [m ^{1/2} /s]	[41], p.18
Q	De afvoer waarmee de scenario's doorgerekend moeten worden	3893 m ³ /s	[7], p.93

TABEL 16: GEGEVEN PARAMETERS VAN HET MODEL

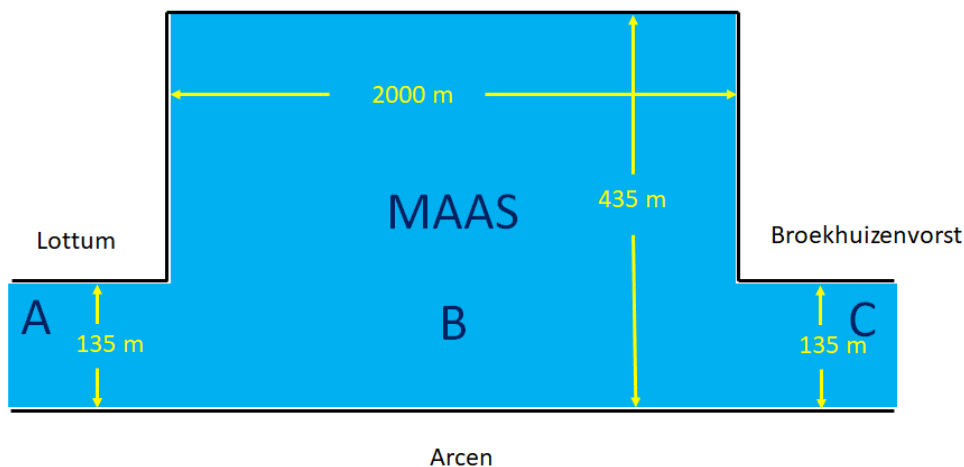
De parameter i_b uit Tabel 16 is 15 cm/km genomen. Op het stuk van de Maas tussen Roermond en Kessel (Roerdalslenkmaas) is het 23.3 cm/km en van Megen tot Lith (veel verder stroomafwaarts) is het 7.5 cm/km. Arcen ligt ertussenin en daarom is 15 cm gekozen. Ondanks dat in de bron gerefereerd wordt aan lang geleden, staat in de tweede bron dat in 1992 de situatie in de Grensmaas in elk geval niet veel veranderd is. In feite komt het erop neer dat van Eijsden tot Roermond is het relatief steil, vanaf Roermond tot puntje Noord-Limburg ongeveer half zo steil, en daarna vlakt het flink af.

Voorbeeld van een scenarioberekening:

- Lengte verbreding: 2000 meter
- Verbreding: 300 meter
- Diepte: 5 meter

Dan is stroomafwaarts (waar de verbreding ophoudt) de breedte zoals ie nu ook is: 135 meter (stuk C). Dan aan de overkant van Arcen over een lengte van 2000 meter een verbreding van 300 meter (stuk B), en verder stroomopwaarts vanaf Lottum richting Venlo de huidige breedte van 135 meter (stuk A).

Benodigde dijkhoogte in Arcen | 4/2/2018



FIGUUR 15: VEREENVOUDIGDE WEERGAVE VAN DE SITUATIE UIT HET VOORBEELD.

Dan is de afvoer per breedte-eenheid q op de stukken A, B en C:

$$q_A = q_C = \frac{Q}{135} = \frac{3893}{135} = 28.84 \text{ m}^2/\text{s}, \quad q_B = \frac{Q}{435} = \frac{3893}{435} = 8.95 \text{ m}^2/\text{s}$$

De berekening werkt nu tegenstrooms. We bekijken het deel beginnend in Broekhuizenvorst en terug naar Lottum. Uit q_c en q_b volgen de kritische en de evenwichtsdiepte h_c van onverbrede en verbrede deel:

$$h_{eC} = \left(\frac{q_C^2}{C^2 i_b} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{28.84^2}{40^2 * 1.5 * 10^{-4}} \right)^{\frac{1}{3}} \approx 15.13 \text{ m},$$

$$h_{eB} = \left(\frac{q_B^2}{C^2 i_b} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{8.95^2}{40^2 * 1.5 * 10^{-4}} \right)^{\frac{1}{3}} \approx 6.93 \text{ m}$$

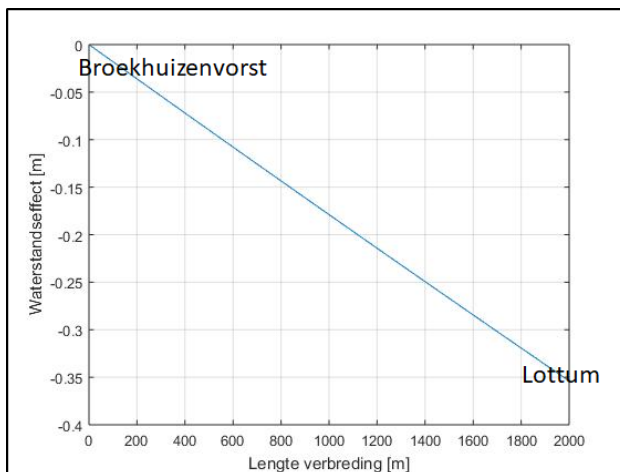
De bijbehorende halflengte $L_{1/2}$ is dan:

$$L_{1/2} = \frac{0.24 h_{eB}}{i_b} \left(\frac{h_{eC}}{h_{eB}} \right)^{4/3} = \frac{0.24 * 6.93}{0.00015} \left(\frac{15.13}{6.93} \right)^{4/3} \approx 31404 \text{ m}$$

Nu is alles klaar om ingevuld te worden in de vergelijking

$$h = h_e + (h_0 - h_e) \left(\frac{1}{2} \right)^{-\frac{x-x_0}{L_{1/2}}} = h_{eC} + (h_{eC} - h_{eB}) \left(\frac{1}{2} \right)^{-\frac{x}{L_{1/2}}}$$

Hierbij is $x_0=0$ genomen bij Broekhuizenvorst en x is de afstand van Broekhuizen terug stroomopwaarts. De grafiek hieronder schetst het waterstandverlagend effect, dat uiteindelijk als laagste punt 35 cm onder de referentiestand komt, waar zonder verbreding de waterstand zou zijn.



FIGUUR 16: WATERSTANDVERLAGEND EFFECT VAN VERBREIDING MAAS OVER LENGTE VAN 2000 M EN BREEDTE VAN 300 M

De gevoeligheid voor de Chézy-coëfficiënt is erg klein. Een factor 2 omhoog of omlaag zal rond de 2-3 cm schelen. Voor het verhang daarentegen is de uitkomst uiterst gevoelig, hetgeen logisch is, omdat de helling de drijvende kracht direct beïnvloedt. Een factor 2 scheelt zo een paar decimeter. Meestal wordt door het Waterschap een waarde van rond de 10 cm/km als verhang gehanteerd. In dat geval zou in het voorbeeld het waterstandverlagend effect 24 cm bedragen.

De resultaten van de andere scenario's zijn te vinden in paragraaf 6.2.1.

Merk op dat er bij een verbreding een licht waterstandverhoged effect is stroomafwaarts. Dat blijkt niet uit het vereenvoudigde model. Het gaat echter om een paar cm en wordt hier verder niet beschouwd.

Wanneer een afgraving aan de overkant serieus wordt bekeken is dus een deskundige modellering nodig in WAQUA, maar de indicatie, dat het decimeters verschil maakt, staat.

Bijlage E Huidige dijkhoogten

De dijkhoogten per plaats zijn afgeleid in februari 2018 van de website met de leggerkaarten

<https://www.waterschaplimburg.nl/uwbuurt/kaarten-meetgegevens/leggerkaart-noord/>

De rivierkm zijn gehaald uit [37]

Dijkringnr	Plaatsnaam	min	max	rivkm
54	Mook	12.42	12.42	166
54	Middelaar	13.15	13.53	160
54	Milsbeek	13.70	14.41	158
54	Ottersum	13.79	14.91	156
55	Gennep	13.79	13.98	155
55	autoweg Gennep	14.31	14.71	
55	Heijen	14.06	16.73	
55	Hoofdstr Heijen	14.27	14.37	
56	Hengeland	14.01	14.01	146
57	Nieuw Bergen	14.67	14.67	
57	Heukelom	14.34	14.34	143
59	Aijen-Bergen	14.9	14.9	139
60	De Kamp	15.09	15.09	
60	Kapelhof	15.09	15.09	
60	Well	15.19	15.58	132
61	Geijsteren	15.19	15.19	
62	Haven Wanssum (rechts)	15.45	15.45	
62	Haven Wanssum (links)	15.45	15.45	
62	Molenbeek (rechteroever)	15.45	15.45	
62	Molenbeek (linkeroever)	15.45	15.45	
62	Peschweide	15.58	15.58	
63/64	Blitterswijck	15.81	15.95	129
63/64	Ooijen	16.35	16.35	125
63/64	Broekhuizenvorst	16.48	16.73	123
65	Arcen	16.89	17.03	121
65a	Broekhuizen	16.75	16.75	122
66	Lottum	17.12	17.12	119
67	Grubbenvorst	17.77	17.85	114
68 noord	Voort	17.5	17.5	
68 noord	Velden	17.82	18.02	113
68	Genooy	18.14	18.37	
68	Venlo centrum	19.19	19.2	
68	Venlo-zuid	19.35	19.62	108
68	Tegelen	19.55	20.02	104
68	Steijl	19.06	20.98	
69	Ankerkade	18.22	18.22	
69	Groot Boller	19.19	19.39	
69	Blerick	19.19	19.54	107
70	Hout-Blerick	18.86	18.93	105
70	Baarlo	18.93	19.28	102
71	Belfeld	19.28	19.39	101
72	Kruisberg	19.93	19.93	
73	Huibeeek	20.1	20.1	
73	Ouddorp	20.14	20.18	
74	Neer	20.4	20.4	90
75	Buggenum	20.58	20.61	86

Bijlage F Overzicht Maaswerken

Een overzicht van alle Maaswerken is te vinden in [43] en een gedeelte daarvan is hieronder te zien in Figuur 17. De hele kaart is ook te vinden op:

https://docs.wixstatic.com/ugd/b10714_eb6f4302cb1c44b7a33bbc02ff975724.pdf



FIGUUR 17: OVERZICHT VAN MAASWERKEN