

T.k.

733-509.

**SAMENVATTING AANVULLENDE
BEREKENINGEN
TN/MER ZANDMAAS/MAASROUTE**

datum: 1 december 1999
doc.nr. : DLB 99/28846

INHOUDSOPGAVE

	Pagina
1. AANLEIDING	1
2. DOEL	1
3. WATERAFVOER EN HOOGWATERBESCHERMING LANGS DE MAAS	2
3.1 Situatie in 1995	2
3.2 Situatie in 1999	3
3.3 Beoogde hoogwaterbescherming in 2015	3
4. NIEUWE UITGANGSPUNTEN EN INZICHTEN	4
4.1 Betere informatie over volumes aan- en afvoer van water	4
4.2 Betere modellering van de Maas mogelijk	6
5. GEVOLGEN VAN EEN BETER BEELD VAN DE RIVIER	7
5.1 In de huidige situatie	7
5.2 Na rivierverruiming	9
6. BEOORDELING VAN DE ALTERNATIEVEN IN DE TRAJECTNOTA	13
7. HOE BETROUWBAAR ZIJN DE BEREKENINGEN?	13
8. SAMENVATTENDE RESULTATEN BEREKENINGEN	15

1. AANLEIDING

Projectorganisatie De Maaswerken heeft begin 1999 de Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute ter visie gelegd. In deze Trajectnota zijn vier alternatieven beschreven om het beschermingsniveau voor de bewoners achter de kaden langs de onbedijkte Maas op 1:250 per jaar te brengen. Het ontwerp van deze alternatieven was gebaseerd op modelberekeningen, aan de hand waarvan de waterstanden van de Maas bij verschillende afvoeren konden worden voorspeld.

In haar toetsingsadvies heeft de onafhankelijke Commissie voor de milieueffectrapportage (m.e.r.) geadviseerd nieuwe waterstandsberekeningen uit te voeren. Aanleiding voor dit advies waren de uitkomsten van door de Maaswerken uitgevoerde controles op haar eigen berekeningen. Deze uitkomsten weken af van de bovengenoemde modelberekeningen. De commissie vond het tegen deze achtergrond van belang de onzekerheidsmarge in de modelvoorspellingen te beperken door uit te gaan van berekeningen met meer dan één model. Ze heeft verder aangegeven, dat ze de uitkomsten van deze berekeningen als essentiële informatie beschouwt voor de standpuntbepaling. Daarom zal zij graag na de openbaarmaking van de uitkomsten van de berekeningen en de conclusies daaruit een aanvulling op het toetsingsadvies uitbrengen.

Tegelijkertijd vormden nieuwe inzichten bij Rijkswaterstaat over de hoogte en vorm van grotere afvoergolven aanleiding om de hydraulische randvoorwaarden, die bij de modelberekeningen zijn gehanteerd, kritisch te bezien. Het bleek namelijk, dat op grond van deze nieuwe inzichten in relaties tussen waterstanden en hoge rivierafvoeren twijfel kon ontstaan aan de beschermingsniveaus van de kaden in de huidige situatie én de beschermingsniveaus die na uitvoering van de Maaswerken bereikt zullen worden. Om hierover duidelijkheid te krijgen zijn in de nieuwe berekeningen ook andere uitgangspunten opgenomen voor maatgevende afvoeren.

Deze samenvatting is vooral gericht op de situatie in de Zandmaas. Ook voor de Grensmaas en de Maas bij Maasbracht zijn nieuwe berekeningen gemaakt. De resultaten hiervan worden in dit document alleen zeer beknopt belicht.

2. DOEL

2.1 Informeren over nieuwe waterstandsberekeningen

Verhoging van het beschermingsniveau tegen hoge afvoeren is een van de belangrijkste doelen van De Maaswerken. In de projectopdracht voor De Maaswerken (de projecten Grensmaas en Zandmaas) is dit gespecificeerd als het realiseren van een beschermingsniveau van 1:250 achter de kaden. Het bereiken van dit beschermingsniveau vormt ook het uitgangspunt van de Trajectnota/MER Zandmaas/Maasroute. Voordat er een beslissing wordt genomen moet duidelijk zijn of ook met de nieuwste inzichten het beschermingsniveau van 1/250 achter de kade daadwerkelijk gehaald zal worden met het uitvoeren van de maatregelen die in de Trajectnota/MER worden beschreven.

De Maaswerken heeft daarom deze zomer nieuwe en nauwkeurigere modelberekeningen uitgevoerd, waarbij ook de nieuwe maatgevende hoogwatergolven voor de verschillende beschermingsniveaus zijn meegenomen. De resultaten van deze berekeningen worden beknopt beschreven in dit document. Deze resultaten vormen belangrijke basisinformatie voor de keuze die de Staatsecretaris van Verkeer en Waterstaat in overeenstemming met de Minister van VROM zal maken ten aanzien van welk alternatief uit de Trajectnota/MER verder zal worden uitgewerkt tot een Ontwerp Tracé Besluit.

3. WATERAFVOER EN HOOGWATERBESCHERMING LANGS DE MAAS

3.1 Situatie in 1995

Het hoogwater van 1993 was het eerste heel hoge hoogwater na 1926 en werd op grote schaal als tamelijk onverwacht ervaren, hoewel bekend was dat een dergelijk hoogwater tot de reële mogelijkheden behoort. Dit hoogwater had een kans van voorkomen van gemiddeld eens in de 125 jaar. De hoge waterstanden leidden tot veel schade in Limburg, en dat gold ook voor het hoogwater van 1995. Een eerder hoogwater (in 1984) leverde maar weinig (50-100 cm) lagere waterstanden op dan het hoogwater van 1995, maar ging zonder aanmerkelijke schade betrekkelijk geruisloos voorbij.

Het hoge water van 1993 was voor de regering aanleiding, een onderzoekscommissie in te stellen. Deze Commissie Watersnood Maas ('Boertien 2') heeft een drietal strategieën uitgewerkt om wateroverlast door hoogwaterstanden op de Maas in de toekomst te voorkomen. De regering heeft in het Deltaplan Grote Rivieren een van de strategieën uit het advies (strategie 2B, zomerbedverdieping, aanleg van kaden en beperkte natuurontwikkeling) overgenomen teneinde een snelle verhoging van het beschermingsniveau te realiseren. Op de meest schadegevoelige plaatsen langs de Maas zijn tussen 1995 en 1997 versneld kaden aangelegd.

Parallel daaraan is in 1995 het Project Zandmaas gestart om het tweede deel van de aanbevelingen van de Commissie Boertien (de rivierverruiming) te realiseren.

Bij de planontwikkeling voor zowel de aanleg van de kaden als voor de rivierverruiming was betrekkelijk weinig materiaal beschikbaar waarop de maatregelen konden worden ontworpen. Over het gedrag van de rivier bij hoge afvoeren bestond tot en met 1995 immers maar beperkte statistische informatie over afvoeren en waterstanden, namelijk alleen van de bekende hoogwaters van deze eeuw (1926, 1984, 1993 en 1995). Een statistische analyse van alle waterstanden inclusief die van 1993 en 1995 en van de relaties tussen rivierafvoer en waterstanden was toen namelijk nog niet beschikbaar. Toen in 1995 in het kader van de vijfjaarlijkse herziening van maatgevende hoogwaterstanden de nieuwe maatgevende afvoergolf voor de periode 1996-2001 moest worden vastgesteld, konden dus de resultaten van een uitgebreide statische analyse nog niet gebruikt en moest volstaan worden met veel beperktere informatie van de hoogwaters zelf.

De toen best beschikbare inzichten zijn gebruikt voor de aanleg van kaden, en de startnotitie en het ontwerp van de rivierverruiming in het Zandmaasproject. Onderdeel van deze inzichten was ook het gebruik van een rekenmodel om waterstanden te voorspellen (ZWENDL), dat met hulp van in toen beschikbare informatie operationeel was te maken. Doordat deze informatie en ook de modelprogrammatuur beperkt was, is het rekenmodel voor een deel gebaseerd op parameters die op ervaring waren gestoeld. Waterstandsveranderingen binnen het bereik van eerder in de Maas gemeten waterstanden konden daardoor goed met dit model worden voorspeld. Het rekenmodel werd echter minder nauwkeurig buiten dit bekende bereik. Het rekenmodel ZWENDL heeft ook beperkte mogelijkheden voor het redelijk nauwkeurig invoeren van veranderingen in de geometrie van het winterbed zoals kaden, hoogwatergeulen en weerdverlagingen.

4. NIEUWE UITGANGSPUNTEN EN INZICHTEN

4.1 Betere informatie over volumes aan - en afvoer van water

Het gedrag van de Maas binnen het plangebied van De Maaswerken (tussen Eijsden en Lith) is voor een belangrijk deel te verklaren uit invloeden 'van buiten'. Een van de meest belangrijke invloeden is de hoeveelheid water die vanuit het bovenstroomse deel van het stroomgebied ons land binnenkomt. Daarnaast hebben ook de afvoer van zijrivieren en de waterstanden benedenstrooms invloed op het gedrag van de Maas. Juist in (statistisch gezien weinig voorkomende) omstandigheden met hoge afvoeren, waarbij het beschermingsniveau in het geding is, is het moeilijk om betrouwbare uitspraken over deze randvoorwaarden te doen. Wanneer inzichten in deze randvoorwaarden veranderen, zoals de afgelopen jaren is gebeurd, werkt dat door in ons beeld van het gedrag van de Maas.

Een nieuwe maatgevende hoogwatergolf

Metingen van waterpeilen en berekening van corresponderende afvoeren bij Borgharen tijdens de hoogwaters van 1993 en 1995 leverden lagere topafvoeren op, dan bij die betreffende waterpeilen werd verwacht. Bovendien bleek dat de topafvoer bij het hoogwater van 1995 sneller werd bereikt en langer aanhield dan verwacht. Deze beide inzichten hebben geleid tot het hanteren van een nieuwe maatgevende hoogwatergolf in de modelberekeningen. Bij deze nieuwere golf wordt weliswaar op het moment van topafvoer minder water afgevoerd in vergelijking met de tot nu toe gehanteerde maatgevende golf, maar de totale hoeveelheid water die tijdens de hele hoogwaterperiode naar zee moet worden afgevoerd is aanzienlijk groter. Hierdoor treden per saldo toch hogere rivierwaterstanden op.

Figuur 1 geeft een vergelijking van de waterafvoer, zoals die werd gehanteerd in de TN/MER en zoals daar nu eind 1999 tegenaan wordt gekeken. Het is duidelijk dat met name in de aanloop naar de top gedurende meer dan vier dagen veel meer water (500 à 1000 m³/s!) wordt aangevoerd, dan op de top tijdelijk ietsje minder, maar vervolgens tijdens de daling ook nog weer veel meer water naar zee moet stromen.

Omdat nog onvoldoende duidelijk is wat de mogelijke effecten van klimaatsveranderingen op maatgevende afvoeren precies zullen zijn, zijn deze nog niet meegenomen in de nieuwe maatgevende afvoergolf. Deze effecten worden wel bestudeerd in projecten die meer op de lange termijn gericht zijn, zoals het project Integrale Verkenning Maas.

Volgens de Wet op de Waterkering dienen de maatgevende hoogwaterstanden eens in de vijf jaar te worden vastgesteld. Voor de Maas is dit voor het laatst in 1996 gebeurd. De nieuwe vaststelling in 2001 staat dus nu voor de deur, ongeveer gelijktijdig met de start van de uitvoering van de rivierverruiming. Om te voorkomen, dat de Maas straks op basis van (nu vigerende, maar in de toekomst) verouderde uitgangspunten wordt verruimd, is de herberekening van de waterstandsverlagende effecten van de rivierverruiming ook benut om de gevolgen van een hogere maatgevende afvoer op het beschermingsniveau in beeld te brengen.

ander model
nieuwe maatgevende hoogwater-golf
hier - hoogwaterstanden 2001

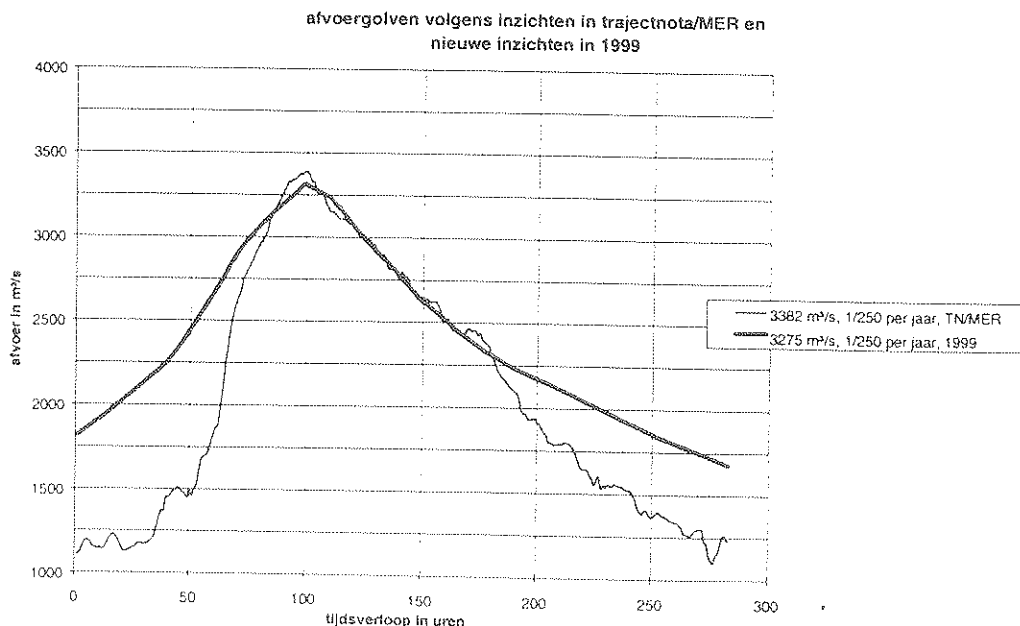
Maatgevende rivierwaterafvoer

Om dijkhoogtes en kadehoogtes met een bepaald beschermingsniveau te kunnen vaststellen moet bekend zijn welke waterstanden er op de rivier zouden kunnen optreden. Om precies te zijn: welke kans de Maas een bepaalde hoeveelheid water afvoert naar zee. De zekerheid die hierover voor de toekomst daarover verkregen kan worden is groter naarmate er meer gegevens uit het verleden bekend zijn. Momenteel zijn over ongeveer 100 jaar aan betrouwbare metingen beschikbaar. Hiermee kunnen voor de komende 50 jaar relatief goede voorspellingen gedaan worden. Doordat er deze eeuw toch betrekkelijk weinig hoge waterafvoeren op de Maas voorkwamen, hadden de hoogwaters van 1993 en 1995 een sterke invloed op de statistiek en daarmee op de verwachtingen voor de toekomst. Sinds 1995 heeft Rijkswaterstaat nog extra onderzoek verricht naar hoge rivierwaterafvoer. De conclusie is nu in 1999 dat de topafvoer weliswaar niet zo hoog ligt als verwacht, maar dat de Maas binnen een bepaalde periode wel veel meer water naar zee moet afvoeren.

De TN/MER Zandmaas/Maasroute ging voor de rivierverruiming nog uit van een topafvoer van 3382 m³/s en een totale hoeveelheid water van 1,25 miljard m³ in een bepaalde periode dat de rivierwaterafvoer groter is dan 2150 m³/s. Deze afvoer zou gemiddeld voorkomen met een kans van 1/250 per jaar, ofwel in beter te vatten eenheden met een kans van 27% in een periode van 80 jaar. Nu denken wij na verder onderzoek beter te weten en denken wij dat de Maas dan in dezelfde tijd 35% meer water moet afvoeren (1,7 miljard m³), hoewel de maximale afvoer op een bepaald moment in die periode kleiner is: 3275 m³/s.

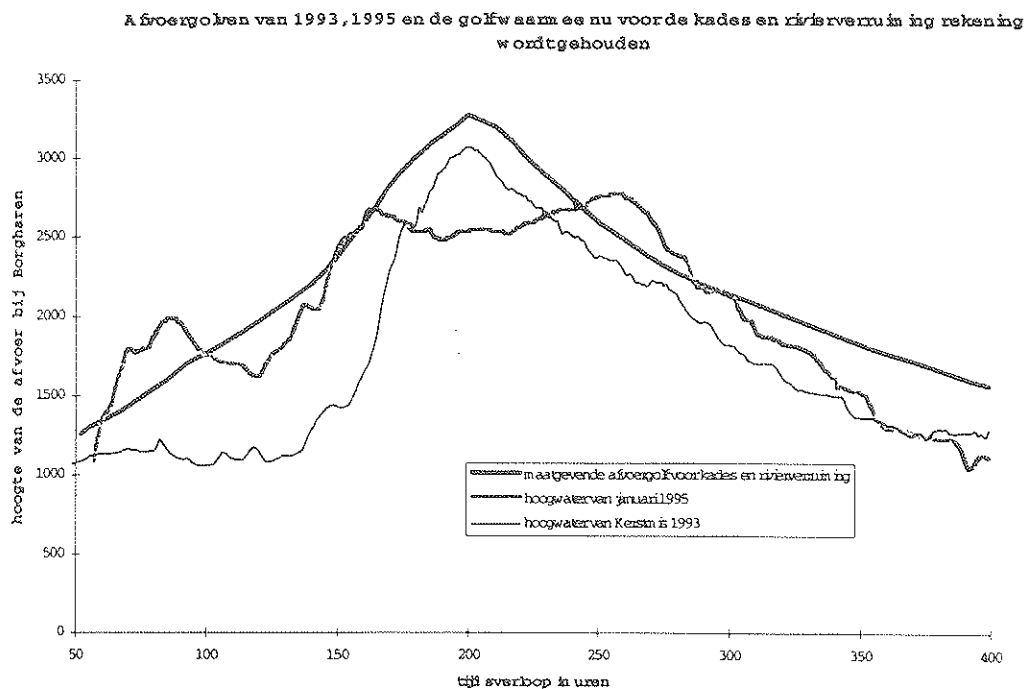
Hoewel de topafvoer dus kleiner is, wordt nu, in tegenstelling tot de TN/MER-fase gerekend met een 35 à 40% hogere rivierwaterafvoer. Dit heeft tot gevolg dat hogere waterstanden vaker verwacht worden.

kans op hoogwater (in kans per jaar)	topafvoer TN/MER (in m ³ /s)	topafvoer nu (in m ³ /s)	af te voeren volume TN/MER (in miljoen m ³) ¹	af te voeren volume nu (in miljoen m ³)
1/50	2774	2710	670	860
1/250	3382	3275	1250	1700
1/1250	3935	3800	2500	2700



Figuur 1: Afvoergolf uit Trajectnota/MER en nieuwe afvoergolf (1999)

¹ Boven een afvoer van 2150 m³/sec, de rivierwaterafvoer waarbij nog net geen schade optreedt



Figuur 2: De nieuwe maatgevende afvoergolf (1999) en de afvoergolven van 1993 en 1995.

4.2 Betere modellering van de Maas mogelijk

Onderbouwing van de voorstellen voor rivierverruiming in de Trajectnota/MER is gebeurd aan de hand van hydraulische berekeningen met het 1-dimensionale rekenmodel ZWENDL. Een 1-dimensionaal rekenmodel berekent de waterbeweging langs een lijn (in dit geval het lengteprofiel van de Maas). Dit rekenmodel was ook door de Commissie Watersnood Maas (Boertien 2) gebruikt. Bij de start van de planvorming voor de Trajectnota/MER was de beschikbare basisinformatie van het Maasdal voor invoer in een rekenmodel relatief beperkt. ZWENDL was daardoor toen het enige operationeel te maken hydraulische rekenmodel voor de Zandmaas. Nauwkeuriger rekenmodellen waren destijds wel beschikbaar, maar konden niet worden gebruikt vanwege het ontbreken van voldoende invoergegevens en praktische beperkingen zoals capaciteiten van computers en het ontbreken van geschikte programmatuur voor het snel maken van de invoer voor de modellen.

Pas tijdens de fase van afronding van de Trajectnota/MER en de inspraak is nieuwe informatie beschikbaar gekomen, waardoor berekeningen met een gedetailleerder model mogelijk werd. Mede op basis van het advies van de Commissie m.e.r. heeft de Staatssecretaris daarom besloten om een 2-dimensionaal rekenmodel (WAQUA) te maken van de gehele Maas. Een 2-dimensionaal hydraulisch rekenmodel berekent de waterbeweging in een vlak in plaats van langs een lijn, zoals een 1-dimensionaal doet (bijvoorbeeld ZWENDL). Met WAQUA kunnen ook de kenmerken van het dwarsprofiel in zomer- en winterbed in de berekeningen worden meegenomen. Daarmee ontstaat een gedetailleerder, meer met de werkelijkheid overeenkomend beeld van de verwachte waterbeweging na uitvoering van rivierverruiming. De 2-dimensionale schematisatie maakt het bovendien voor het eerst mogelijk om de kaden betrouwbaarder in een rekenmodel onder te brengen. Hierdoor kan niet alleen nauwkeuriger worden berekend wat de effecten zijn wanneer de gebieden achter de kaden droog blijven, maar ook wat er gebeurt als de kaden bij heel hoge afvoeren (groter dan 1:250 afvoergolf) overstromen en de gebieden achter de kaden vollopen. Door een gedetailleerd model van de gehele Maas te ontwikkelen kunnen ook de integrale effecten van het Grensmaas- en het Zandmaasproject berekend worden.

Evenals eerder met ZWENDL is gebeurd, zijn ook met WAQUA de waterstandsvoorspellingen met de nieuwe kaden en de waterstandsverlagende effecten van de vier alternatieven uit de Trajectnota/MER berekend. Bij deze nieuwe berekeningen zijn zoals hiervoor gesteld andere randvoorwaarden gehanteerd. Bovendien konden deze berekeningen met WAQUA zoals gezegd op basis van een nauwkeuriger schematisatie van het Maasdal worden uitgevoerd. De nieuwe berekeningen met WAQUA kunnen daardoor niet zonder meer worden beschouwd als een controle op de uitkomsten van de berekeningen met ZWENDL. In het navolgende zal globaal worden aangegeven, welk deel van verschillen in uitkomsten kan worden verklaard uit het gebruiken van andere randvoorwaarden en welk deel van de verschillen is terug te voeren op een meer gedetailleerde schematisatie.

5. GEVOLGEN VAN EEN BETER BEELD VAN DE RIVIER

5.1 In de huidige situatie

Beschermingsniveau achter de kaden

Uit de berekeningen blijkt, dat de WAQUA-berekeningen (afhankelijk van de plaats in het lengteprofiel) ongeveer 20-40 cm hogere waterstanden opleveren dan de vergelijkbare berekeningen met ZWENDL (bij een afvoer met kans op voorkomen van 1:50 per jaar en gebruik van de nieuwe maatgevende 1:50 afvoergolf).

Voor het beschermingsniveau, dat de kaden zonder rivierverruiming bieden, betekent dit het volgende. Bij waterstanden die voorkomen met een kans van 1:50 per jaar zal het water niet, zoals bij het ontwerp verwacht, tot ongeveer 50 cm onder de kruin staan, maar (afhankelijk van de plaats) 20-40 cm hoger. De berekende waterstanden liggen nog wel 20 tot 30 cm onder de bovenkant van de kaden, maar er is dan weinig waakhogte in de kadehoogte meer over. Het beschermingsniveau van de kaden zonder rivierverruiming is daarmee geen 1:50 per jaar, maar lager. Waterstanden waarbij het water tot 50 cm onder de kruin komt te staan (waarbij de waakhogte dus intact blijft) komen op grond van de nieuwe berekeningen voor met een kans in orde van grootte van 1:20 tot 1:30 per jaar. Dat betekent, dat de kans op evacuatie van de gebieden achter de kaden groter is dan in de Trajectnota voorzien: een kans op evacuatie in de komende 10 jaar van 30 à 40%.

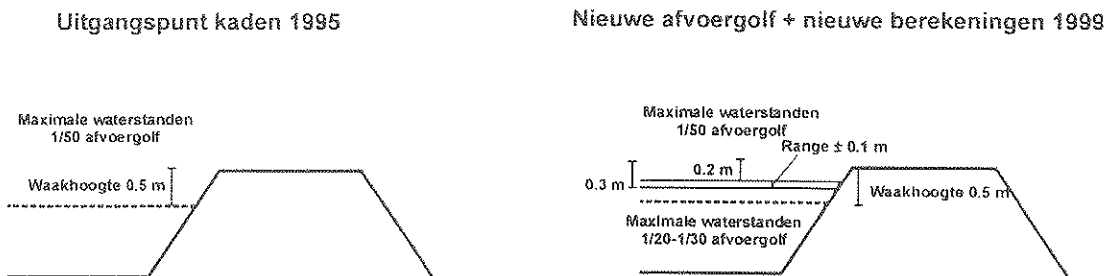
Waakhogte

De zogenaamde waakhogte van kaden en dijken blijkt een belangrijk punt in de discussie over bescherming tegen hoge waterstanden. Bij het ontwerp van de kaden in Limburg is ervan uitgegaan dat de kaden 50 cm hoger moeten zijn dan de waterstand waar men voor de bepaling van het beschermingsniveau rekening mee houdt. Met andere woorden, als de kade 50 cm hoger is dan een waterstand die optreedt met een kans van 1/250 per jaar dan is het beschermingsniveau van de kade 1/250 per jaar. Deze 50 cm waakhogte is in de wereld van rivierdijkenbouw een gevestigde maat voor het opvangen van onzekerheden in de waterstandsvoorspellingen en om tegen te gaan dat door de wind opgewekte golven op grote schaal over de waterkering slaan. Erg belangrijk is ook dat onder dergelijke omstandigheden de kruin redelijk droog en berijdbaar blijft voor inspectie en noodmaatregelen. Kortom, waterbouwers spreken pas met vertrouwen over een beschermingsniveau van bijvoorbeeld 1/250 als de kade of dijk minimaal 50 cm hoger is. Er zijn best situaties denkbaar waarbij juist een grotere overhoogte noodzakelijk is of eventueel kan worden volstaan met een iets kleinere waakhogte. Vaak worden grotere overhoogtes toegepast als wordt aangetoond dat de wind tijdens hoogwater relatief hoge golven kan opwekken die de kade kunnen aantasten. Met een iets kleinere waakhogte kan worden volstaan als de toegankelijkheid van de kade niet lijdt onder nattigheid of als de kade ook aan de landzijde zo sterk is dat grotere hoeveelheden overslaand water zonder schade verdragen kunnen worden. Daarbij moet in acht worden genomen dat er mogelijkheden moeten zijn om het overslaande water af te voeren.

Eerder is aangegeven, waarom de berekeningen met WAQUA andere uitkomsten geven dan de eerder met ZWENDL uitgevoerde berekeningen. In grote lijnen kan met de nu beschikbare informatie worden aangegeven hoeveel centimeter van de 20-40 cm hogere waterstanden door welke factor wordt veroorzaakt:

- het hanteren van een nieuwe maatgevende afvoergolf verklaart ± 10 -20 cm van het berekende verschil in waterstanden (bij afvoeren met een kans van 1:50 per jaar);
- de opstuwende werking van de kaden bij waterafvoeren tot ongeveer 1:50 per jaar verklaart ± 10 cm van het berekende verschil in waterstanden;
- het resterende verschil kan worden verklaard door de meer gedetailleerde modellering van zomer- en winterbed van de Maas in WAQUA in vergelijking met ZWENDL.

De opstuwende werking van de kaden wordt veroorzaakt doordat de gebieden achter de kaden niet meer beschikbaar zijn voor berging en stroming van rivierwater tijdens het passeren van de hoogwatergolf. Deze nieuwe inzichten zijn ontstaan, doordat de kaden nauwkeuriger in het computer model kunnen worden ingevoerd en het rekenmodel daardoor de effecten daarvan nauwkeuriger kan berekenen.



Figuur 3: Waterstanden ten opzichte van de kaden in huidige situatie (dwarsdoorsnede)

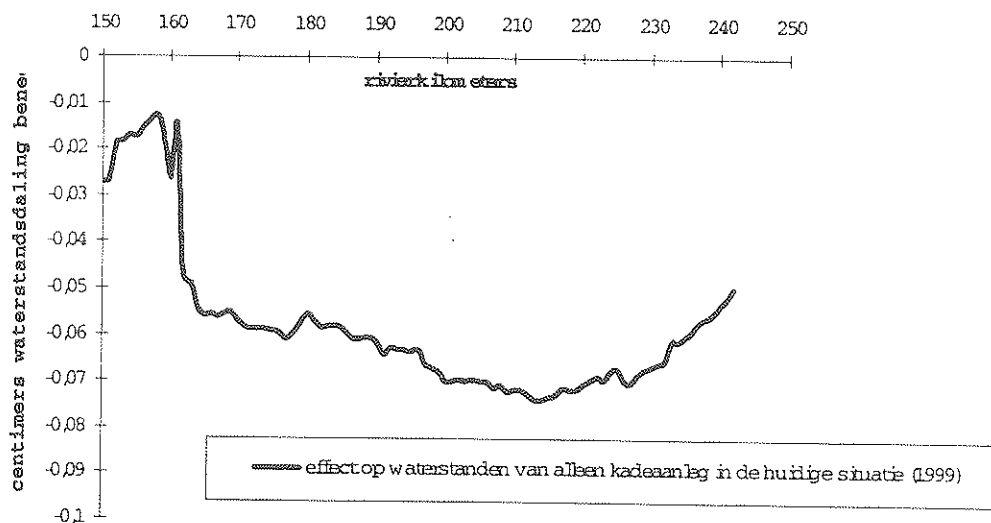
Er zijn ook nieuwe berekeningen uitgevoerd met de huidige situatie en de afvoergolven zoals die in 1993 en 1995 zijn voorgekomen. De resultaten laten zien, dat maximale waterstanden bij deze afvoergolven net beneden de kruin van de kaden blijven. Met enkele aanvullende maatregelen als zandzakken zou het overstromen van de gebieden achter de kaden bij deze afvoergolven voorkomen kunnen worden. Vanwege de hoge waterstanden ten opzichte van de kaden zou wel evacuatie plaats moeten vinden bij deze afvoergolven. Dit is conform de verwachtingen, want afvoergolven van 1993 en 1995 zijn hoger dan de afvoergolf die hoort bij het beschermingsniveau van 1/50.

Maas tussen Eijsden en Maasbracht (o.a. Grensmaas).

Op het gedeelte van de Maas tussen Eijsden en Maasbracht zijn de kaden hoog genoeg om ook bij de nieuwe afvoergolf het beschermingsniveau van 1:50 in de huidige situatie te garanderen

Afvoergolf in bedijkt gebied in 1/1250 situatie

Door de verbeterde schematisatie van het Maasbed en met name het winterbed inclusief de nieuwe gebouwde kaden is een sterk verbeterd inzicht in de afvoer en de daarbij behorende waterstanden in het benedenstroomse deel van de Maas verkregen. De berekeningen geven aan dat de 1:1250 afvoergolf bij het bereiken van de waterstanden gelijk aan de kruinhoogte van de kaden een (sterke) afvlakking vertoont. Dit wordt verklaard doordat op dit niveau de gebieden achter de kaden gaan vollopen. Nadat de gebieden achter de kaden zijn volgestroomd treedt weer een (sterkere) stijging op. De top van de afvoergolf in de huidige situatie met kaden blijft echter daardoor onder die van de afvoergolf zoals die in een 1:1250 situatie zonder kaden zou zijn opgetreden (zie figuur 4).



Figuur 4 Verandering van maximale waterstanden benedenstrooms in 1/1250 situatie als gevolg van aanleg van de kaden

Samenvallen hoogwatergolf op de Maas met hoogwatergolf op de Dommel en de Aa
 Er treedt overigens wel een versnelling van de afvoer op ten gevolge van de insnoering van de rivier door de kaden bij lagere waterstanden. Dit levert mogelijk nog steeds problemen op voor de afvoer van de Dommel en de Aa bij afvoeren met een herhalingsinterval van 1:100 tot 1:50 per jaar.

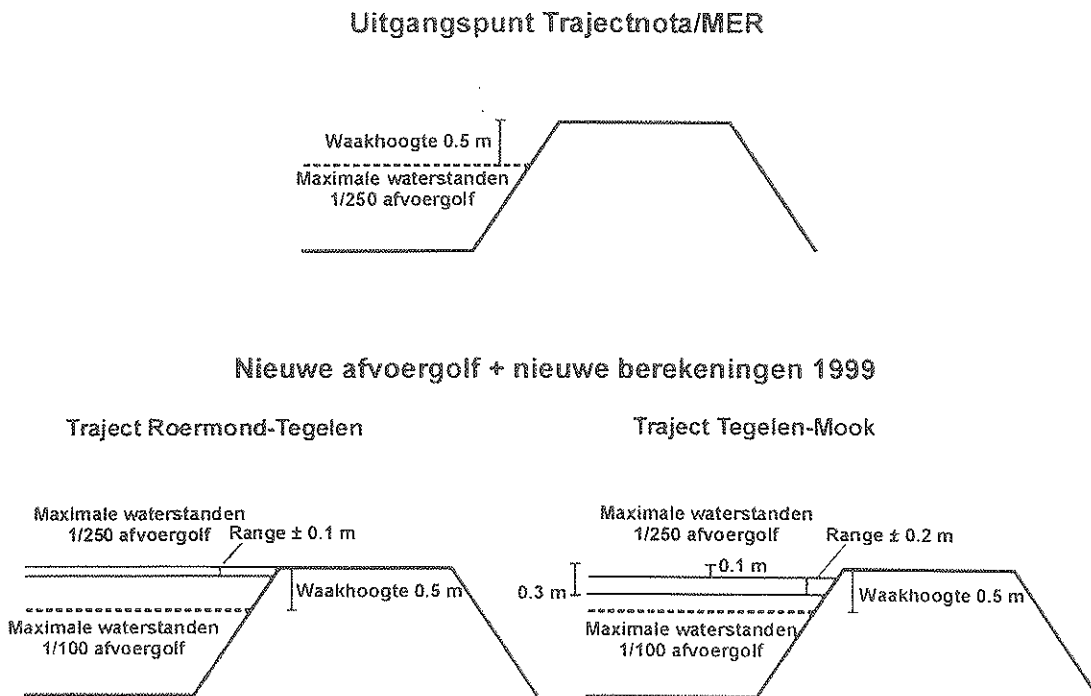
5.2 Na rivierverruiming

Beschermingsniveau achter de kaden

De WAQUA-berekeningen voor alle alternatieven leveren (afhankelijk van de plaats in het lengteprofiel) ongeveer 30-60 cm hogere waterstanden op dan de vergelijkbare berekeningen met ZWENDL (bij een maatgevende afvoer met kans op voorkomen van 1:250 per jaar en gebruik van de nieuwe maatgevende 1:250 afvoergolf).

Voor het beschermingsniveau, dat de kaden na rivierverruiming bieden, betekent dit het volgende. Bij waterstanden die voorkomen met een kans van 1:250 per jaar zal het water niet, zoals bij het ontwerp verwacht, tot ongeveer 50 cm onder de kruin staan, maar over grote lengtes tot aan de kruin van de kade. Er is dan geen waakhoogte in de kade meer over. Het beschermingsniveau van de kaden rekening houdend met een waakhoogte van 50 cm is na rivierverruiming daarmee geen 1:250 per jaar, maar aanzienlijk minder, in de orde van grootte van 1:100 per jaar.

Dat betekent, dat als er weer een rivierwaterafvoer ter grootte van de afvoer in 1993 zou komen, de mensen achter de Limburgse kaden er nog niet zeker van kunnen zijn dat er geen overstroming plaats vindt, hoewel de kans dan klein is dat de bekade gebieden daadwerkelijk zullen overstromen. In elk geval zal de kans op evacuatie van de bekade gebieden groter zijn, dan in de Trajectnota is aangegeven. Verwacht wordt nu, dat de kans op evacuatie van iemand die een leven lang (80 jaar) achter de kade woont na rivierverruiming ongeveer 55% is. In de Trajectnota werd deze kans op evacuatie ingeschat op 27 %.



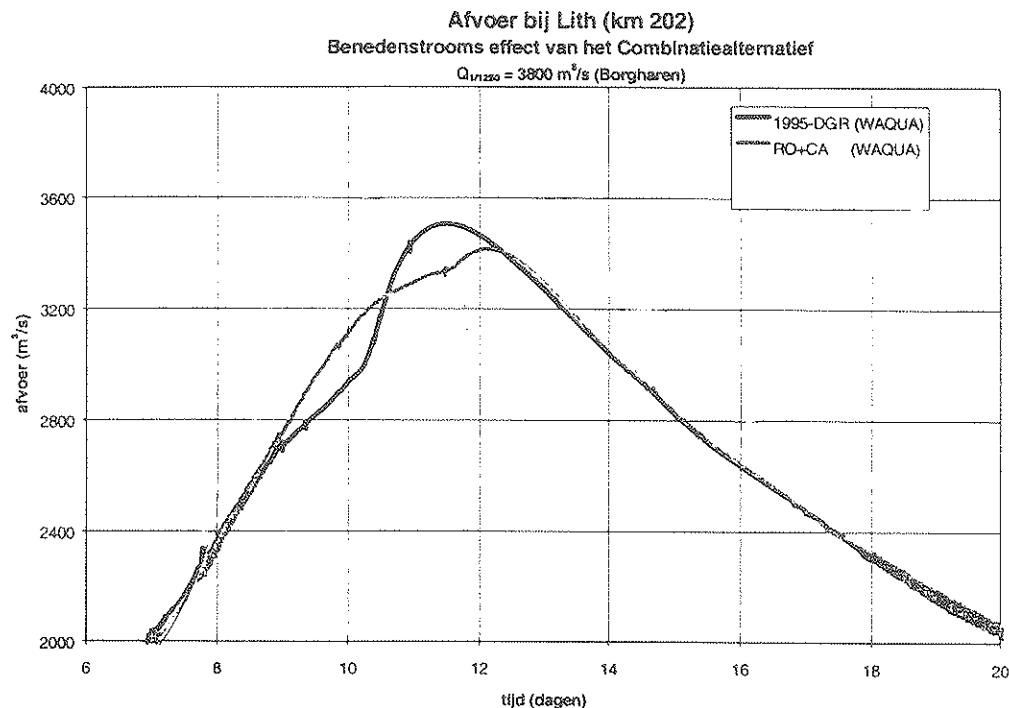
Figuur 5: Waterstanden ten opzichte van de kaden in situatie na realisatie Maaswerken (dwarsdoorsnede)

In grote lijnen kunnen we met de nu beschikbare informatie aangeven hoeveel centimeter van de 30-60 cm hogere waterstanden door welke factor wordt veroorzaakt:

- het hanteren van een nieuwe maatgevende hoogwatergolf verklaart 15-25 cm van het berekende verschil in waterstanden (bij afvoeren met een kans van 1:250 per jaar);
- de opstuwende werking van de kaden bij waterafvoeren tot ongeveer 1:250 per jaar verklaart tenminste 10-15 cm van het berekende verschil in waterstanden;
- het resterende verschil kan worden verklaard door de meer gedetailleerde modellering van zomer- en winterbed van de Maas in WAQUA in vergelijking met ZWENDL;

Maas tussen Eijsden en Maasbracht (o.a. Grensmaas).

Op het gedeelte van de Maas tussen Eijsden en Maasbracht zijn na uitvoering van rivierverruiming (Grensmaas-project) ook bij de nieuwe afvoergolf en nieuwe berekeningen de kaden hoog genoeg om het beschermingsniveau van 1/250 achter de kaden te halen met uitzondering van de kaden van Illikhoven tot Ophoven. Hier ligt de berekende waterstand variërend tussen 0,3 m onder de kaden tot ruim een decimeter boven de kaden. Dit zijn geen nieuwe resultaten, want in de MER Grensmaas was reeds aangegeven, dat bij Roosteren aanvullende maatregelen (b.v. in de vorm van kadeverhoging noodzakelijk zijn). Bij Heugem (Maastricht) is plaatselijk de waakhoogte gereduceerd tot 0,2 – 0,3 m.

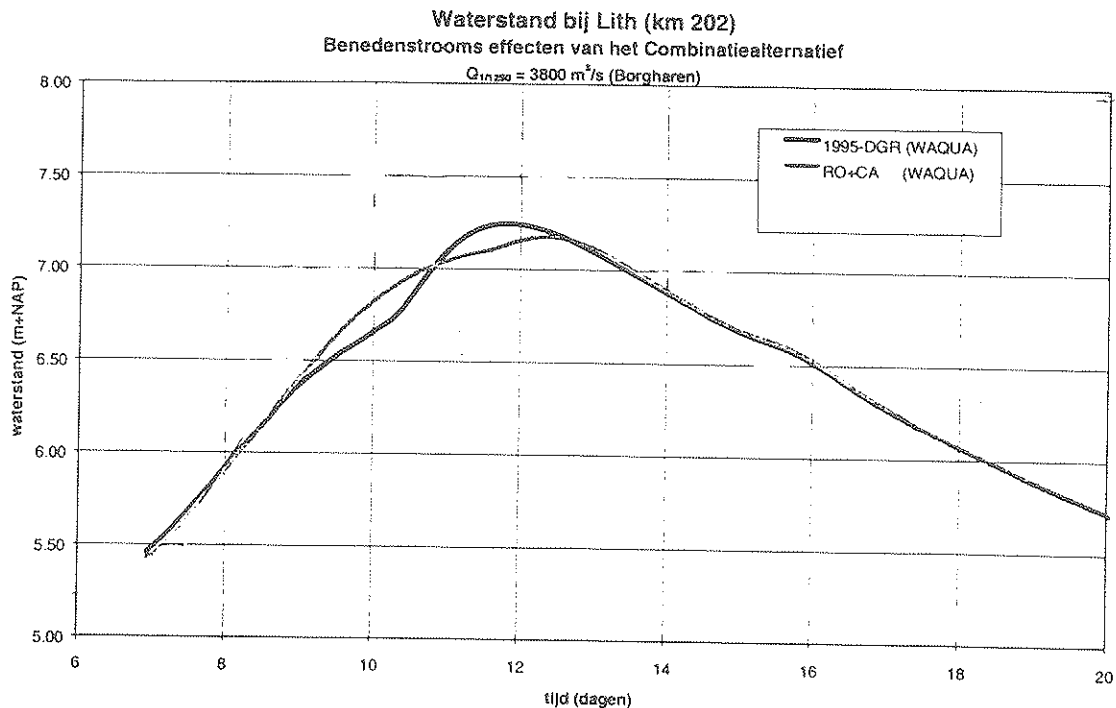


Figuur 6: Verloop van rivierafvoer bij Lith tijdens passeren van 1/1250 afvoergolf: voor aanleg kaden, na aanleg kaden en na realisatie Maaswerken

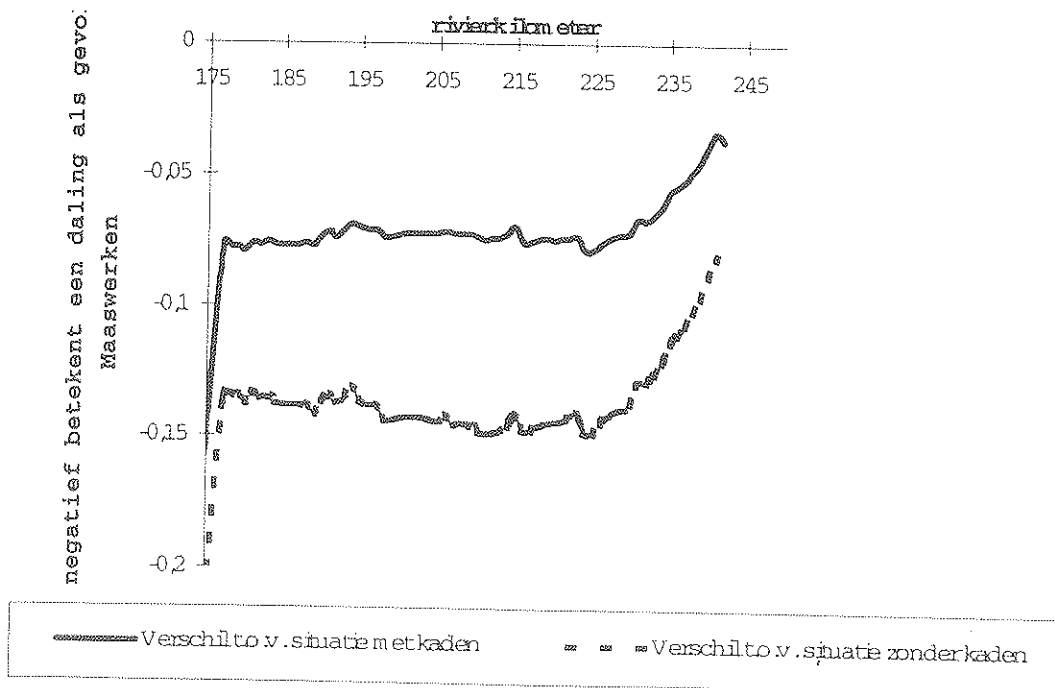
Afvoergolf in bedijkt gebied in 1/1250 situatie

Rivierverruiming leidt ertoe, dat het water benedenstrooms sneller aankomt. Dit leidt daar tot hogere waterstanden in vergelijking met een situatie zonder rivierverruiming. De Rivierenwet schrijft compensatiemaatregelen voor wanneer een ingreep in de rivier elders waterstandsverhoging veroorzaakt. Het is dus belangrijk, een betrouwbaar beeld te hebben van waterstandsverhogende effecten benedenstrooms als gevolg van rivierverruiming. De berekeningen, die met ZWENDL zijn uitgevoerd, geven een te pessimistisch beeld van de waterstanden in het benedenstroomse (bedijkte) gebied bij maatgevende afvoeren (met een kans op voorkomen van 1:1250 per jaar). Oorzaak hiervoor is, dat de bekade gebieden bij deze hoge afvoeren in het rekenmodel ZWENDL niet meestromen of water bergen, terwijl ze dat in werkelijkheid bij afvoeren met een kans op voorkomen van 1:1250 per jaar wel doen. Met het WAQUA-model kan de bijdrage van de bekade gebieden aan de waterafvoer wel worden berekend.

Uit de uitkomsten van de WAQUA-berekeningen komt naar voren, dat er geen waterstandsverhoging benedenstroomse bij maatgevende omstandigheden (1:1250) optreedt in bedijkt gebied, mits de bekade gebieden vollopen. Uit figuur 8 blijkt, dat er zelfs een geringe verlaging van de waterstanden in de 1/1250 situatie wordt berekend benedenstrooms van Grave. Dit geldt zowel voor een vergelijking met de situatie van voor de aanleg van de kaden als voor de huidige situatie na aanleg van de kaden. Het (wettelijk vastgelegde) beschermingsniveau van de waterkeringen benedenstrooms wordt dus door rivierverruiming in ieder geval niet verhoogd bij maatgevende afvoeren mits de gebieden achter de kaden op het juiste moment vollopen.



Figuur 7: Waterstandsverloop bij Lith tijdens passeren van 1/1250 afvoergolf: voor aanleg kaden, na aanleg kaden en na realisatie Maaswerken



Figuur 8: Verschil tussen de waterstanden 1/1250 afvoergolf voor en na uitvoering van de Maaswerken

6. BEOORDELING VAN DE ALTERNATIEVEN IN DE TRAJECTNOTA

Zowel zonder als met rivierverruiming blijkt het beschermingsniveau achter de kaden af te wijken van het oorspronkelijke beeld. De Trajectnota/MER presenteerde een viertal alternatieven voor rivierverruiming. Met deze alternatieven werden twee uiteenlopende benaderingen van rivierverruiming aan de inspraak voorgelegd, namelijk verbreding (in Basisalternatief 2 en het Meest Milieuvriendelijk Alternatief) of verdieping (in Basisalternatief 1 en het Combinatie-alternatief) van het zomerbed. De Trajectnota gaf aan dat deze alternatieven op vele onderdelen verschillen, maar dat ze alle het beoogde doel, een beschermingsniveau van 1:250 per jaar achter de kaden, realiseren.

Wat betekenen de uitkomsten van de aanvullende berekeningen voor de keuze voor één van de alternatieven, die de Staatssecretaris binnenkort zal maken op basis van de inspraak en de adviezen naar aanleiding van de Trajectnota/MER? De uitkomsten, zoals hiervoor beschreven voor de situatie na rivierverruiming, gelden voor alle alternatieven in de Trajectnota/MER. De met WAQUA berekende onderlinge verschillen in beschermingsniveau tussen de alternatieven zijn in het algemeen beperkt. Waar de verschillen groter zijn is dit het gevolg van de verdeling van de rivierverruiming over het lengteprofiel van de rivier. Dit zou eenvoudig aangepast kunnen worden, zonder het ontwerp van de alternatieven ingrijpend te veranderen. De effecten van deze eventuele aanpassingen op de omgeving zijn relatief klein ten opzichte van de effecten, die zijn beschreven in de Trajectnota/MER. Dit betekent, dat de verschillen tussen de beschermingsniveaus van de alternatieven geen significante invloed hebben op de afweging verbreden-verdiepen, die in de Trajectnota/MER is beschreven.

De uitkomsten van de rekensommen met model WAQUA wijzen er ook op dat de voorgestelde zomerbedmaatregelen in absolute zin wat minder effectief zijn dan eerder werd aangenomen. Rivierverruiming in het zomerbed blijft echter relatief gezien (veel) effectiever dan rivierverruiming in het winterbed. Effectief wil in dit verband zeggen meer waterstandsverlaging per kubieke meter rivierverruiming. Het verschil in effectiviteit tussen maatregelen in het zomerbed en maatregelen in het winterbed is echter wat kleiner dan tot nu toe werd aangenomen. Deze geringere effectiviteit van zomerbedmaatregelen verklaart een deel van de berekende afwijking van waterstanden in WAQUA ten opzichte van ZWENDL. Het verschil in berekende uitkomsten is echter te klein om te leiden tot een andere uitkomst van de onderlinge vergelijking van de vier alternatieven op het onderdeel beschermingsniveau.

De conclusie is, dat de onderlinge vergelijking van de alternatieven, zoals in de Trajectnota/MER gegeven, ook na uitvoering van de nieuwe berekeningen haar waarde behoudt.

De belangrijkste vraag is nu, hoe we alsnog binnen de context van nieuwe inzichten het vereiste hoger beschermingsniveau kunnen realiseren.

7. HOE BETROUWBAAR ZIJN DE BEREKENINGEN?

Berekeningen van waterstanden, van de kans van voorkomen, en zeker voorspellingen ten aanzien van toekomstige waterstanden, bevatten verschillende onzekerheden. De gecombineerde onzekerheden worden groter naarmate berekeningen nodig zijn over extreme waterstanden die in het verleden nog nooit zijn opgetreden.

Met dit besef als vertrekpunt moeten de uitkomsten van een rekenmodel een zo betrouwbaar beeld mogelijk geven van de werkelijke waterstanden en dat liefst over een zo breed mogelijk werkingsgebied (dus bij lage en hoge afvoeren). Vergelijk het met een snelheidsmeter in een auto: de snelheid die zo'n meter aangeeft moet bij voorkeur de werkelijke snelheid zijn, ongeacht of die auto nu 20 km per uur rijdt of 120. Zowel een rekenmodel als een snelheidsmeter wordt daartoe geijkt (toets aan werkelijkheid) en gecalibreerd (een zo breed mogelijk werkingsgebied). Betrouwbare rekenmodellen (of snelheidsmeters) geven een nauwkeurig beeld van de werkelijke situatie over een zo breed mogelijk werkingsgebied.

WAQUA is geijkt op de afvoer die in 1995 voorkwam. Bij de ijking zijn ook de toen aangelegde noedkaden meegerekend. De huidige toestand met kaden kon niet voor hogere afvoeren (grootte-orde 1/50 per jaar) worden geijkt, omdat deze afvoeren zich niet meer na oplevering van de kaden hebben voorgedaan.

In het algemeen is ijking voor situaties met hoge afvoeren overigens moeilijk, omdat er weinig betrouwbare cijfers zijn over waterstanden bij hoge Maasafvoeren. Extreem hoge afvoergolven met een kans op voorkomen van 1:250 en 1:1250 per jaar hebben zich nog niet voorgedaan sinds waterstanden worden gemeten. De set waarnemingen, die voor de ijking bruikbaar is, is dus beperkt. Dit heeft gevolgen voor de nauwkeurigheid van de uitgevoerde berekeningen bij deze hoge afvoeren (Dit gold overigens evenzeer voor de berekeningen, die met ZWENDL waren uitgevoerd!).

WAQUA is als volgt geijkt: Door aanpassen van de modelparameters is geprobeerd het verschil tussen de berekende en gemeten waterstanden van 1995 zo klein mogelijk te maken. De resterende maximale verschillen na de ijking zijn ordegrrootte 0,1 m. Daarna is de hoogwatergolf van 1993 doorgerekend om de nauwkeurigheid van het model te onderzoeken. De verschillen tussen de berekende en gemeten standen in 1993 bedroegen maximaal tussen 0,1 m en 0,15 m.

Over de nauwkeurigheid van WAQUA na ijking en calibratie kan het volgende worden opgemerkt:

- De ijking en calibratie op de afvoeren van 1993 en 1995 betekent, dat het model bij hoogwatergolven van de orde van grootte van 1993 en 1995 de waterstanden redelijk nauwkeurig berekent.
- De nauwkeurigheid van het model bij hogere afvoeren dan die van 1993 en 1995 (met een kans van 1:250 tot 1:1250 per jaar) is kleiner dan bij kleinere afvoergolven met een kans van ongeveer 1:50 per jaar. Een voordeel ten opzichte van ZWENDL bij deze hoge afvoeren is, dat het WAQUA-model meer gebaseerd is op de werkelijke geometrie van het rivierbed (vooral het winterbed). Afwijkingen worden geschat op 0,2 tot 0,25 m.
- Over de nauwkeurigheid van de berekeningen met kaden kunnen geen exacte uitspraken worden gedaan. Na aanleg van de kaden en hebben zich in werkelijkheid immers geen hoogwatergolven voorgedaan. Doordat de kaden in WAQUA redelijk nauwkeurig kunnen worden ingevoerd is de indruk, dat de onnauwkeurigheid niet veel groter is geworden door de invoer van de kaden in het model (plaatselijke afwijkingen tussen 0,15 tot 0,20 m bij een afvoergolf ordegrrootte 1993/1995).
- De mogelijke afwijkingen nemen verder toe, wanneer er bij de zeer hoge afvoeren ook met een nieuwe vorm van het winterbed als gevolg van de rivierverruiming wordt gerekend. Ook hier geldt weer, dat de toename van de onnauwkeurigheid beperkt is, doordat de ingrepen met een redelijke nauwkeurigheid in WAQUA gebracht kunnen worden. Mogelijke afwijkingen worden geschat op 0,3 tot 0,5 m. De verwachting is, dat gemiddeld gezien de afwijkingen kleiner zullen zijn.

Bovenstaande beschouwingen leiden tot de volgende conclusies. De uitgevoerde berekeningen hebben een onnauwkeurigheid variërend van 0,10-0,15 m bij eerder gemeten afvoeren (grootte kans op voorkomen 1:50 per jaar) tot enkele decimeters bij hogere (niet uit metingen bekende) afvoeren. Het ontbreken van praktische ervaring met het gedrag van de rivier in het bekade winterbed bij hogere afvoeren vergroot deze onnauwkeurigheid.

Deze onnauwkeurigheid kan om twee redenen geaccepteerd worden.

Bij het doen van uitspraken over het *verschil* in waterstanden tussen de situatie vóór en na rivierverruiming valt de aangegeven onnauwkeurigheid voor een belangrijk deel weg. Men kan zich dus een relatief nauwkeurig beeld vormen van de omvang van het verschil tussen de huidige situatie en de situatie na rivierverruiming. Nieuwe berekeningen met WAQUA wijzen in de richting van een lager beschermingsniveau voor zowel voor de huidige situatie als de situatie na rivierverruiming.

De kaden in het winterbed hebben een overhoogte van ongeveer 50 cm, de waakhoogte. Deze waakhoogte is onder meer bedoeld om als reserve te dienen voor onzekerheden in de waterstandsvoorspellingen. Het hanteren van een waakhoogte is een realistische optie om deze onzekerheden 'af te vangen' voorafgaand aan het vaststellen van het werkelijke beschermingsniveau.

8. SAMENVATTENDE RESULTATEN BEREKENINGEN

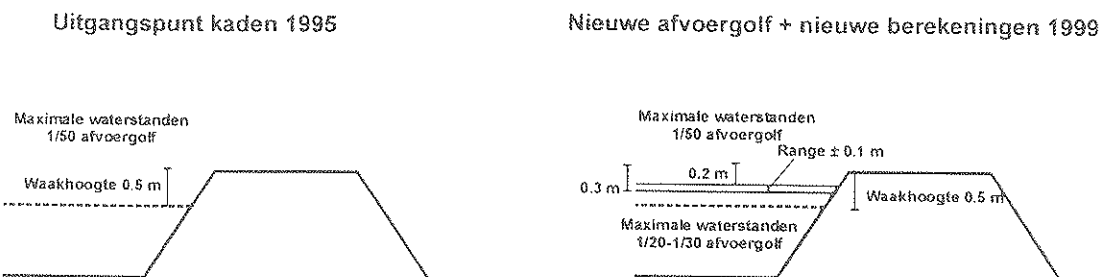
Het effect van de nieuwe maatgevende hoogwatergolf en de resultaten van de aanvullende berekeningen met WAQUA vergeleken met de Trajectnota/MER leveren samenvattend de volgende punten op:

In de Trajectnota/MER zijn de volgende beschermingsniveaus beschreven:

- In de huidige situatie bij een voorkomen van 1:50 per jaar: 50 cm onder de huidige kadekruin;
- Na rivierverruiming bij een voorkomen van 1:250 per jaar eveneens 50 cm onder de huidige kadekruin (doel van het project);
- Na rivierverruiming bij een voorkomen van 1:1250 per jaar werd een nadelig benedenstrooms effect in Noord-Brabant en Gelderland van maximaal 10 cm berekend.

De aanvullende berekeningen met WAQUA en met de nieuwe afvoergolf geven het volgende algemene beeld voor de Zandmaas (zie figuur 11):

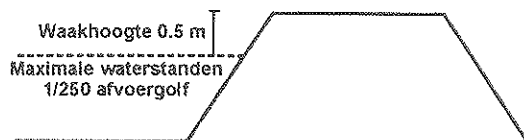
- In de huidige situatie bij een voorkomen van 1:50 per jaar: 20 à 30 cm onder de kadekruin;
- Na rivierverruiming bij een voorkomen van 1:250 per jaar: variërend van 0,2 m onder tot net op de kadekruin.
- Na rivierverruiming bij een voorkomen van 1:1250 per jaar geen verhoging van de maximale waterstanden indien de bekade gebieden in Limburg onder die omstandigheden daadwerkelijk onderlopen.



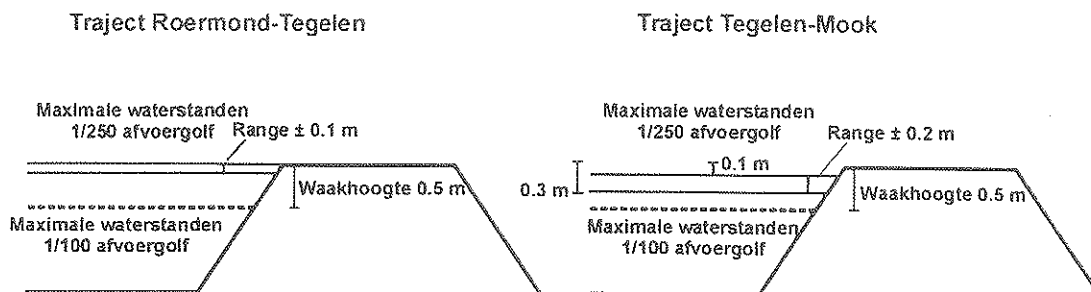
Figuur 9: Waterstanden ten opzichte van de kaden in huidige situatie

Het bovenstaande betekent dat in de huidige situatie bij de nieuwe 1/50 afvoergolf de waakhoogte van 50 cm (overhoogte van de kaden) voor een belangrijk deel is verdwenen en dat daarmee het beschermingsniveau achter de kaden niet 1:50 is maar 1:20 à 1:30 per jaar met een waakhoogte van 50 cm.

Uitgangspunt Trajectnota/MER



Nieuwe afvoergolf + nieuwe berekeningen 1999



Figuur 10: Waterstanden ten opzichte van de kaden in huidige na realisatie Maaswerken.

Na rivierverruiming zullen bij afvoeren van 1/250 per jaar op een aantal plaatsen het water tot aan de kruin van de huidige kaden staan. Plaatselijk kan dit tot overstromen leiden als gevolg van opwaaiing en golven. Het beoogde beschermingsniveau van 1:250 achter de kaden is gereduceerd tot circa 1:100 per jaar met 50 cm waakhoogte.

Als bijkomend "voordeel" van de nieuwe berekeningen is het effect van de afvlakking van de afvoergolf door het vollopen van gebieden achter de kade onder de voor de dijken maatgevende omstandigheden van 1:1250. Deze afvlakking van de afvoergolf blijkt zodanig te zijn dat er in deze maatgevende situatie van 1:1250 in geen geval een verhoging optreedt van de maximale waterstanden voor het gehele benedenstroomse traject.

Er treedt wel een versnelling van de afvoer op ten gevolge van de rivierverruiming en de insnoering van de rivier door de kaden bij lagere waterstanden. Dit levert mogelijk problemen op voor de afvoer van de Dommel en de Aa bij afvoeren met een herhalingsinterval van 1:100 tot 1:50 per jaar.