

### 7.3.4 Nevengeulen

Ten aanzien van nevengeulen wordt opgemerkt dat de sedimentverdeling over een splitsingspunt een onbekende grootte is, die sterk afhangt van het lokale (3-dimensionale) stroombeeld. In een 1-dimensionaal riviermodel moet een aanname worden gedaan voor de verdeling van de in een knooppunt aangeboden hoeveelheid materiaal over beide achterliggende takken. In deze studie is voor alle nevengeulen dezelfde (gebruikelijke) optie gekozen: een sedimentverdeling die evenredig is aan de afvoerverdeling. Het effect van andere aannames is niet nader onderzocht. In de simulaties zijn bij de nevengeulen verschillende effecten waarneembaar (zie Figuren B8-4, B8-8, B8-12 en B8-16):

- De reeds bestaande vertakkingen (Bosscherveld, Stevensweert) zijn morfologisch inactief.
- De in de binnenbocht liggende geul bij Meers heeft bij de samenvloeiing een tendens tot bodemerosie, die een grens bereikt en niet verder gaat. De hydraulische ruwheid is hier relatief hoog door natuurontwikkeling.
- De bodem van de geul bij Maasband blijkt in alle afvoerscenario's wel actief maar ongeveer in evenwicht te zijn. Omdat de oevers hier begroeid zijn hoeft geen oevererosie verwacht te worden.
- Daarentegen is er in de geul bij Visserweert een voortdurende maar bescheiden neiging tot aanzanden.
- Een bijzonder geval echter is de nevengeul bij Grevenbicht, die zich bij de diverse scenario's *kwalitatief* verschillend gedraagt.

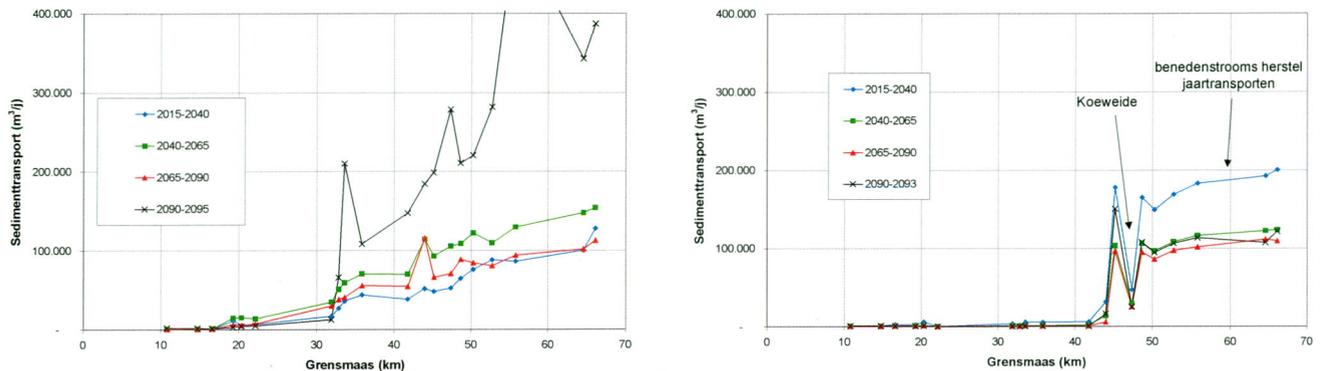
De resultaten van de historische afvoerreeds laat een extreme erosie van de nevengeul zien, gecombineerd met een sterke aanzanding van de hoofdgeul (zie Figuren B8-1 en B8-3). In de resultaten van de natte afvoerreeds daarentegen zijn beide verschijnselen niet te zien. Het lijkt erop dat de hoofdgeul van de Maas een neiging tot erosie vertoont (Figuur B8-6), hetgeen voorkomen wordt door de verlengde bodembescherming bij Obbicht. Het sediment dat nu niet bij Grevenbicht neerslaat vindt zijn weg naar de Koeweide. De aanzanding is hier nu veel sterker dan bij het historische afvoerscenario. De gemiddelde afvoerreeds laat weer een beeld zien dat lijkt op het resultaat van de historische reeds. Bij de droge afvoerreeds is er geen erosie in de nevengeul, evenals bij de natte afvoerreeds. Er is geen samenhang tussen de morfologie en het type afvoerreeds gevonden. De resultaten doen vermoeden dat de vertakking bij Grevenbicht instabiel gedrag vertoont. Dit betekent dat het onvoorspelbaar is (en mogelijk door toevallige initiële ontwikkelingen bepaald) welke van beide takken een neiging tot aanzanden en welke een neiging tot bodemerosie zal vertonen. Een eenmaal ingezet proces zal zich daarna versterken. Paragraaf 7.7 gaat hier nader op in.

### 7.3.5 Benedenstrooms morfologisch effect van het Grensmaasproject

Benedenstrooms van Roosteren is in Figuur 7-2 een grote erosiekuil te zien. Deze bodemdaling is ook in de overige simulaties van het Voorkeursalternatief 2003 in meerdere of mindere mate te zien. In de simulaties van de Autonome Ontwikkeling echter is deze erosie niet in dezelfde mate waarneembaar. Een verklaring hiervoor is het feit dat benedenstroom van het Grensmaasproject het sedimenttransport weer op gang komt, maar echter met minder toevoer van bodem-materiaal uit de Grensmaas, met bodemerosie als logisch gevolg.

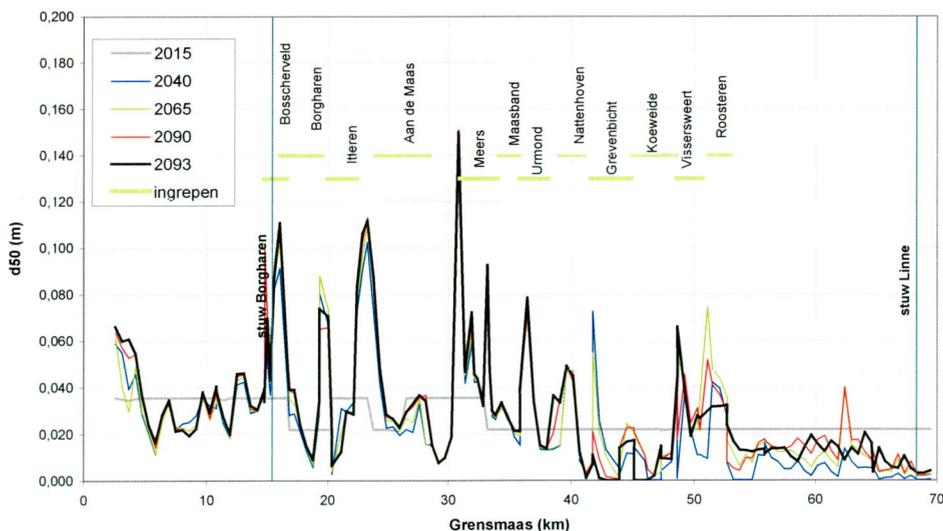
## 7.4 Sedimenttransport en samenstelling van de transportlaag

Voor de simulatie met de historische afvoerreeks zijn de sedimenttransporten in tijdvakken van 25 jaar geïntegreerd en in Figuur 7-4 (rechts) uitgezet. Hierbij zijn ter vergelijking ook de transporten van de Autonome Ontwikkeling weergegeven (links). Vergeleken met de Autonome Ontwikkeling neemt het transport in het Grensmaasgebied sterk af. De piek bij Grevenbicht toont de erosie van de nevengeul. De aanzanding bij de Koeweide wordt geïllustreerd door de lokale terugval in het transport. Benedenstrooms van Visserweert herstelt het jaartransport zich op het niveau van de Autonome Ontwikkeling.



Figuur 7-4 Jaarlijkse sedimenttransporten AO (links) en VKA (rechts) bij historische tijdreeks

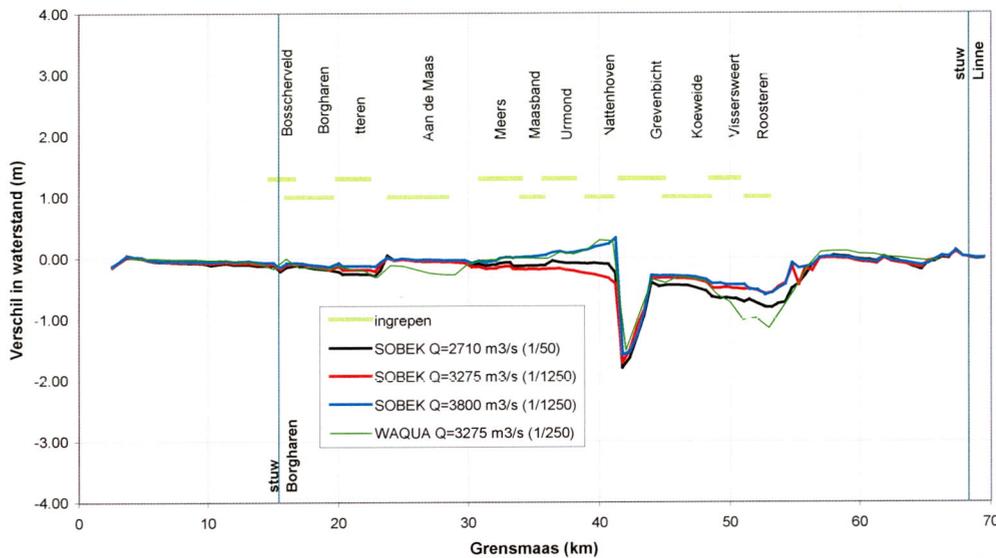
De ontwikkeling van de afpleisteringslaag in de loop van de tijd is in Figuur 7-5 weergegeven. De figuur laat vergroving zien vlak voor de ingrepen, hetgeen verklaard wordt uit de toegenomen snelheden juist bovenstrooms van de verruimingslocaties. Dit zijn ook de locaties waar (beperkte) bodemdaling optreedt (zie Figuur 7-2). De uiteindelijk herstelde afpleisteringslaag is hierna grover van samenstelling. De aanzandingslocaties laten een verfijning van de toplaag zien. De benedenstroomse verfijning van de Autonome Ontwikkeling (Figuur 6-4) treedt bij het Voorkeursalternatief 2003 pas vanaf Roosteren op.



Figuur 7-5 Ontwikkeling van de toplaag (VKA bij historische tijdreeks)

## 7.5 Effect van de bodemveranderingen op de waterstanden

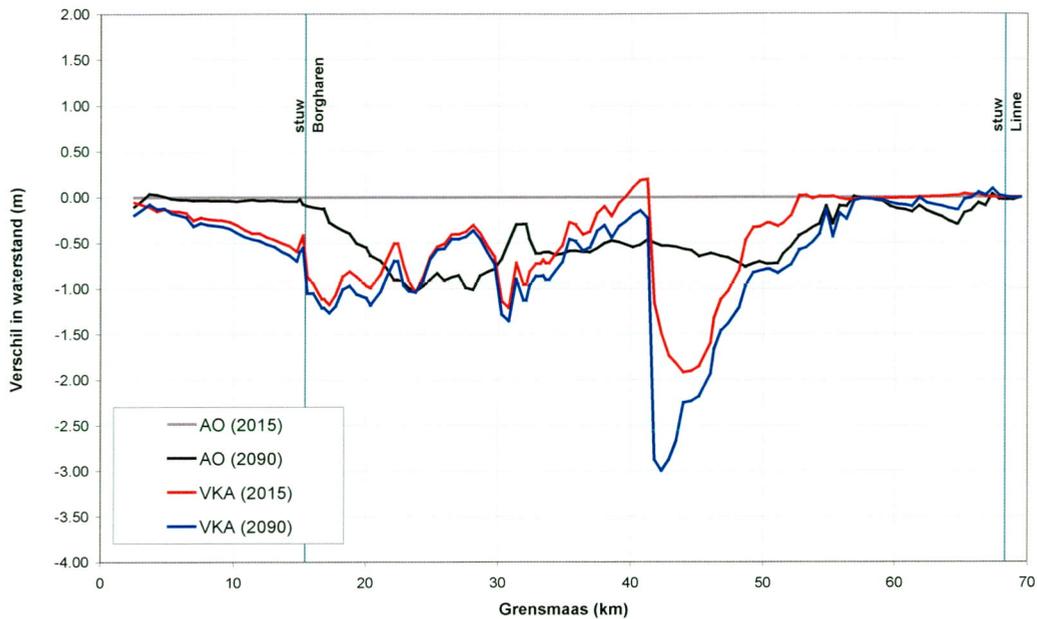
Door de bodemontwikkeling zullen ook karakteristieke waterstanden in de loop van de tijd veranderen. De waterstanden behorende bij de afvoeren met overschrijdingsfrequenties van 1/50, 1/250 en 1/1250 jaar (MHW) zijn bepaald voor het jaar 2090 (75 jaar na 2015). Hiertoe is de berekende bodemligging voor 2090 opnieuw in het rekenmodel ingevoerd om een hydraulische stationaire modelberekening te kunnen maken. De bodemontwikkeling volgens het historische afvoerscenario is hiervoor representatief geacht (zie Paragraaf 6.2).



*Figuur 7-6* Verschil in karakteristieke waterstanden tussen 2090 en 2015 (VKA) voor verschillende hoogwatergolven (herhalingstijden: 50, 250 en 1250 jaar)

In de figuur is ook het resultaat van een vergelijkbare WAQUA-berekening geplott. Op basis van de profielaanpassingen in SOBEK is een aanpassing van het hoogtemodel gemaakt. Dit aangepaste hoogtemodel is op het WAQUA-rooster gezet, waarna een (in tegenstelling tot de stationaire SOBEK-simulaties) dynamische modelsimulatie van de ontwerpgolf is uitgevoerd. De groene lijn laat weliswaar verschillen zien, maar volgt de trend van de SOBEK-resultaten.

In vergelijking met de Autonome Ontwikkeling (Figuur 6-5) is de ontwikkeling in de hoogwaterstanden tussen 2015 en 2090 bovenstrooms van Nattenhoven in het VKA klein (verschil tussen rode en blauwe lijn). Oorzaak hiervoor is het feit dat de verruimingslocaties ervoor zorgen dat de doorgaande bodemdaling zoals waargenomen in de Autonome Ontwikkeling tot staan wordt gebracht. Benedenstrooms van Nattenhoven is het effect van de eroderende nevengeul bij Grevenbicht aanzienlijk. Aangezien dit als probleemlocatie wordt aangemerkt waarvoor nog een oplossing noodzakelijk is, is de daling van waterstanden op deze locatie niet in deze mate te verwachten. Benedenstrooms van Roosteren is de waterstands daling als gevolg van het in Paragraaf 7.3.5 beschreven benedenstroomse morfologische effect aanzienlijk.



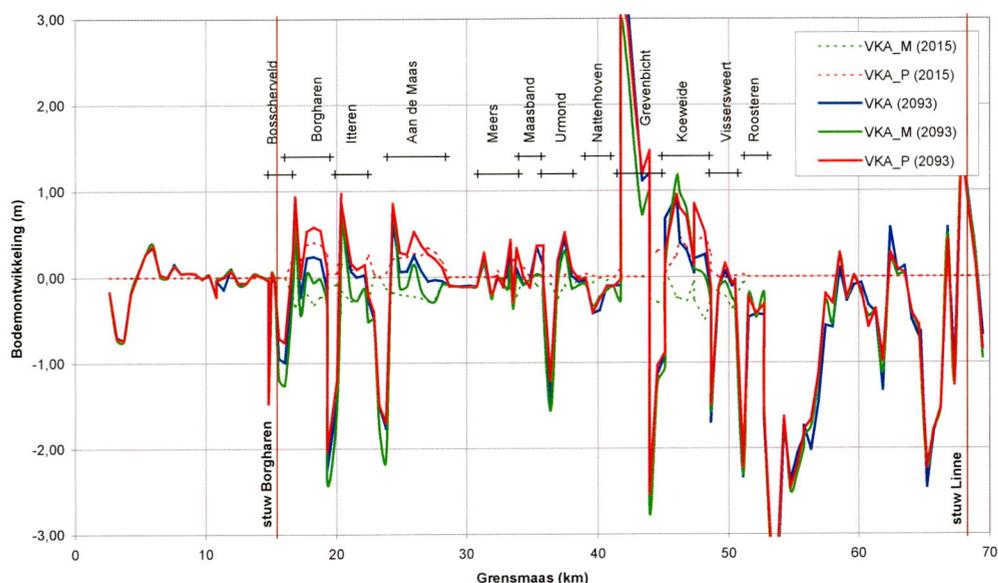
Figuur 7-7 Verschil in ontwerpwaterstanden tussen 2090 en 2015 (AO en VKA: 1/250 jaar)

Om het resultaat van het Voorkeursalternatief 2003 met dat van de Autonome Ontwikkeling te kunnen vergelijken toont Figuur 7-7 waterstanden van beide alternatieven in 2015 (start) en 2090 (na 75 jaar) voor de ontwerpafvoer met frequentie van 1/250 per jaar (3275 m<sup>3</sup>/s). De waterstand behorende bij de Autonome Ontwikkeling in 2015 is hierbij als referentie genomen. De rode lijn laat zien dat de initiële waterstandsval (VKA 2015) in het SOBEK-model bij de Koeweide iets overschat wordt. De figuur laat ook zien dat de autonome bodemdaling een waterstandsval (AO 2090) tot gevolg heeft die op sommige locaties vergelijkbaar is met de waterstandsval ten gevolge van de ingrepen uit het VKA.

## 7.6 Ontwerpvarianten van het Voorkeursalternatief 2003

In deze studie zijn twee ontwerpvarianten van het Voorkeursalternatief 2003 onderzocht waarbij het insteekniveau van de weerdverlagingen, de nevengeulen en de geulverbredingen 0,50 m lager respectievelijk hoger zijn dan bij het Voorkeursalternatief 2003. Bijlage 5 beschrijft deze schematisaties. In Bijlage 9 zijn resultaten van modelsimulaties weergegeven. Figuur 7-8 geeft weer hoe de bodemontwikkeling van beide varianten (VKA\_M resp. VKA\_P) zich verhoudt tot het standaardontwerp van het Voorkeursalternatief 2003. Hierbij is ook de initiële bodemligging van de varianten vergeleken. De simulaties zijn uitgevoerd op basis van de historische afvoerreeks.

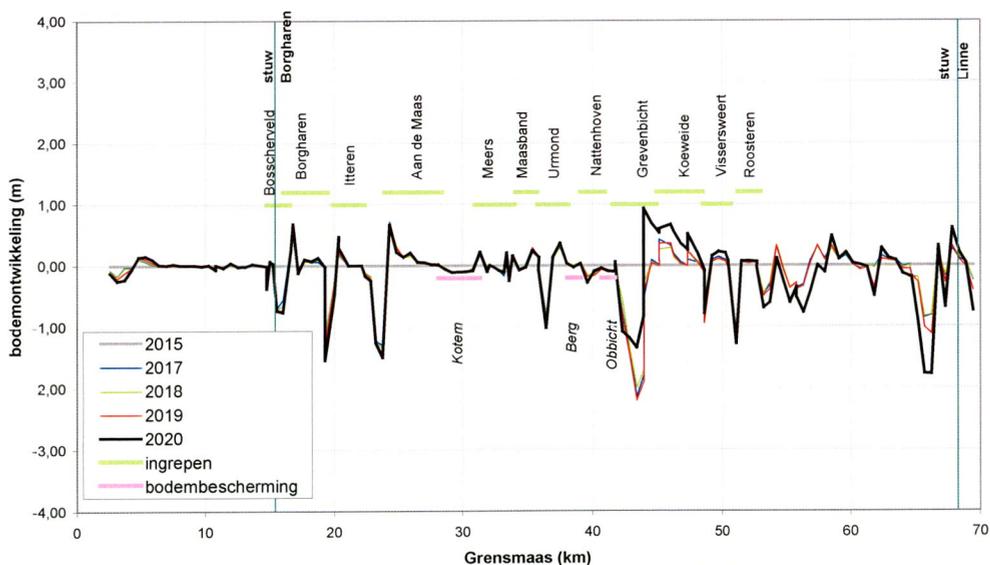
De resultaten van de varianten verschillen in 2093 niet veel van elkaar. De bodem van VKA\_M blijft wel overal de laagste, en die van VKA\_P de hoogste. Het initiële verschil in insteekniveau tussen de varianten blijft binnen 0,10 m gehandhaafd. Benedenstrooms van Roosteren zijn de resultaten vrijwel identiek.



Figuur 7-8 Bodemontwikkeling Grensmaas bij VKA-varianten met 0,50 m verhoogd en verlaagd insteekniveau (historische tijdreeks: 2015-2093) - referentie: VKA (2015)

### 7.7 Grevenbicht en de Koeweide

Het riviertraject tussen Nattenhoven en de Koeweide verdient in dit onderzoek nadere aandacht. Bij de voorbereidende modelsimulaties, voorafgaand aan de beschreven simulaties, is met het oorspronkelijke ontwerp van de bodembescherming bij Obbicht steeds gebleken dat geen langjarige modelsimulaties uitgevoerd kunnen worden.

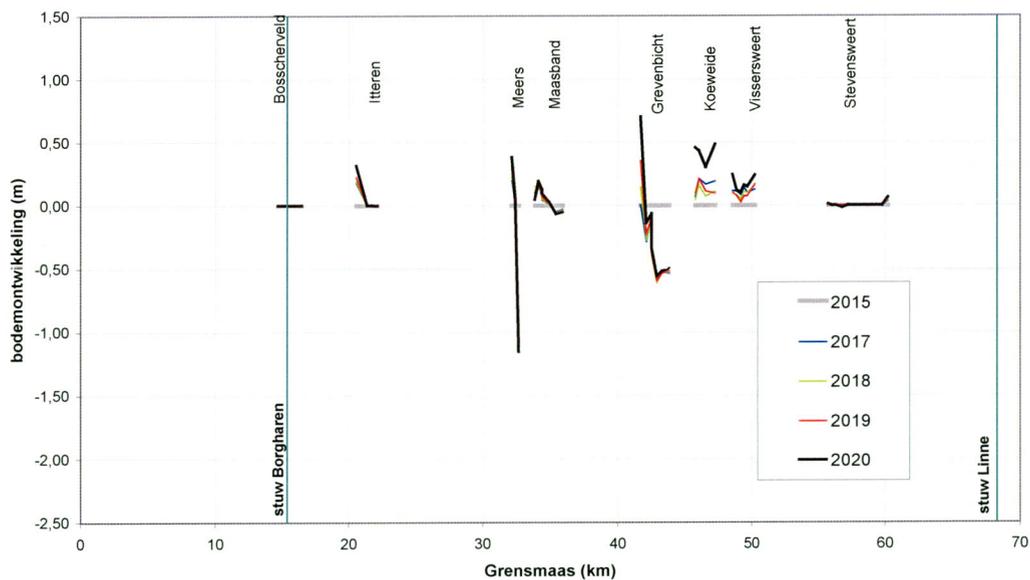


Figuur 7-9 Bodemontwikkeling Voorkeursalternatief 2003 met historische afvoerreeks (originele bodembescherming bij Obbicht)

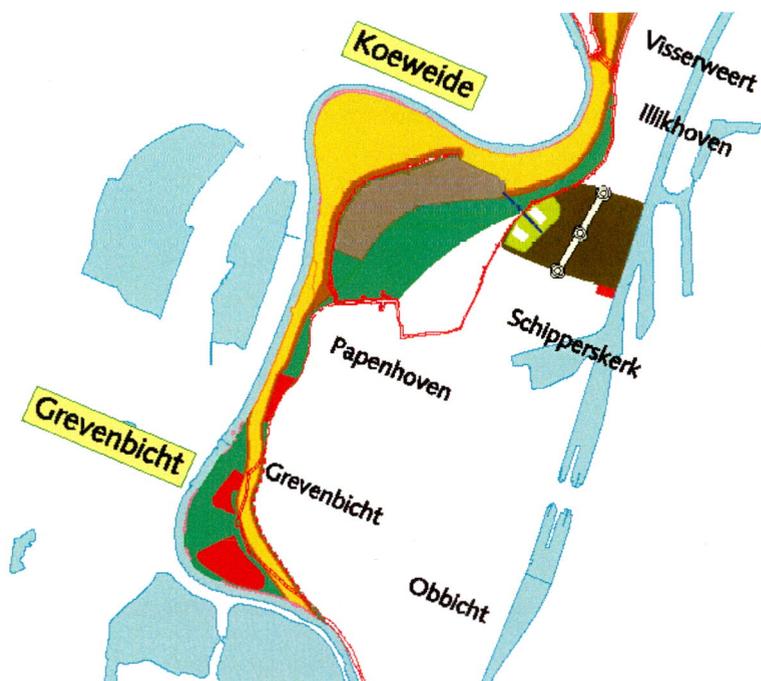
Figuur 7-9 toont het resultaat getoond van de morfologische modelsimulatie van het VKA met het oorspronkelijke ontwerp van de bodembeschermingen. De simulatie laat zien dat in de hoofdgeul bij Grevenbicht initieel een sterke erosie optreedt. Het geërodeerde bodemmateriaal komt echter niet ver en bezinkt grotendeels bij de Koeweide (en zelfs bovenstrooms hiervan). De nevengeul erodeert aan benedenstroomse zijde maar heeft aan bovenstroomse zijde de neiging aan te zanden (Figuur 7-10). De simulatie stopt na 5 jaren wegens modelinstabiliteit. Dit resultaat is aanleiding geweest de bodembescherming bij Obbicht met ca 2 km te verlengen. Alle hiervoor gepresenteerde resultaten zijn op deze aanpassing gebaseerd.

Verlenging van de bodembescherming heeft tot gevolg (Paragraaf 7.3: Figuur 7-2) dat in plaats van erosie een sterke aanzanding in de hoofdgeul bij Grevenbicht optreedt. Het lijkt achteraf dat hier geen bodembescherming nodig was. Deze aanzanding gaat gepaard met een sterke erosie van de nevengeul, eveneens een onaanvaardbaar resultaat. De verschillende afvoerscenario's doen echter vermoeden dat hier het toeval een belangrijke rol speelt in de vraag welke van beide geulen een sterke bodemerosie zal willen vertonen.

Geconcludeerd kan worden dat verlenging van de bodembescherming bij Obbicht geen goede oplossing is, omdat de kans groot is dat het probleem van bodemerosie zich naar de nevengeul verplaatst. De oorzaak van deze sterke neiging tot erosie in dit gebied is de waterstandsdaling ten gevolge van de grote geulverbreding in de Koeweide. De toename van de hierdoor veroorzaakte stroomsnelheden zorgt voor toenemende transporten en dit leidt tot bodemerosie.



Figuur 7-10 Bodemontwikkeling nevengeulen Voorkeursalternatief 2003 met historische afvoerreeks (originele bodembescherming bij Obbicht)



Een van beide geulen zal de neiging hebben tot erosie. Het proces versterkt zichzelf in beide gevallen, doordat de eroderende geul meer debiet zal aantrekken waarbij door toenemende bodemdaling ook de waterstanden zullen dalen. De andere geul zal hierdoor steeds meer van stroming verstoken blijven waardoor de stroomsnelheden zullen dalen met aanzanding tot gevolg. Deze resultaten lijken aan te tonen dat de vertakking van de Maas in de bestaande Maasgeul en de nevengeul bij Grevenbicht in het model morfologisch instabiel van aard is.

*Figuur 7-11 Verruiming in de Koeweide en de bovenstrooms gelegen nevengeul bij Grevenbicht*

Mogelijk is deze morfologische instabiliteit op deze locatie realistisch. Morfologisch instabiel gedrag betekent dat een eenmaal ingezet proces zichzelf versterkt. Dit is in splitsingspunten in het algemeen niet bijzonder. Deze locatie is echter opmerkelijk omdat het verschijnsel zich extreem manifesteert. De oorzaak van de sterke neiging erosie van een van beide takken ligt juist benedenstrooms van de vertakking. De geulverbreding in de Koeweide heeft een sterk waterstandverlagend effect (tot ruim 1,20 m), met hoge stroomsnelheden bovenstrooms van de ingreep tot gevolg (Figuur 7-11). De hierbij optredende bodemerosie plant zich in bovenstroomse richting voort. Erosie van de nevengeul is niet wenselijk omdat daarmee de thalweg het huidige zomerbed van de Grensmaas zou verlaten. Erosie in de hoofdgeul kan ook niet onbeperkt plaatsvinden vanwege het gevaar van het blootleggen van bestaande puntverontreinigingen in het Elba-eiland.

Het is aan te bevelen nader te onderzoeken of het probleem in werkelijkheid zo groot is als het zich in het model manifesteert. Het gesignaleerde verschijnsel is echter verklaarbaar en het risico van een bochtafsnijding door de nevengeul bij Grevenbicht is zeer denkbaar. Ervan uitgaande dat de gesimuleerde verschijnselen realistisch zijn, zijn de volgende oplossingsrichtingen denkbaar:

- vastleggen van de nevengeul, dit zal betekenen dat beide geulen vastgelegd moeten worden om bovengenoemde reden;
- het matigen van de verruimingsingreep bij de Koeweide door minder ontgraving;
- het toestaan van meer hydraulische ruwheid in de vorm van vegetatie in de verruimde binnenbocht van de Koeweide;
- een combinatie van minder ontgraving en meer vegetatie in de Koeweide.

Voorgaande bevindingen wijken af van die van het Morfologisch Onderzoek (Akkerman, 2003), waarin werd geconcludeerd dat op deze locatie geen erosieproblemen verwacht hoeven te worden. Een mogelijke verklaring van dit verschil kan zijn dat bij het onderhavig onderzoek is uitgegaan van een gevarieerde bodemsamenstelling, die ter plaatse een fijnere afpleisteringslaag tot gevolg heeft dan bij het Morfologisch Onderzoek van het MER Grensmaas (Akkerman, 2003). Hierbij kunnen kleine verschillen in samenstelling en hydraulische omstandigheden leiden op deze locatie tot grote verschillen in uitkomsten.

Het aanleggen van bodemverdedigingen op grote schaal zal ongetwijfeld de uitvoeringskosten aanzienlijk verhogen. De overige drie oplossingen bieden bovendien als voordeel dat het risico van thalwegverlegging in de Koeweide ook bestreden wordt. Het verhogen van de hydraulische ruwheid in de vorm van meer vegetatie verruimingslocatie van de Koeweide lijkt, al dan niet in combinatie met een verminderde ontgravingsdiepte, een realistische oplossing. In een aanvullende simulatie is als verkenning de volgende ontwerpwijziging van de Koeweide onderzocht:

- Het insteekniveau van de weerdverlaging en de geulverbreding in de Koeweide wordt een halve meter hoger uitgevoerd (conform VKA\_P).
- Op de verbredingslocatie wordt natuurontwikkeling toegestaan waardoor het waterstandsverlagend effect van de verbreding minder wordt en de stroomsnelheid bij Grevenbicht minder hoog zal worden.

Bovenstaande variant uit zich in een kleiner doorstroomprofiel en een grotere hydraulische ruwheid (aanname:  $C=15 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$ ). De bodembescherming bij Obbicht is nu volgens het originele ontwerp geschematiseerd (zonder verlenging). In het model zijn voor de tak Koeweide de profielen van het model EPP toegepast. In deze gevoeligheidsberekening is geen rekening gehouden met eventuele consequenties voor de hoogwaterdoelstelling. Er is alleen gekeken naar de gevoeligheid van het in de simulaties waargenomen morfologische knelpunt bij Grevenbicht voor een mogelijke wijziging van de ingreep in de Koeweide. Met nadruk wordt gesteld dat in dit onderzoek geen ontwerpwijziging wordt voorgesteld.

Het resultaat is in Bijlage 10 te zien (Figuren B10-5 t/m B10-8). Hieruit blijkt dat de simulatie tot 2095 rekent, waarbij geen extreme ontwikkelingen te zien zijn. Er is een lichte neiging tot bodemdaling in de hoofdgeul en een lichte neiging tot aanzanden in de nevengeul. De bodemverdediging voorbij Obbicht is niet meer nodig. In de buitenbocht van de Koeweide manifesteert zich een sterk afwisselend verloop. Door de hogere hydraulische ruwheid van de verruimingslocatie blijft de oorspronkelijke geul significant stroomvoerend. De totale bodemdaling in de Grensmaas is nog maar een fractie van de eerdere simulatie en ligt in de orde van grootte van de natte afvoerreeks (Tabel 7-2).

Tabel 7-3 *Overzicht van erosiesnelheid in m/j (Voorkeursalternatief 2003 – historische afvoerreeks)*

ontwerp	simulatie	2015-2040	2040-2065	2065-2090	2090-2115	totaal (m)	figuren
Obbicht <sup>1)</sup> verlengd	2015-2093	0,013	0,017	0,018	0,117 (2090-2093)	1,67 (78 j)	B8-1 t/m B8-4
Koeweide aangepast	2015-2095	0,003	0,003	0,003	0,021 (2090-2095)	0,34 (80 j)	B10-5 t/m B10-8

<sup>1)</sup> bodembescherming bij Obbicht verlengd tot de Koeweide

Het blijkt uit deze verkenning dat het ontwerp van de verruiming in de Koeweide sterk van invloed is op de stabiliteit van de bovenstrooms gelegen takken. Verder blijkt dat matiging van het ontwerp van de Koeweide de stabiliteit van de bodem van de bovenstrooms gelegen geulen bij Grevenbicht verhoogt en het toepassen van een bodembescherming overbodig maakt.

Voor deze locatie is een detailonderzoek aan te bevelen teneinde deze bevindingen te staven.

## 7.8 Onzekerheden in de voorspellingen

In aansluiting op de opmerkingen in Paragraaf 6.5 ten aanzien van de nauwkeurigheid van de voorspellingen, zijn er bij het Voorkeursalternatief 2003 aanvullende factoren (ten opzichte van de Autonome Ontwikkeling), die onzekerheid aan de voorspellingen toevoegen:

- Bij de bochtafsnijdingen Koeweide en Itteren rekent het 1-dimensionale SOBEM-model met gemiddelde stroomsnelheden. Juist op deze locaties is het stroombeeld sterk 3-dimensionaal, en kunnen lokale morfologische verschijnselen doorslaggevend zijn voor de ontwikkeling van de ingreep. Het ontstaan van een stromingsconcentratie in een deel van het profiel, waardoor bijvoorbeeld een nieuwe geul ontstaat, kan door het 1-D model niet adequaat beschreven worden. Het risico van een thalwegverlegging naar de binnenbocht kan dus niet afdoende onderzocht worden. Het Morfologisch Onderzoek (Akkerman, 2003) doet hier wel uitspraken over.
- Bij splitsingspunten (alsook bij de bochtafsnijdingen) is de sedimentverdeling van groot belang voor de toekomst van de parallel aan elkaar liggende geulen. Deze verdeling kan uiteindelijk zelfs bepalen welke van beide geulen na verloop van tijd geheel zal aanzanden. Sedimentverdelingen zijn zeer onzeker en worden ook door het lokale stroombeeld bepaald. Het gaat hierbij vaak om sterk 3-dimensionale effecten, die door het 1-D model niet beschreven kunnen worden.
- Op de verbredingslocaties geldt dat het nieuwe deel van het zomerbedprofiel geen afpleisteringslaag heeft. Deze invloed is verwaarloosd omdat een 1-D model niet de mogelijkheid biedt de bodemsamenstelling in dwarsrichting te differentiëren. Niettemin is het waarschijnlijk dat er in de eerste jaren meer transport zal zijn dan uit de simulaties van deze studie blijkt, omdat deze vergraven verbredingslocaties een afpleisteringsproces zullen ondergaan.

Ten aanzien van bovenstaande en in eerdere hoofdstukken genoemde onzekerheden zijn voor de modelsimulaties aannamen gedaan. De gevoeligheid van de resultaten voor enkele aannamen is in een beperkte gevoeligheidsanalyse nader onderzocht (Hoofdstuk 8).

## 8 Gevoeligheidsanalyse

### 8.1 Inleiding

De Paragrafen 2.4, 6.5 en 7.8 bevatten beschouwingen over de nauwkeurigheid van de modelresultaten. Hierbij zijn enkele bronnen van potentiële onnauwkeurigheden benoemd. Deze potentiële foutenbronnen zijn in de volgende hoofdcategorieën te onderscheiden:

1. Beperkingen in de fysische beschrijving (het gebruikte modelconcept, de gekozen formules en de programmatuur),
2. Beperking van de modelresolutie (roosterafstand van 500 m) en andere numerieke onnauwkeurigheden,
3. Onzekerheden in de toekomstige ontwikkelingen (potentiële wijziging van karakteristieke afvoertijdreeksen door klimaatwijzigingen of maatregelen bovenstreams van het projectgebied),
4. Onzekerheden en onnauwkeurigheden in de gebruikte gegevens (bijvoorbeeld bodemmateriaal, randvoorwaarden, hydraulische ruwheden).

Om deze reden is een gevoeligheidsanalyse naar het effect van wijzigingen in deze factoren op de modelresultaten wenselijk. Hoewel hiermee de onzekerheden niet opgelost worden, geeft een inzicht in de gevoeligheid voor de onzekerheden een beter begrip van de waarde van de modelresultaten.

Ten aanzien van de eerste twee aspecten wordt opgemerkt dat de gekozen uitgangspunten voor deze aspecten binnen dit project dermate vastgelegd zijn, dat hiernaar geen gevoeligheidsanalyse uitgevoerd is. Voor de gevoeligheid van de gekozen transportformule wordt verwezen naar een recente morfologische modelstudie naar de Grensmaas (Berkhout, 2003), waarbij drie transportformules in de simulaties onderzocht zijn. Hieruit is gebleken dat de formule van Wu, Wang en Jia (Wu e.a., 2000) voor de Grensmaas de meest geschikte transportformule is.

Het derde punt is reeds aan bod gekomen door het variëren van de afvoerreeksen (historisch, nat, gemiddeld en droog). De gevoeligheid van de riviermorfologie blijkt erg hoog voor de te verwachten afvoercharacteristieken.

Wat betreft het vierde punt zijn een aantal gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd om het effect van verschillende invoerparameters op de morfologische modelsimulatie 1978-1995 (verificatieberekening) te bepalen. De gevoeligheidsberekeningen zijn uitgevoerd met de volgende variaties:

- een gewijzigde samenstelling van de afpleisteringslaag (Paragraaf 8.2),
- een gewijzigde samenstelling van de grindlaag (Paragraaf 8.3),
- een gewijzigde bovenstroomse morfologische randvoorwaarde (Paragraaf 8.4).

Tabel 8-1 Bodemdaling 1978-1995 (variaties op verificatieberekening)

simulatie	gemiddelde bodemdaling (cm)	opmerkingen
originele verificatieberekening	26,7	toplaag: D50=22 ~ 36 mm (zie Figuur 5-7) grindlaag: D50 = 8 mm (m.u.v. 2 locaties)
variatie afpleisteringslaag	9,1	toplaag: D50 = 36 mm (overall conform NITG)
variatie grindlaag	18,5	grindlaag: D50 = 12 mm
randvoorwaarde Eijsden	25,8	vaste bodem: S = 4.200 m <sup>3</sup> /j (resultaat)

Tot slot is de simulatie van de Autonome Ontwikkeling herhaald met een gewijzigde dikte van de grindlaag (Paragraaf 8.5). Hiervoor is de natte afvoerreeks (2015-2115) toegepast.

## **8.2 Variatie initiële afpleisteringslaag (1978-1995)**

De samenstelling van de afpleisteringslaag is erg belangrijk voor het sedimenttransport in de Grensmaas. Zij bepaalt in grote mate het tijdstip wanneer het sedimenttransport tijdens een hoogwater op gang komt. Naarmate de afpleisteringslaag grover is, zullen de onderliggende lagen meer afgeschermd zijn en zal het sedimenttransport later op gang komen. Om de gevoeligheid van de resultaten voor variaties in de afpleisteringslaag te bepalen is de verificatieberekening herhaald (1978-1995) met een gewijzigde afpleisteringslaag. Er is voor gekozen om de gehele Grensmaas van een grovere afpleisteringslaag (Toplaag 1: zie Tabel 5-2 en Figuur 5-7) te voorzien. Voor de rest zijn de instellingen onveranderd gebleven.

De resultaten in Bijlage 10 (Figuren B10-1 en B10-2) en Tabel 8-1 geven aan dat de variatie van de samenstelling van de afpleisteringslaag een grote invloed heeft op de uiteindelijke bodemdaling na 17 jaar. Vooral tussen kilometer 40 en 55 waar in het originele bodemmodel een fijnere afpleisteringslaag ligt is het verschil goed te zien. Door de grovere gekozen samenstelling komt het sedimenttransport later op gang wat uiteindelijk resulteert in een kleinere bodemdaling. Mogelijk is dit effect tijdelijk, en zal de afpleisteringslaag zich na verloop van tijd corrigeren. De beschouwde simulatie is te kort hierover uitsluitsel te geven.

## **8.3 Variatie samenstelling grindlaag (1978-1995)**

De samenstelling van de grindlaag, bestaande uit secundair materiaal in de rivierbedding, is niet op alle locaties bekend. Om enig inzicht te krijgen in de gevoeligheid van de samenstelling op de berekeningen is de verificatieberekening (1978-1995) herhaald met een gewijzigde samenstelling van de grindlaag (Sublaag 3, zie Tabel 5-2 en Figuur 5-8). Ook hier is er voor de gekozen om de nieuwe samenstelling over de gehele Grensmaas toe te passen. Andere instellingen zijn voor deze simulatie niet veranderd. Het vergroven van de grindlaag laat een afname van de bodemdaling zien (zie Tabel 8-1 en Bijlage 10).

## **8.4 Sedimenttransport te Eijsden (1978-1995)**

Voor alle uitgevoerde simulaties is aangenomen dat er geen sedimenttransport bij Eijsden passeert. Deze keuze is gerechtvaardigd in de kalibratie vanwege de lage hoeveelheden die de Grensmaas in komen. Een alternatieve randvoorwaarde zou de aanname van een vaste bodemligging bij Eijsden kunnen zijn. Het SOBEEK-programma rekent als randvoorwaarde een zodanig transport uit, dat dit profiel noch zal aanzanden, noch zal eroderen.

Een gevoeligheidsberekening is gedaan door de randvoorwaarde bij Eijsden op deze wijze te veranderen. Het resulterende transport in Eijsden is ca 4.000 m<sup>3</sup>/jaar. Dit sediment bezinkt reeds in de eerste kilometers benedenstrooms van Eijsden en bereikt de Grensmaas niet. Deze verandering heeft daarom weinig effect op de gemiddelde bodemdaling. Ten opzichte van de referentie verschilt de bodemontwikkeling maar 0,01 m. De gewijzigde randvoorwaarde zorgt alleen over enkele kilometers voor een kleine variatie (Figuur B10-1 en B10-2). Ook de verschillen benedenstrooms van de Grensmaas zijn opvallend. Hiervoor is geen enkele andere verklaring te vinden dan het feit dat dit gebied in het model instabiel is en erg gevoelig voor welke wijziging dan ook.

## 8.5 Dikte van de grindlaag (AO: 2015-2115 natte afvoerreeks)

De dikte van de grindlaag blijkt bij langjarige simulaties een grote rol te spelen. Dit werd al gedeeltelijk geïllustreerd door de resultaten van het Nulalternatief (Autonome Ontwikkeling: Paragraaf 6.2). Bij grote afvoeren wordt de grindlaag doorbroken en treedt er sterke erosie op omdat het sediment onder de grindlaag een fijnere samenstelling heeft. Om het effect van de dikte nader te onderzoeken is er een extra simulatie gedaan met een andere dikte van de grindlaag dan tot nu toe gebruikt. Er is voor gekozen om de NA-simulatie met de natte afvoerreeks te herhalen met een oneindig dikke grindlaag. Dit omdat deze simulatie niet zo ver gekomen is door het doorbreken van de grindlaag. Met een oneindig dikke grindlaag (de samenstelling is niet gewijzigd) kan een 100-jarige simulatie probleemloos plaatsvinden, zelfs met de natte afvoerreeks. De erosiesnelheid is initieel gelijk maar vertraagt na verloop van tijd (zie Tabel 8-2 en Bijlage 10: Figuren B10-3 en B10-4). In de simulatie met het originele bodembestand versnelde de bodemdaling juist in de tijd. Dit toont aan hoe afhankelijk de modelresultaten van het goed in kaart brengen van het secundaire bodemmateriaal in de Grensmaas zijn.

Tabel 8-2 Overzicht van erosiesnelheid in m/j (Autonome Ontwikkeling - nat afvoerscenario)

grindlaag	simulatie	2015-2040	2040-2065	2065-2090	2090-2115	totaal (m)	opmerkingen
bodem-model <sup>1)</sup>	2015-2090	0,032	0,046	0,063	0,400 (juli 2090)	3,72 (75 j)	aansnijden fijne zandlaag in 2065
oneindig dik	2015-2115	0,032	0,036	0,018	0,011	2,39 (100 j)	vertragende bodemdaling

<sup>1)</sup> vastgesteld uit geo-elektrische metingen, zie paragraaf 5.3.3



## 9 Conclusies en aanbevelingen

### 9.1 Conclusies

#### Algemeen

De navolgende conclusies moeten in het kader worden geplaatst van dit nader morfologisch onderzoek. Dit houdt in dat vooral de grootschalige morfologische effecten (aanzanding en erosie) in lengterichting van de Grensmaas op representatieve wijze zijn onderzocht. In de eerder uitgevoerde morfologische bureaustudie ten behoeve van het MER (Akkerman, 2003) is meer gedetailleerd gekeken, maar kon niet anders dan van de initiële situatie worden uitgegaan (autonome situatie en situatie direct na verruiming). De hier getrokken conclusies moeten dan ook in samenhang met de conclusies uit het genoemde MER-rapport worden gezien.

#### Hoofdconclusies

- Ten behoeve van het eerdere MER Grensmaas (De Maaswerken, 1998) werd een eerste SOBEK-model ontwikkeld met een gegradeerde-bodemoptie. Het ten behoeve van de onderhavige studie ontwikkelde SOBEK-model kan als een 'nieuwe-generatiemodel' worden beschouwd en geeft de grootschalige morfodynamiek in lengterichting van de Grensmaas, voor zover te overzien, redelijk weer.
- De opvallendste uitkomst is de sterke autonome bodemdaling van het laagwaterbed die door SOBEK wordt voorspeld. Zo vindt over een periode van 75 jaar voor een historische afvoerreeks een daling van wel 2 m plaats. Dit is in lijn met de trend van bodemdaling van het laagwaterbed over de afgelopen honderd jaar. Sinds de aanleg van de DGR-kaden is deze daling waarschijnlijk versneld toegenomen. Als gevolg daarvan zal op steeds meer plaatsen de beschermende grindlaag verdwijnen en zal de erosie zich nog verder versnellen zodra de fijne zandlagen worden aangesneden, waardoor zich een slecht beheersbare situatie zal kunnen voordoen. Dit scenario kan bij het niet uitvoeren van het Grensmaasplan op een termijn van 100 jaar realiteit worden.
- Door uitvoering van het Grensmaasplan (VKA), zal een dergelijke autonome bodemdaling goeddeels worden gestopt. Ook zal door de, gemiddeld genomen, afnemende stroomsnelheden de nieuwe afpleisteringslaag fijner worden. Dit alles wordt enerzijds veroorzaakt doordat in de verruimingslocaties minder stroomaanval ontstaat, waardoor erosie daar beperkter zal zijn (vaak zal zelfs sedimentatie optreden). Anderzijds wordt de stroomaanval meer geconcentreerd in de flessenhalzen: deze worden echter, waar nodig, voorzien van erosiebeschermende maatregelen, zoals oeververdedigingen en bodemverdedigingen. Wel kan benedenstrooms van de Grensmaas enige bodemdaling worden verwacht, omdat het oorspronkelijke sedimenttransport zich daar neigt te herstellen.
- De verruimingslocaties Borgharen, Itteren, Aan de Maas, Urmond en Koeweide geven alle een bovenstroomse bodemdaling te zien en een aanzanding ter plaatse van de verruiming. Daarbij bereiken de meeste bodemaanpassingen relatief snel (binnen 25 jaar) een evenwicht.
- De rekenuitkomsten ten aanzien van morfologische ontwikkeling rond de nevengeulen en de dubbele geulen in sterke verbredingen (Itteren, Koeweide) zijn niet erg betrouwbaar, omdat de juiste randvoorwaarden voor de sedimentverdeling over de splitsingspunten niet bekend zijn; bovendien zijn deze overheersend op de uitkomsten van het al dan niet eroderen of sedimenteren van de geulen ter plaatse. Beter is het voor dit aspect uit te gaan van de initiële situatie, zoals beschreven in het Morfologisch Onderzoek voor het MER (Akkerman, 2003).

- De onderzochte varianten van het VKA (met hoger resp. lager insteekniveau) laten niet wezenlijk afwijkende resultaten zien ten opzichte van het VKA.
- Bij Grevenbicht tonen de simulaties een sterke neiging tot bodemerosie in de hoofdgeul of de nevengeul. Het blijkt moeilijk te voorspellen welke tak erosie zal ondergaan. Deze situatie lijkt te worden veroorzaakt door de extreme verruiming van de Koeweide, ruim een kilometer benedenstrooms van de monding van de nevengeul. Dit resultaat geeft aanleiding in een detailstudie te onderzoeken hoe realistisch dit gesignaleerde knelpunt is. Een variatie op het ontwerp van de Koeweide, bestaande uit minder verdieping en meer hydraulische ruwheid, heeft in de simulaties een stabiliserende werking op dit knelpunt.

### **Gevoeligheid van de berekeningen**

Uit de gevoeligheidsberekeningen blijkt verder het volgende:

- Het toekomstige afvoerregime heeft een grote invloed op de autonome bodemdaling.
- Ook de dikte van de grindlaag heeft een grote invloed, in verband met het al dan niet aansnijden van fijne onderliggende zandlagen. Een grovere grindlaag laat verder een afname van de bodemdaling zien.
- Ook de samenstelling van de initiële afpleisteringslaag heeft een grote invloed op de bodemdaling.
- Het sedimenttransport te Eijsden heeft maar weinig invloed. Bovendien is de transportcapaciteit van de Bovenmaas dermate beperkt dat eventueel binnenkomend sediment Borgharen niet bereikt.

### **Conclusies ten aanzien van de modellering**

- De toepassing van de GIS-applicatie BASELINE is bij de bouw van de modelschematisaties effectief geweest voor het beheren en verwerken van geografische gegevens, en voor het bewaken van de consistentie tussen de WAQUA- en de SOBEK-modellen. Overigens zijn er ook enkele verbeterpunten voor deze GIS-applicatie geïdentificeerd.
- Zoals eerder aangegeven geven de morfologische modelsimulaties met behulp van SOBEK-gegradeerd resultaten, die een logische richting van ontwikkelingen aangeven, en die in orde van grootte aannemelijk zijn. Het 1-dimensionale simulatieprogramma heeft echter zijn beperkingen. De resultaten ervan dienen niet op detailniveau geïnterpreteerd te worden: zelfs op het niveau van afzonderlijke verruimingslocaties is het model mogelijk te grof.
- Het rekenrooster van 500 m is overeenkomstig de specificaties, maar zou achteraf beter kleiner gekozen kunnen zijn.
- Van de Grensmaas zijn veel gegevens bekend en beschikbaar. Desalniettemin vereist het morfologisch modelleren van de Grensmaas zoveel gedetailleerde invoer dat het doen van aannamen onvermijdelijk is. Voor de kalibratie- en verificatieprocedure zijn enkele aannamen gedaan ten aanzien van de samenstelling van de rivierbedding. Die aannamen zijn erop gericht geweest de gemiddelde sedimenttransporten en bodemdalingen kwantitatief in de juiste orde van grootte te simuleren. Deze aannamen bevinden zich binnen de bandbreedte van in de literatuur beschikbare gegevens en hebben voor zover te overzien bevredigende resultaten opgeleverd.
- De invloed van de dikte van het secundaire bodemmateriaal (de grindlaag) is van zeer grote, zo niet doorslaggevende, invloed op de autonome bodemontwikkeling in de Grensmaas.
- Op de verruimingslocaties Itteren en de Koeweide kunnen zich nieuwe geulenpatronen gaan vormen. Dergelijke verschijnselen kunnen niet met het 1-dimensionale SOBEK model

worden beschreven. Een mogelijke thalwegverlegging is op deze locaties hier dan ook niet verder onderzocht.

- Het blijkt dat het model slechts beperkt in staat is de afhankelijkheid van het sedimenttransport van andere factoren dan het debiet goed te simuleren, zoals het openbreken van de afpleisteringslaag en de eventuele beschikbaarheid van sediment op de afpleisteringslaag. De formule van Wu lijkt bij te lage debieten al transport te genereren, en bij hogere debieten waarschijnlijk iets te lage transporten te berekenen. Het gemiddelde sedimenttransport over de Grensmaas is wel ongeveer correct. De verdeling ervan over de ruimte en de tijd laat lokaal afwijkingen zien.
- Een tekortkoming in de modellering is het feit dat bij alle simulaties dezelfde beginvoorwaarden gebruikt moesten worden ten aanzien van de samenstelling van het bodemmateriaal. Het is echter aannemelijk dat de samenstelling van de afpleisteringslaag en de af- of aanwezigheid van sediment op de afpleisteringslaag in de tijd sterk varieert.
- De inzet van het simulatieprogramma SOBEK-gegradeerd voor een onderzoek van deze omvang heeft een aantal aanpassingen vereist, zoals:
  - de mogelijkheid het Froudecriterium aan te passen;
  - uitbreiding van de lengte van uit te voeren tijdseries.

## 9.2 Aanbevelingen

Aanbevelingen ten aanzien van het Voorkeursalternatief:

- Bij de dimensionering van de bodemverdedigingen en oeververdedigingen is het zinvol niet alleen de initiële maar ook de toekomstige omstandigheden (op de langere termijn) mede in beschouwing te nemen.
- Het probleem van de erosie bij Grevenbicht en het verband met het ontwerp van de Koeweide verdient nadere aandacht. Aanbevolen wordt de validiteit van het gesignaleerde probleem middels een detailstudie nader te toetsen. Indien hierin de geïdentificeerde risico's realistisch blijken, dient een ontwerpwijziging van de geulverbreding in de Koeweide overwogen te worden. Toetsing dient plaats te vinden aan de doelstellingen en randvoorwaarden van het Grensmaasproject.
- De uitvoeringsvolgorde is een relevant aspect dat in deze studie niet aan de orde geweest is. Dit onderwerp verdient nadere aandacht.

Aanbevelingen ten aanzien van het modelonderzoek:

- Van de uitgevoerde modelsimulaties is slechts een deel van de resultaten voor analyse gebruikt. Er zijn nog veel modelresultaten beschikbaar. Het kan zinvol zijn hier in de toekomst nog gebruik van te maken.
- De gevoeligheidsanalyse heeft zich in dit onderzoek beperkt tot die aspecten die voor de conclusies van deze studie relevant zijn. Enkele niet onderzochte aspecten zijn de invloed van de sedimentverdeling in splitsingspunten, de transportlaagdikte, de invloed van de transportformule en de invloed van de sedimentvoerende breedte. Ook is de invloed van de afwezigheid van de afpleisteringslaag op de verbredingslocaties niet onderzocht (dit geldt niet voor Itteren, Koeweide en de nevengeulen). Het verdient aanbeveling deze zaken nader te bekijken.
- De GIS-applicatie BASELINE heeft voor de bouw van SOBEK-modelschematisaties enkele functionaliteiten die op basis van ervaringen in deze studie verbeterd zouden kunnen worden. Ook zijn uitbreidingen denkbaar: de integratie van de verwerking van bodemgegevens (NITG-tabellen) naar morfologische modelinvoer is potentieel in BASELINE in te bouwen.



## 10 Referenties

- Agtersloot R.C., 2003: MER Grensmaas, Achtergronddocument 1, Rivierkunde, maart 2003, De Maaswerken en Provincie Limburg
- Akkerman G.J., 2003: MER Grensmaas, Achtergronddocument 2, Morfologie, maart 2003, De Maaswerken en Provincie Limburg
- Berkhout W.A., 2003: Modelling of large-scale morphological processes in sand-gravel rivers, analytical and numerical analysis of graded morphological processes in the River Meuse, M.Sc. Thesis, February 2003, Document 2003.034x, University of Twente, Institute for Inland Water Management and Wastewater Treatment
- Braak E. van den, W. van der Lee, H.J. Barneveld, 2002, Voorwerk MER Grensmaas, PR588.10, HKV Lijn in Water
- Meulen M.S. van der, 1998: Baseline 3.0, Protocol Basisbestanden, rapportnummer 98.624, november 1998, CSO Adviesbureau voor milieuonderzoek
- De Maaswerken, 1998: MER Grensmaas, Deelrapport 2, Rivierkunde, mei 1998, De Maaswerken en Provincie Limburg
- De Maaswerken, 2002: Tracébesluit Zandmaas/Maasroute, 12 maart 2002, De Maaswerken
- De Maaswerken, 2002: Projectbeschrijving betreffende: Rivierkundig Onderzoek ten behoeve van MER Grensmaas LB-7231, De Maaswerken
- De Maaswerken, 2003: MER Grensmaas 2003, Hoofdrapport, februari 2003, De Maaswerken en Provincie Limburg
- Duizendstra H.D., C. Flokstra, 1998: Graded sediment in SOBEK, joint research RIZA & WL | Delft Hydraulics, Final research 1997-1998, 98.150X / Q2347, Directorate General for Public Works and Water Management, RIZA / WL | Delft Hydraulics
- Duizendstra H.D., L.W.J. van Hal, 1999: Bodemtransportmetingen in de Grensmaas vanaf bruggen, data-rapportage metingen 1998, werkdocument 99.143X, september 1999, Rijkswaterstaat / RIZA
- Duizendstra H.D., 1999: Sedimenttransport in de Grensmaas, transportcapaciteit en aanbod van sediment, werkdocument 99.158X, november 1999, Rijkswaterstaat / RIZA
- Gruijters S.H.L.L., M.P.E. de Kleine, R. Lantman, D. Maljers, Veldkamp J.G., 2002: Geologisch ondergrondmodel Grensmaas, TNO-rapport NITG 02-157-B, 26 november 2002, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen
- Lanen R. van, Oortwijn, R., 1999: Beschrijving applicatie voor te genereren ecotopenbestand uit een hydrologisch model, Grontmij
- Manen G.R. van, Onneweer J.G, Berg J.H. van den, 1994: Ruimtelijke variatie van de sedimentaire structuur en textuur van de bedding van de Grensmaas (stuw Borgharen km 15,5 - km 52,7), rapport GEOPRO 1994.04, Universiteit Utrecht
- Murillo-Muñoz R.E., 1998: Downstream fining of the River Meuse, M.Sc. Study, May 1998, International Institute for Infrastructural Hydraulic and Environmental Engineering (IHE)

- Meijer D.G., 1996: Nature Rehabilitation Project Grensmaas, Environmental Impact Assessment Study, Hydraulic and Morphological Investigation (7 reports: Design and Constuction of the Scale Model, Scale Model T0 Test Series, ..., Scale Model T5 Test Series), Q1969, March-May 1996, Delft Hydraulics
- Meijer D.G., 2002: Scope 2001 (versie 1), Hydraulische effecten van maatregelen, BASELINE-modelschematisatie van de Maas na uitvoering van het maatregelenpakket I volgens het Tracébesluit / POL ten behoeve van WAQUA-berekeningen, KKZ19, DLB2002/11810, Kennis- en Kwaliteitsmanagement Zandmaas, De Maaswerken
- Meulen M.S. van der, 1998: Protocol basisbestanden BASELINE, versie 1.0, BASELINE-versie 3.0, rapportnummer 98.624, CSO Adviesbureau voor Milieuonderzoek
- Ribberink J.S., 1987: Mathematical modelling of one-dimensional morphological changes in rivers with non-uniform sediment, Proefschrift TU Delft
- Rijkswaterstaat / RIZA, 2001: Bouw en kalibratie SOBEK Maas versie 2000.1 t/m 2000.3, concept, 7 december 2001, Rijkswaterstaat / RIZA
- Rijkswaterstaat / RIZA, 2002: Kalibratie en verificatie van WAQUA-modellen, mei 2002, Rijkswaterstaat / RIZA
- Rijkswaterstaat, 2001: Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen, 21 december 2001, Rijkswaterstaat DWW, RIZA en RIKZ
- Scheer P. van der, J.S. Ribberink, A. Blom, 2002: Transport Formulas for Graded Sediment, Behaviour of Transport Formulas and Verification with Data, University Twente, Faculty of Civil Engineering and Management
- Sorber A.M, Vaan G.H.B.L. de, 1995: Ruimtelijke variatie van de sediment en textuur van de bedding van de Grensmaas (stuw Borgharen km 15,5 - km 52,7), rapport ICG 95/3, Universiteit Utrecht
- Thijssen Drilling Company, 1995: Grondonderzoek Grensmaas traject Borgharen-Uikhoven, opdrachtgever: Rijkswaterstaat Directie Limburg, Maastricht, juni 1995, werk nr. 95060
- TNO / NITG, 2002: Geologisch ondergrondmodel Grensmaas, NITG 02-157-B, 26 november 2002, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen
- Wilbers A., 1996: De verwerking van de lodingen van de Grensmaas, een technisch verslag van de handelingen, november 1996, Universiteit Utrecht, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Vakgroep Fysische Geografie
- Wilbers A., 1996: De Grensmaas over de jaren, een onderzoek naar de morfologische veranderingen in de bedding van de Grensmaas over de periode 1978 tot en met 1995, november 1996, Universiteit Utrecht, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Vakgroep Fysische Geografie
- WL | Delft Hydraulics, 1996: Hydraulisch en morfologisch-sedimentologisch onderzoek, Hydrologie van de Grensmaas, Technisch rapport TR 1-1, MER project Grensmaas Provincie Limburg, IWACO / CSO / WL | Delft Hydraulics
- WL | Delft Hydraulics, 1996: Hydraulisch en morfologisch-sedimentologisch onderzoek, Sedimentologie van de Grensmaas, Technisch rapport TR 1-2, MER project Grensmaas Provincie Limburg, IWACO / CSO / WL | Delft Hydraulics

WL | Delft Hydraulics, 1997: Hydraulic and Morphological investigation, One dimensional morphological modelling, SOBEK hydraulic simulations, Technical report TR 3-1, MER project Grensmaas Provincie Limburg, IWACO / CSO / WL | Delft Hydraulics

WL | Delft Hydraulics, 1997: Hydraulic and Morphological investigation, One dimensional morphological modelling, SOBEK morphological simulations, Technical report TR 3-2, MER project Grensmaas Provincie Limburg, IWACO / CSO / WL | Delft Hydraulics

Wu W., S.S.Y. Wang en Y. Jia, 2000: Non uniform sediment transport in alluvial rivers. Journal of Hydraulic Research, Vol. 38, No. 6, pp. 427-434





## **Bijlagen**

## Bijlage 1 Overzicht van relevante modelschematisaties

### Eerder bestaande modelschematisaties

BASELINE					WAQUA				SOBEK		
Schema-tisatie	Versie	RKM van	RKM tot	Beschrijving	Opgeleverd	WAQUA-code	Toepassingen	Locatie simulaties	WAQUA – versie	SOBEK(2.52) naam	Beschrijving / toepassingen
1995NK	1	2,56	247	1995 met noodkades model gebaseerd op WAQUA; incl. afgedamde Maas	RIZA (2000/2001)	c95_1	IJking ruwheden HW1995 uitgevoerd in 2000/2001	RIZA	2000_02	2000.1 km 2,6-247 247-262 NDB	SOBEK-Maas versie 2000.1 Calibratiemodel hoogwater jan 1995 incl. tijdelijke noodkades
	3b	2,56	247	idem+ toegevoegd: Afgedamde Maas (AM) nieuwe hydraulische ruwheden (ruw.karak 001M)	RIZA (mei 2002)	c95_3	nieuwe calibratie RIZA (HW1995) uitgevoerd in 2001 met WAQUA 2002_01	RIZA	2002_01		
1995	1	2,56	247	1995 zonder noodkades	RIZA 2000/2001	v93_1	verificatie ruwheden HW1993 referentie TN/MER-berekening uitgevoerd in 1999	RIZA	2000_02	2000.2 km 2,6-247 247-262 NDB	referentie: 1995 zonder tijdelijke kades gemaakt en hydraulisch gekalibreerd door RIZA.
	3b	2,56	247	idem+ toegevoegd: Afgedamde Maas (AM) nieuwe hydraulische ruwheden (ruw.karak 001M)	RIZA (mei 2002)	v93_3	nieuwe verificatie RIZA (HW1993) uitgevoerd in 2001	RH Svasek	2002_01		
1995 DGR	3b	2,56	247	idem+ DGR-kaden	RIZA (mei 2002)	ref95_3	nieuwe referentie-schematisatie voor De Maaswerken	RH Svasek	2002_01		
2000	2	2,56	247	2000, update 1998 (mhw98_1) hoogtemodel t/m feb 2000 (inclusief deels Proefproject 2 en AM)	RIZA (juni 2001)	J2000 (mhw98_2)	ondersteunend aan bouw SOBEK-model t.b.v. bepaling vakgrenzen en grens stroomvoering	DLB	2000_02	2000.32 km 2,6-247 247-262 NDB	referentie: BASELINE meest actuele bodemgegevens in 2000, omkade gebieden als retentie
	3	2,56	247	nieuwe WBR-schematisatie ook: referentiemodel voor MER Grensmaas 2003 (WBR=Wet Beheer Rijkswaterstaatswerken)	RIZA mei 2002	mhw98_3	nieuwe WBR-schematisatie ook: referentieberekeningen voor MER GM	RH Svasek	2002_01		variant REF-IVM met zomerbed uit SOBEK-Maas versie 2000.2 en winterbed uit SOBEK-Maas versie 2000.32 ten behoeve van IVM-studie (geen BASELINE-basis)

### Modelschematisaties gebouwd in het kader van het MER Grensmaas 2003

BASELINE				WAQUA					SOBEK		
Schema-tisatie	Versie	RKM van	RKM tot	Beschrijving	Opgeleverd	WAQUA-code	Toepassingen	Locatie simulaties	WAQUA – versie	SOBEK(2.52) naam	Beschrijving / toepassingen
NA (AO)	1	2,56	247	Nulalternatief: 1995DGR + autonome ontwikkelingen (incl. Zandmaas pakket 1) (MER 2002/2003)	HKV oktober 2002	NA (AO)	referentieschematisatie voor effecten ingrepen Grensmaas basis:ref95_3 WAQUA2002_01	RH (Svasek)	2002_01	NA (AO)	morfologieberekeningen met SOBEK-gegradeerd t.b.v. MER Grensmaas 2003  modelbereik: km 2,6-68 (knoop- en rekenpunten op identieke locaties als EP)
										NA1987	idem op basis van DTM1987 (profielen uit BASELINE) t.b.v. morfologische modelkalibratie (bodemonwikkeling 1987-1995)
										NA1978	idem op basis van DTM1978 (profielen uit BASELINE) t.b.v. morfologische modelverificatie (bodemonwikkeling 1978-1995)
EP (VKA)	1	2,56	247	Grensmaas: Eindplan / Voorkeursalternatief, pp Meers(MER 2003), Zandmaas Pakket 1	HKV oktober 2002	EP (VKA)	effecten ingrepen Grensmaas	RH (Svasek)	2002_01	EP (VKA)	morfologieberekeningen met SOBEK-gegradeerd t.b.v. MER Grensmaas 2003  Eindplan / Voorkeursalternatief (MER 2003), Zandmaas Pakket 1
EPP (VKA_P)	1	2,56	247	Eindplan / Voorkeursalternatief met insteekniveau 0,50 m hoger	HKV oktober 2002	EPP (VKA_P)	effecten ingrepen Grensmaas	RH (Svasek)	2002_01	EPP (VKA_P)	idem  Eindplan / Voorkeursalternatief met insteekniveau 0,50 m hoger
EPM (VKA_M)	1	2,56	247	Eindplan / Voorkeursalternatief met insteekniveau 0,50 m lager	HKV oktober 2002	EPM (VKA_M)	effecten ingrepen Grensmaas	RH (Svasek)	2002_01	EPM (VKA_M)	idem  Eindplan / Voorkeursalternatief met insteekniveau 0,50 m lager
EPVL (VKA_VL)	1	2,56	247	Eindplan met ingrepen op Vlaamse locaties	Meander december 2002	EPVL (VKA_VL)	effecten ingrepen Grensmaas	RH (Svasek)	2002_01	-	-
MMA	1	2,56	247	Meest Milieuvriendelijk Alternatief	Meander december 2002	MMA	effecten ingrepen Grensmaas	RH (Svasek)	2002_01	-	-

De omkaderde SOBEK-modelschematisaties zijn voor de onderhavige studie gebouwd en gebruikt. In de Bijlagen 2 t/m 5 staan deze modellen nader gedocumenteerd.

## Bijlage 2 Modelschematisaties NA1978 en NA1987

### B2.1 Doelstelling

NA1978: morfologische verificatie van de bodemschematisatie (periode 1978-1995)

NA1987: morfologische kalibratie van de bodemschematisatie (periode 1987-1995)

### B2.2 Modelbouw

#### BASELINE-basisgegevens

De SOBEK-schematisaties NA1978 en NA1987 zijn afgeleide modelschematisaties, gebaseerd op basisgegevens van diverse modellen in BASELINE te combineren. De verwantschap met het NA-model (Autonome Ontwikkeling) is onderstaand weergegeven:

invoer	NA (AO)	NA1978	NA1987
<i>Baseline basisgegevens</i>			
Grenzen <ul style="list-style-type: none"> <li>• normaallijn</li> <li>• oeverlijn</li> <li>• secties met DGR-kaden (secties 0)</li> </ul>	Normaallijnen, oeverlijnen en (dus) secties zijn zo aangepast dat ingrepen zijn meegenomen. Voor nieuwe takken bij Bosscherveld en Stevensweert zijn lijnen van plassen hergebruikt voor bepaling van de sectie-indeling. De DGR-kaden uit zijn 1995 overgenomen. Hier wijken de BASELINE gegevens voor WAQUA-schematisatie af van die voor de SOBEK-schematisatie.	Geen sectie = 0 wegens afwezigheid van DGR-kaden	Als NA1978
Grenzen <ul style="list-style-type: none"> <li>• modelbegrenzing</li> </ul>	toegeleverd	Als NA	Als NA
oppervlaktewater <ul style="list-style-type: none"> <li>• plassen</li> </ul>	Plassen bij Bosscherveld en Stevensweert zijn verwijderd. Hier wijken de BASELINE gegevens voor WAQUA-schematisatie af van die voor de SOBEK-schematisatie.	Als NA	Als NA
riviergeometrie <ul style="list-style-type: none"> <li>• rivieras</li> <li>• rivierkilometer</li> <li>• linker- en rechter oever</li> </ul>	Door nieuwe takindeling tgv. de ingrepen zijn de bestanden rivieras en rivierkilometer uitgebreid. Samen met het bestand linrech van belang voor de vaststelling van vakgrenzen zomerbed.	Als NA	Als NA
takindeling	22 takken, 21 knopen. De takindeling is zo vastgesteld dat ook de ingrepen van het Voorkeursalternatief naadloos konden worden ingevoerd.	Als NA	Als NA

<b>invoer</b>	<b>NA (AO)</b>	<b>NA1978</b>	<b>NA1987</b>
<i>Afgeleide BASELINE basisgegevens</i>			
hoogtemodel zomerbed	1995	1978 (met gevulde hiaten)	1987 (met gevulde hiaten)
hoogtemodel winterbed	1995	1995	1995
kadesegmenten	In BASELINE-applicatie bepaald met behulp van WAQUA afvoeren en daarbij behorende waterstanden + handmatige correcties adhv. overlaten (WAQUA NA 3800 m <sup>3</sup> /s).	Als NA	Als NA
stroomvoering en berging	Buiten BASELINE-applicatie om bepaald op basis van afvoerpotentiaalijnen en secties. Grenzen zijn gelegd tussen 100 m <sup>3</sup> /s en 3700 m <sup>3</sup> /s (WAQUA NA 3800 m <sup>3</sup> /s)	Buiten BASELINE om bepaald op basis van stroombanen (DQ) en secties. Grenzen zijn gelegd tussen 100 m <sup>3</sup> /s en 3700 m <sup>3</sup> /s (WAQUA v93_1 3800 m <sup>3</sup> /s)	Als NA1978
vakgrenzen zomerbed	In BASELINE-applicatie bepaald met de vakgrenzen zomerbed applicatie.	Als NA	Als NA
vakgrenzen winterbed	Buiten BASELINE-applicatie om bepaald op basis van stroombanen (WAQUA NA 3800 m <sup>3</sup> /s) (DQ) en rivierkundig inzicht.	Als NA	Als NA
schematisatie.txt	Op basis van BASELINE-applicatie uitvoer (vakgrenzen zomerbedapplicatie) bepaald en rivierkundig inzicht. Niveaus h5, h8 zijn identiek aan het EP-model.	Als NA	Als NA
zomerbedruwheden	In SOBEK gekalibreerd aan WAQUA-resultaten	Als NA	Als NA
winterbedruwheden	In BASELINE bepaald op basis van ecotopen	In BASELINE bepaald op basis van ecotopen en bebouwing (dorpen)	In BASELINE bepaald op basis van ecotopen en bebouwing (dorpen)

## Modeltopografie

Onderstaand is een overzicht van knopen (nodes) en takken (branches) weergegeven.

Node	Naam	X (RDS <sup>2</sup> )	Y (RDS <sup>2</sup> )	Branch		node	node
1	Eijsden-MSW	175810	307625	1	Kalkmaas1	1	2
2	St.Pieter-MSW	176869	315462	2	Kalkmaas2	2	3
3	Maastricht	176885	319155	3	Grensmaas1	3	4
4	Borgh-dorp-MSW	175746	320727	4	Grensmaas2	4	5
5	Hochterbampd	176565	322868	5	Hochterbampd	5	6
6	Itteren-boven	176772	323754	6	Grensmaas3	6	7
7	Itteren-beneden	177966	324407	7	Grensmaas4	7	8
8	Meers-boven	179014	329559	8	Grensmaas5	8	9
9	Meers-beneden	178634	330656	9	Grensmaas6	9	10
10	Maasband-boven	178972	331120	10	Grensmaas7	10	11
11	Maasband-beneden	180489	332665	11	Grensmaas8	11	12
12	Obbicht	181929	337664	12	Grensmaas9	12	13
13	Grevenbicht	181577	339300	13	Grensmaas10	13	14
14	Koeweide-boven	181964	340324	14	Grensmaas11	14	15
15	Koeweide-beneden	183108	341191	15	Grensmaas12	15	16
16	Illikhoven	184004	341530	16	Grensmaas13	16	17
17	Heppeneert	184160	342080	17	Grensmaas14	17	18
18	Maaseik	184053	345088	18	Grensmaas15	18	19
19	Laak	186521	345867	19	Grensmaas16	19	20
20	Maasbracht	188689	351338	20	Grensmaas17	20	21
21	Heel-boven-MSW	192500	353300	21	Boscherveld	3	4
				22	Stevensweert <sup>1)</sup>	19	20

<sup>1)</sup> in modelschematisaties EP, EPM en EPP (VKA, VKA\_M en VKA\_P): tak 28

<sup>2)</sup> Rijksdriehoekstelsel

## Dwarsprofielen

Er zijn 157 dwarsprofielen gegenereerd uit de BASELINE-vakken 1 t/m 157. Hiertoe is het hoogtemodel van het zomerbed van 1978 resp. 1987 gebruikt. De vakken 158 t/m 179 bestaan in de NA-schematisatie niet. De oppervlakten behorende bij deze parallelle takken zijn aan de hoofdloop van de Grensmaas toegewezen (zie Figuren B4-1 t/m B4-5). Dit geldt ook voor de witte vlakken (omkade dorpen), omdat de DGR-kaden pas in 1995 aangelegd zijn (dus niet-bestaand voor NA1978 en NA1987). In Bijlage 4 (Tabel B4-1) zijn de locaties van deze takken weergegeven (Stevensweert heeft in deze tabel taknummer 28). Het stroomvoerende deel in het winterbed (dAf) is bij alle profielen gemaximaliseerd op 500 m<sup>2</sup>. Dit is gedaan om profielen te stroomlijnen en daardoor robuustere SOBEK simulaties te verkrijgen. Indien dit niet wordt gedaan ontstaan er allerlei instabiliteiten. De sedimentvoerende breedte is in eerste instantie gekoppeld aan de H5. Dit bleek op sommige locaties sedimentatieproblemen op te leveren waardoor het noodzakelijk was op een beperkt aantal locaties de sedimentvoerende breedte te vergroten.

## Hydraulische ruwheden

Zomerbed: overgenomen uit NA-model (Autonome Ontwikkeling: gekalibreerd aan WAQUA-model NA). Winterbed: bepaald uit BASELINE-ecotopen na uitschakeling kadesegmenten (het stroomvoerend winterbed is hierdoor effectief toegenomen, waarbij de code bebouwing ook van

invloed is op de oppervlakte-gewogen Nikuradse-waarden). Zie Figuren B4-16 en B4-17 in Bijlage 4.

### Kunstwerken

stuw/drempel	branch	locatie	type	hoogte (m+NAP)	breedte (m)	opmerkingen
Borgharen stuw	3. Grensmaas 1	635,0	general structure	39,70-44,05	99	regelbaar <sup>1)</sup>
Borgharen Bossch.	<i>idem (compound structure)</i>		broad weir	44,05	50	parallel links
Borgharen win	<i>idem (compound structure)</i>		broad weir	45,00	250	parallel rechts
Bosscherveld	21. Bosscherveld	890,0	broad weir	44,10	123	overlaat in kanaal
Stevensweert	22. Stevensweert	567,7	broad weir	26,80	311	natuurlijke drempel

<sup>1)</sup> hydraulic controller, stuwpeil 44,05 m+NAP

### Hydraulische en morfologische randvoorwaarden

naam	Hydraulisch	Morfologisch
Eijsden (bovenstrooms)	Q(t) : (gemeten) dagwaarden van 1-1-1911 t/m 31-12-1998, minimum op 50 m <sup>3</sup> /s gezet	S(t)=0: Geen invoer bovenstrooms
Heel-boven (benedenstrooms)	H(Q): zie Bijlage 6	S(t)=0: SOBEK bepaalt de uitvoer zelf.
Splitsingpunten	-	S(t) per tak evenredig met het debiet

### Laterale afvoeren

naam	type	branch	locatie	opmerking
1. Sluis Ternaaien	Q	1. Kalkmaas1	6250	lozing 10 m <sup>3</sup> /s (schutten en lekverlies)
2. Jeker	Q(t)	2. Kalkmaas2	3720	historische reeks (1911-1998)
3. Zuid-Willemsvaart	Q	4. Grensmaas2	730	onttrekking 15 m <sup>3</sup> /s (schutten en lekverlies)
4. Julianakanaal	Q	4. Grensmaas2	1040	onttrekking 16 m <sup>3</sup> /s (schutten en lekverlies)
5. Geul	Q(t)	7. Grensmaas4	3790	historische reeks (1911-1998)
6. Langbroekbeek	Q(t)	11. Grensmaas8	2684	historische reeks (1911-1998)
7. Witbeek	Q(t)	19. Grensmaas16	7785	historische reeks (1911-1998)
8. Thornerbeek	Q(t)	20. Grensmaas17	4031	historische reeks (1911-1998)

### Rekenpunten

Zie Tabel B4-1 in Bijlage 4 (vakken 1 t/m 157). Er zijn op enkele locaties buiten de profielen rekenpunten toegevoegd. Hier zijn geen profielen.

### Bodemschematisatie SOBEK-gegradeerd

De bodemschematisatie is bepaald aan de hand van o.a. NITG-boringen (TNO, 2002). Deze boringen zijn voornamelijk in het winterbed uitgevoerd vanwege de praktische moeilijkheden om op de Grensmaas zelf te meten. De samenstelling van de afpleisteringslaag en van de hieronder liggende grindlaag (secundair bodemmateriaal) is mede op basis van andere bronnen en de kalibratieprocedure bepaald. Geo-elektrische metingen zijn gebruikt voor een indicatie van de dikte van de grindlaag. Zie Paragraaf 5.3.2. en Bijlage 2.3 voor meer informatie.

### Transportformule

In alle SOBEK-simulaties is er voor gekozen om de zandtransport formule van Wu, Wang en Jia (Wu e.a., 2000) te gebruiken. Een analyse van Berkhout (2003) heeft aangegeven dat deze formule, in vergelijking met metingen van Wilbers (1996), voor de Grensmaas het best toepasbaar is.

### **Instellingen SOBEK**

De SOBEK-simulaties zijn zoveel mogelijk met de standaard instellingen uitgevoerd. Alle simulaties zijn instationair met een tijdstap van 3 uur uitgevoerd. Langere tijdstappen waren morfologisch niet stabiel. Verder is alleen het maximale aantal iteraties in de morfologische module verhoogd naar 1000 en is de Froude-grens waarbij de simulaties stoppen verhoogd tot 5. Hoge Froude-getallen treden over het algemeen niet langdurig op, maar kunnen soms tijdens het inspelen van een nieuwe of gewijzigde situatie tijdelijk voorkomen.

### **B2.3 Morfologische kalibratie en verificatie**

Het NA-model (AO) is gekalibreerd en geverifieerd op basis van de gegevens van Wilbers (1996). Wilbers heeft op basis van hoogtekarten van 1978, 1987 en 1995 de bodemveranderingen en zandtransporten bepaald over de periodes 1978-1987, 1987-1995 en 1978-1995. Er is voor gekozen om het morfologisch model over de periode 1987-1995 te kalibreren en vervolgens te verifiëren over de periodes 1978-1987 en 1978-1995 en het hoogwater van 1998 (Bodemprofiel 1995 met randvoorwaarden 1998). De periode 1987-1995 is voor de kalibratie gebruikt omdat in deze periode verschillende significante hoogwaters voorkomen.

In de kalibratie en verificatie is geprobeerd om de bodemveranderingen en gecumuleerde transporten van Wilbers zo goed mogelijk te simuleren. Hiertoe werd per run de bodemveranderingen bepaald op basis van de gemiddelde bodemligging  $z_b$  (van 1995 en 1987). De gecumuleerde transporten werden bepaald door de totale transporten (per gridpunt en per periode) over de Grensmaas te integreren.

Er zijn veel parameters in het SOBEK-model die kunnen worden gevarieerd om de morfologische berekeningen te verbeteren. Echter voor de kalibratie is alleen de samenstelling van de bodem en de kalibratiefactor ( $\gamma_s$ ) van de WWJ sedimenttransportformule gevarieerd. Er is voor de bodemsamenstelling gekozen omdat de samenstelling op vele locaties niet goed of helemaal niet bekend is. Het wordt niet zinnig geacht om andere parameters te gaan variëren als de samenstelling niet bekend is. Een uitzondering is gemaakt voor de kalibratiefactor in de WWJ-transportformule. Deze is voornamelijk gevarieerd om het sedimenttransport per tak te verbeteren.

De resultaten van de kalibratie zijn geverifieerd in drie andere periodes (1978-1987, 1978-1995 en hoogwater 1998). Omdat er voor al deze runs geen gegevens beschikbaar zijn over de initiële bodemsamenstelling, zijn de gekalibreerde bodemgegevens (van 1987) gebruikt. De resultaten van de verificaties zijn te zien in Hoofdstuk 5.



## **Bijlage 3 Modelschematisatie Nulalternatief (Autonome Ontwikkeling)**

### **B3.1 Doelstelling**

- Morfologische verificatieberekening `HW1998` (hoogwater 1998).
- Langjarige morfologische modelsimulaties 2015-2115 (Autonome Ontwikkeling) bij vier afvoerscenario's. Deze dienen als referentie voor de morfologische simulaties van het Voorkeursalternatief.

### **B3.2 Modelbouw**

#### **BASELINE-basisgegevens**

Zie Bijlage 2.

#### **Modeltopografie**

Zie Bijlage 2.

#### **Dwarsprofielen**

Er zijn 157 dwarsprofielen gegenereerd uit de BASELINE-vakken 1 t/m 157. Hiertoe is het hoogtemodel van het zomerbed van 1995 gebruikt. De vakken 158 t/m 179 bestaan in de NA-schematisatie niet. De oppervlakten behorende bij deze parallelle takken zijn aan de hoofdloop van de Grensmaas toegewezen (zie Figuren B4-1 t/m B4-5). Dit geldt niet voor de witte vlakken (omkade dorpen), deze oppervlakten maken geen deel uit van het winterbed. In Tabel B4-1 van Bijlage 4 zijn de locaties van de takken 1 t/m 22 weergegeven (Stevensweert heeft in deze tabel taknummer 28). Voor het NA is de stroomvoerende breedte achter de dijk ook beperkt tot 500 m<sup>2</sup> om meer robuuste SOBEK-simulaties te krijgen. De sedimentvoerende breedte is weer gekoppeld aan de h5. Indien nodig is hiervan afgeweken om op sommige locaties sedimentatieproblemen te voorkomen die de simulaties voortijdig beëindigen.

#### **Hydraulische ruwheden**

Winterbed: bepaald uit BASELINE-ecotopen met inschakeling kadesegmenten (het stroomvoerend winterbed bevat hierbij niet de omkade dorpen). Zie Bijlage 4 (Figuren B4-16 en B4-17).

Zomerbed: gekalibreerd aan WAQUA-model NA (AO). Zie Figuren B3-1 t/m B3-8.

#### **Kunstwerken**

Zie Bijlage 2.

#### **Hydraulische en morfologische randvoorwaarden**

Zie Bijlage 2 en 6. De laterale afvoeren zijn op overeenkomstige wijze verwerkt.

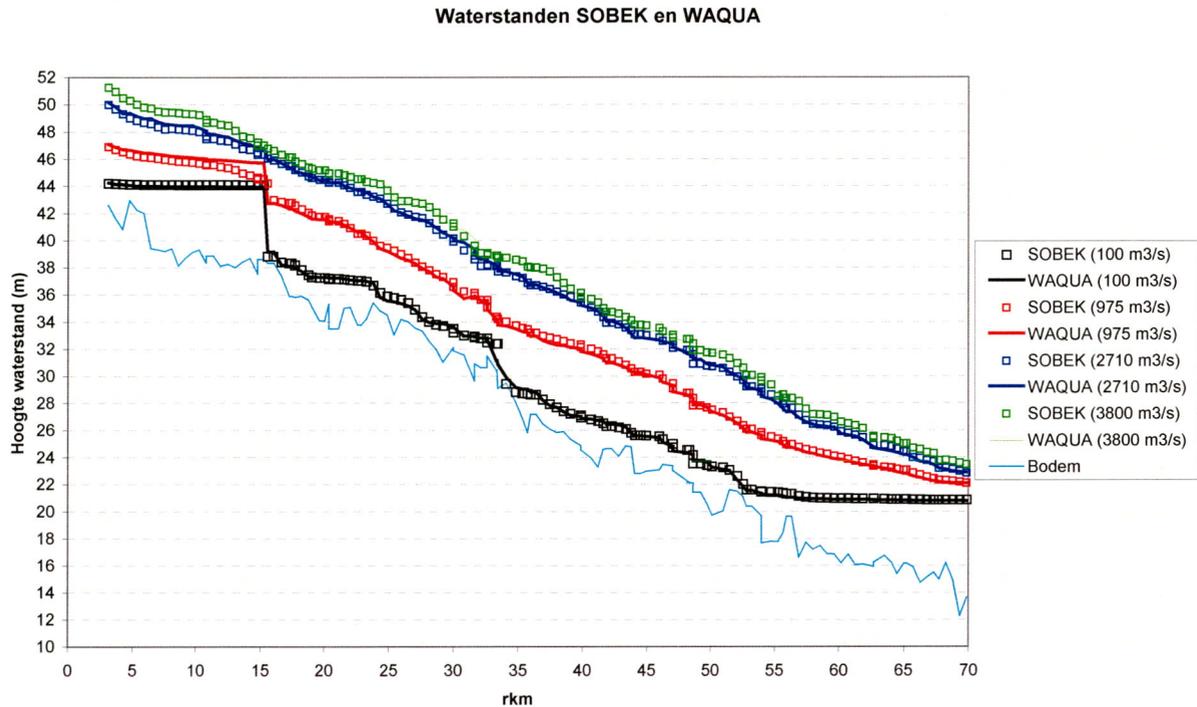
#### **Rekenpunten**

Zie tabel B4-1 in Bijlage 4 (vakken 1 t/m 157). Er zijn op enkele locaties buiten de profielen rekenpunten toegevoegd. Hier zijn geen profielen.

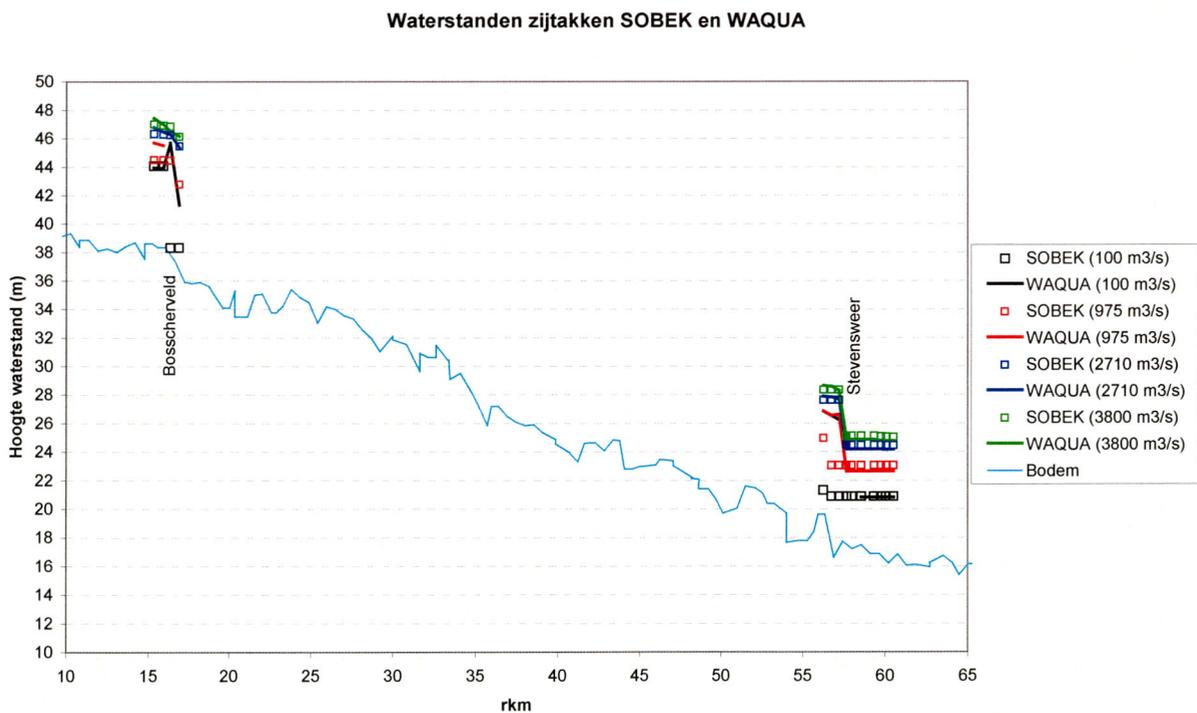
#### **Bodemschematisatie SOBEK-gegradeerd**

Overgenomen uit morfologische modelkalibratie. Zie Bijlage 2 en paragraaf 5.3.2.

## Hydraulische kalibratie op basis van WAQUA-resultaten NA-model (AO)

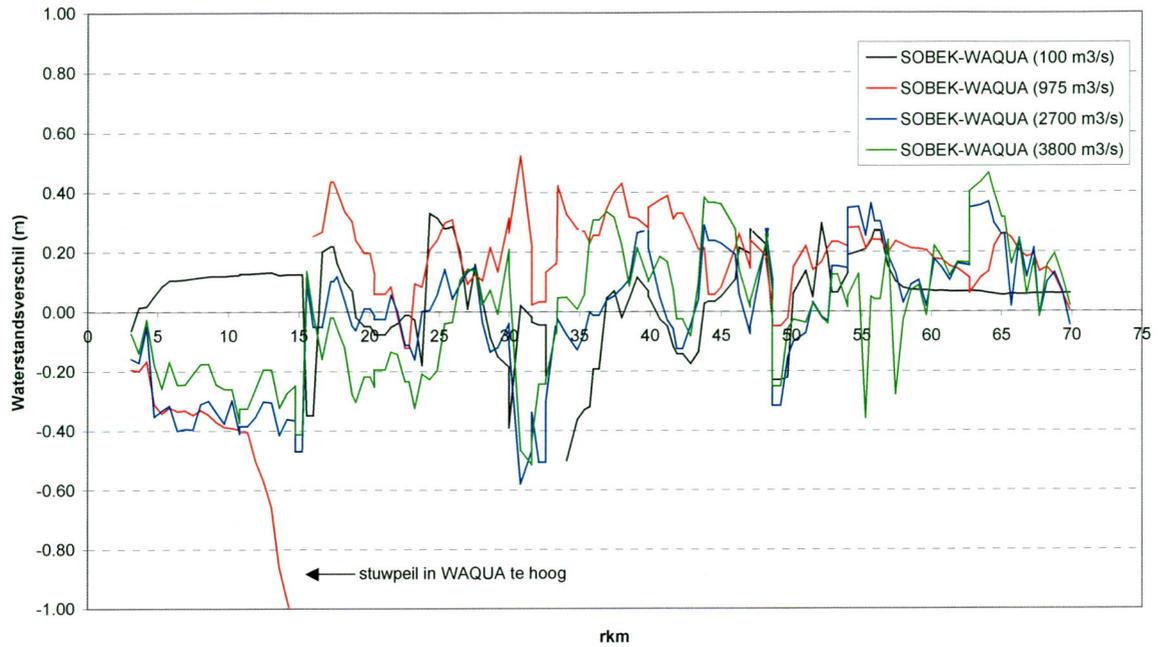


Figuur B3-1: Berekende waterstanden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK voor verschillende afvoeren



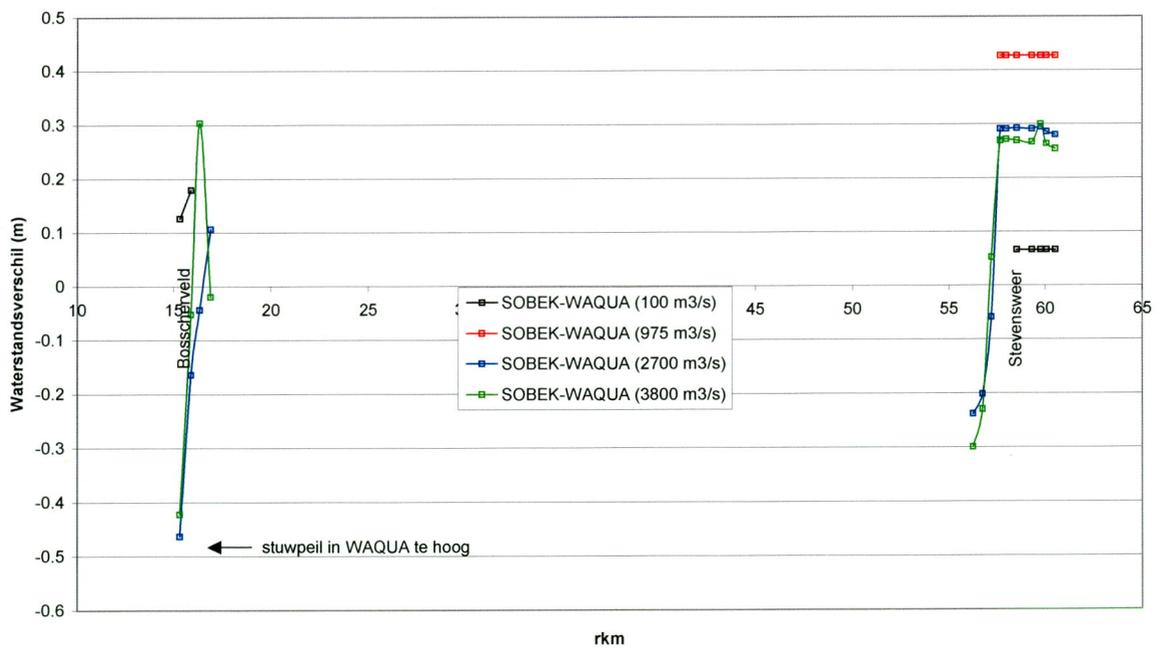
Figuur B3-2: Berekende waterstanden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK voor verschillende afvoeren

Waterstandverschillen tussen SOBEK en WAQUA

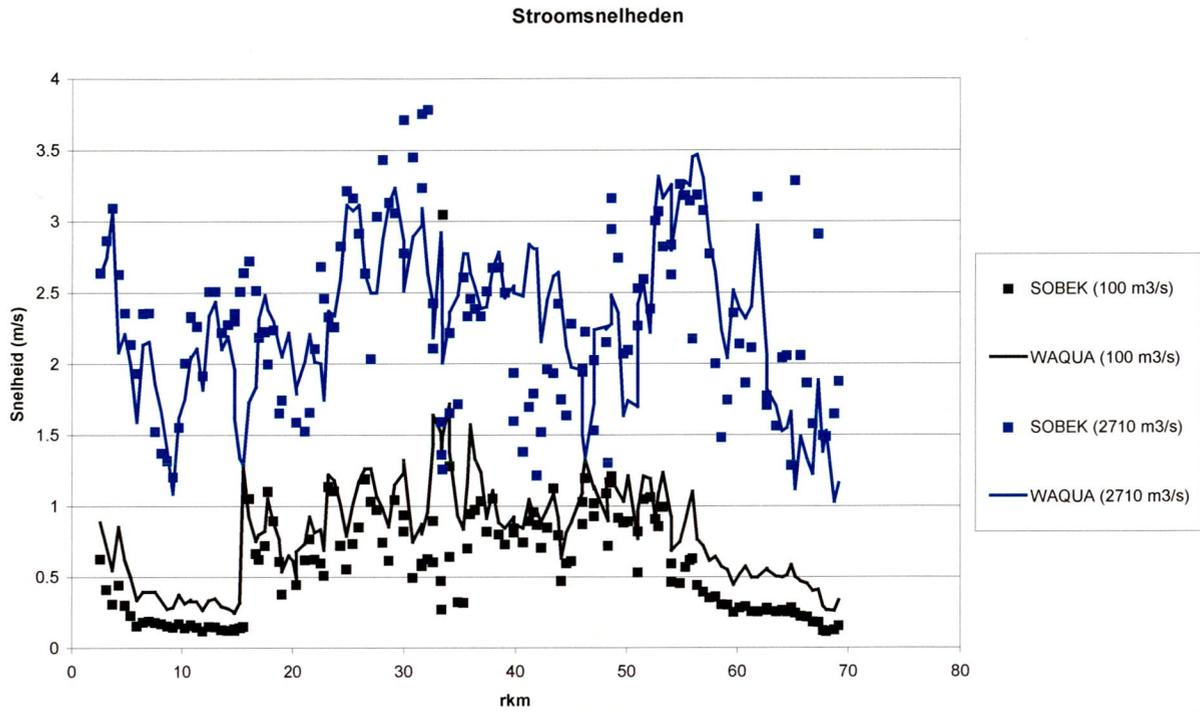


Figuur B3-3: Verschil berekende waterstanden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK

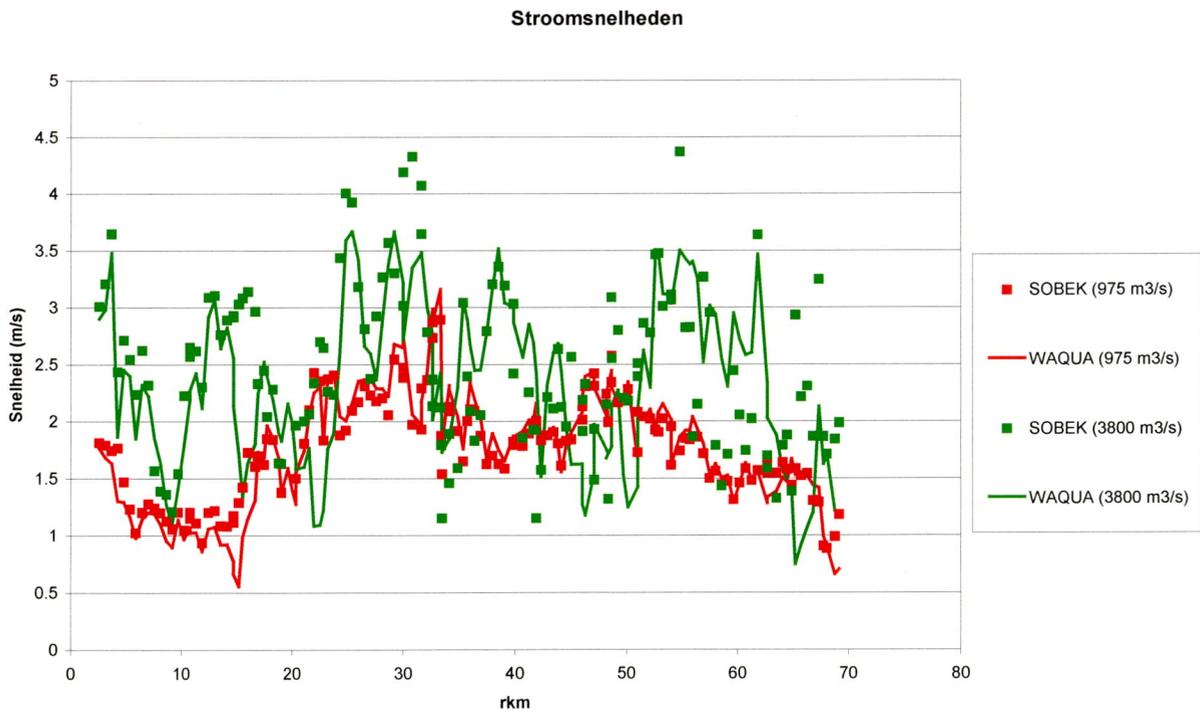
Waterstandverschillen zijtakken tussen SOBEK en WAQUA



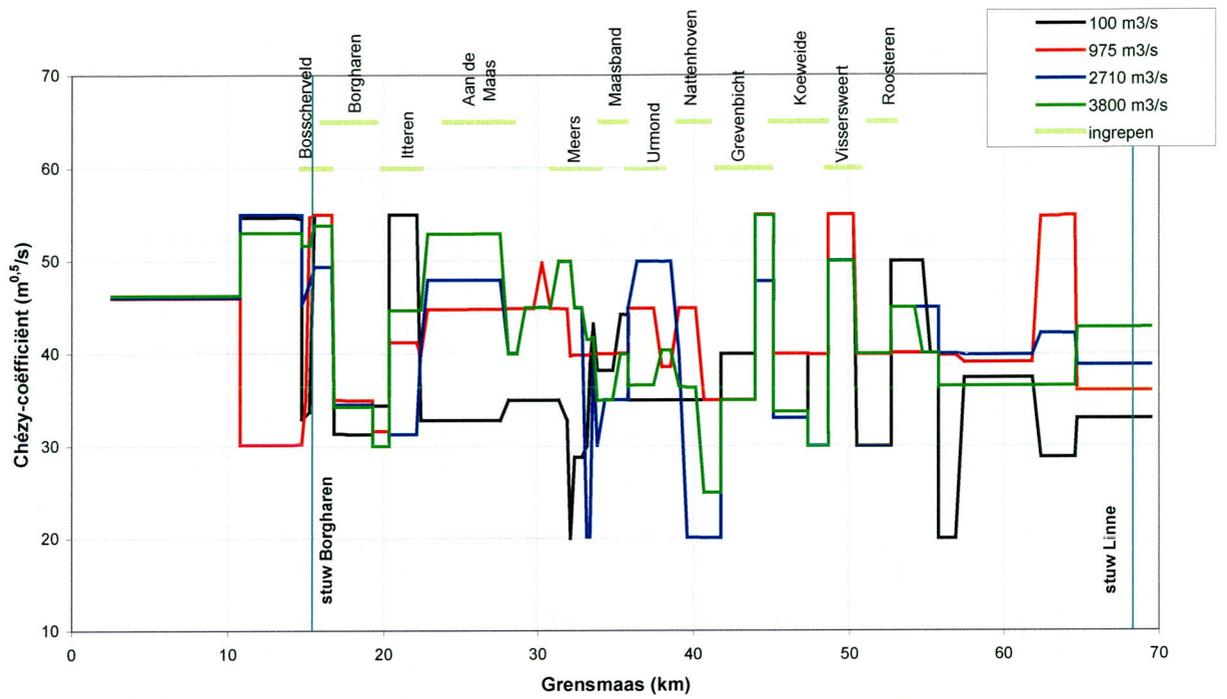
Figuur B3-4: Verschil berekende waterstanden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK



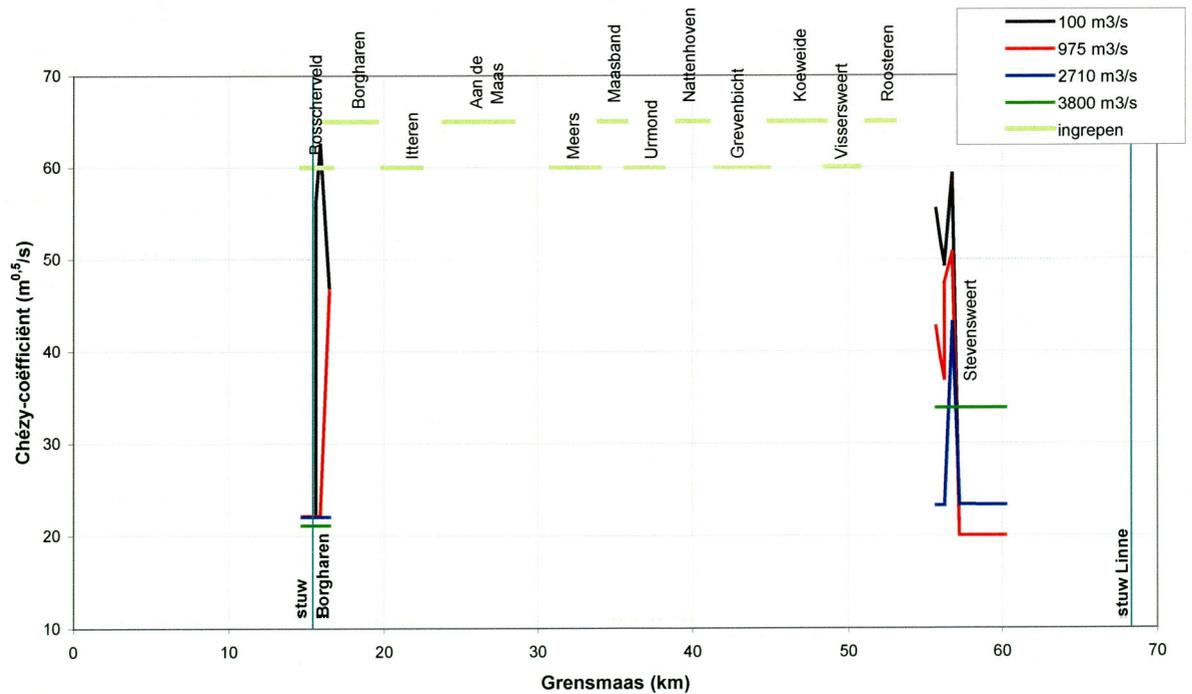
Figuur B3-5: Berekende stroomsnelheden (hoofdgeul) door SOBEK en WAQUA



Figuur B3-6: Berekende stroomsnelheden (hoofdgeul) door SOBEK en WAQUA



Figuur B3-7: Hydraulische ruwheden (Chézy-coëfficiënten) zomerbed NA-model (AO)



Figuur B3-8: Hydraulische ruwheden (Chézy-coëfficiënten) zijtakken NA-model (AO)



## Bijlage 4 Modelschematisatie Eindplan (Voorkeursalternatief)

### B4.1 Doelstelling

Langjarige morfologische modelsimulaties 2015-2115 (Voorkeursalternatief) bij vier afvoerscenario's.

### B4.2 Modelbouw

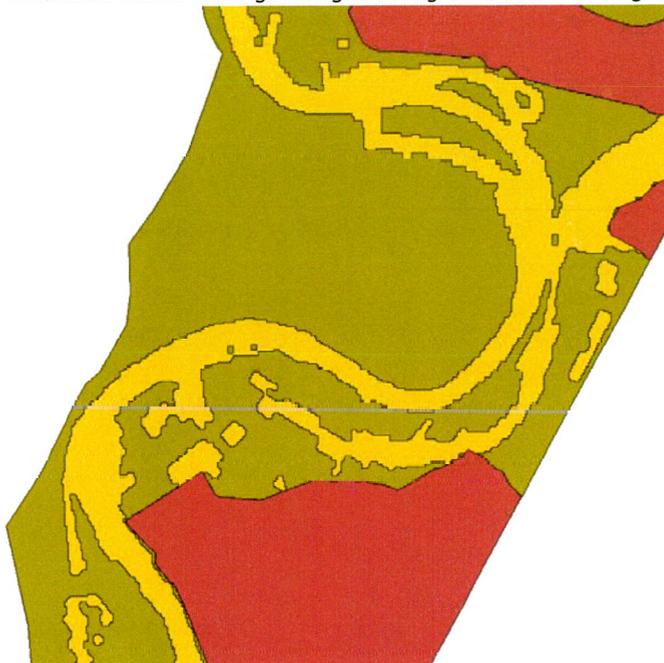
#### BASELINE-basisgegevens

De SOBEK-schematisaties VKA\_P en VKA\_M zijn afgeleide modelschematisaties, gebaseerd op basisgegevens van diverse modellen in BASELINE te combineren. De verwantschap met het VKA-model (Autonome Ontwikkeling) is onderstaand weergegeven

invoer	EP (VKA)	EPM (VKA_M)	EPP (VKA_P)
<i>Baseline basisgegevens</i>			
grenzen <ul style="list-style-type: none"> <li>normaallijn</li> <li>oeverlijn</li> <li>secties met DGR-kaden (secties 0)</li> </ul>	Normaallijnen, oeverlijnen en (dus) secties zijn zo aangepast dat ingrepen zijn meegenomen. Voor de nieuwe takken bij Bosscherveld en Stevensweert zijn de lijnen van plassen hergebruikt voor bepaling van sectie-indeling. De DGR-kaden zijn uit 1995 overgenomen. Hier wijken de BASELINE gegevens voor de WAQUA-schematisatie af van die voor de SOBEK-schematisatie.	Als EP	Als EP
grenzen <ul style="list-style-type: none"> <li>modelbegrenzing</li> </ul>	Externe modelbegrenzing toegeleverd in EP-basisgegevens. Modelbegrenzing tussen parallelle takken vastgesteld op basis van WAQUA-stroomlijnen en ligging van knooppunten.	Als EP	Als EP
oppervlaktewater <ul style="list-style-type: none"> <li>plassen</li> </ul>	Als NA	Als NA	Als NA
riviergeometrie <ul style="list-style-type: none"> <li>rivieras</li> <li>rivierkilometer</li> <li>linker- en rechter oever</li> </ul>	Door nieuwe takindeling tgv. de ingrepen zijn de bestanden rivieras en rivierkilometer uitgebreid. Samen met het bestand linrech zijn die van belang voor de vaststelling van de vakgrenzen zomerbed.	Als EP	Als EP
takindeling	28 takken (22 identiek aan NA, 6 extra aansluitend op de bestaande knopen), 21 knopen.	Als EP	Als EP

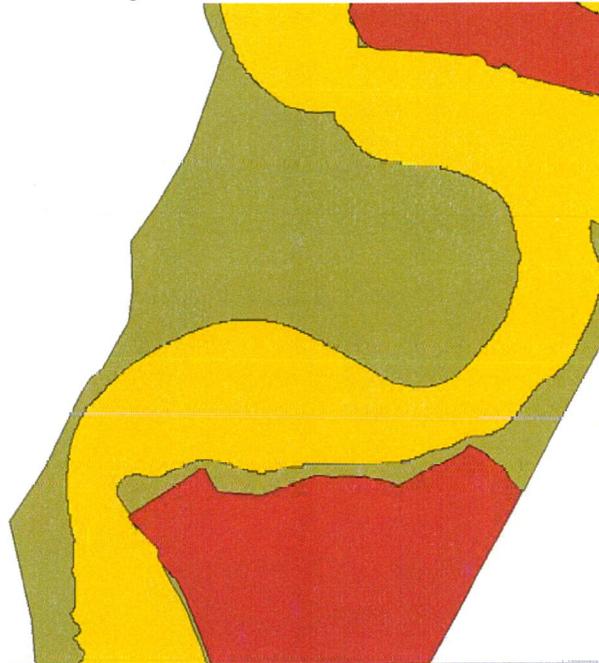
<b>invoer</b>	<b>EP (VKA)</b>	<b>EPM (VKA_M)</b>	<b>EPP (VKA_P)</b>
<i>Afgeleide BASELINE basisgegevens</i>			
hoogtemodel zomerbed	toegeleverd	toegeleverd	toegeleverd
hoogtemodel winterbed	toegeleverd	toegeleverd	toegeleverd
kadesegmenten	In BASELINE-applicatie bepaald met behulp van WAQUA afvoeren en daarbij behorende waterstanden + handmatige correcties adhv. overlaten (WAQUA EP 3800 m <sup>3</sup> /s).	Als EP	Als EP
stroomvoering en berging	Buiten BASELINE-applicatie om bepaald op basis van stroombanen (DQ) en secties. Grenzen zijn gelegd tussen 100 m <sup>3</sup> /s en 3700 m <sup>3</sup> /s (WAQUA EP 3800 m <sup>3</sup> /s)	Als EP	Als EP
vakgrenzen zomerbed	In BASELINE-applicatie bepaald met de vakgrenzen zomerbed applicatie (uitbreiding van NA).	Als EP	Als EP
vakgrenzen winterbed	Buiten BASELINE-applicatie om bepaald op basis van afvoerpotentiaalijnen (WAQUA EP 3800 m <sup>3</sup> /s) en rivierkundig inzicht. Van NA overgenomen waar geen ingrepen zaten	Als EP	Als EP
schematisatie.txt	Met behulp van BASELINE-applicatie (vakgrenzen zomerbedapplicatie) uitvoer en rivierkundig inzicht bepaald. Niveaus h5 en h8 zijn vastgesteld met behulp van 500 m <sup>3</sup> /s en 975 m <sup>3</sup> /s permanenties (WAQUA EP) en de controle van de breedte van oeversecties bij weerdverlagingen.	Bij ingrepen h5 met 0,5 meter verlaagd	Bij ingrepen h5 met 0,5 meter verhoogd.
zomerbedruwheden	In SOBEK gekalibreerd aan WAQUA-resultaten	Als EP	Als EP
winterbedruwheden	In BASELINE bepaald op basis van ecotopen	In BASELINE bepaald op basis van ecotopen en bebouwing (dorpen)	In BASELINE bepaald op basis van ecotopen en bebouwing (dorpen)

De applicatie 'Grens stroomvoering' is niet gebruikt wegens grote discontinuïteiten in de uitkomsten. Hiervoor zijn de 95%-afvoerpercentielen (stroomlijnen) gebruikt. De BASELINE-applicatie 'Vakgrenzen-winterbed' bleek in het geheel geen vakgrenzen te kunnen genereren. Zie figuren.



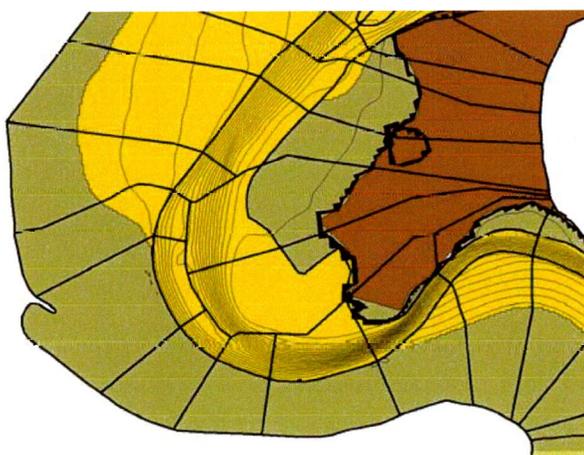
Roosteren - Ohé

*grens stroomvoering volgens Baseline  
geel = stroomvoering; groen = berging;  
bruin = gebieden achter DGR-kaden*



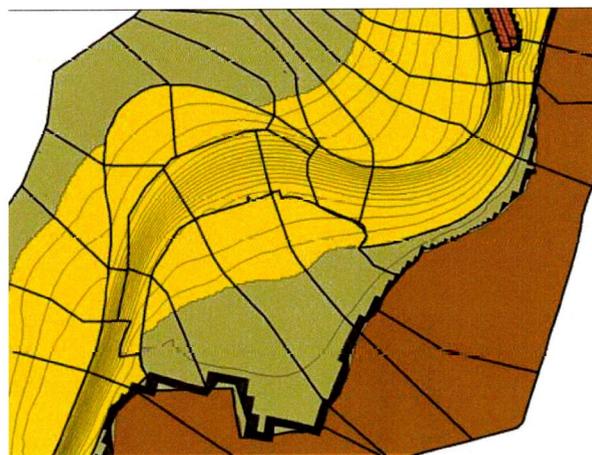
Roosteren - Ohé

*grens stroomvoering zoals door Meander vastgesteld  
geel = stroomvoering; groen = berging;  
bruin = gebieden achter DGR-kaden*



Meers

*SOBEK-vakgrenzen, afvoerpotentiaallijnen  
gesuperponeerd op grens stroomvoering en berging  
geel = stroomvoering; groen = berging;  
bruin = gebieden achter DGR-kaden*



Koeweide

*SOBEK-vakgrenzen, afvoerpotentiaallijnen  
gesuperponeerd op grens stroomvoering en berging  
geel = stroomvoering; groen = berging;  
bruin = gebieden achter DGR-kaden*

## Modeltopografie

Onderstaand is een overzicht van knopen (nodes) en takken (branches) weergegeven.

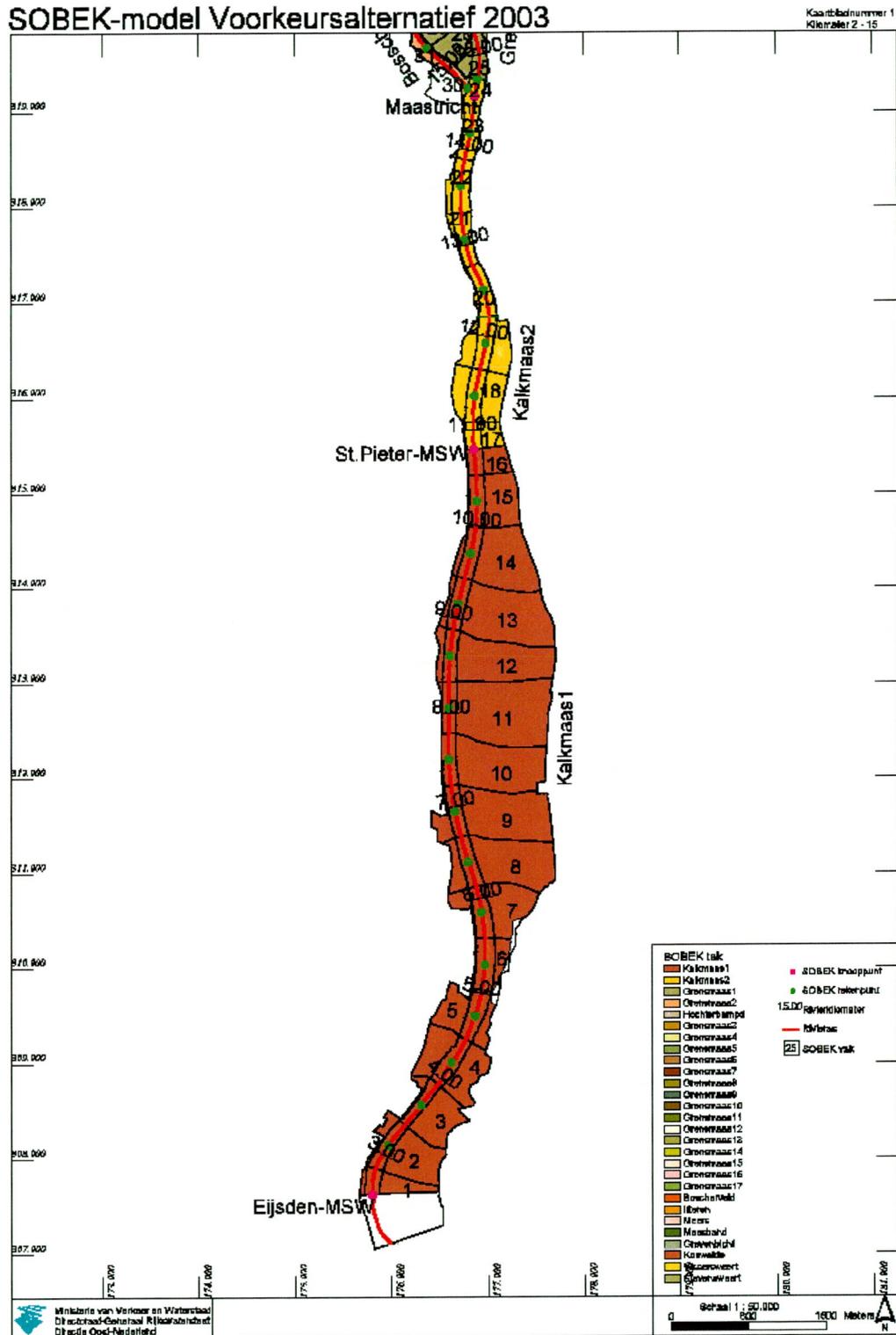
Node	Naam	X	Y
1	Eijsden-MSW	175810	307625
2	St.Pieter-MSW	176869	315462
3	Maastricht	176885	319155
4	Borgh-dorp-MSW	175746	320727
5	Hochterbampd	176565	322868
6	Itteren-boven	176772	323754
7	Itteren-beneden	177966	324407
8	Meers-boven	179014	329559
9	Meers-beneden	178634	330656
10	Maasband-boven	178972	331120

Node	Naam	X	Y
11	Maasband-beneden	180489	332665
12	Obbicht	181929	337664
13	Grevenbicht	181577	339300
14	Koeweide-boven	181964	340324
15	Koeweide-beneden	183108	341191
16	Illikhoven	184004	341530
17	Heppeneert	184160	342080
18	Maaseik	184053	345088
19	Laak	186521	345867
20	Maasbracht	188689	351338
21	Heel-boven-MSW	192500	353300

Branch	node	node
1	Kalkmaas1	1 2
2	Kalkmaas2	2 3
3	Grensmaas1	3 4
4	Grensmaas2	4 5
5	Hochterbampd	5 6
6	Grensmaas3	6 7
7	Grensmaas4	7 8
8	Grensmaas5	8 9
9	Grensmaas6	9 10
10	Grensmaas7	10 11
11	Grensmaas8	11 12
12	Grensmaas9	12 13
13	Grensmaas10	13 14
14	Grensmaas11	14 15

Branch	node	node
15	Grensmaas12	15 16
16	Grensmaas13	16 17
17	Grensmaas14	17 18
18	Grensmaas15	18 19
19	Grensmaas16	19 20
20	Grensmaas17	20 21
21	Boscherveld	3 4
22	Itteren	6 7
23	Meers	8 9
24	Maasband	10 11
25	Grevenbicht	12 13
26	Koeweide	14 15
27	Vissersweet	16 17
28	Stevensweet	19 20

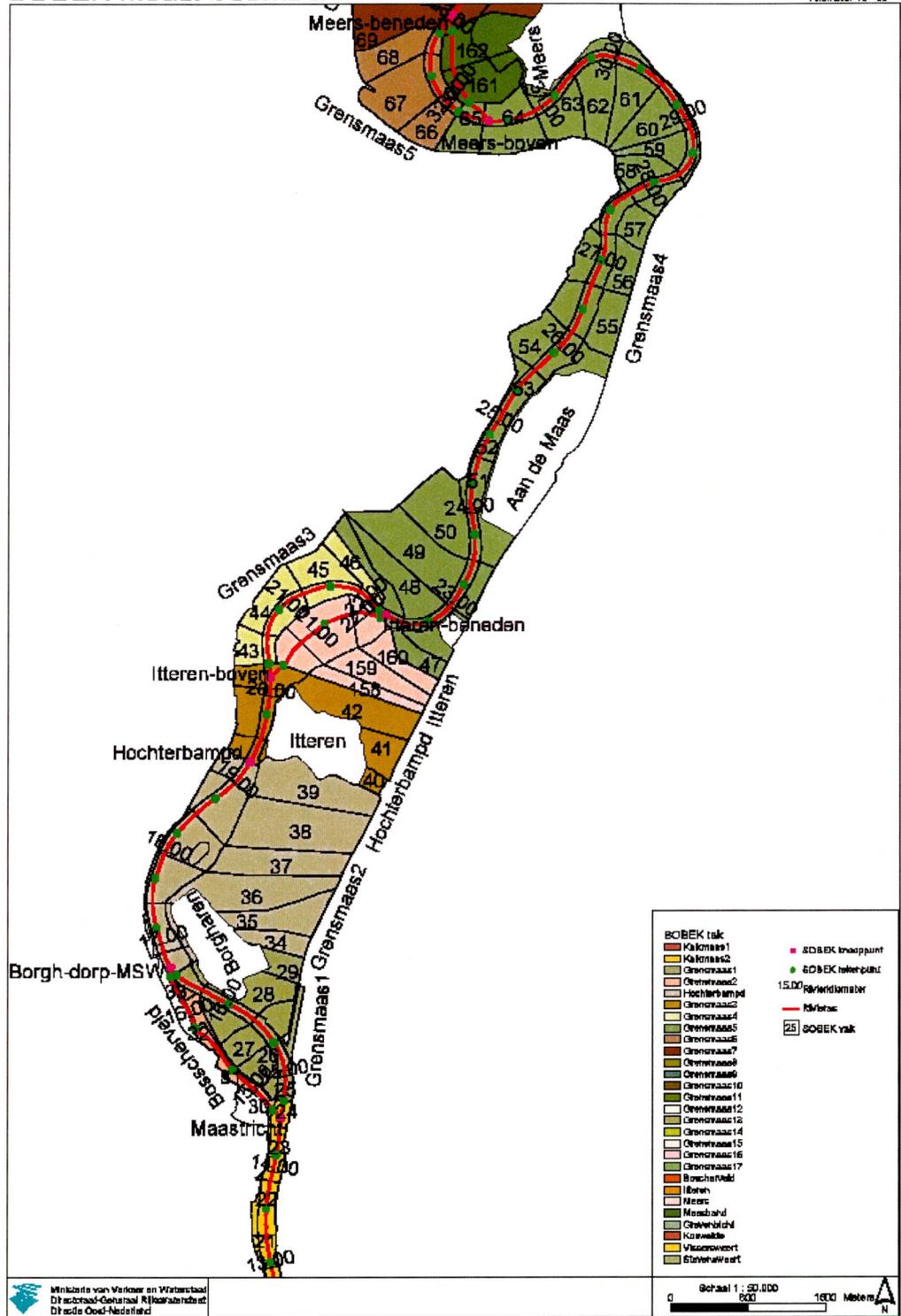
Overzicht model



Figuur B4-1: Overzicht modelbereik: rkm 2,56-15

# SOBEK-model Voorkeursalternatief 2003

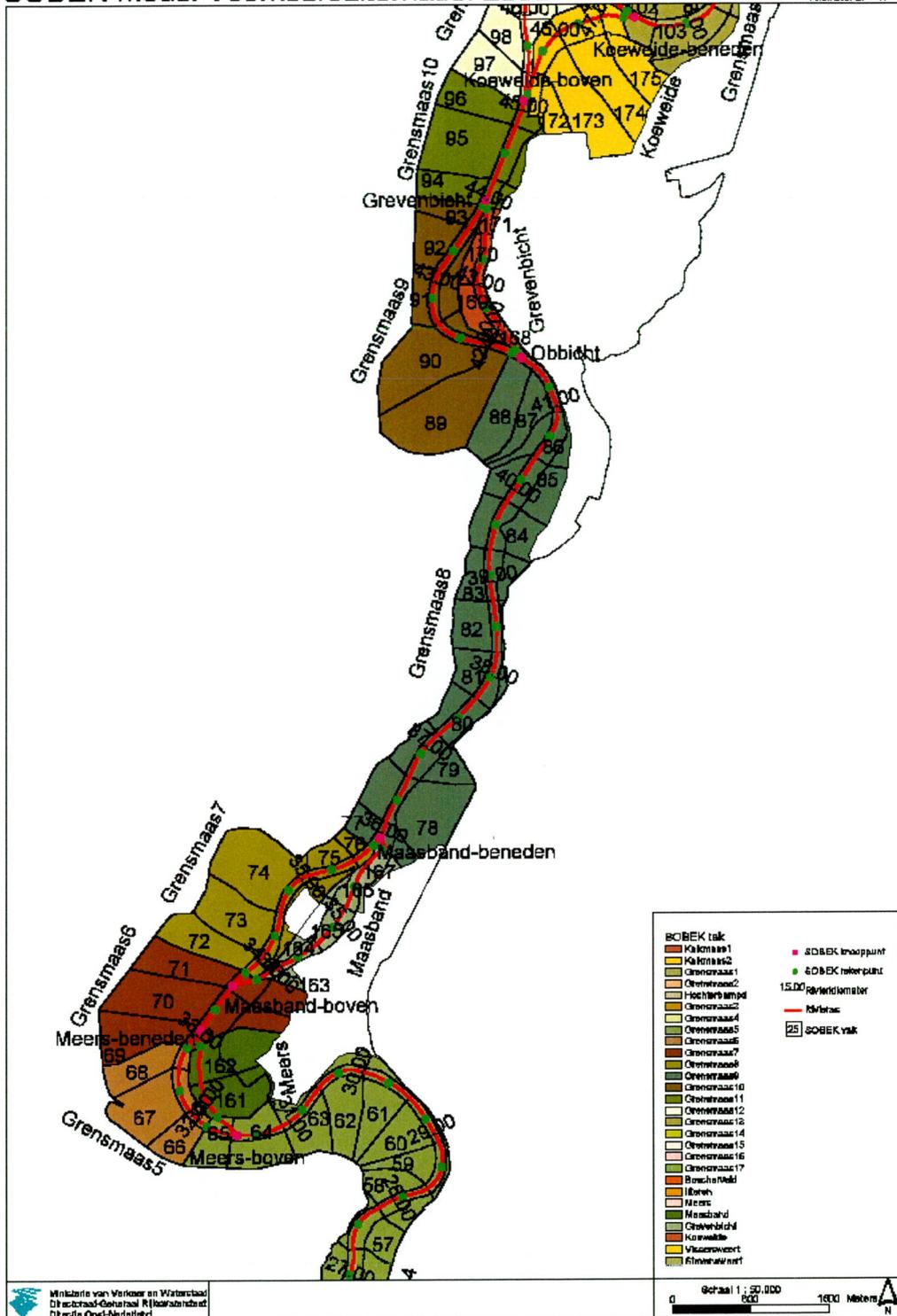
Kaartbladnummer 2  
Kleinrijs 13 - 33



Figuur B4-2: Overzicht modelbereik: rkm 13-33

# SOBEK-model Voorkeursalternatief 2003

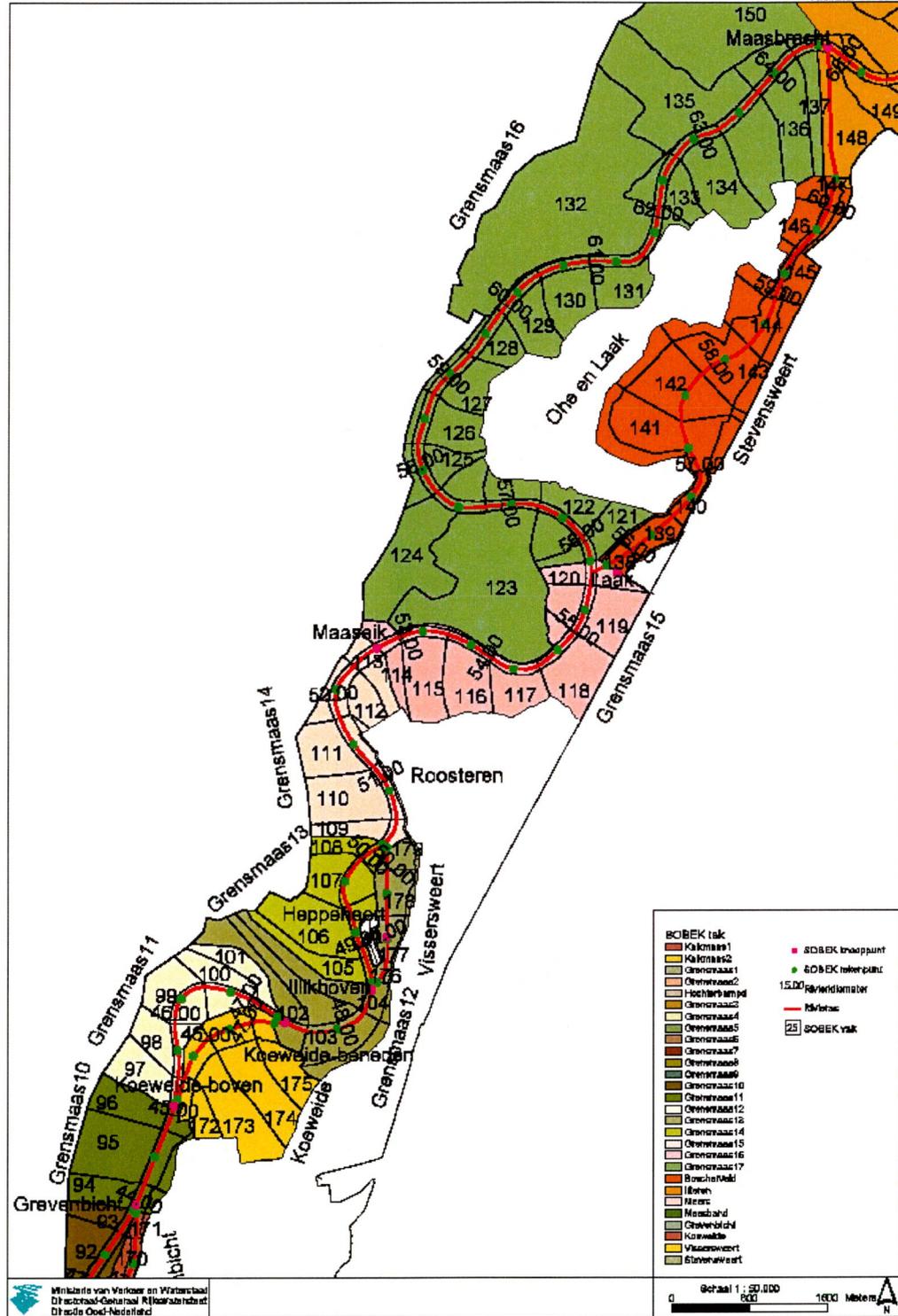
Kaartblatnummer 3  
Kleinrijs 27 - 47



Figuur B4-3: Overzicht modelbereik: rkm 27-46

# SOBEK-model Voorkeursalternatief 2003

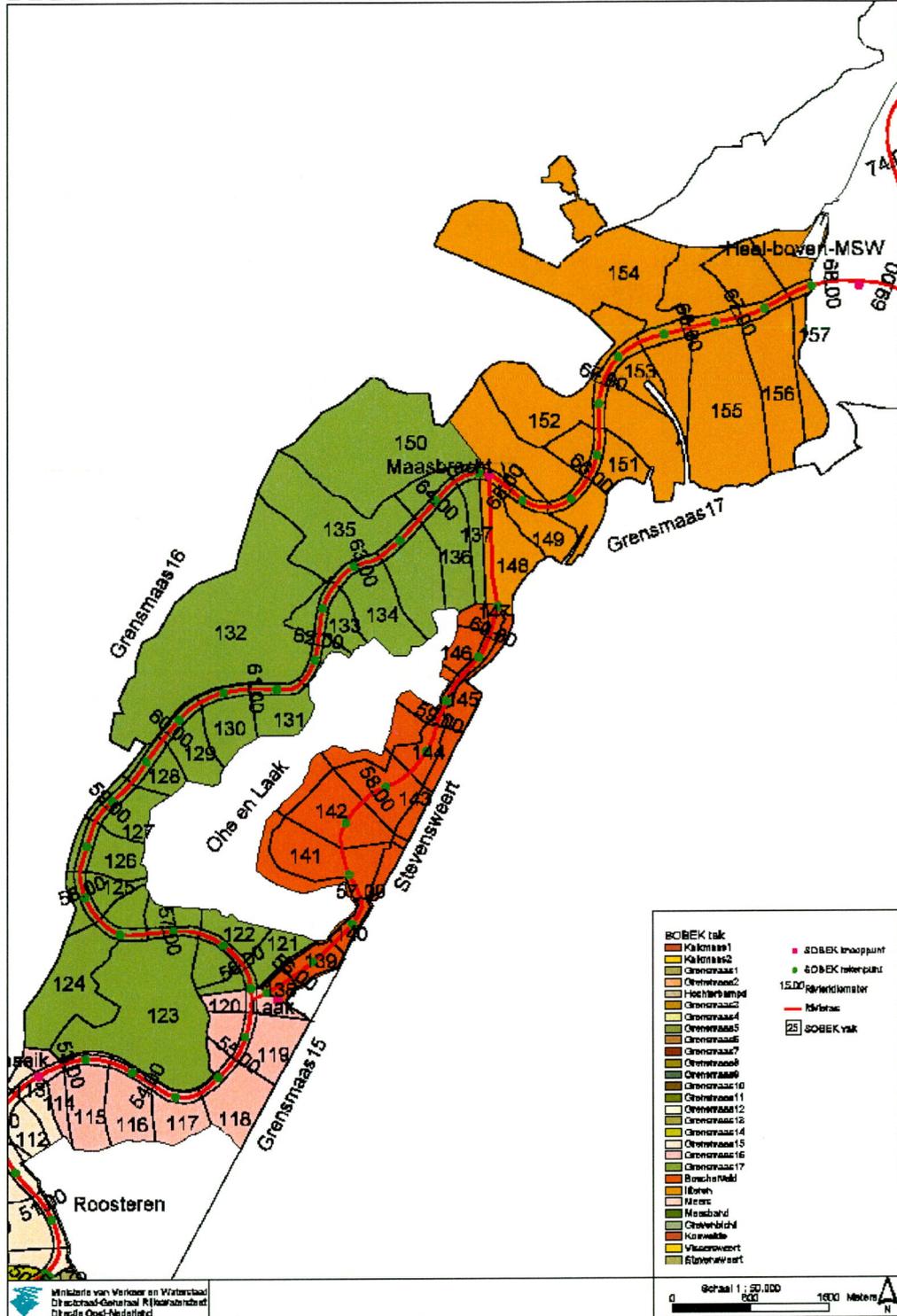
Kaartbladnummer 4  
Kilometer 44 - 65



Figuur B4-4: Overzicht modelbereik: rkm 44-65

# SOBEK-model Voorkeursalternatief 2003

Kaartnummer 5  
Kleinrijs 54 - 69



Figuur B4-5: Overzicht modelbereik: rkm 51-68N

### Dwarsprofielen

Er zijn 179 dwarsprofielen gegenereerd uit de BASELINE-vakken met gelijke nummers. Hiertoe is het hoogtemodel van het EP (VKA) gebruikt, bestaande uit het hoogtemodel van 1995 met gesuperponeerde rivierkundige ingrepen. Zie Figuren B4-1 t/m B4-5. De witte vlakken (omkade dorpen) maken geen deel uit van het winterbed. In Tabel B4-1 onder 'Rekenpunten' (Bijlage 4-12 t/m Bijlage 4-15) zijn de locaties van de profielen weergegeven. Net als bij het NA (AO) is de stroomvoerende breedte achter de zomerdijk beperkt tot 500 m<sup>2</sup>. De sedimentvoerende breedte is weer gelijk gesteld aan de h5. Indien nodig zijn er op een aantal locaties aanpassingen gedaan aan de sedimentvoerende breedte om sedimentatieproblemen te voorkomen.

### Hydraulische ruwheden

Zomerbed: overgenomen uit WAQUA-model NA (zie Figuren B4-14 en B4-15).

Winterbed: bepaald uit BASELINE-ecotopen met inschakeling kadeselementen (het stroomvoerend winterbed bevat hierbij niet de omkade dorpen). Zie Figuren B4-16 en B4-17.

### Kunstwerken

De kunstwerken van het NA-model (AO) zijn aangevuld met drempels in de nieuwe geulen.

stuw/drempel	branch	locatie	type	hoogte (m+NAP)	breedte (m)	opmerkingen
Borgharen stuw	3. Grensmaas 1	635,0	general structure	39,70-44,05	99	regelbaar <sup>1)</sup>
Borgharen Bossch	<i>idem (compound structure)</i>		broad weir	44,05	50	parallel links
Borgharen win	<i>idem (compound structure)</i>		broad weir	45,00	250	parallel rechts
Bosscherveld	21. Bosscherveld	890,0	broad weir	44,10	123	overlaat in kanaal
Maasband	24. Maasband	483,8	broad weir	30,30	191	drempel bij geul
Grevenbicht	25. Grevenbicht	531,4	broad weir	27,20	326	drempel bij geul
Vissersweert	27. Vissersweert	475,8	broad weir	25,30	241	drempel bij geul
Stevensweert	28. Stevensweert	567,7	broad weir	26,80	311	natuurlijke drempel

<sup>1)</sup> hydraulisch controller, stuwpeil 44,05 m+NAP

### Hydraulische en morfologische randvoorwaarden

Zie Bijlagen 2 en 6. De laterale afvoeren zijn op overeenkomstige wijze verwerkt.

### Rekenpunten

Elk vak heeft een rekenpunt (zie Figuren B4-1 t/m B4-5). Er zijn op enkele locaties buiten de profielen rekenpunten toegevoegd. Hier zijn geen profielen. Zie onderstaande tabel (kolommen 'taknaam' en 'X').

### Bodemschematisatie SOBEK-gegradeerd

Overgenomen uit morfologische modelkalibratie. Zie Bijlage 2 en paragraaf 5.3.2. Zie ook onderstaande tabel.

### Bodembescherming

De bodembeschermingen zijn in de bodemschematisatie ingebouwd door laag 39 vast te zetten (zie tabel B4-1). Door laag 40 vrij te laten wordt de transportlaag niet aangetast.

## Structuur van het model

Onderstaande tabel laat de structuur van het SOBEK-model zien, met hierin de vakken, de locaties van de rekenpunten, de herkomst van de bodemgegevens uit het NITG-bestand en een eventuele bewerking van de sublaag en toplaag. Deze structuur is ook geldig voor de varianten EPP en EPM, het NA-model en de hiervan afgeleide varianten NA1978 en NA1987.

## legenda

vak zonder NITG-data

toegevoegd SOBEK-punt

t = toplaag (type 1 en 2, zie par. 5.5.3)

s = sublaag (Type 1,2 en 3, zie par. 5.5.3)

b = bodembescherming

(1=ontwerp, 2= verlenging)

o = ongewijzigd uit NITG

Tabel B4-1 Overzicht van de structuur van het model (NA en EP)

BASELINE SOBEK-vak	BRANCH	taknaam	X	km	SOBEK-uitvoer	data uit		toplaag		sublaag	
						NITG vak		NA	EP	NA	EP
1	1	Kalkmaas1	0.0	2.56-2.84	1. Kalkmaas1	0.0	1	t1	t1	s1	s1
2	1	Kalkmaas1	549.5	2.84-3.39	1. Kalkmaas1	549.50	2	t1	t1	s1	s1
3	1	Kalkmaas1	1099.0	3.39-3.94	1. Kalkmaas1	1099.0	3	t1	t1	s1	s1
4	1	Kalkmaas1	1648.4	3.94-4.49	1. Kalkmaas1	1648.4	4	t1	t1	s1	s1
5	1	Kalkmaas1	2197.9	4.49-5.04	1. Kalkmaas1	2197.9	5	t1	t1	s1	s1
6	1	Kalkmaas1	2747.4	5.04-5.58	1. Kalkmaas1	2747.4	6	t1	t1	s1	s1
7	1	Kalkmaas1	3296.9	5.58-6.13	1. Kalkmaas1	3296.9	7	t1	t1	s1	s1
8	1	Kalkmaas1	3846.4	6.13-6.68	1. Kalkmaas1	3846.4	8	t1	t1	s1	s1
9	1	Kalkmaas1	4395.9	6.68-7.23	1. Kalkmaas1	4395.9	9	t1	t1	s1	s1
10	1	Kalkmaas1	4945.4	7.23-7.78	1. Kalkmaas1	4945.4	10	t1	t1	s1	s1
11	1	Kalkmaas1	5494.8	7.78-8.33	1. Kalkmaas1	5494.8	11	t1	t1	s1	s1
12	1	Kalkmaas1	6044.3	8.33-8.88	1. Kalkmaas1	6044.3	12	t1	t1	s1	s1
13	1	Kalkmaas1	6593.8	8.88-9.43	1. Kalkmaas1	6593.8	13	t1	t1	s1	s1
14	1	Kalkmaas1	7143.3	9.43-9.98	1. Kalkmaas1	7143.3	14	t1	t1	s1	s1
15	1	Kalkmaas1	7692.8	9.98-10.53	1. Kalkmaas1	7692.8	15	t1	t1	s1	s1
16	1	Kalkmaas1	8242.3	10.53-10.80	1. Kalkmaas1	8242.3	16	t1	t1	s1	s1
17	2	Kalkmaas2	0.0	10.80-11.09	2. Kalkmaas2	.00	17	t1	t1	s1	s1
18	2	Kalkmaas2	564.2	11.09-11.65	2. Kalkmaas2	564.20	18	t1	t1	s1	s1
19	2	Kalkmaas2	1128.4	11.65-12.21	2. Kalkmaas2	1128.4	19	t1	t1	s1	s1
20	2	Kalkmaas2	1692.6	12.21-12.78	2. Kalkmaas2	1692.6	20	t1	t1	s1	s1
21	2	Kalkmaas2	2256.8	12.78-13.34	2. Kalkmaas2	2256.8	21	t1	t1	s1	s1
22	2	Kalkmaas2	2821.0	13.34-13.90	2. Kalkmaas2	2821.0	22	t1	t1	s1	s1
23	2	Kalkmaas2	3385.2	13.90-14.46	2. Kalkmaas2	3385.2	23	t1	t1	s1	s1
24	2	Kalkmaas2	3949.4	14.46-14.75	2. Kalkmaas2	3949.4	24	t1	t1	s1	s1
25	3	Grensmaas1	0.0	14.75-15.06	3. Grensmaas1	.00	25	t1	t1	s1	s1
		3 Grensmaas1	317.5		3. Grensmaas1	317.5	25	t1	t1	s1	s1
26	3	Grensmaas1	635.0	15.06-15.39	3. Grensmaas1	635.0	26	t1	t1	s1	s1
27	3	Grensmaas1	636.0	15.39-15.70	3. Grensmaas1	636.0	27	t1	t1	s1	s1
28	3	Grensmaas1	1256.9	15.70-16.33	3. Grensmaas1	1256.9	28	t1	t1	s1	s1
29	3	Grensmaas1	1878.8	16.33-16.64	3. Grensmaas1	1878.8	29	t1	t1	s1	s1
30	21	Bosscherveld	0.0	14.73-15.03	21. Bosscherveld	.00	25	t1	t1	s1	s1
31	21	Bosscherveld	594.4	15.03-15.60	21. Bosscherveld	594.4	26	t1	t1	s1	s1
		21 Bosscherveld	890.0		21 Bosscherveld	890.0	26	t1	t1	s1	s1
		21 Bosscherveld	891.0		21 Bosscherveld	891.0	27	t1	t1	s1	s1
32	21	Bosscherveld	1188.8	15.60-16.18	21. Bosscherveld	1188.8	27	t1	t1	s1	s1
33	21	Bosscherveld	1783.2	16.18-16.48	21. Bosscherveld	1783.2	29	t1	t1	s1	s1
34	4	Grensmaas2	0.0	16.81-16.99	4. Grensmaas2	.00	34	t1	t1	s1	s1
35	4	Grensmaas2	530.6	16.99-17.44	4. Grensmaas2	530.6	35	t2	t2	s1	s1
36	4	Grensmaas2	1061.1	17.44-17.97	4. Grensmaas2	1061.1	36	t2	t2	s1	s1
37	4	Grensmaas2	1591.7	17.97-18.50	4. Grensmaas2	1591.7	37	t2	t2	s1	s1

BASELINE	BRANCH	taknaam	X	km	SOBEK-uitvoer	data uit		toplaag		sublaag	
						NIIG-vak	NA	EP	EP		
38	4 Grensmaas2		2122.2	18.50-19.02	4. Grensmaas2	2122.2	38	t2	t2	s1	s1
39	4 Grensmaas2		2652.8	19.02-19.29	4. Grensmaas2	2652.8	39	t2	t2	s1	s1
40	5 Hochterbamod		0.0	19.29-19.97	5. Hochterbamod	.00	40	t2	t2	s1	s1
41	5 Hochterbamod		532.1	19.97-20.08	5. Hochterbamod	532.1	41	t2	t2	s1	s1
42	5 Hochterbamod		1064.2	20.08-20.35	5. Hochterbamod	1064.2	42	t2	t2	s1	s1
43	6 Grensmaas3		0.0	20.34-20.98	6. Grensmaas3	.00	43	t2	t2	s1	s1
44	6 Grensmaas3		597.4	20.98-21.24	6. Grensmaas3	597.4	44	t1	t1	s1	s1
45	6 Grensmaas3		1194.9	21.24-21.84	6. Grensmaas3	1194.9	45	t1	t1	s1	s1
46	6 Grensmaas3		1792.3	21.84-22.14	6. Grensmaas3	1792.3	46	t1	t1	s1	s1
47	7 Grensmaas4		0.0	22.42-22.69	7. Grensmaas4	.00	47	t1	t1	s1	s1
48	7 Grensmaas4		542.5	22.69-23.00	7. Grensmaas4	542.5	48	t1	t1	s3	s3
49	7 Grensmaas4		1085.0	23.00-23.50	7. Grensmaas4	1085.0	49	t1	t1	s1	s1
50	7 Grensmaas4		1627.5	23.50-24.05	7. Grensmaas4	1627.5	50	t1	t1	s1	s1
51	7 Grensmaas4		2170.0	24.05-24.59	7. Grensmaas4	2170.0	51	t2	t2	s1	s1
52	7 Grensmaas4		2712.5	24.59-25.13	7. Grensmaas4	2712.5	52	t2	t2	s1	s1
53	7 Grensmaas4		3255.0	25.13-25.67	7. Grensmaas4	3255.0	53	t2	t2	s1	s1
54	7 Grensmaas4		3797.4	25.67-26.22	7. Grensmaas4	3797.4	54	t2	t2	s1	s1
55	7 Grensmaas4		4339.9	26.22-26.76	7. Grensmaas4	4339.9	55	t2	t2	s1	s1
56	7 Grensmaas4		4882.4	26.76-27.30	7. Grensmaas4	4882.4	56	t1	t1	s1	s1
57	7 Grensmaas4		5424.9	27.30-27.83	7. Grensmaas4	5424.9	57	t1	t1	s1	s1
58	7 Grensmaas4		5967.4	27.83-28.38	7. Grensmaas4	5967.4	58	t1	t1	s1	b1
59	7 Grensmaas4		6509.9	28.38-28.92	7. Grensmaas4	6509.9	59	t1	t1	s1	b1
60	7 Grensmaas4		7052.4	28.92-29.45	7. Grensmaas4	7052.4	60	t1	t1	s1	b1
61	7 Grensmaas4		7594.9	29.45-29.98	7. Grensmaas4	7594.9	61	t1	t1	s1	b1
62	7 Grensmaas4		8137.4	29.98-30.53	7. Grensmaas4	8137.4	62	t1	t1	s1	b1
63	7 Grensmaas4		8679.9	30.53-31.08	7. Grensmaas4	8679.9	63	t1	t1	s1	b1
64	7 Grensmaas4		9222.4	31.08-31.62	7. Grensmaas4	9222.4	64	t1	t1	s1	b1
65	7 Grensmaas4		9764.9	31.62-31.90	7. Grensmaas4	9764.9	65	t1	t1	s1	s1
66	8 Grensmaas5		0.0	32.10-32.14	8. Grensmaas5	.00	66	t1	t1	s1	s1
67	8 Grensmaas5		468.8	32.14-32.60	8. Grensmaas5	468.8	67	t1	t1	s1	s1
68	8 Grensmaas5		937.7	32.60-32.84	8. Grensmaas5	937.7	68	t1	t1	s1	s1
69	9 Grensmaas6		0.0	33.17-33.42	9. Grensmaas6	.00	69	t1	t1	s1	s1
70	9 Grensmaas6		494.0	33.42-33.32	9. Grensmaas6	494.0	70	t2	t2	s1	s1
71	9 Grensmaas6		988.1	33.32-33.57	9. Grensmaas6	988.1	71	t2	t2	s1	s1
72	10 Grensmaas7		0.0	33.83-34.08	10. Grensmaas7	.00	72	t2	t2	s1	s1
73	10 Grensmaas7		502.5	34.08-34.58	10. Grensmaas7	502.5	73	t2	t2	s1	s1
74	10 Grensmaas7		1004.9	34.58-35.09	10. Grensmaas7	1004.9	74	t2	t2	s1	s1
75	10 Grensmaas7		1507.4	35.09-35.59	10. Grensmaas7	1507.4	75	t2	t2	s1	s1
76	10 Grensmaas7		2009.9	35.59-35.84	10. Grensmaas7	2009.9	76	t2	t2	s1	s1
77	11 Grensmaas8		0.0	35.81-36.12	11. Grensmaas8	.00	77	t2	t2	s1	s1
78	11 Grensmaas8		538.5	36.12-36.65	11. Grensmaas8	538.5	78	t2	t2	s1	s1
79	11 Grensmaas8		1077.1	36.65-37.19	11. Grensmaas8	1077.1	79	t2	t2	s1	s1
80	11 Grensmaas8		1615.6	37.19-37.72	11. Grensmaas8	1615.6	80	t2	t2	s1	s1
81	11 Grensmaas8		2154.1	37.72-38.26	11. Grensmaas8	2154.1	81	t2	t2	s1	b1
82	11 Grensmaas8		2692.7	38.26-38.80	11. Grensmaas8	2692.7	82	t2	t2	s1	b1
83	11 Grensmaas8		3231.2	38.80-39.34	11. Grensmaas8	3231.2	83	t2	t2	s1	b1
84	11 Grensmaas8		3769.8	39.34-39.87	11. Grensmaas8	3769.8	84	t2	t2	s1	s1
85	11 Grensmaas8		4308.3	39.87-40.41	11. Grensmaas8	4308.3	85	t2	t2	s1	s1
86	11 Grensmaas8		4846.8	40.41-40.95	11. Grensmaas8	4846.8	86	t2	t2	s1	b1
87	11 Grensmaas8		5385.4	40.95-41.49	11. Grensmaas8	5385.4	87	t2	t2	s1	b1
88	11 Grensmaas8		5923.9	41.49-41.75	11. Grensmaas8	5923.9	88	t2	t2	s1	b1
89	12 Grensmaas9		0.0	41.75-42.02	12. Grensmaas9	.00	89	t2	t2	s1	b1

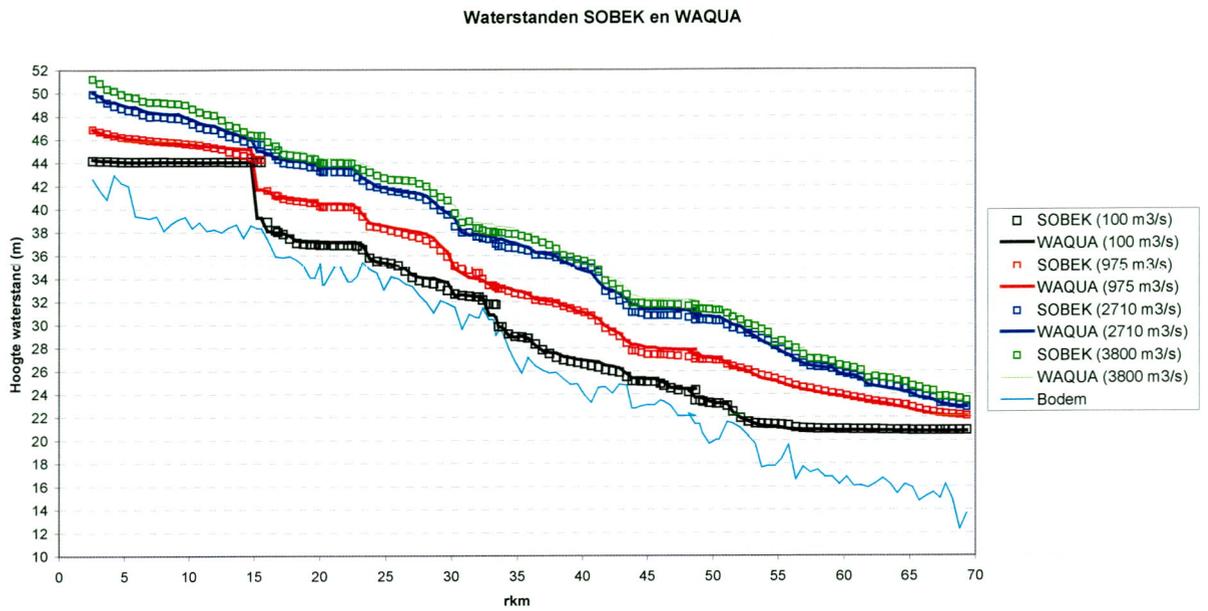
BASELINE SOBEK-vak	BRANCH	taknaam	X	km	SOBEK-uitvoer	data uit		toplaag		sublaag	
						NITG-vak		NA	EP	NA	EP
90	12	Grensmaas9	551.4	42.02-42.57	12. Grensmaas9	551.4	90	t2	t2	s1	b2/s1 <sup>1)</sup>
91	12	Grensmaas9	1102.8	42.57-43.12	12. Grensmaas9	1102.8	91	t2	t2	s1	b2/s1
92	12	Grensmaas9	1654.3	43.12-43.67	12. Grensmaas9	1654.3	92	t2	t2	s1	b2/s1
93	12	Grensmaas9	2205.7	43.67-43.94	12. Grensmaas9	2205.7	93	t2	t2	s1	b2/s1
94	13	Grensmaas10	0.0	43.94-44.24	13. Grensmaas10	.00	94	t2	t2	s1	s1
95	13	Grensmaas10	591.9	44.24-44.83	13. Grensmaas10	591.9	95	t2	t2	s1	s1
96	13	Grensmaas10	1183.8	44.83-45.13	13. Grensmaas10	1183.8	96	t2	t2	s1	s1
97	14	Grensmaas11	0.0	45.12-45.99	14. Grensmaas11	.00	97	t2	t2	s1	s1
98	14	Grensmaas11	553.8	45.99-46.00	14. Grensmaas11	553.8	98	t2	t2	s1	s1
99	14	Grensmaas11	1107.7	46.00-46.50	14. Grensmaas11	1107.7	99	t2	t2	s1	s1
100	14	Grensmaas11	1661.5	46.50-47.05	14. Grensmaas11	1661.5	100	t2	t2	s1	s1
101	14	Grensmaas11	2215.3	47.05-47.33	14. Grensmaas11	2215.3	101	t2	t2	s1	s1
102	15	Grensmaas12	0.0	48.68-47.99	15. Grensmaas12	.00	102	t2	t2	s1	s1
103	15	Grensmaas12	658.0	47.99-48.31	15. Grensmaas12	658.0	103	t2	t2	s1	s1
104	15	Grensmaas12	1315.9	48.31-48.64	15. Grensmaas12	1315.9	104	t2	t2	s1	s1
105	16	Grensmaas13	0.0	48.62-49.00	16. Grensmaas13	.00	105	t2	t2	s1	s1
106	16	Grensmaas13	554.7	49.00-49.44	16. Grensmaas13	554.7	106	t2	t2	s1	s1
107	16	Grensmaas13	1109.4	49.44-49.99	16. Grensmaas13	1109.4	107	t2	t2	s1	s1
108	16	Grensmaas13	1664.1	49.99-50.26	16. Grensmaas13	1664.1	108	t2	t2	s1	s1
109	17	Grensmaas14	0.0	50.48-50.99	17. Grensmaas14	.00	109	t2	t2	s1	s1
110	17	Grensmaas14	615.3	50.99-51.20	17. Grensmaas14	615.3	110	t2	t2	s1	s1
111	17	Grensmaas14	1230.6	51.20-51.81	17. Grensmaas14	1230.6	111	t2	t2	s1	s1
112	17	Grensmaas14	1845.9	51.81-52.42	17. Grensmaas14	1845.9	112	t2	t2	s1	s1
113	17	Grensmaas14	2461.3	52.42-52.73	17. Grensmaas14	2461.3	113	t2	t2	s1	s1
114	18	Grensmaas15	0.0	52.69-53.00	18. Grensmaas15	.00	114	t2	t2	s1	s1
115	18	Grensmaas15	513.4	53.00-53.49	18. Grensmaas15	513.4	115	t2	t2	s1	s1
116	18	Grensmaas15	1026.9	53.49-53.99	18. Grensmaas15	1026.9	116	t2	t2	s1	s1
117	18	Grensmaas15	1540.3	53.99-54.50	18. Grensmaas15	1540.3	117	t2	t2	s1	s1
118	18	Grensmaas15	2053.8	54.50-55.02	18. Grensmaas15	2053.8	118	t2	t2	s1	s1
119	18	Grensmaas15	2567.2	55.02-55.53	18. Grensmaas15	2567.2	119	t2	t2	s1	s1
120	18	Grensmaas15	3080.7	55.53-55.79	18. Grensmaas15	3080.7	120	t2	t2	s2	s2
121	19	Grensmaas16	0.0	55.79-56.06	19. Grensmaas16	.00	121	t2	t2	s2	s2
122	19	Grensmaas16	550.2	56.06-56.61	19. Grensmaas16	550.2	122	t2	t2	s2	s2
123	19	Grensmaas16	1100.3	56.61-57.17	19. Grensmaas16	1100.3	123	t2	t2	s2	s2
124	19	Grensmaas16	1650.5	57.17-57.72	19. Grensmaas16	1650.5	124	t2	t2	s2	s2
125	19	Grensmaas16	2200.6	57.72-58.27	19. Grensmaas16	2200.6	125	t2	t2	s2	s2
126	19	Grensmaas16	2750.8	58.27-58.82	19. Grensmaas16	2750.8	126	t2	t2	s1	s1
127	19	Grensmaas16	3300.9	58.82-59.37	19. Grensmaas16	3300.9	127	t2	t2	s1	s1
128	19	Grensmaas16	3851.1	59.37-59.92	19. Grensmaas16	3851.1	128	t2	t2	s1	s1
129	19	Grensmaas16	4401.2	59.92-60.47	19. Grensmaas16	4401.2	129	t2	t2	s1	s1
130	19	Grensmaas16	4951.4	60.47-61.01	19. Grensmaas16	4951.4	130	t2	t2	s1	s1
131	19	Grensmaas16	5501.5	61.01-61.57	19. Grensmaas16	5501.5	131	t2	t2	s1	s1
132	19	Grensmaas16	6051.7	61.57-62.12	19. Grensmaas16	6051.7	132	t2	t2	s1	s1
133	19	Grensmaas16	6601.8	62.12-62.69	19. Grensmaas16	6601.8	133	t2	t2	s1	s1
134	19	Grensmaas16	7152.0	62.69-63.24	19. Grensmaas16	7152.0	134	t2	t2	s1	s1
135	19	Grensmaas16	7702.1	63.24-63.79	19. Grensmaas16	7702.1	135	t2	t2	s1	s1
136	19	Grensmaas16	8252.3	63.79-64.33	19. Grensmaas16	8252.3	136	t2	t2	s1	s1
137	19	Grensmaas16	8802.4	64.33-64.61	19. Grensmaas16	8802.4	137	t2	t2	s1	s1
138	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	0.0	55.72-56.00	28. Stevensweert	.00	121	t1	t1	o	o
	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	284.0		28. Stevensweert	284	123	t1	t1	o	o
139	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	567.7	56.00-56.50	28. Stevensweert	567.7	124	t1	t1	o	o
	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	568.7		28. Stevensweert	568.7	125	t1	t1	o	o

BASELINE	BRANCH	taknaam	X	km	SOBEK-uitvoer	data uit		toplaag		sublaag	
						NITG-vak	NA	EP	EP		
140	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	1135.3	56.50-56.99	28. Stevensweert	1135.3	126	t1	t1	o	o
141	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	1703.0	56.99-57.44	28. Stevensweert	1703.0	127	t1	t1	o	o
142	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	2270.6	57.44-57.90	28. Stevensweert	2270.6	128	t1	t1	o	o
143	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	2838.3	57.90-58.05	28. Stevensweert	2838.3	129	t1	t1	o	o
144	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	3406.0	58.05-59.03	28. Stevensweert	3406.0	130	t1	t1	o	o
145	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	3973.6	59.03-59.60	28. Stevensweert	3973.6	131	t1	t1	o	o
146	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	4541.3	59.60-59.91	28. Stevensweert	4541.3	132	t1	t1	o	o
147	28 <sup>2)</sup>	Stevensweert	5108.9	59.91-60.19	28. Stevensweert	5108.9	133	t1	t1	o	o
148	20	Grensmaas17	0.0	64.73-65.00	20. Grensmaas17	.00	148	t2	t2	s1	s1
149	20	Grensmaas17	536.0	65.00-65.44	20. Grensmaas17	536.0	149	t2	t2	s1	s1
150	20	Grensmaas17	1072.1	65.44-66.00	20. Grensmaas17	1072.1	150	t2	t2	s1	s1
151	20	Grensmaas17	1608.1	66.00-66.53	20. Grensmaas17	1608.1	151	t2	t2	s1	s1
152	20	Grensmaas17	2144.1	66.53-67.06	20. Grensmaas17	2144.1	152	t2	t2	s1	s1
153	20	Grensmaas17	2680.2	67.06-67.57	20. Grensmaas17	2680.2	153	t2	t2	s1	s1
154	20	Grensmaas17	3216.2	67.57-67.86	20. Grensmaas17	3216.2	153	t2	t2	s1	s1
155	20	Grensmaas17	3752.2	67.86-66.94	20. Grensmaas17	3752.2	153	t2	t2	s1	s1
156	20	Grensmaas17	4288.3	66.94-66.40	20. Grensmaas17	4288.3	153	t2	t2	s1	s1
157	20	Grensmaas17	4824.3	66.40-66.14	20. Grensmaas17	4824.3	153	t2	t2	s1	s1
158	22	Itteren	0.0	20.54-20.99	22. Itteren	.00	158	-	o	-	o
159	22	Itteren	610.9	20.99-21.72	22. Itteren	610.90	159	-	o	-	o
160	22	Itteren	1221.9	21.72-22.12	22. Itteren	1221.90	160	-	o	-	o
161	23	Meers	0.0	32.14-32.25	23. Meers	.00	66	-	o	-	o
	23	Meers	310.0		23. Meers	310.0	67	-	o	-	o
162	23	Meers	783.9	32.25-32.65	23. Meers	783.9	68	-	o	-	o
163	24	Maasband	0.0	33.86-34.12	24. Maasband	.00	163	-	o	-	o
	24	Maasband	217.0		24. Maasband	217.00	163	-	o	-	o
	24	Maasband	483.8		24. Maasband	483.80	164	-	o	-	o
164	24	Maasband	484.8	34.12-34.66	24. Maasband	484.80	164	-	o	-	o
165	24	Maasband	967.5	34.66-35.18	24. Maasband	967.50	165	-	o	-	o
166	24	Maasband	1451.3	35.18-35.67	24. Maasband	1451.30	166	-	o	-	o
167	24	Maasband	1935.0	35.67-35.91	24. Maasband	1935.00	167	-	o	-	o
168	25	Grevenbicht	0.0	41.69-42.00	25. Grevenbicht	.00	89	-	o	-	o
	25	Grevenbicht	275.0		25. Grevenbicht	275.0	90	-	o	-	o
169	25	Grevenbicht	531.4	42.00-43.02	25. Grevenbicht	531.4	90	-	o	-	o
	25	Grevenbicht	532.4		25. Grevenbicht	532.4	90	-	o	-	o
	25	Grevenbicht	707.0		25. Grevenbicht	707.0	91	-	o	-	o
170	25	Grevenbicht	1062.8	43.02-43.55	25. Grevenbicht	1062.8	91	-	o	-	o
171	25	Grevenbicht	1594.2	43.55-43.82	25. Grevenbicht	1594.2	92	-	o	-	o
172	26	Koeweide	0.0	45.75-45.99	26. Koeweide	.00	172	-	o	-	o
173	26	Koeweide	477.7	45.99-46.07	26. Koeweide	477.70	173	-	o	-	o
174	26	Koeweide	955.4	46.07-46.98	26. Koeweide	955.40	174	-	o	-	o
175	26	Koeweide	1433.1	46.98-47.23	26. Koeweide	1433.10	175	-	o	-	o
176	27	Vissersweert	0.0	48.54-49.00	27. Vissersweert	.00	176	-	o	-	o
	27	Vissersweert	237.0		27. Vissersweert	237.0	177	-	o	-	o
177	27	Vissersweert	475.8	49.00-49.34	27. Vissersweert	475.8	177	-	o	-	o
	27	Vissersweert	476.8		27. Vissersweert	476.8	178	-	o	-	o
	27	Vissersweert	714.0		27. Vissersweert	714.0	178	-	o	-	o
178	27	Vissersweert	951.6	49.34-49.97	27. Vissersweert	951.6	178	-	o	-	o
179	27	Vissersweert	1427.4	49.97-50.22	27. Vissersweert	1427.4	179	-	o	-	o

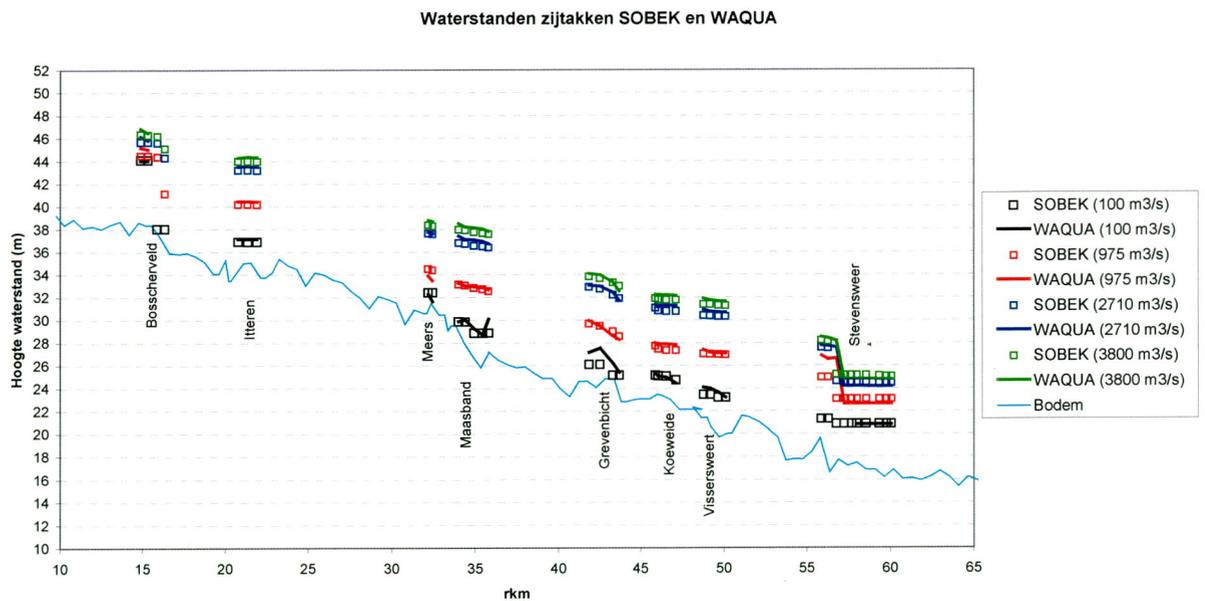
<sup>1)</sup> b1: verlenging bodembescherming bij de onderzochte afvoerscenario's (Hoofdstuk 7)

<sup>2)</sup> in modellen NA, NA1978 en NA1987: Stevensweert: taknummer 22

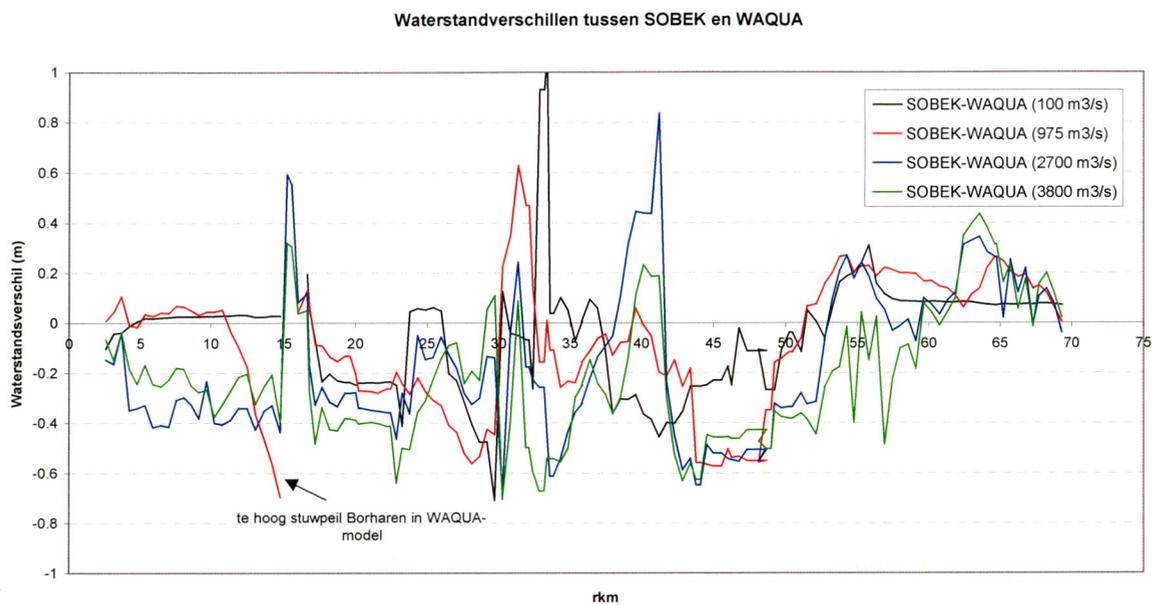
## Hydraulische kalibratie op basis van WAQUA-resultaten (model: EP/VKA)



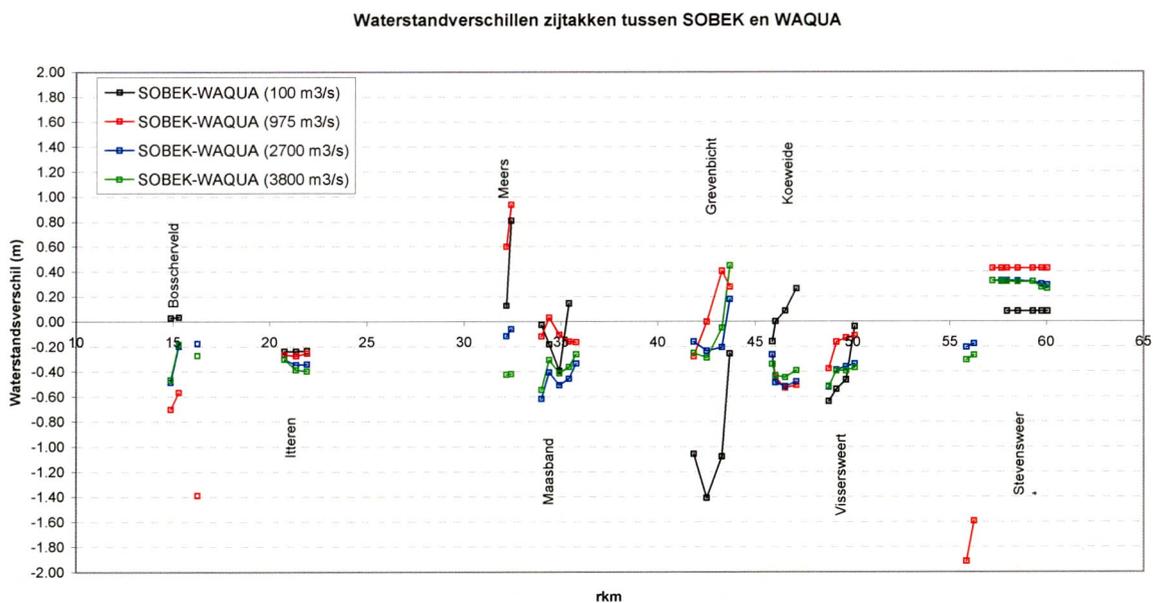
Figuur B4-6: Berekende waterstanden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK voor verschillende afvoerreksen



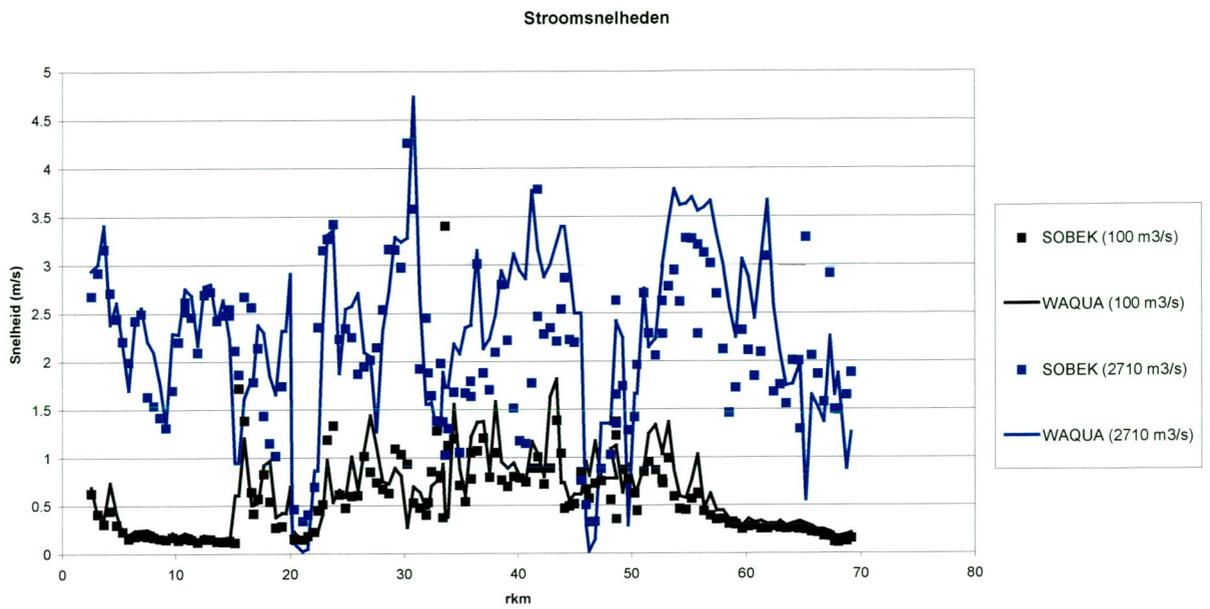
Figuur B4-7: Berekende waterstanden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK voor verschillende afvoerreksen



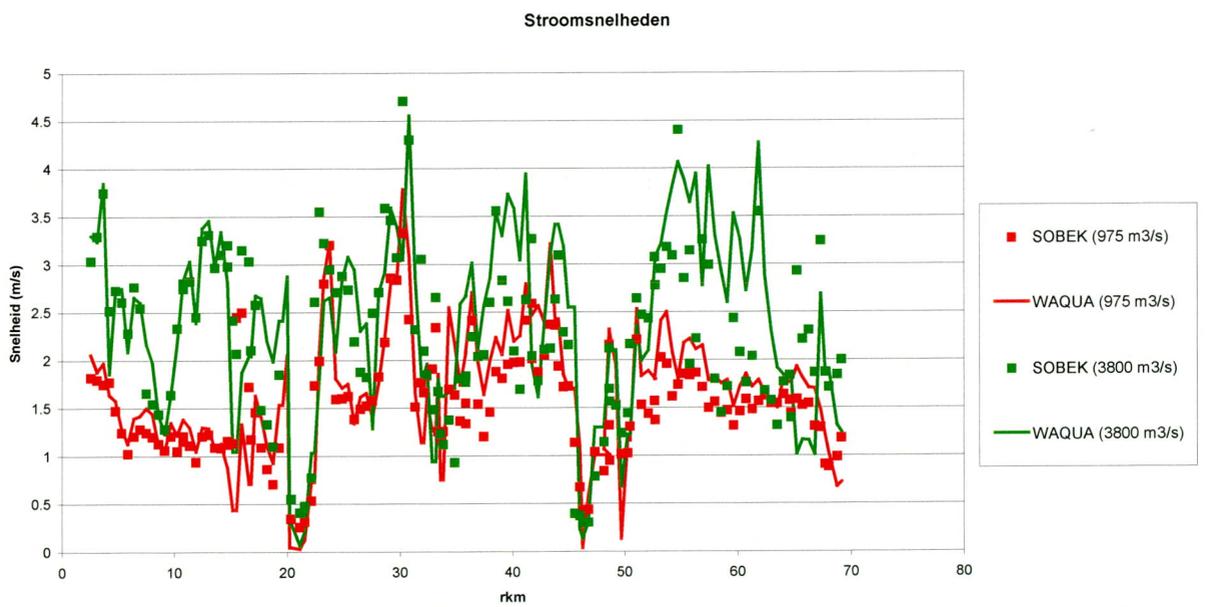
*Figuur B4-8: Verschil berekende waterstanden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK*



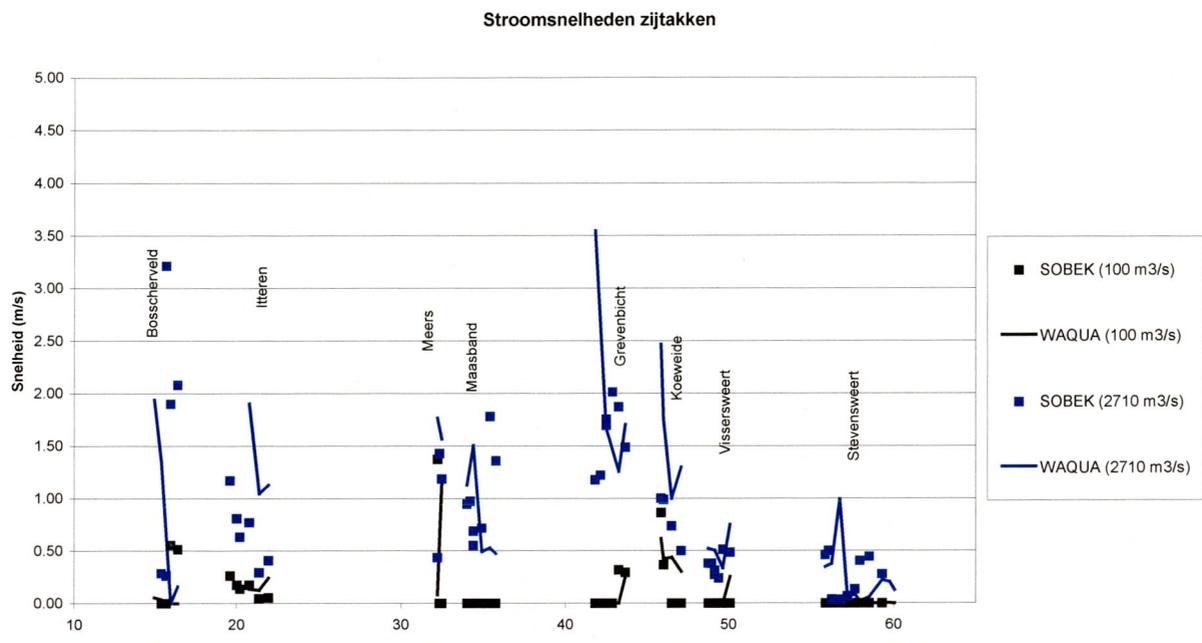
*Figuur B4-9: Verschil berekende waterstanden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK*



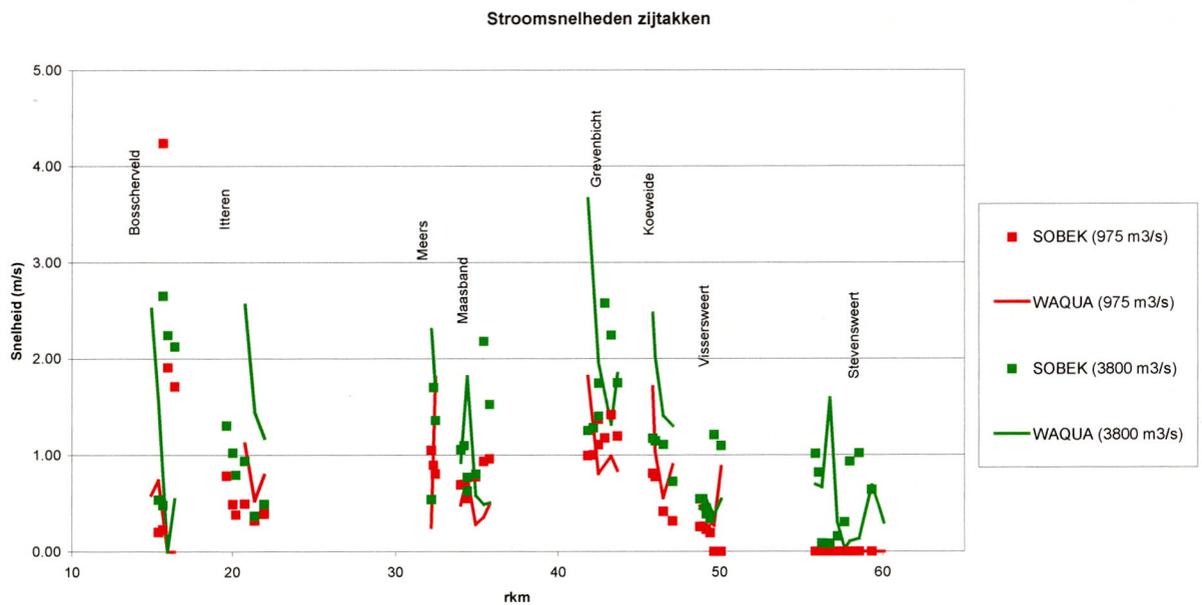
Figuur B4-10: Berekende stroomsnelheden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK



Figuur B4-11: Berekende stroomsnelheden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK



Figuur B4-12: Berekende stroomsnelheden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK



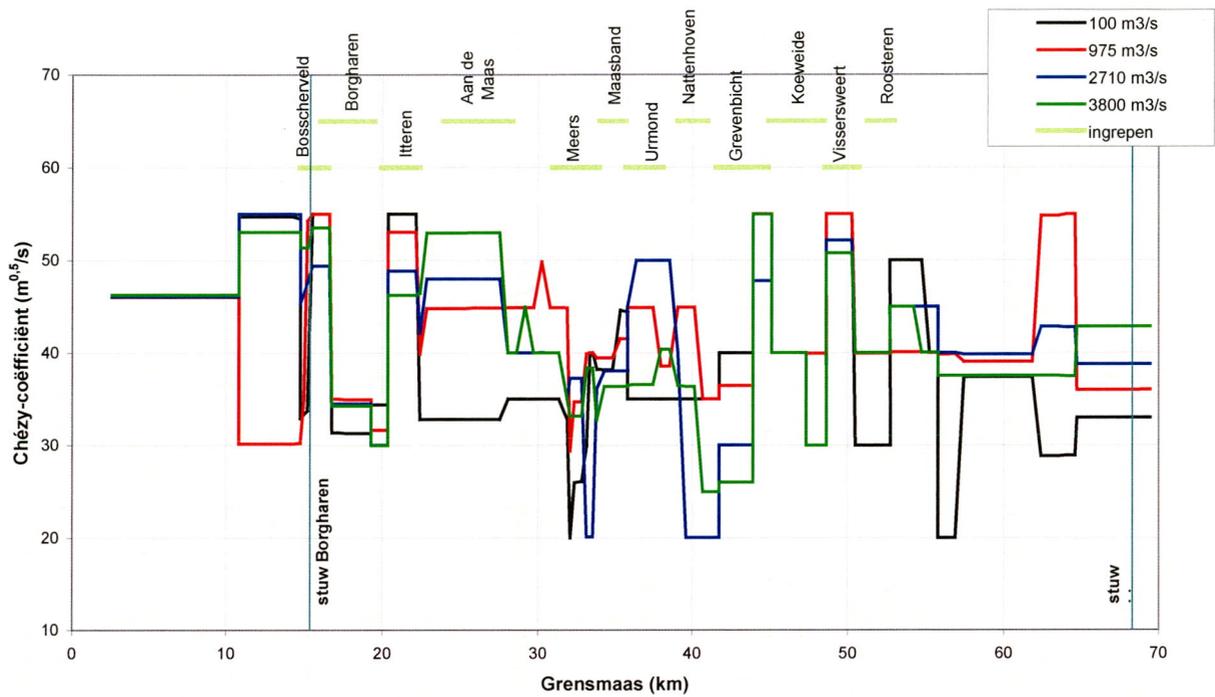
Figuur B4-13: Berekende stroomsnelheden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK

Tabel B4-2: Berekende debieten door de hoofdgeul EP-model (VKA)

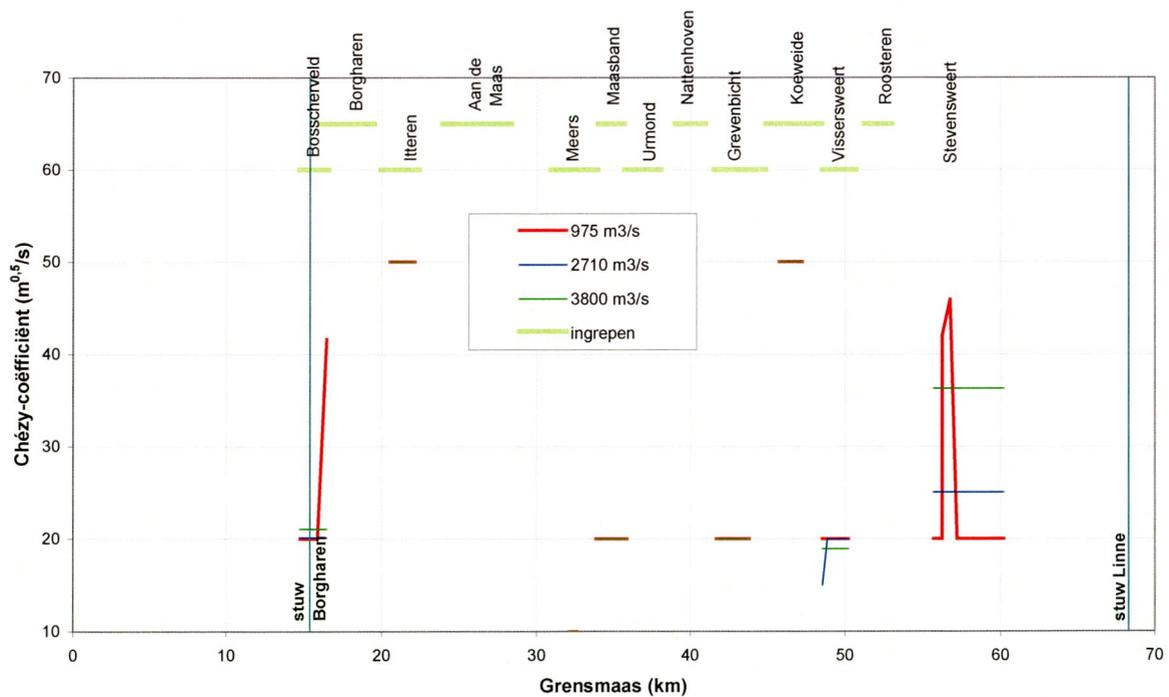
	SOBEK 100 m <sup>3</sup> /s	WAQUA 100 m <sup>3</sup> /s	SOBEK 975 m <sup>3</sup> /s	WAQUA 975 m <sup>3</sup> /s	SOBEK 2710 m <sup>3</sup> /s	WAQUA 2710 m <sup>3</sup> /s	SOBEK 3800 m <sup>3</sup> /s	WAQUA 3800 m <sup>3</sup> /s
DISCHARGE								
Grensmaas 1	100,0	90,0	931,1	925,0	2589,3	2610,0	3512,0	3650,0
Grensmaas 3	39,4	40,0	225,3	75,0	486,8	60,0	648,9	300,0
Grensmaas 5	73,0	65,0	515,0	275,0	1213,3	910,0	1572,6	1400,0
Grensmaas 7	100,0	99,9	716,2	850,0	1656,5	2035,0	2244,5	2800,0
Grensmaas 9	100,0	99,9	721,3	875,0	1549,7	1860,0	2021,0	2400,0
Grensmaas 11	72,1	90,0	296,6	500,0	471,2	510,0	503,4	600,0
Grensmaas 13	100,0	99,9	795,9	825,0	1968,7	2060,0	2449,4	2950,0
Grensmaas 16	100,0	99,9	975,0	974,9	2388,4	2635,0	2985,0	3500,0
DISCHARGE (relatief, in %)								
Grensmaas 1	100,0	90,0	95,5	94,9	95,5	96,3	92,4	96,1
Grensmaas 3	39,4	40,0	23,1	7,7	18,0	2,2	17,1	7,9
Grensmaas 5	73,0	65,0	52,8	28,2	44,8	33,6	41,4	36,8
Grensmaas 7	100,0	99,9	73,5	87,2	61,1	75,1	59,1	73,7
Grensmaas 9	100,0	99,9	74,0	89,7	57,2	68,6	53,2	63,2
Grensmaas 11	72,4	90,0	30,4	51,3	17,4	18,8	13,2	15,8
Grensmaas 13	100,0	99,9	81,6	84,6	72,6	76,0	64,5	77,6
Grensmaas 16	100,0	99,9	100,0	100,0	88,1	97,2	78,6	92,1

Tabel B4-3: Berekende debieten door de zijtakken EP-model (VKA)

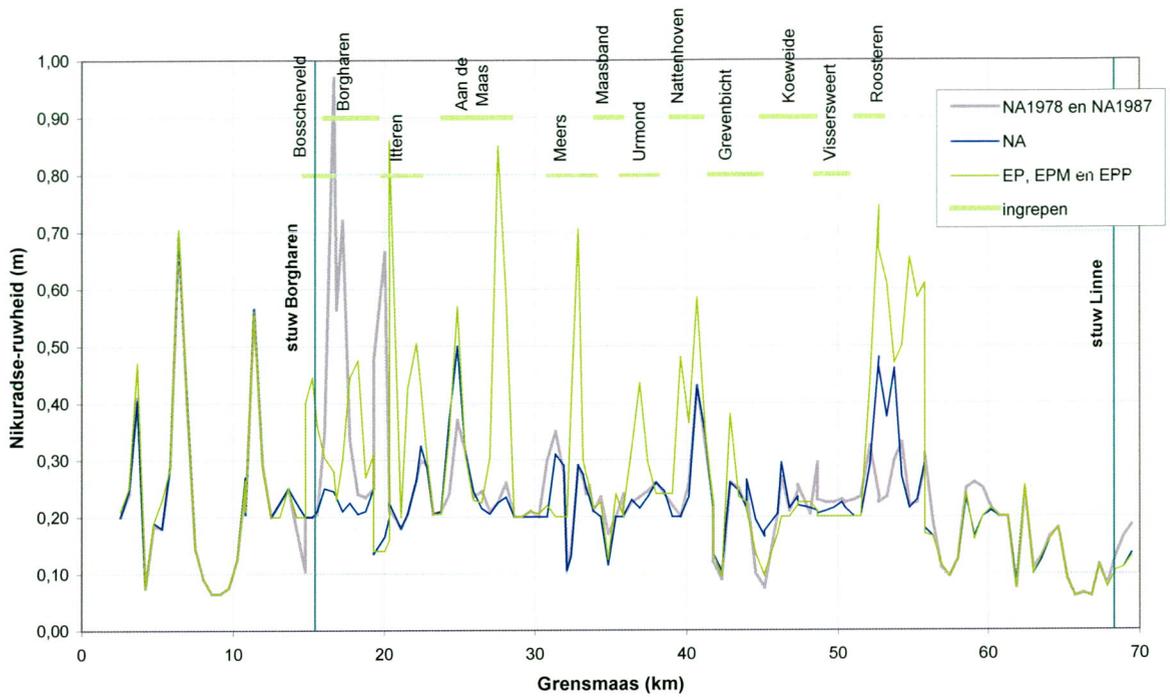
	SOBEK 100 m <sup>3</sup> /s	WAQUA 100 m <sup>3</sup> /s	SOBEK 975 m <sup>3</sup> /s	WAQUA 975 m <sup>3</sup> /s	SOBEK 2710 m <sup>3</sup> /s	WAQUA 2710 m <sup>3</sup> /s	SOBEK 3800 m <sup>3</sup> /s	WAQUA 3800 m <sup>3</sup> /s
DISCHARGE m <sup>3</sup> /s								
Bosscherveld	0,0	10,0	43,9	50,0	120,7	100,0	288,0	150,0
Itteren	60,6	60,0	749,7	900,0	2223,2	2650,0	3151,1	3500,0
Meers	27,0	35,0	460,0	700,0	1496,7	1800,0	2227,4	2400,0
Maasband	0,0	0,1	258,8	125,0	1053,5	675,0	1555,5	1000,0
Grevenbicht	0,0	0,1	253,7	100,0	1160,3	850,0	1779,0	1400,0
Koewicde	27,6	10,0	678,4	475,0	2238,7	2200,0	3296,6	3200,0
Vissersweert	0,0	0,1	179,1	150,0	741,3	650,0	1350,5	850,0
Stevensweert	0,0	0,1	0,0	0,1	321,6	75,0	815,0	300,0
DISCHARGE (relatief, in %)								
Bosscherveld	0,0	10,0	4,5	5,1	4,5	3,7	7,6	3,9
Itteren	60,6	60,0	76,9	92,3	82,0	97,8	82,9	92,1
Meers	27,0	35,0	47,2	71,8	55,2	66,4	58,6	63,2
Maasband	0,0	0,1	26,5	12,8	38,9	24,9	40,9	26,3
Grevenbicht	0,0	0,1	26,0	10,3	42,8	31,4	46,8	36,8
Koewicde	27,6	10,0	60,6	48,7	82,6	81,2	86,8	84,2
Vissersweert	0,0	0,1	18,4	15,4	27,4	24,0	35,5	22,4
Stevensweert	0,0	0,1	0,0	0,0	11,9	2,8	21,4	7,9



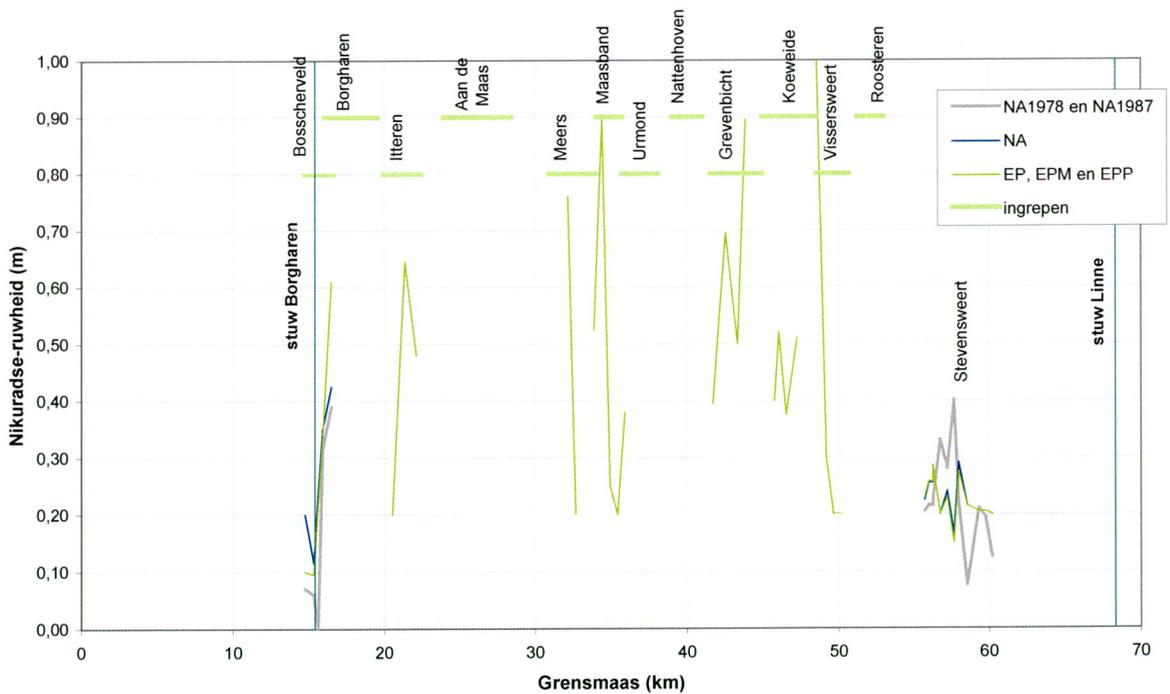
Figuur B4-14: Hydraulische ruwheden (Chézy-coëfficiënten) zomerbed EP-model (VKA)



Figuur B4-15: Hydraulische ruwheden (Chézy-coëfficiënten) zijtakken EP-model (VKA)



Figuur B4-16: Hydraulische ruwheden (Nikuradse) winterbed (alle modellen)



Figuur B4-17: Hydraulische ruwheden (Nikuradse) winterbed zijtakken (alle modellen)



## **Bijlage 5 Modelschematisaties EPM en EPP (ontwerpvarianten Voorkeursalternatief)**

### **B5.1 Doelstelling**

Langjarige morfologische modelsimulaties 2015-2115 bij afvoerscenario "historische reeks". Deze dienen als varianten voor de morfologische simulaties van het Voorkeursalternatief.

### **B5.2 Modelbouw**

#### **BASELINE-basisgegevens**

EPM en EPP (VKA\_M en VKA\_P). Zie bijlage 1 en 4. Het insteekniveau van de weerdverlagingen en de geulverbredingen zijn in deze varianten 0,50 m lager respectievelijk hoger.

#### **Modeltopografie**

Identiek aan EP (VKA). Zie Bijlage 4 (Tabel B4-1).

#### **Dwarsprofielen**

Er zijn 179 dwarsprofielen gegenereerd uit de BASELINE-vakken met gelijke nummers. Hiertoe is het hoogtemodel van het EPM resp. EPP gebruikt. De indeling is identiek aan die van het EP-model (Figuren B4-1 t/m B4-5).

#### **Hydraulische ruwheden**

Identiek aan EP (VKA). Zie Bijlage 4. Er heeft wel een hydraulische verificatie aan de hand van WAQUA-resultaten plaatsgevonden (zie volgende pagina).

#### **Kunstwerken**

Identiek aan EP (VKA). Zie Bijlage 4. Hoewel het insteekniveau van de ingrepen afwijkend is, zijn de drempelhoogten van de nevengeulen niet aangepast.

#### **Hydraulische en morfologische randvoorwaarden**

Zie Bijlagen 2 en 6. Sedimentverdeling op splitsingspunten: proportioneel aan debietverdeling.

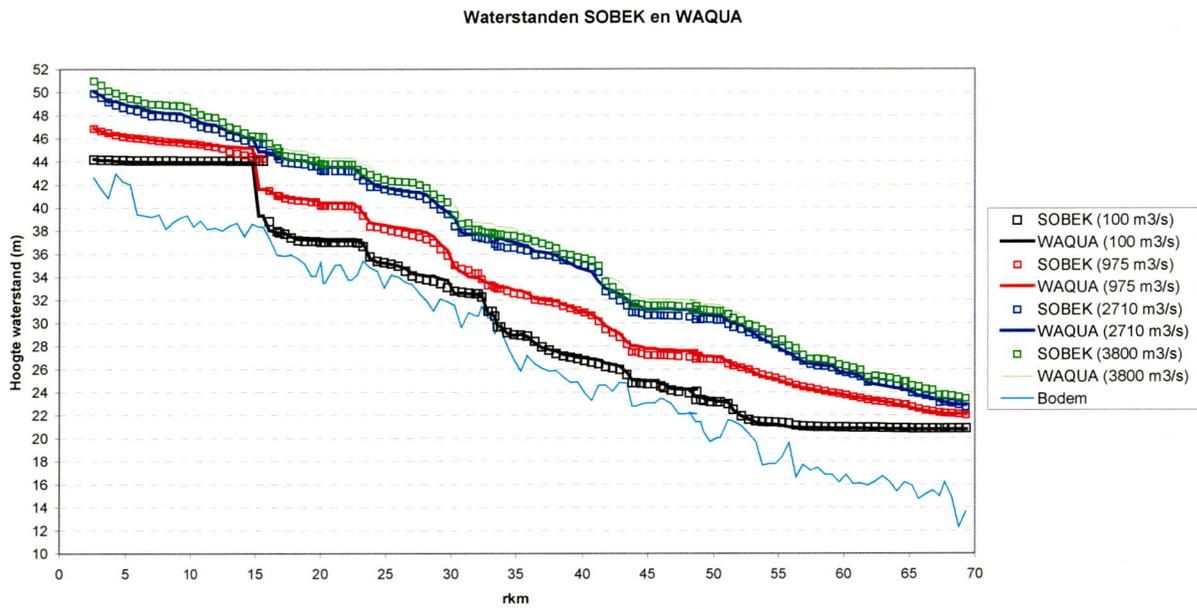
#### **Rekenpunten**

Identiek aan EP (VKA). Zie Bijlage 4.

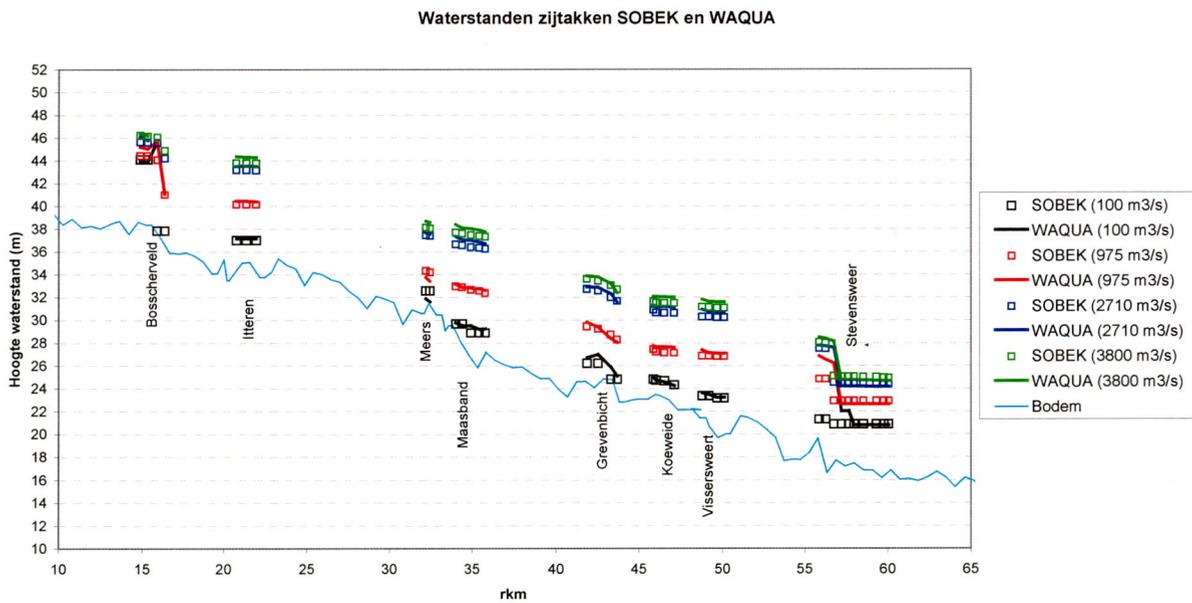
#### **Bodemschematisatie SOBEK-gegradeerd**

Overgenomen uit het EP-model (VKA). Opgemerkt wordt dat het feit dat de bodemligging in het EPM en EPP (VKA\_M en VKA\_P) op de ingreeplocaties lager respectievelijk hoger ligt in het bodeminvoerbestand verwerkt is.

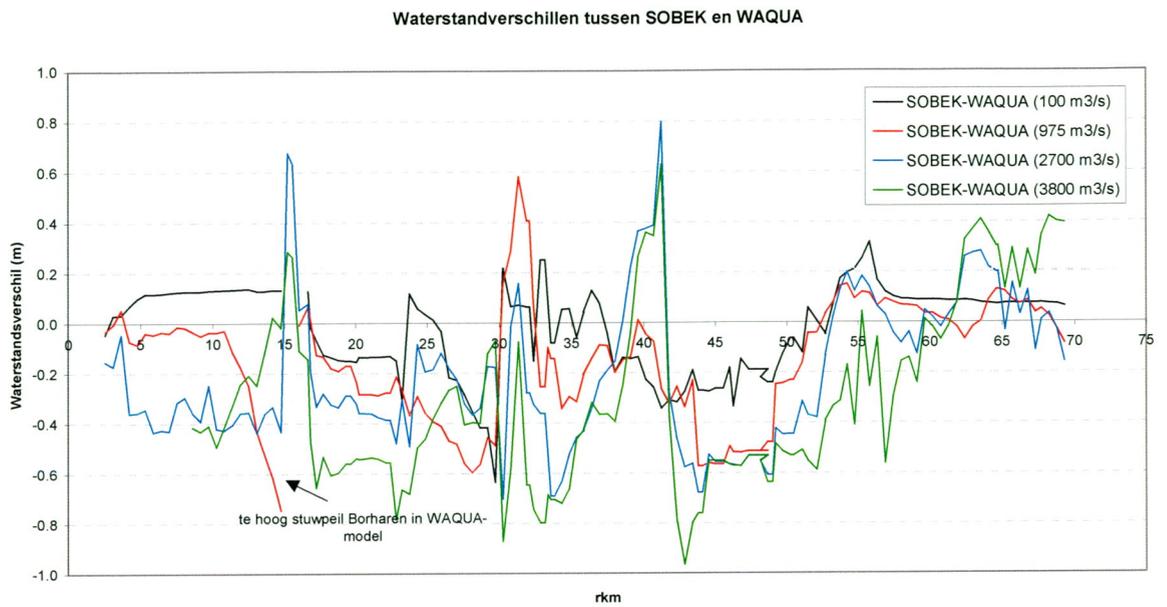
## Hydraulische verificatie EPM (VKA\_M) aan de hand van WAQUA-resultaten



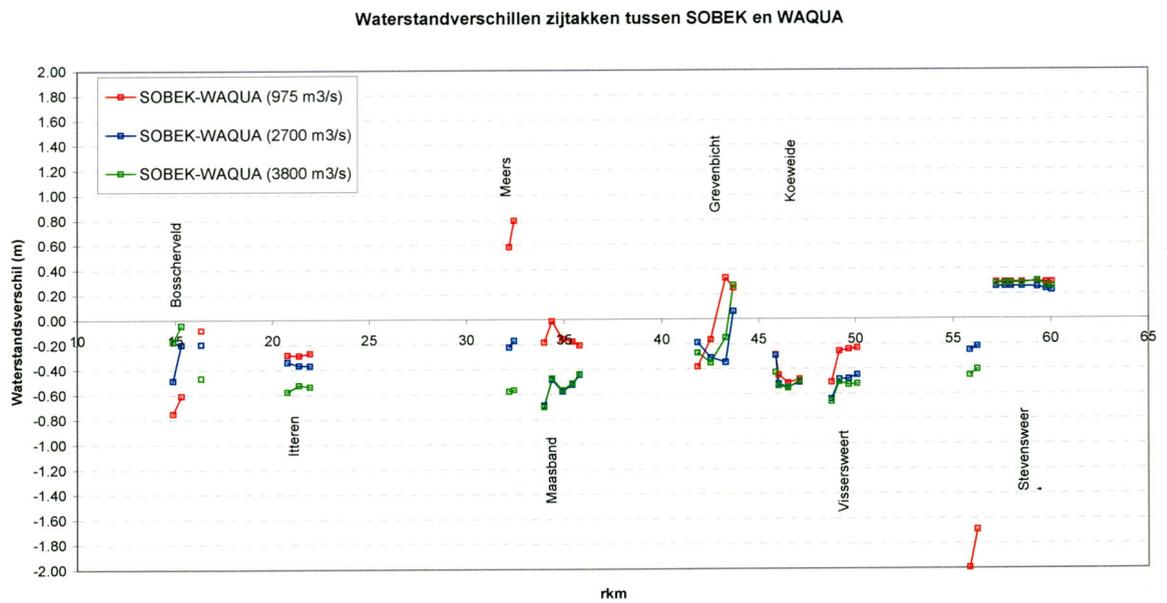
Figuur B5-1: Berekende waterstanden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEEK voor verschillende afvoerreksen (VKA\_M)



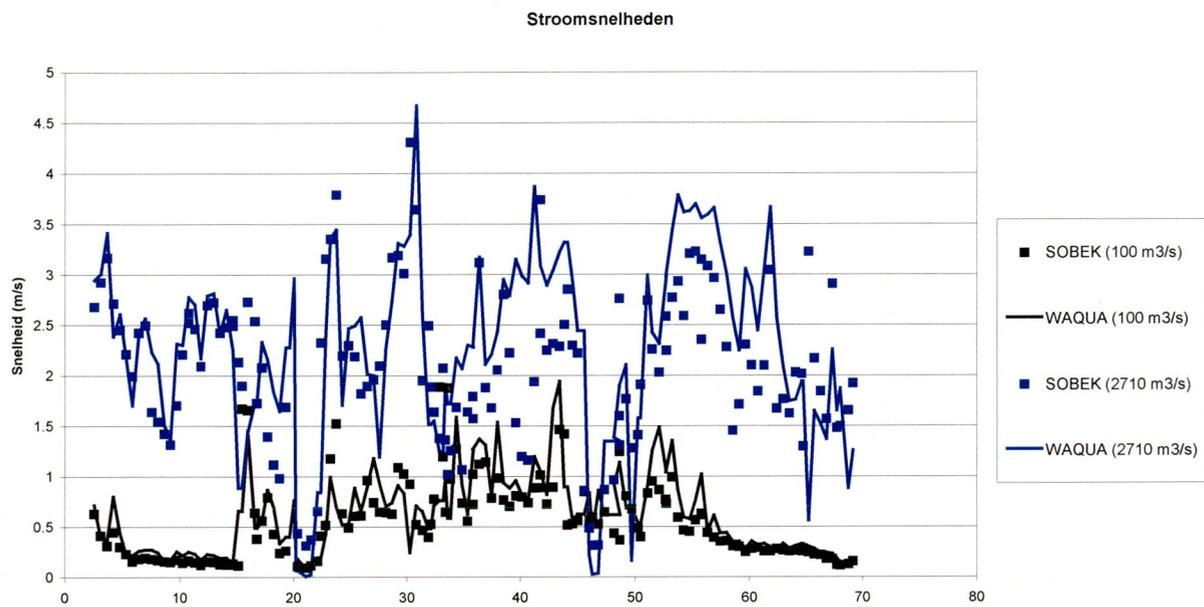
Figuur B5-2: Berekende waterstanden (zijtakken) door WAQUA en SOBEEK voor verschillende afvoerreksen (VKA\_M)



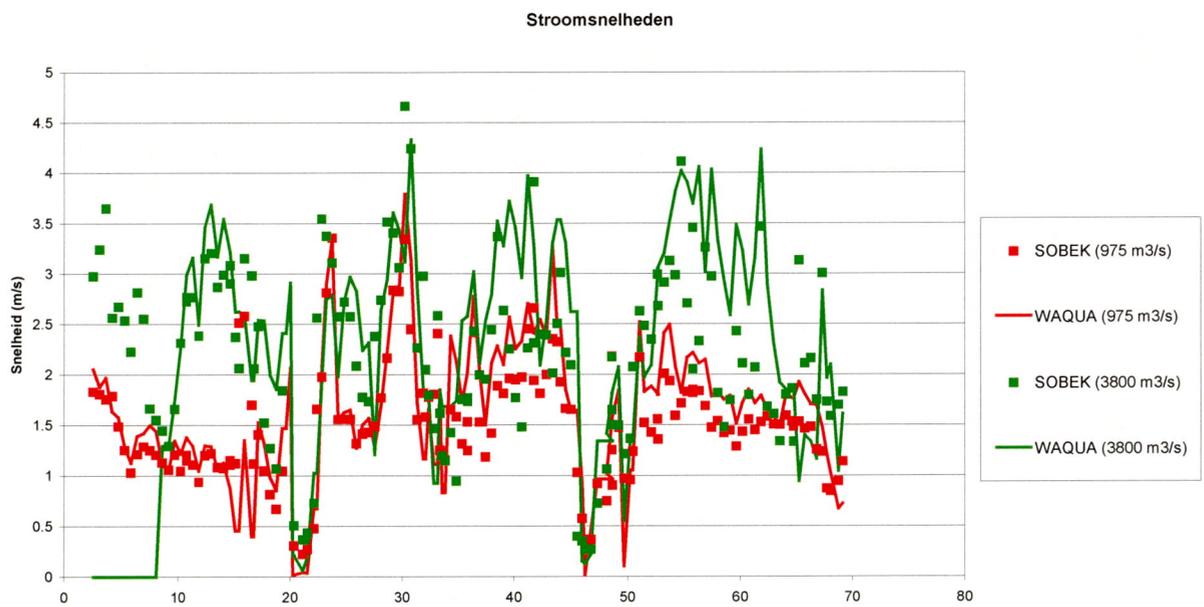
Figuur B5-3: Verschil berekende waterstanden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK (VKA\_M)



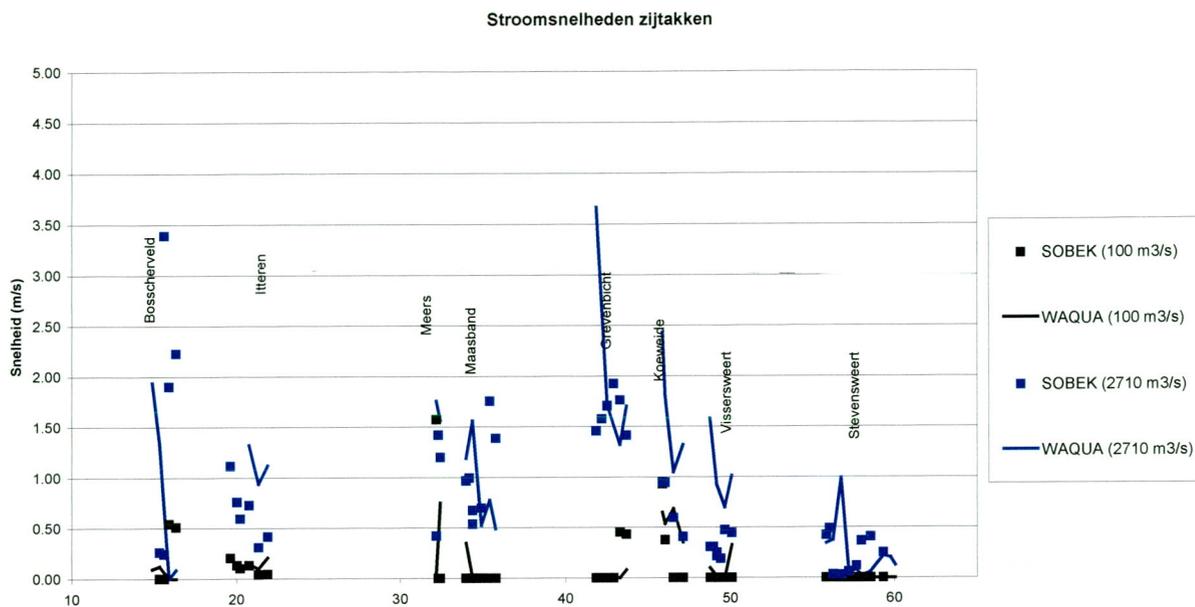
Figuur B5-4: Verschil berekende waterstanden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK (VKA\_M)



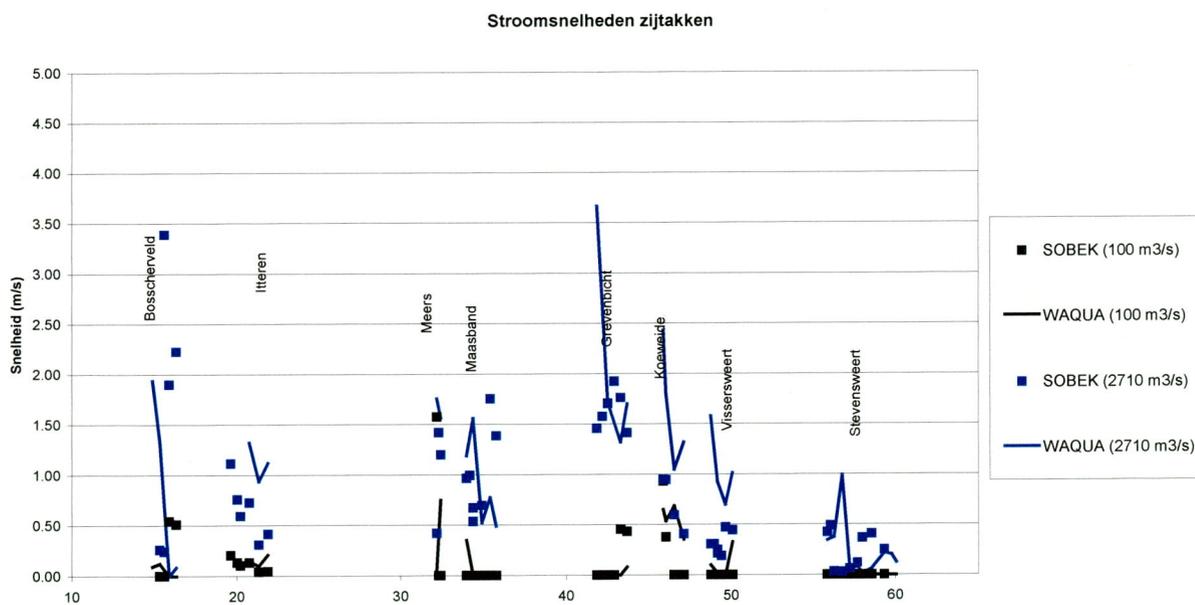
Figuur B5-5: Berekende stroomsnelheden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK (VKA\_M)



Figuur B5-6: Berekende stroomsnelheden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK (VKA\_M)

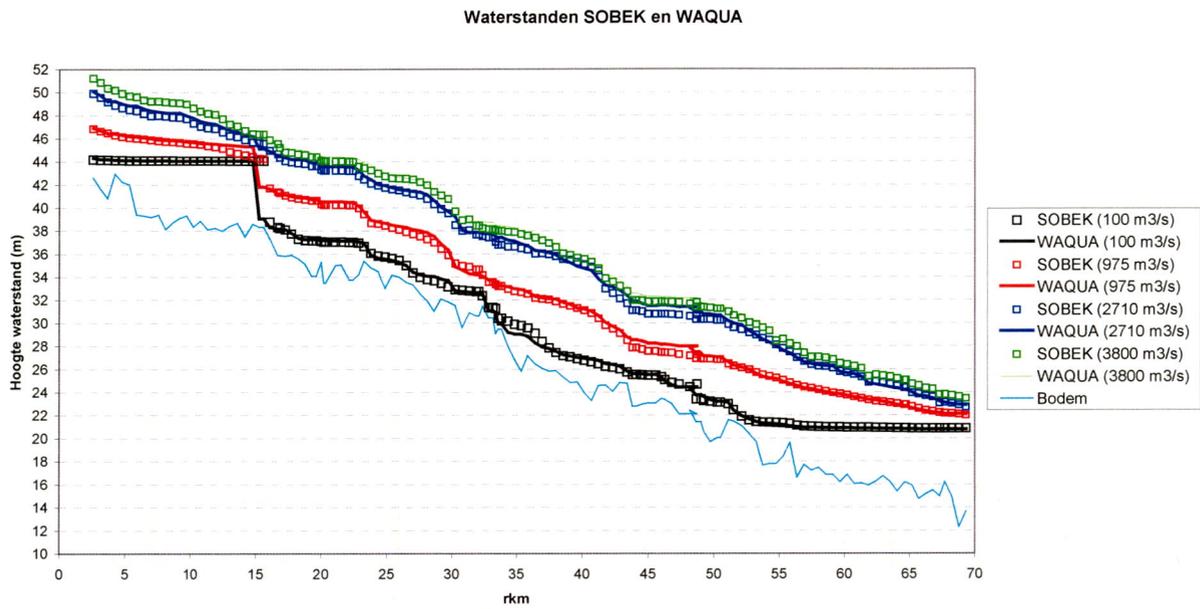


Figuur B5-7: Berekende stroomsnelheden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK (VKA\_M)

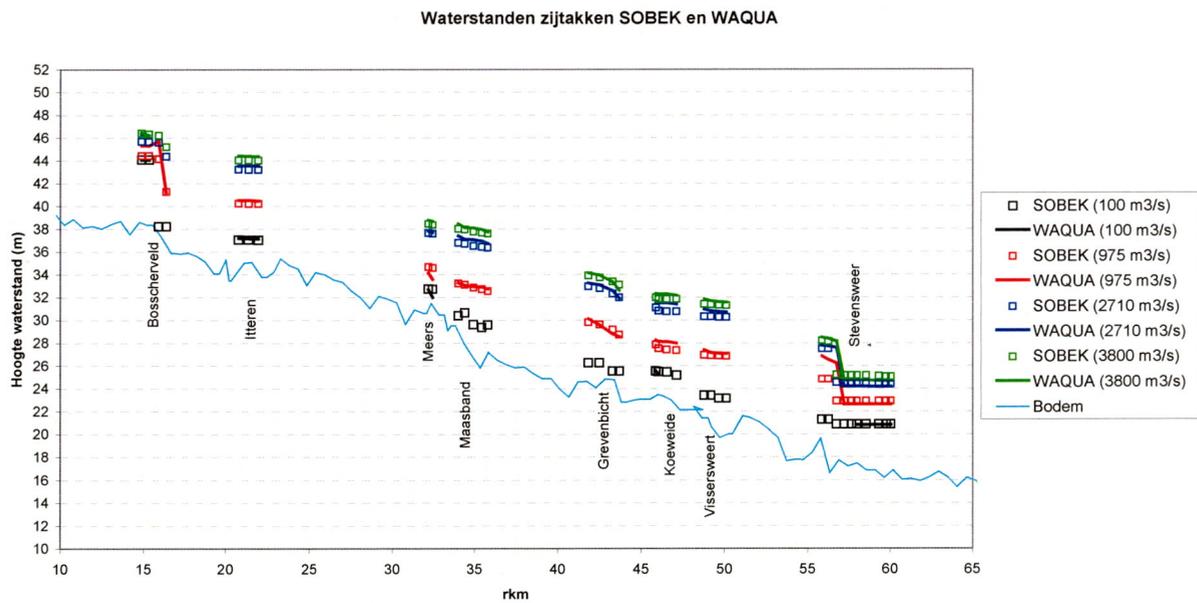


Figuur B5-8: Berekende stroomsnelheden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK (VKA\_M)

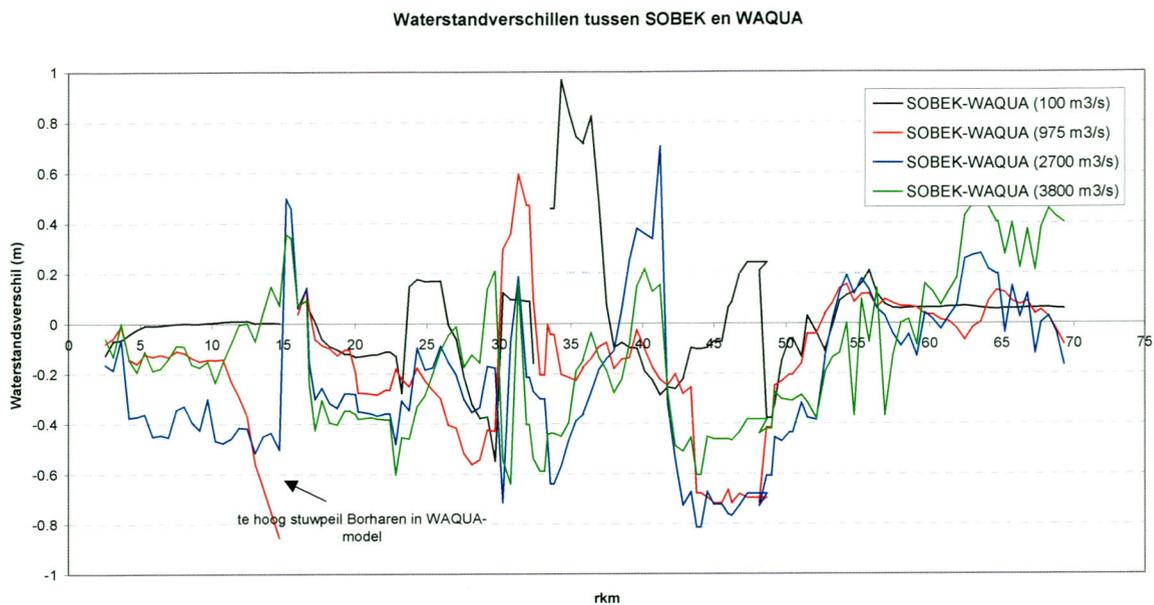
## Hydraulische verificatie EPP (VKA\_P) aan de hand van WAQUA-resultaten



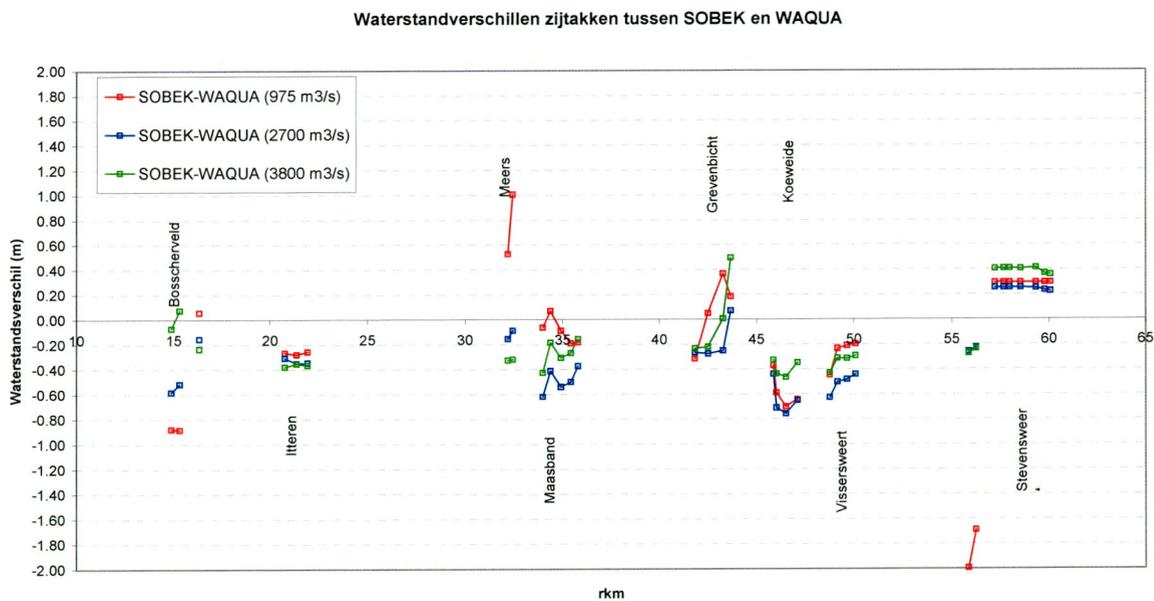
Figuur B5-9: Berekende waterstanden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK voor verschillende afvoerreksen (VKA\_P)



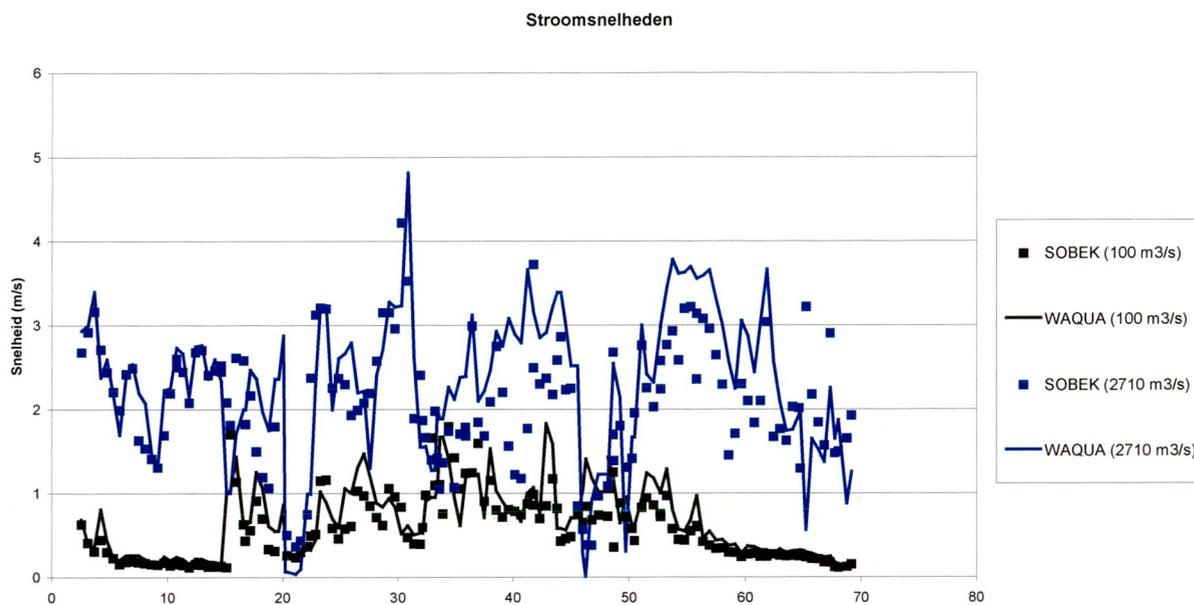
Figuur B5-10: Berekende waterstanden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK voor verschillende afvoerreksen (VKA\_P)



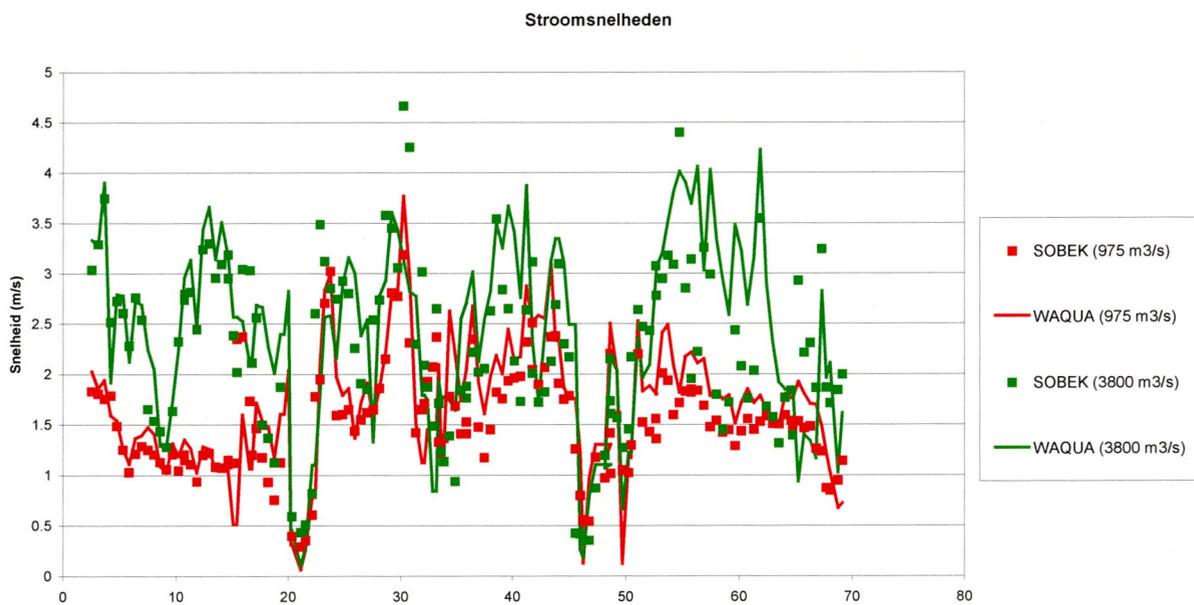
Figuur B5-11: Verschil berekende waterstanden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK (VKA\_P)



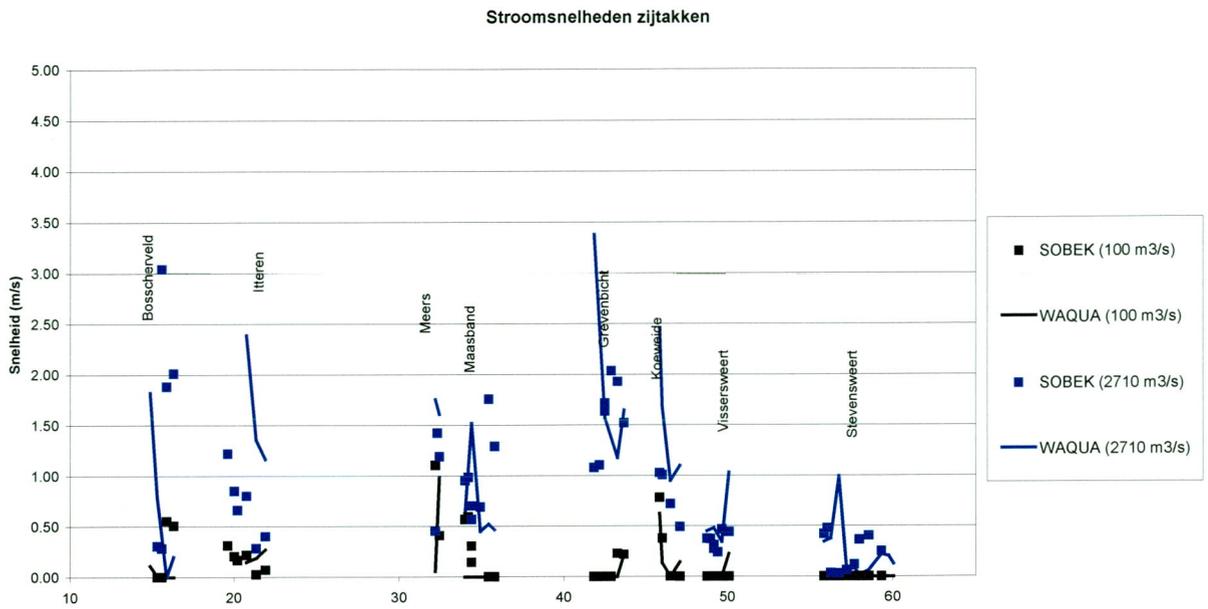
Figuur B5-12: Verschil berekende waterstanden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK (VKA\_P)



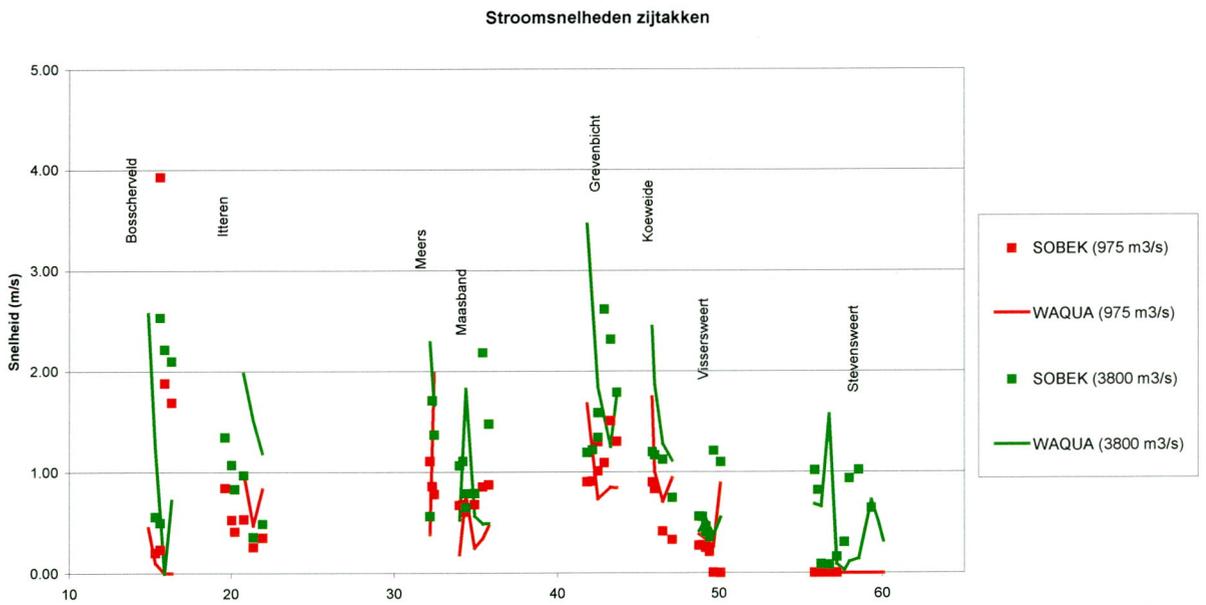
Figuur B5-13: Berekende stroomsnelheden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK (VKA\_P)



Figuur B5-14: Berekende stroomsnelheden (hoofdgeul) door WAQUA en SOBEK (VKA\_P)



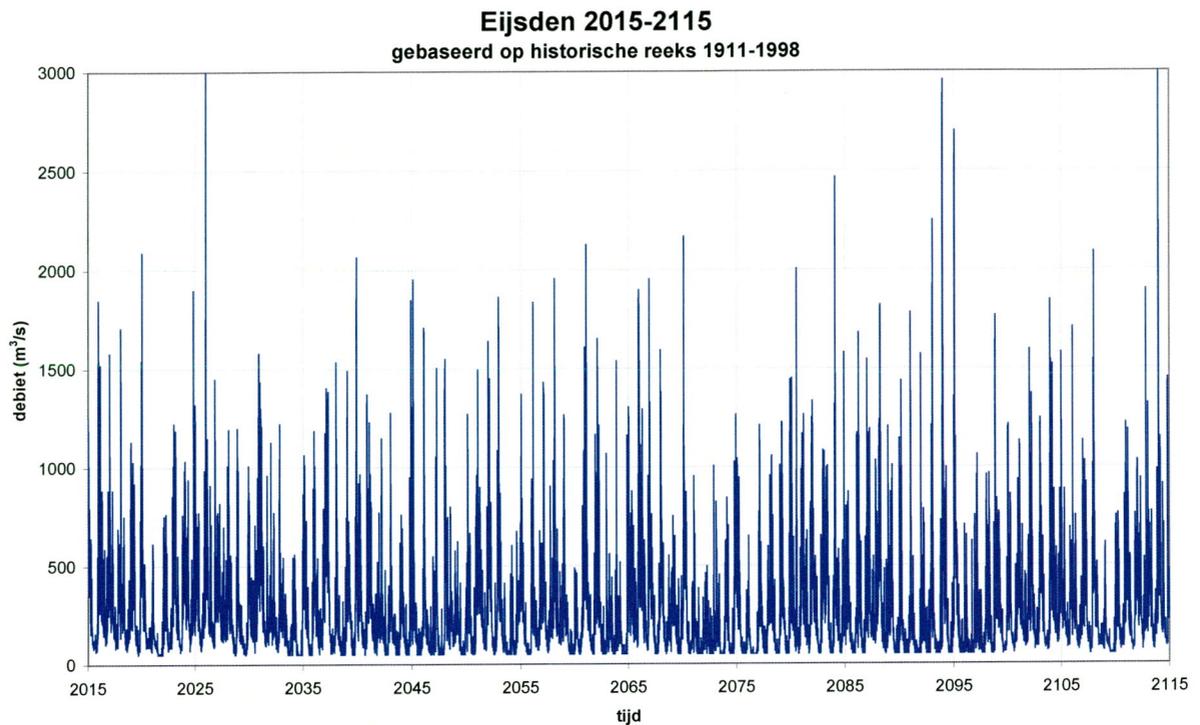
Figuur B5-15: Berekende stroomsnelheden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK (VKA\_P)



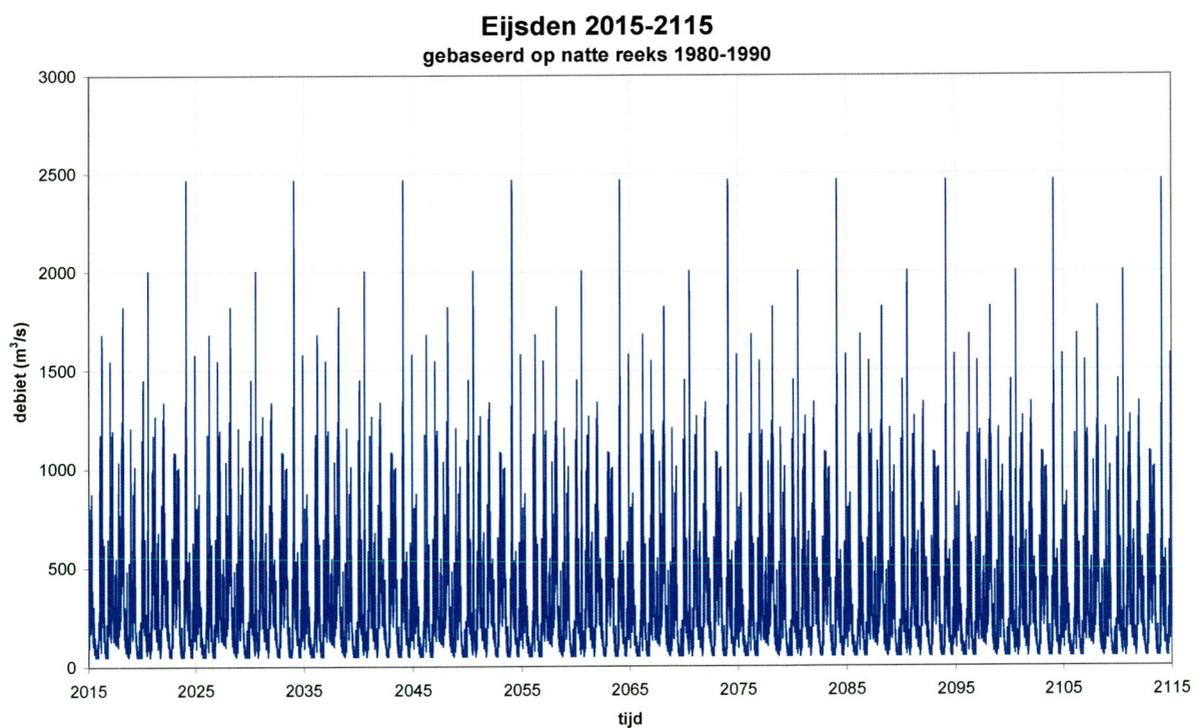
Figuur B5-16: Berekende stroomsnelheden (zijtakken) door WAQUA en SOBEK (VKA\_P)



## Bijlage 6: Hydraulische randvoorwaarden

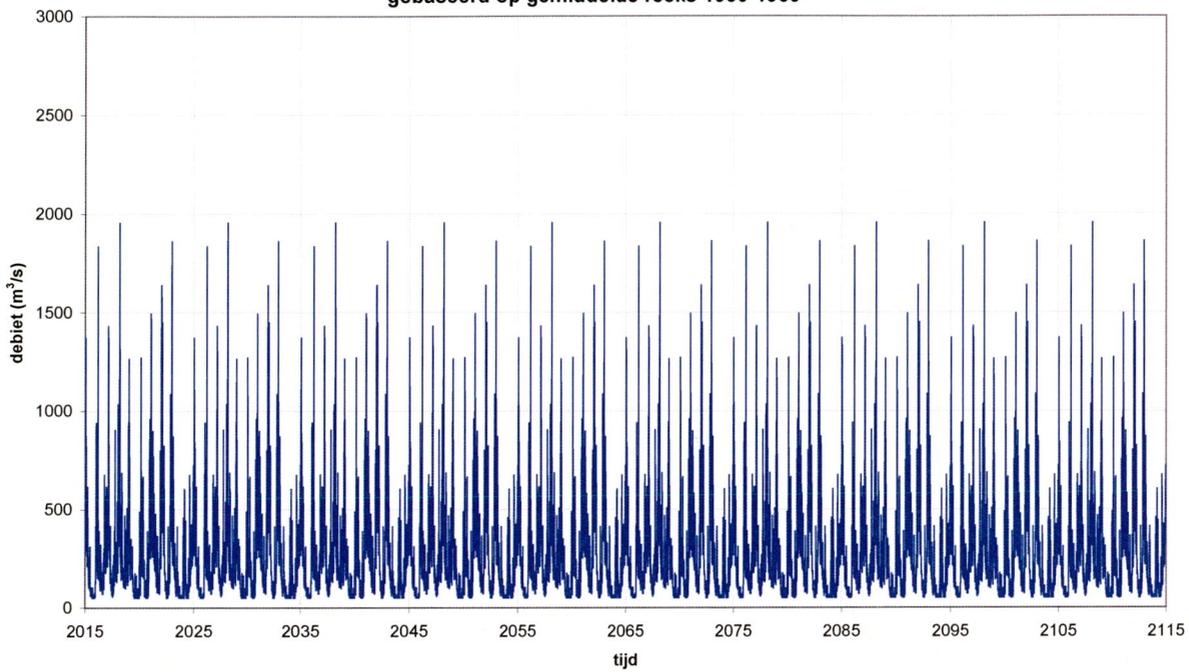


Figuur B6-1: Bovenstroomse randvoorwaarde voor SOBEK (historische afvoerreeks)



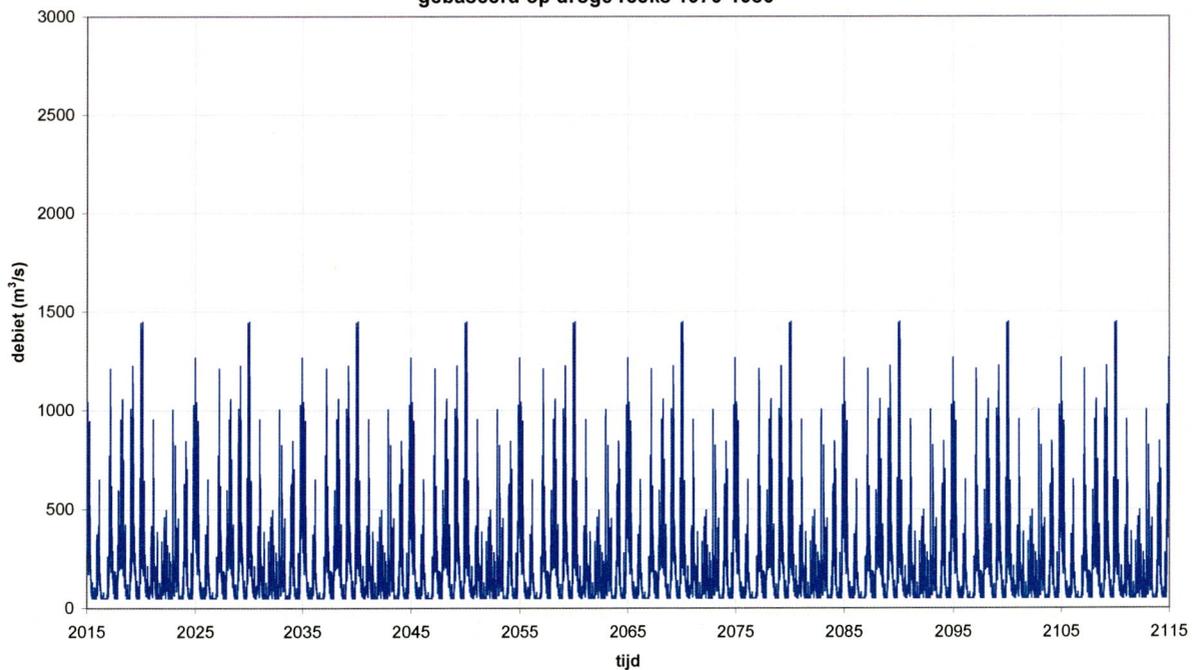
Figuur B6-2: Bovenstroomse randvoorwaarde voor SOBEK (natte afvoerreeks)

**Eijsden 2015-2115**  
gebaseerd op gemiddelde reeks 1950-1960



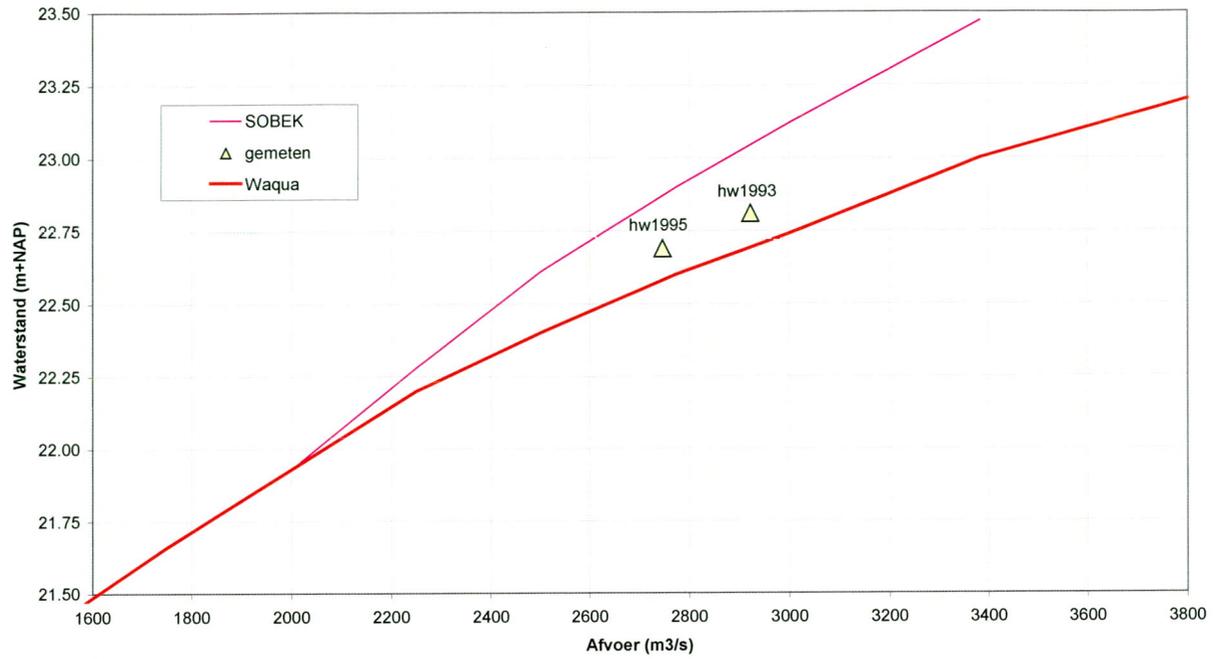
*Figuur B6-3: Bovenstroomse randvoorwaarde voor SOBEK (gemiddelde afvoerreeks)*

**Eijsden 2015-2115**  
gebaseerd op droge reeks 1970-1980



*Figuur B6-4: Bovenstroomse randvoorwaarde voor SOBEK (droge afvoerreeks)*

Qh-relatie Heel (Referentie 1995, 1/1250 hoogwatergolf)

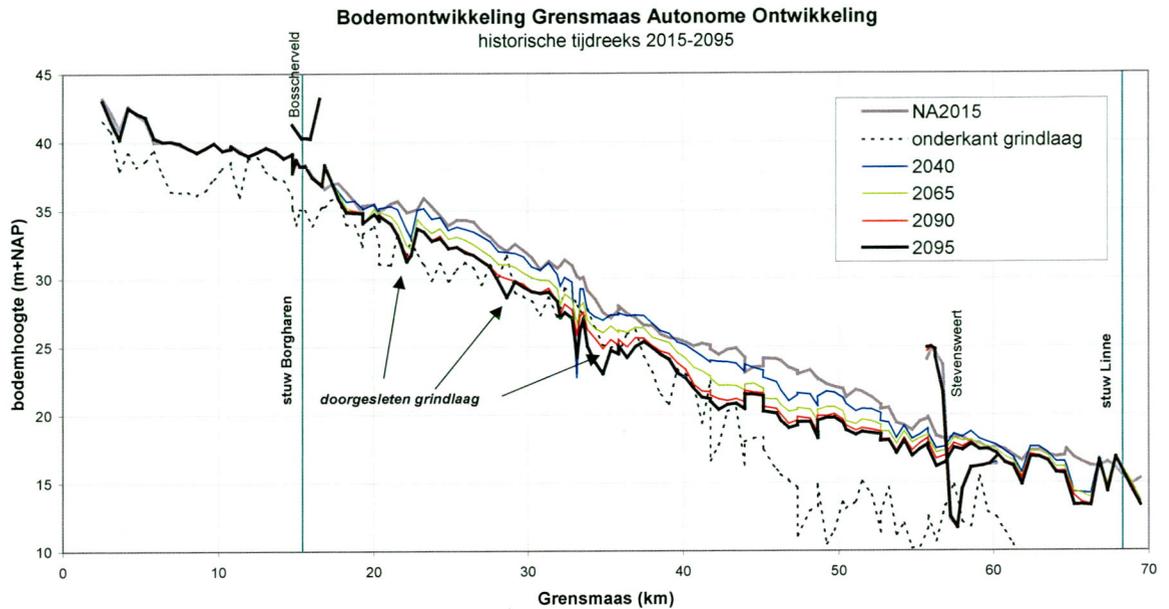


Figuur B6-5: Benedenstroomse randvoorwaarde (QH-relatie te Heel-boven) voor SOBEK

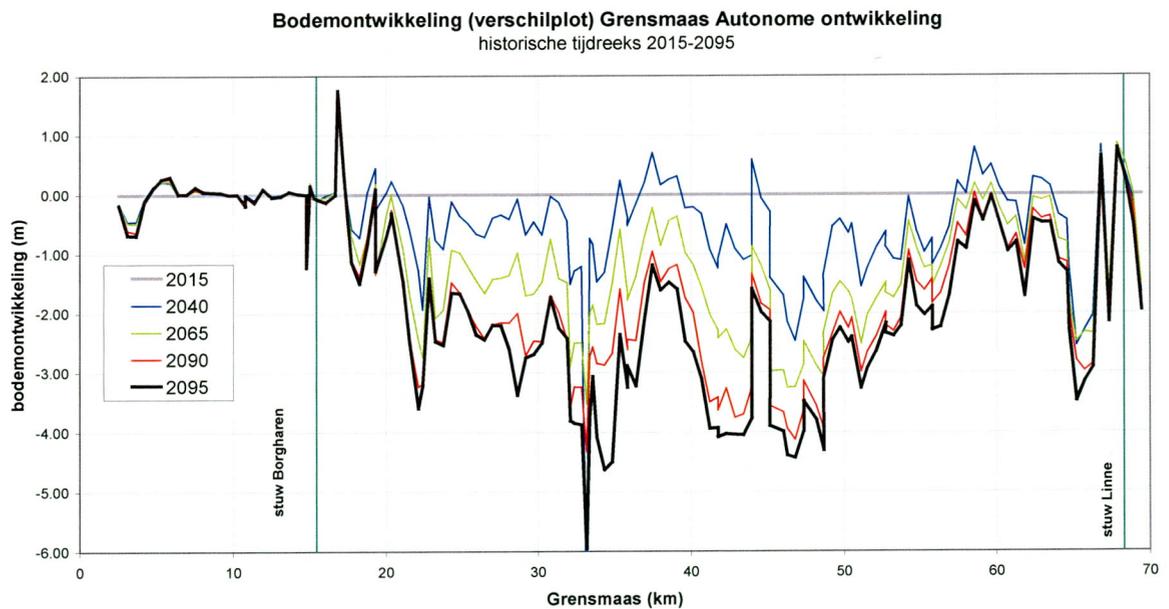


# Bijlage 7 Resultaten Autonome Ontwikkeling

## Historische afvoerreeks

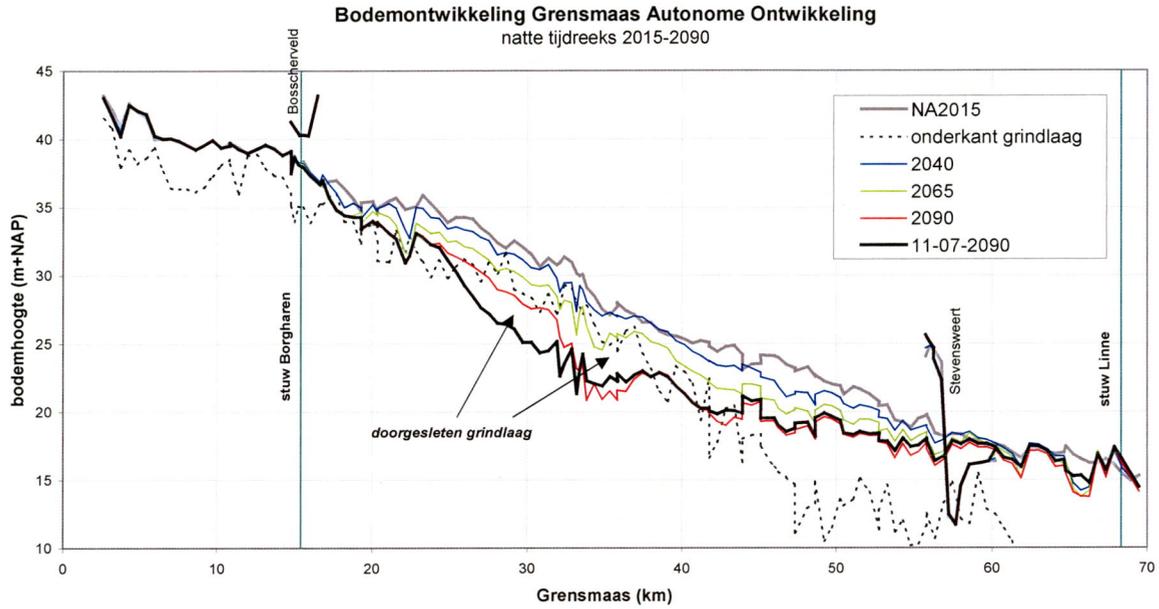


Figuur B7-1: Autonome bodemontwikkeling Grensmaas met historische afvoerreeks

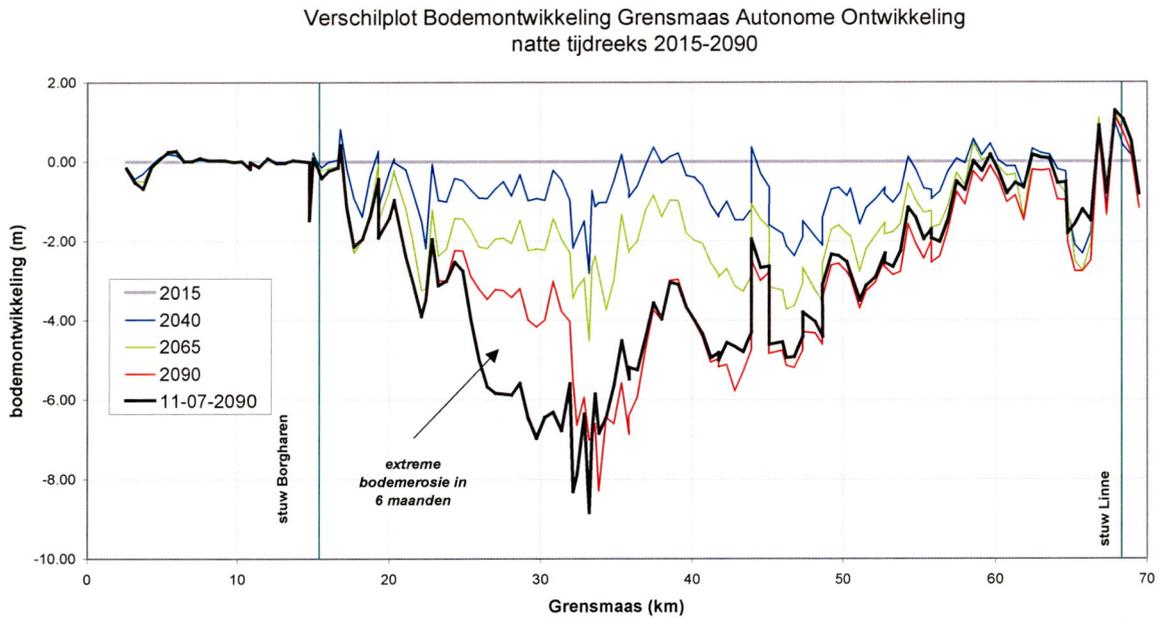


Figuur B7-2: Verschilplot autonome bodemontwikkeling met historische afvoerreeks

## Natte afvoerreeks

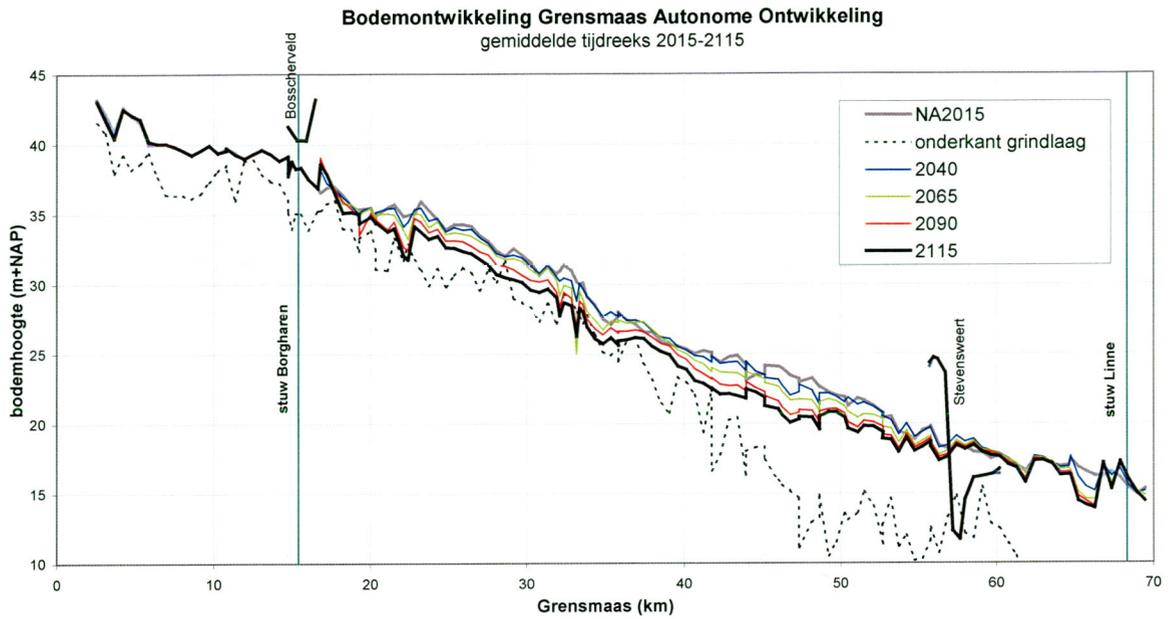


Figuur B7-3: Autonome bodemontwikkeling Grensmaas met natte afvoerreeks

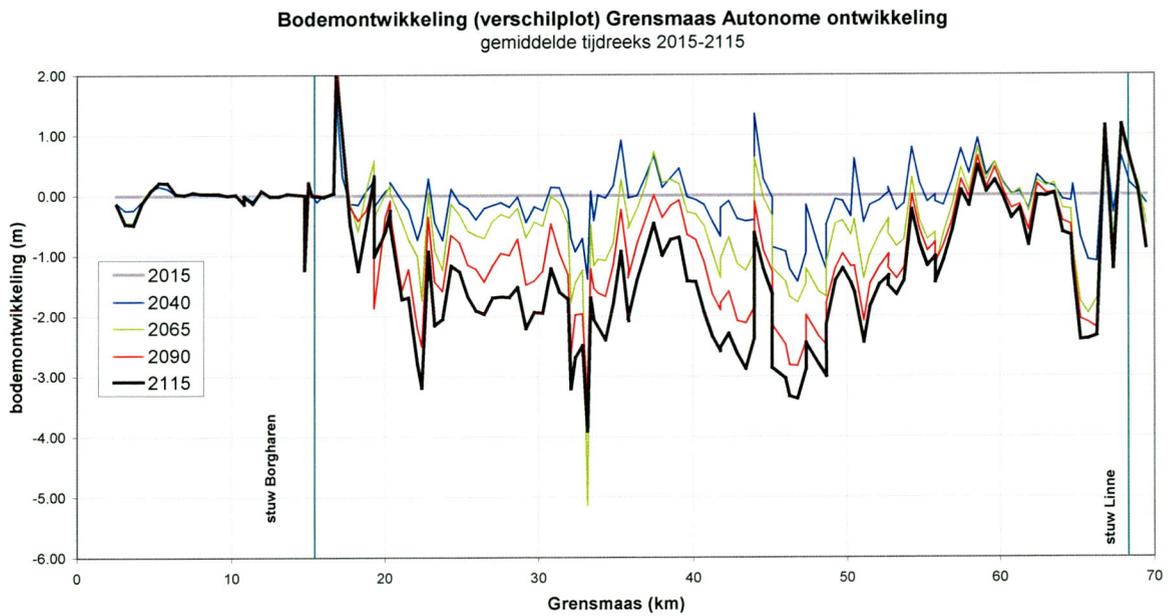


Figuur B7-4: Vershilplot autonome bodemontwikkeling Grensmaas met natte afvoerreeks

**Gemiddelde afvoerreeks**

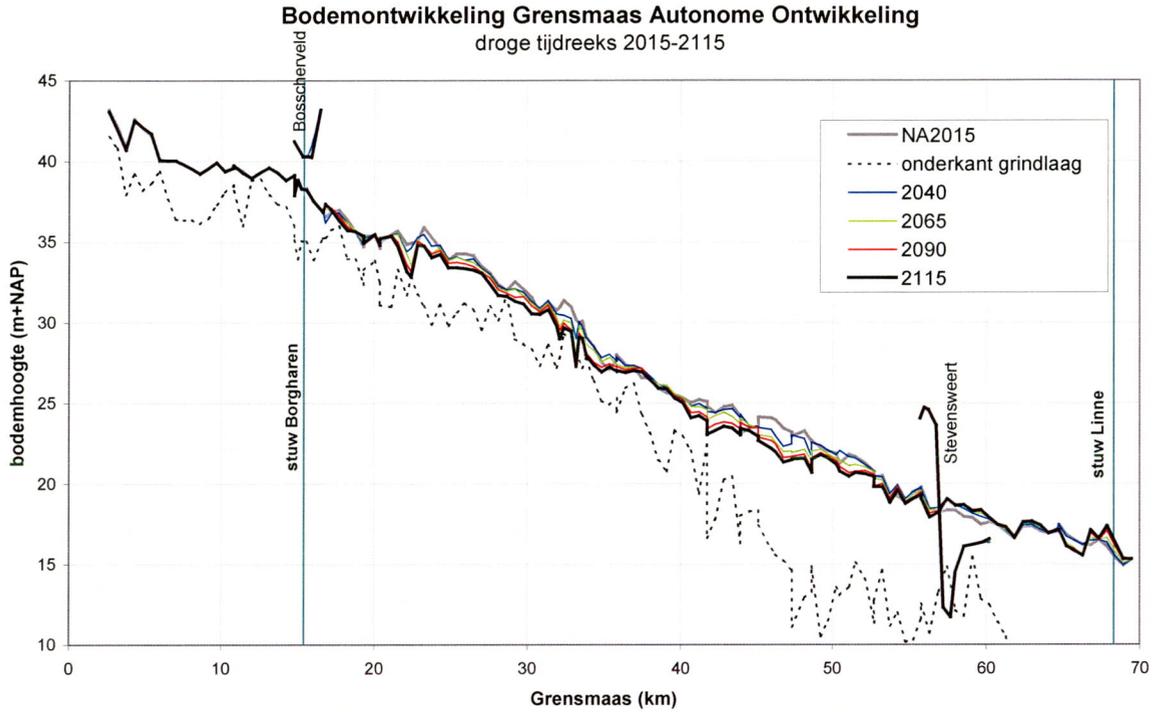


*Figuur B7-5: Autonome bodemontwikkeling Grensmaas met gemiddelde afvoerreeks*

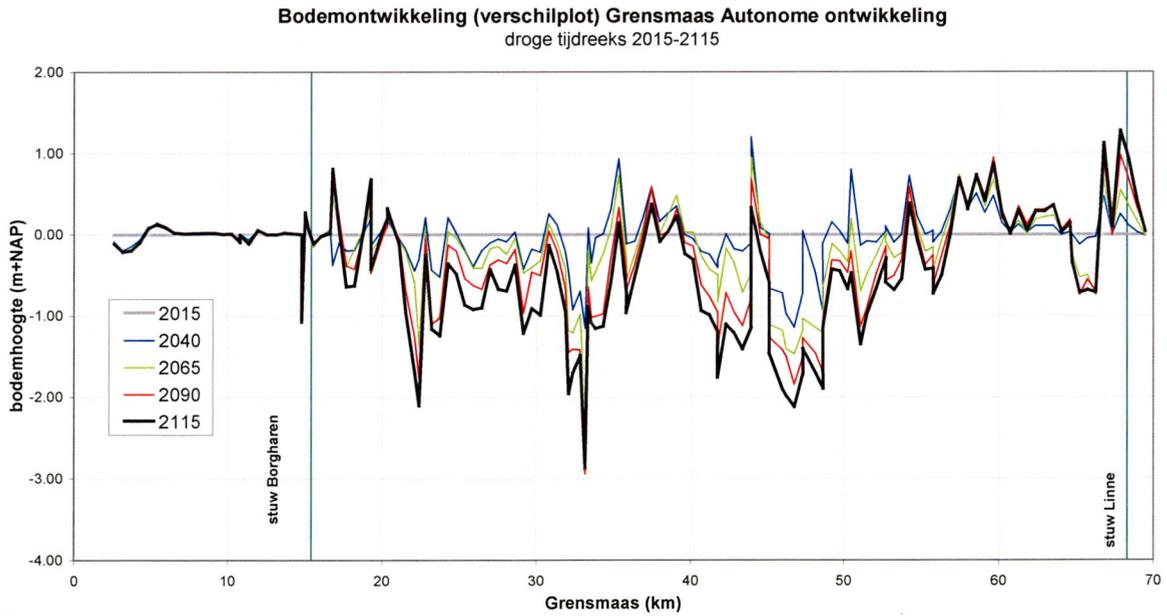


*Figuur B7-6: Verschilplot autonome bodemontwikkeling Grensmaas met gemiddelde afvoerreeks*

**Droge afvoerreeks**



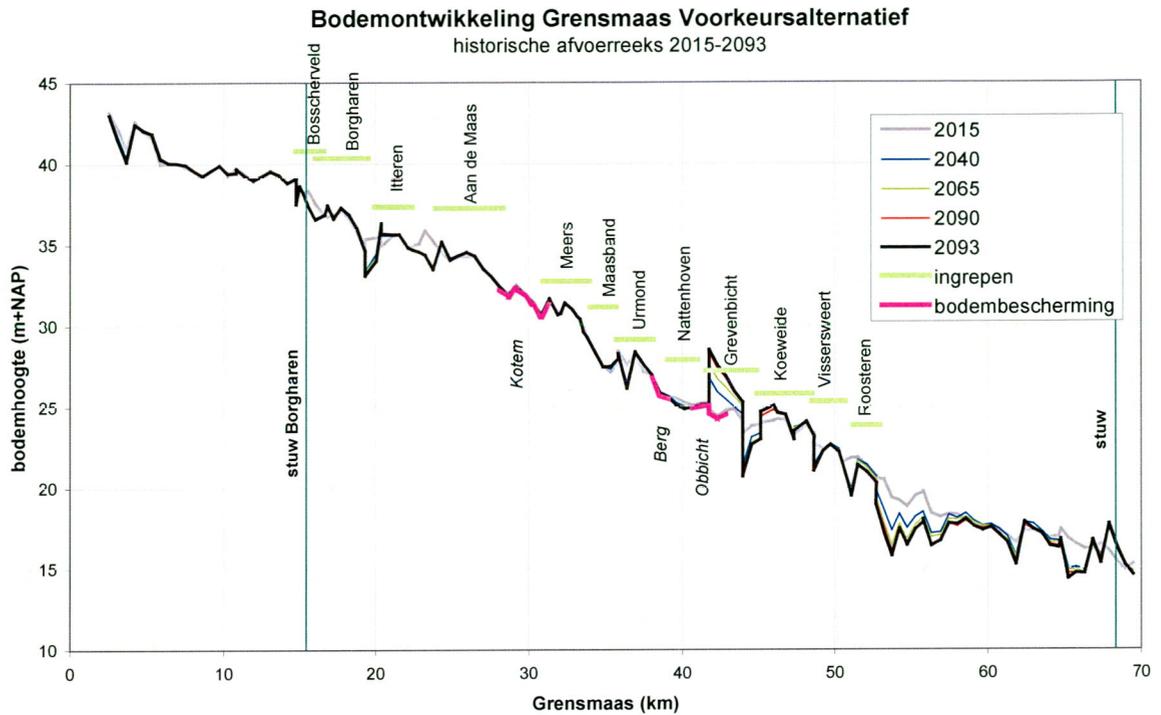
Figuur B7-7: Autonome bodemontwikkeling Grensmaas met droge afvoerreeks



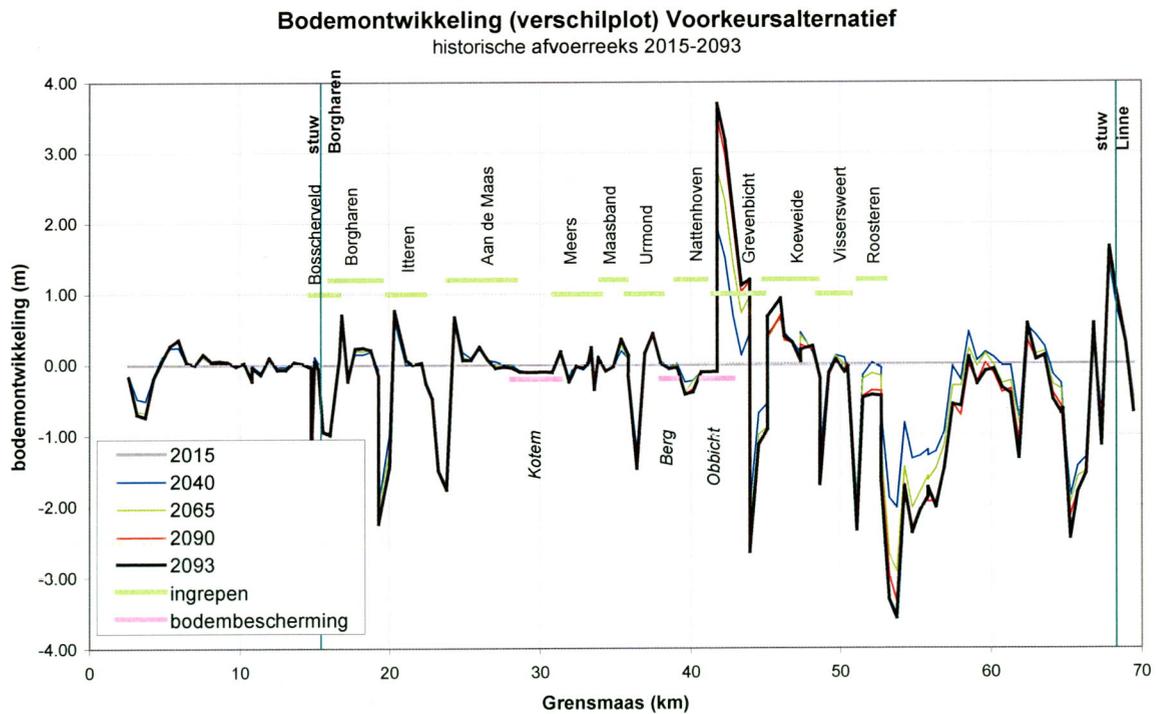
Figuur B7-8: Verschilplot autonome bodemontwikkeling Grensmaas met droge afvoerreeks

# Bijlage 8 Resultaten Voorkeursalternatief

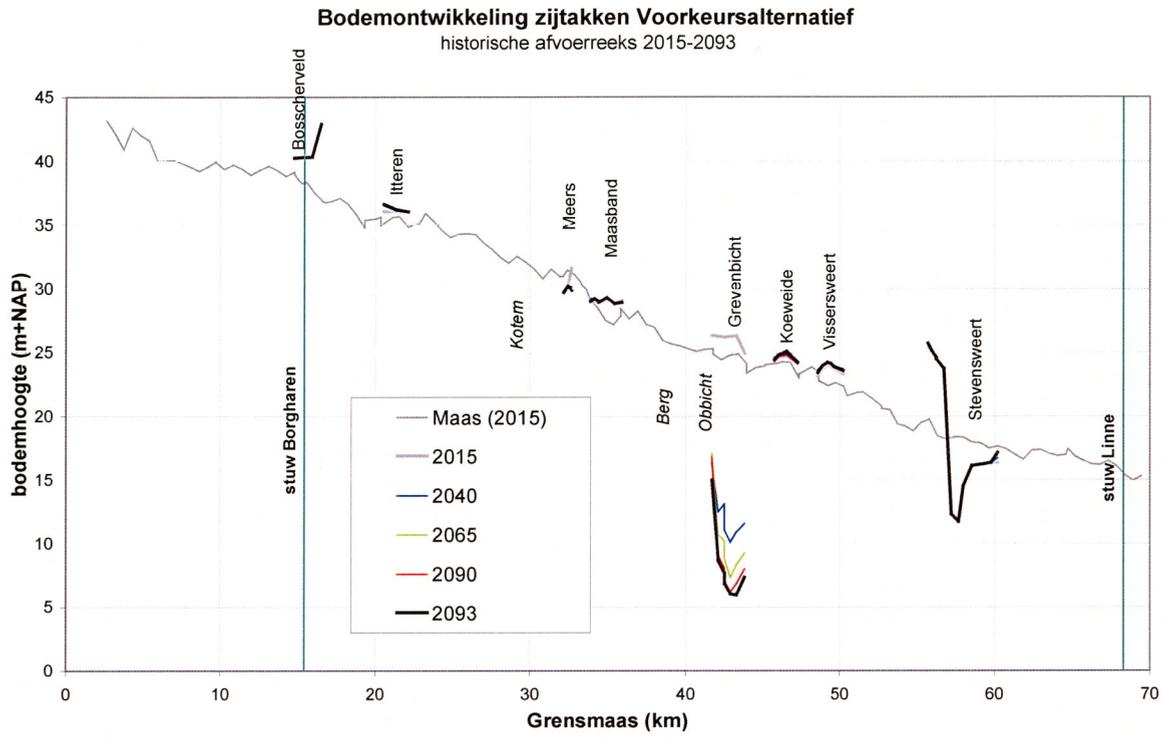
## Historische afvoerreeks



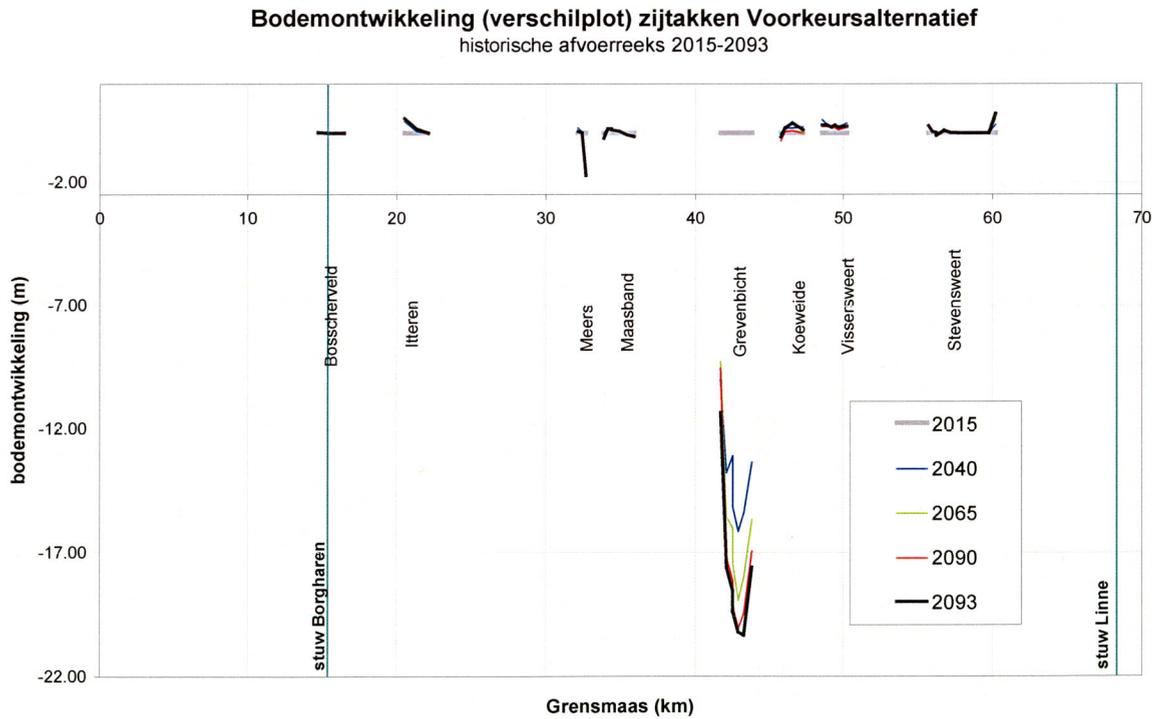
Figuur B8-1: Bodemontwikking Grensmaas bij VKA met historische afvoerreeks



Figuur B8-2: Verschilplot bodemontwikking Grensmaas bij VKA met historische afvoerreeks

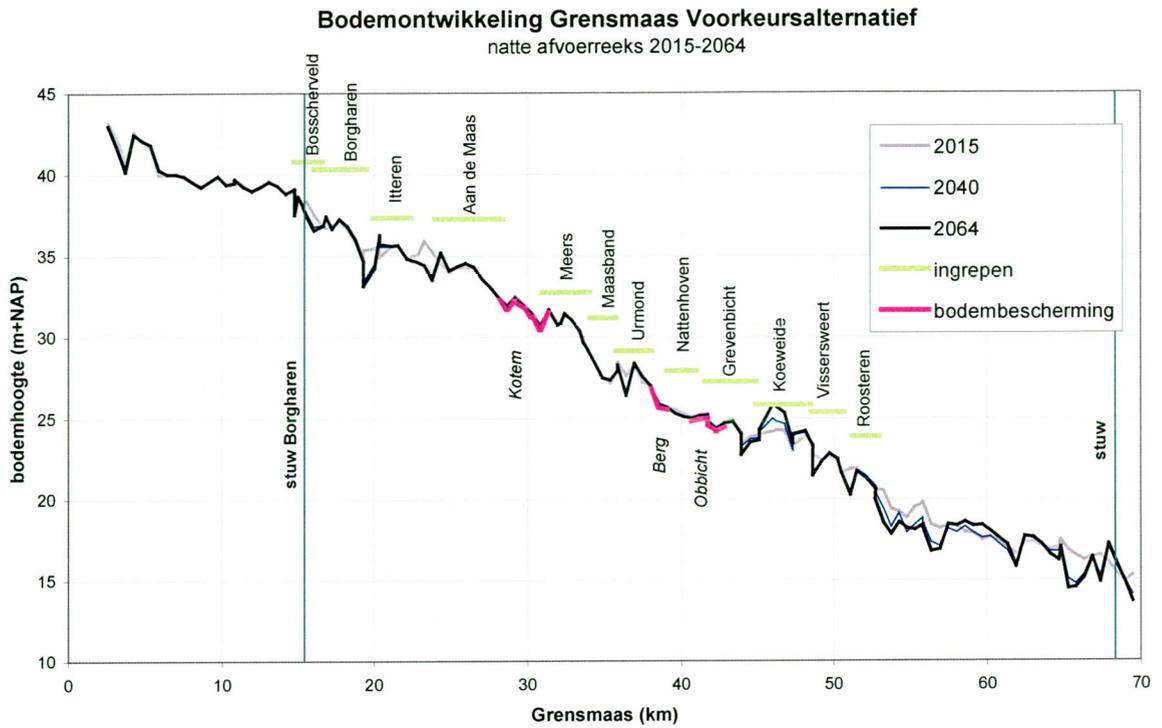


Figuur B8-3: Bodemontwikking zijtakken bij VKA met historische afvoerreeks

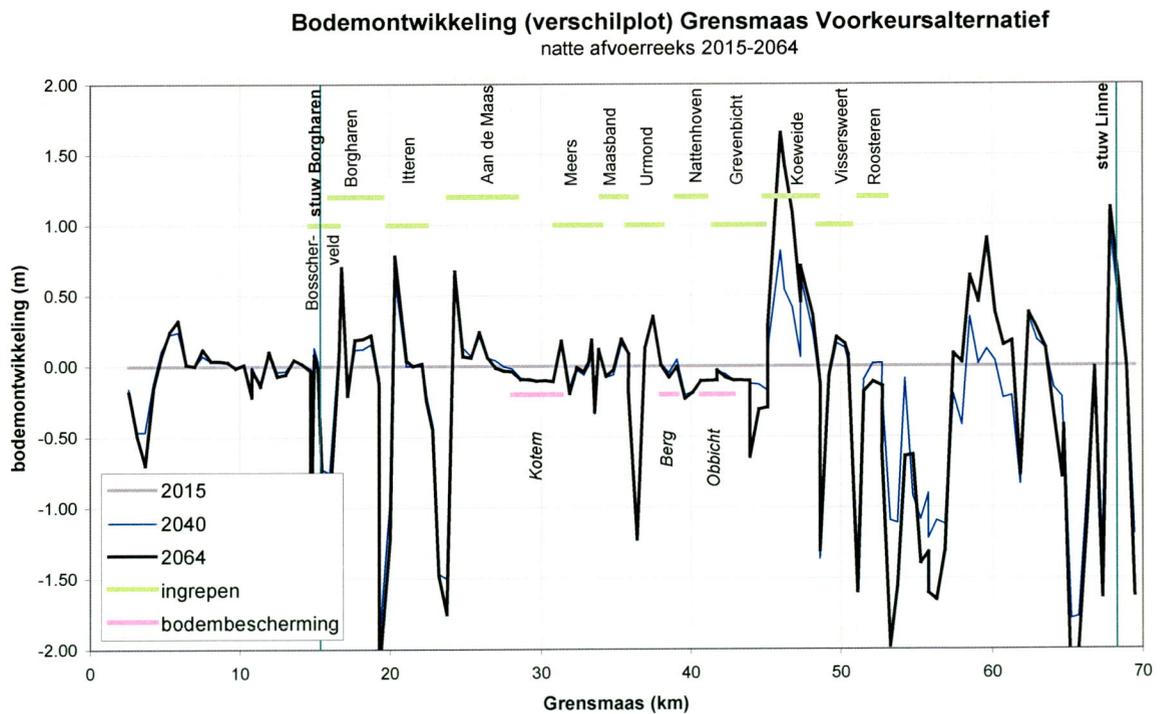


Figuur B8-4: Verschilplot bodemontwikking Grensmaas bij VKA met historische afvoerreeks

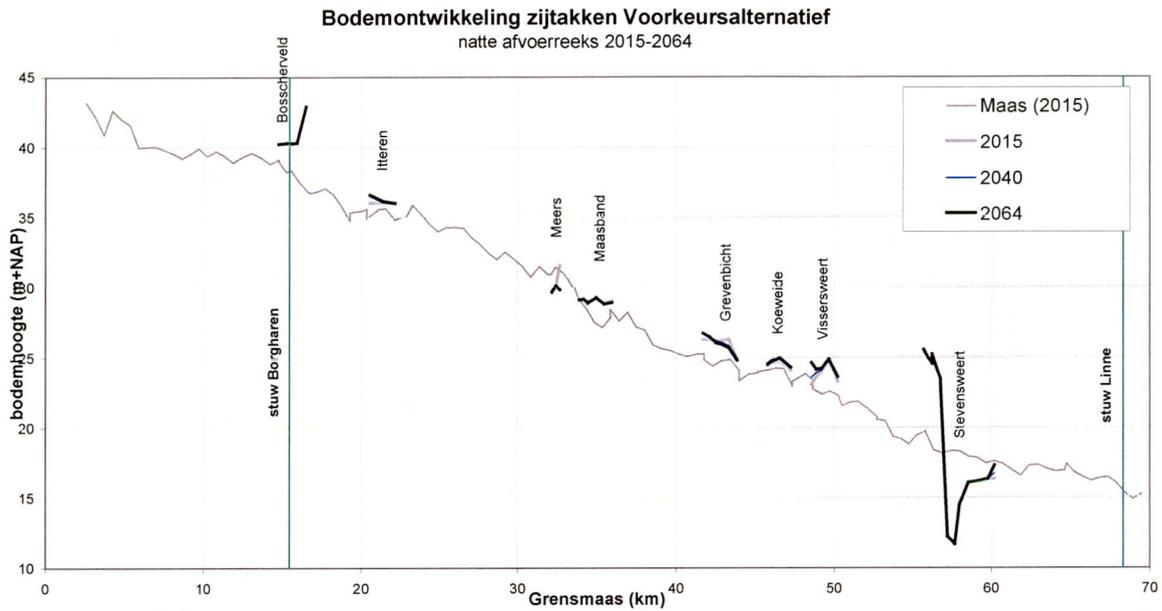
**Natte afvoerreeks**



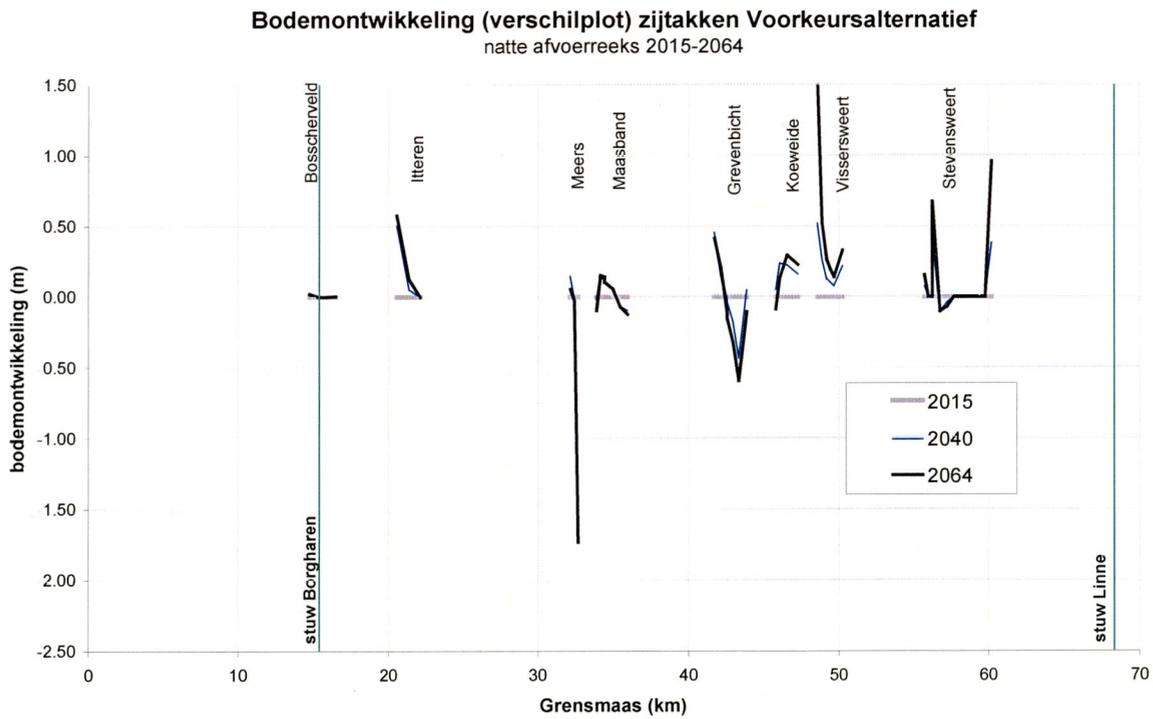
Figuur B8-5: Bodemontwikkeling Grensmaas bij VKA met natte afvoerreeks



Figuur B8-6: Verschilplot bodemontwikkeling Grensmaas bij VKA met natte afvoerreeks

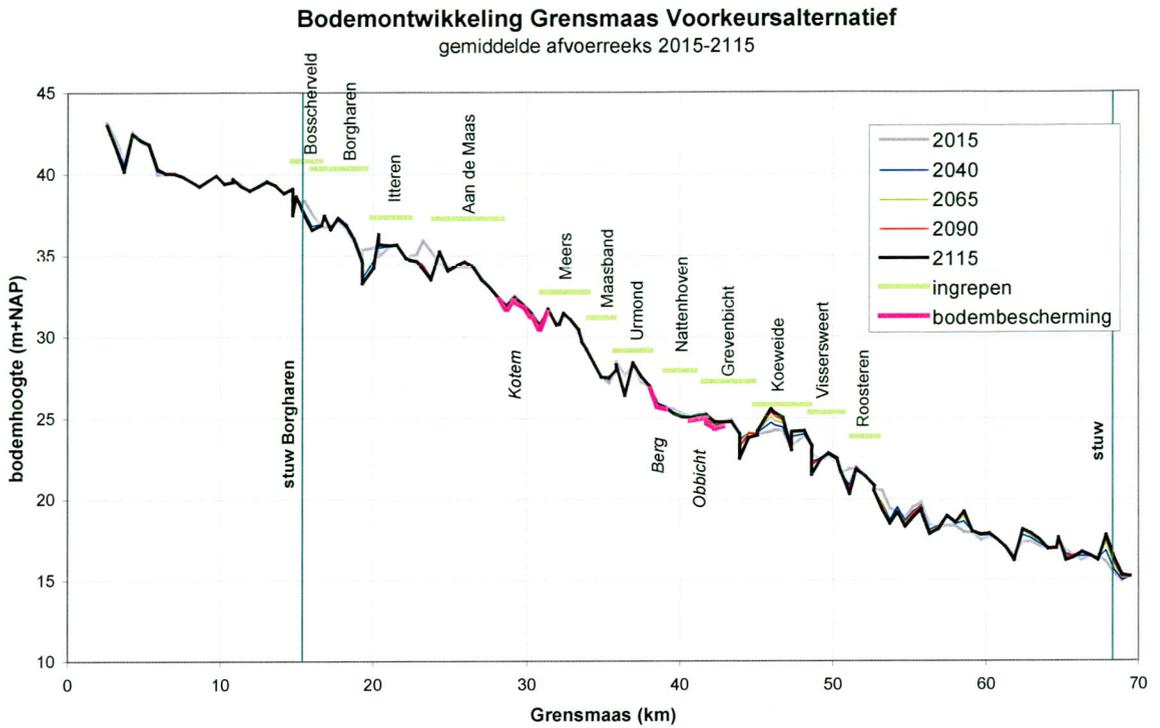


Figuur B8-7: Bodemontwikking zijtakken bij VKA met natte afvoerreeks

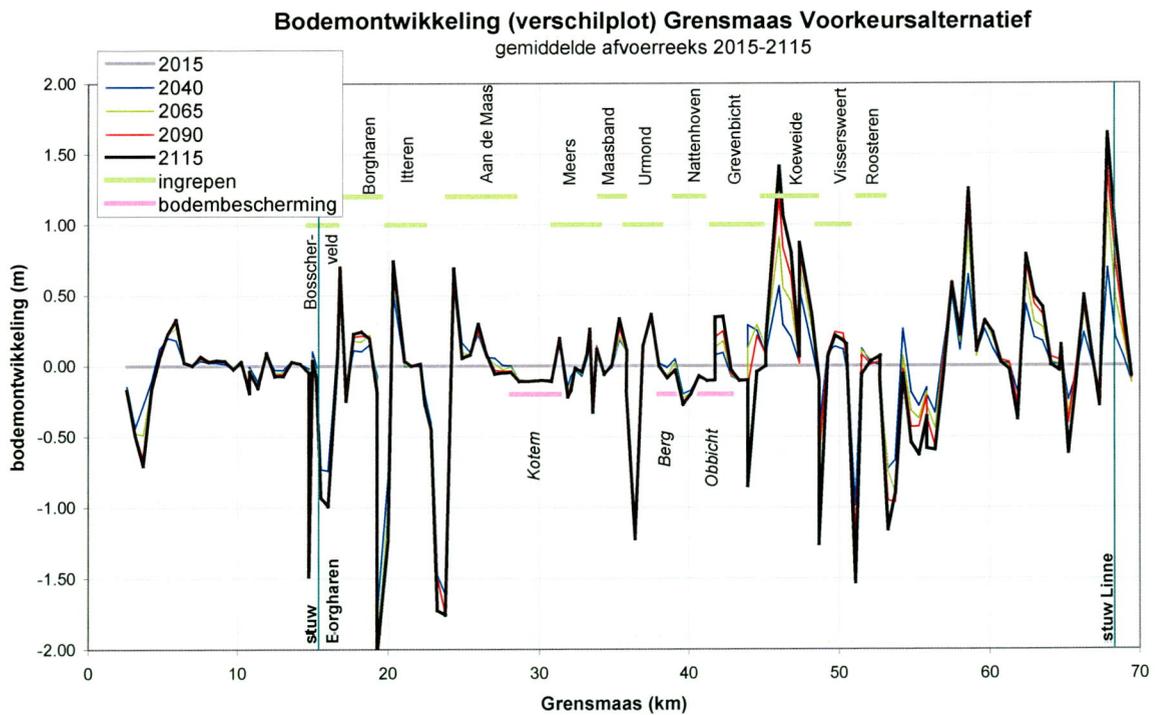


Figuur B8-8: Verschilplot bodemontwikking Grensmaas bij VKA met natte afvoerreeks

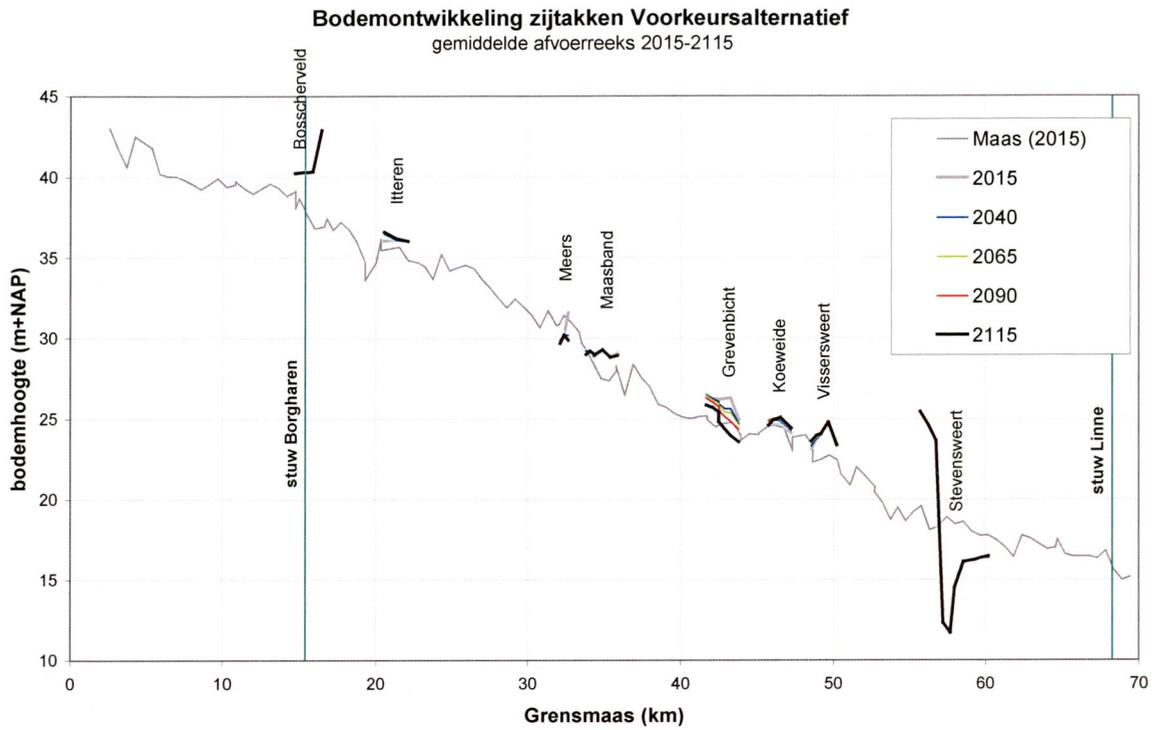
**Gemiddelde afvoerreeks**



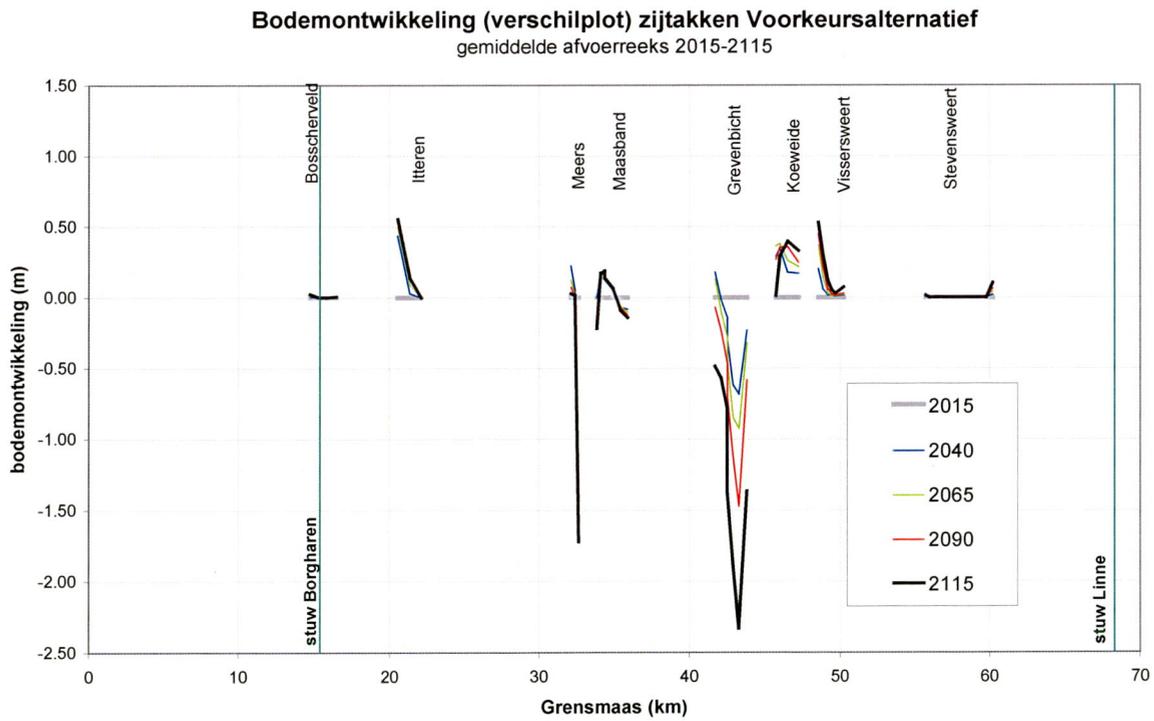
Figuur B8-9: Bodemontwikkeling Grensmaas bij VKA met gemiddelde afvoerreeks



Figuur B8-10: Verschilplot bodemontwikkeling Grensmaas bij VKA met gemiddelde afvoerreeks

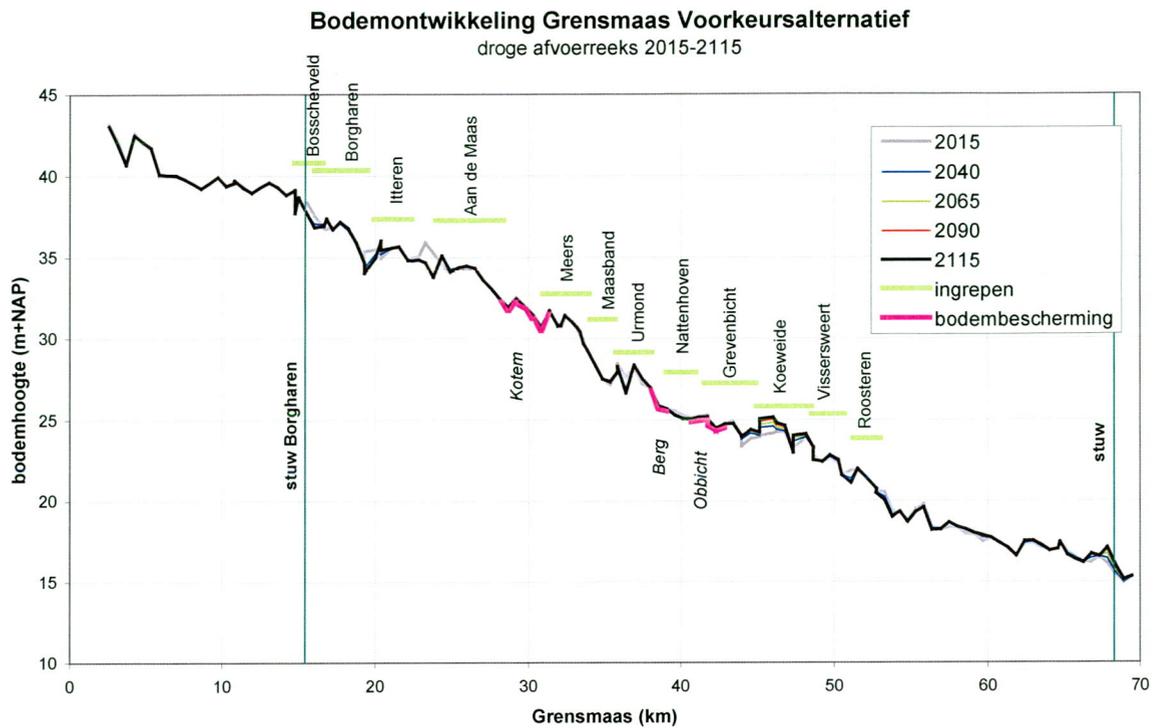


Figuur B8-11: Bodemontwikking zijtakken bij VKA met gemiddelde afvoerreeks

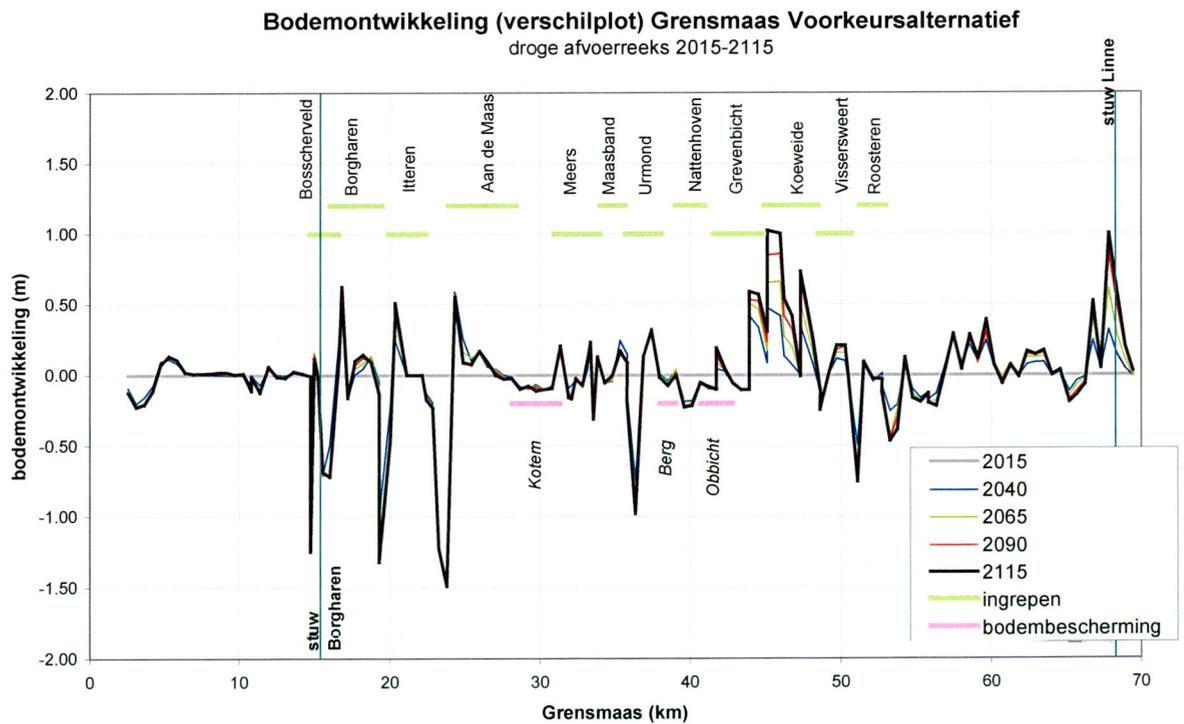


Figuur B8-12: Verschilplot bodemontwikking Grensmaas bij VKA met gemiddelde afvoerreeks

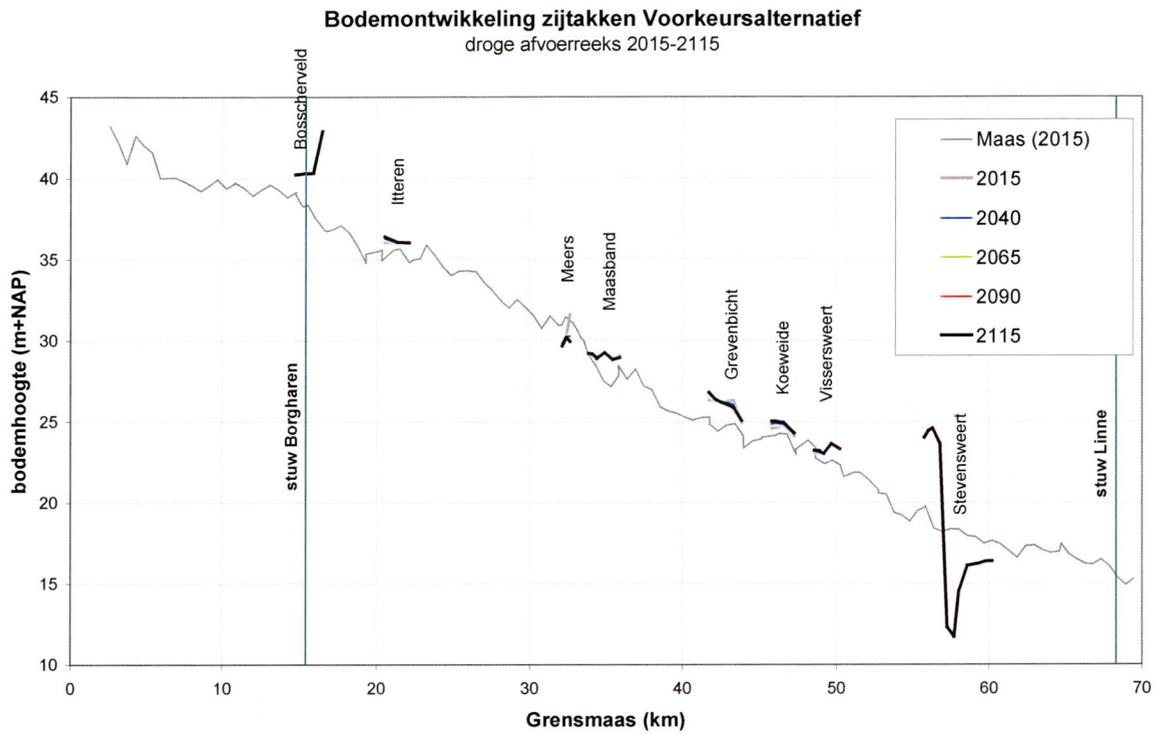
**Droge afvoerreeks**



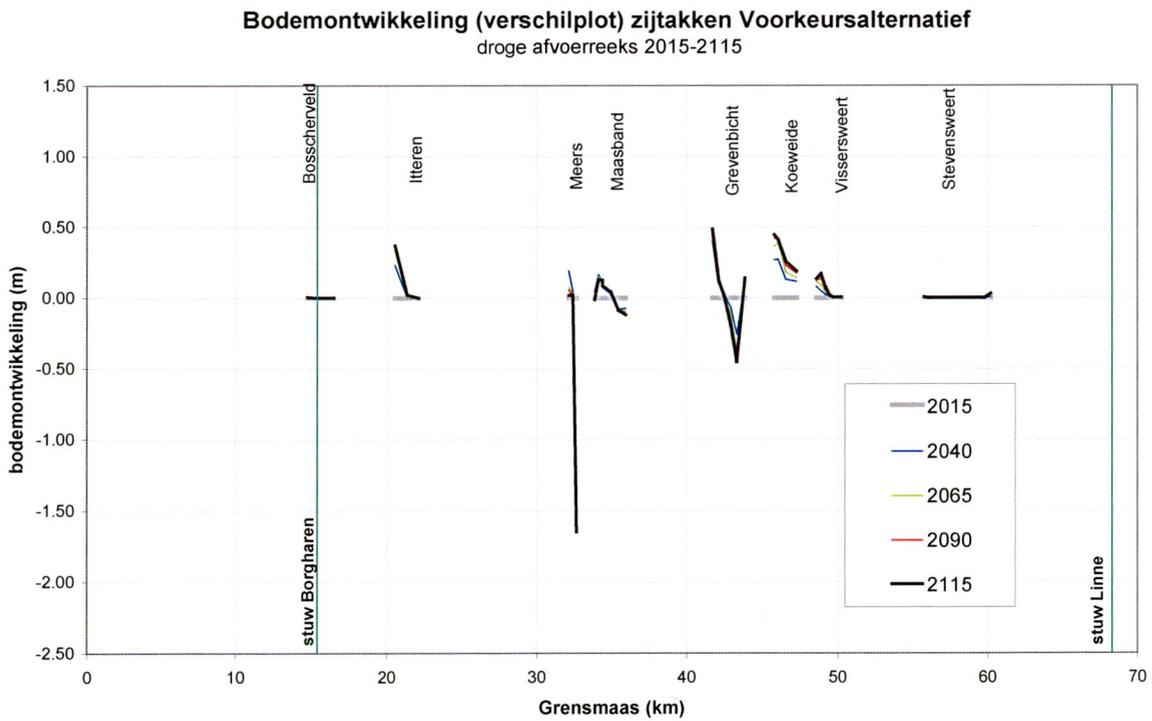
Figuur B8-13: Bodemontwikking Grensmaas bij VKA met droge afvoerreeks



Figuur B8-14: Verschilplot bodemontwikking Grensmaas bij VKA met droge afvoerreeks



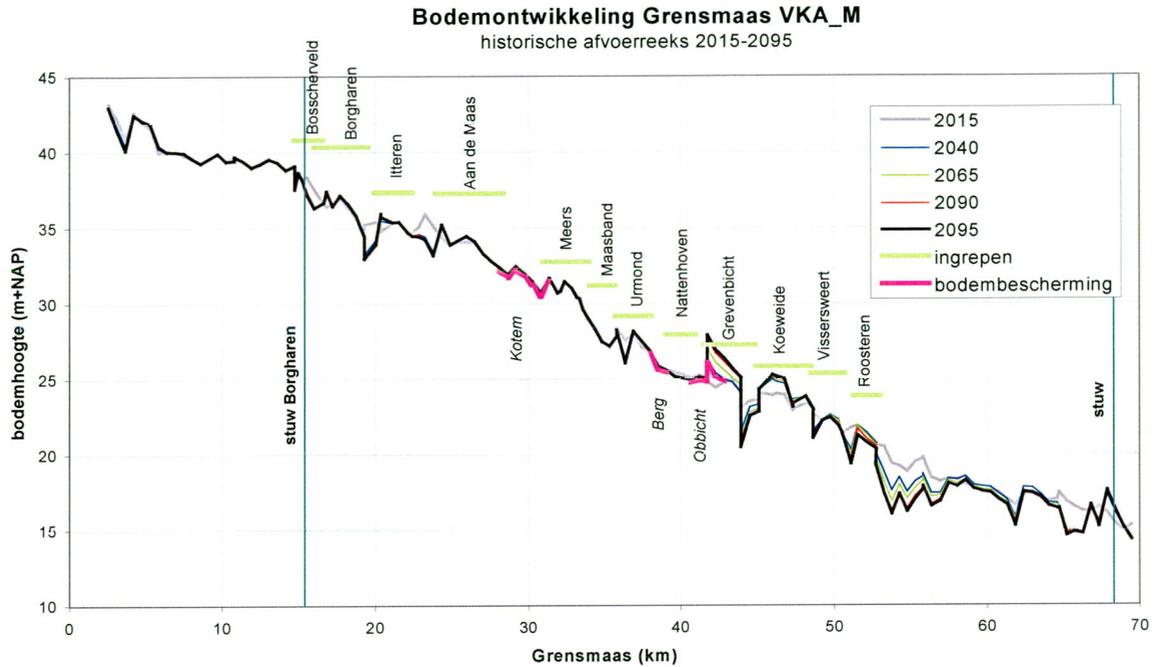
Figuur B8-15: Bodemontwikking zijtakken bij VKA met droge afvoerreeks



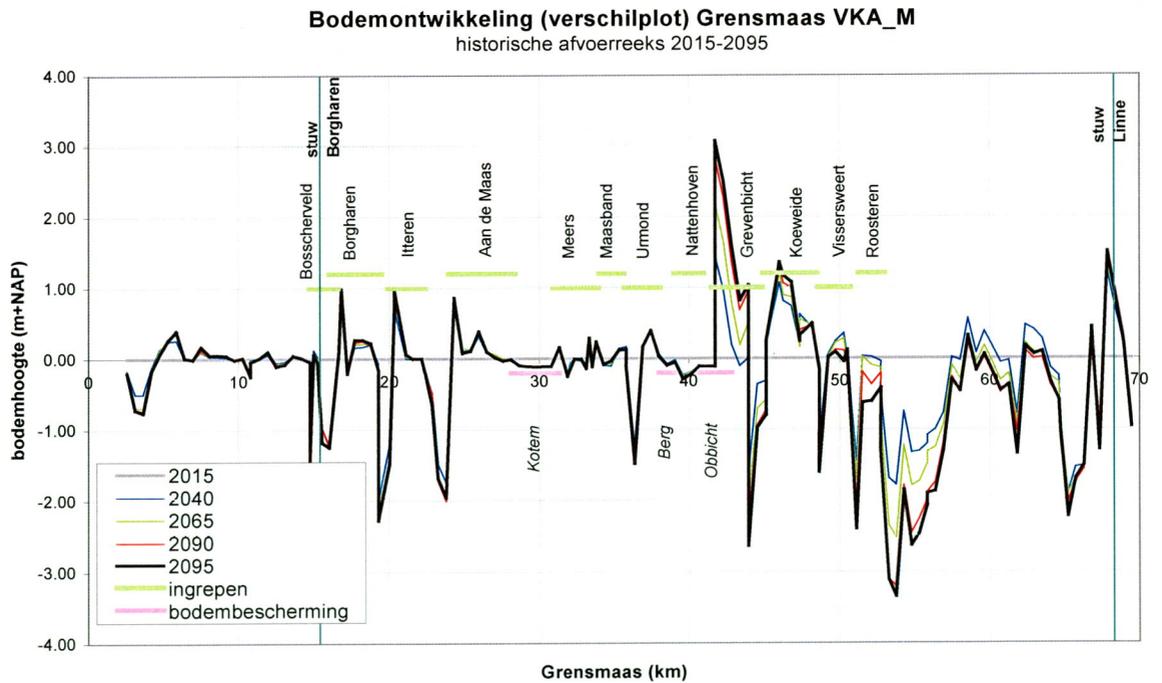
Figuur B8-16: Verschilplot bodemontwikking Grensmaas bij VKA met droge afvoerreeks

# Bijlage 9 Resultaten EPM en EPP (VKA\_M en VKA\_P) (ontwerpvarianten Voorkeursalternatief)

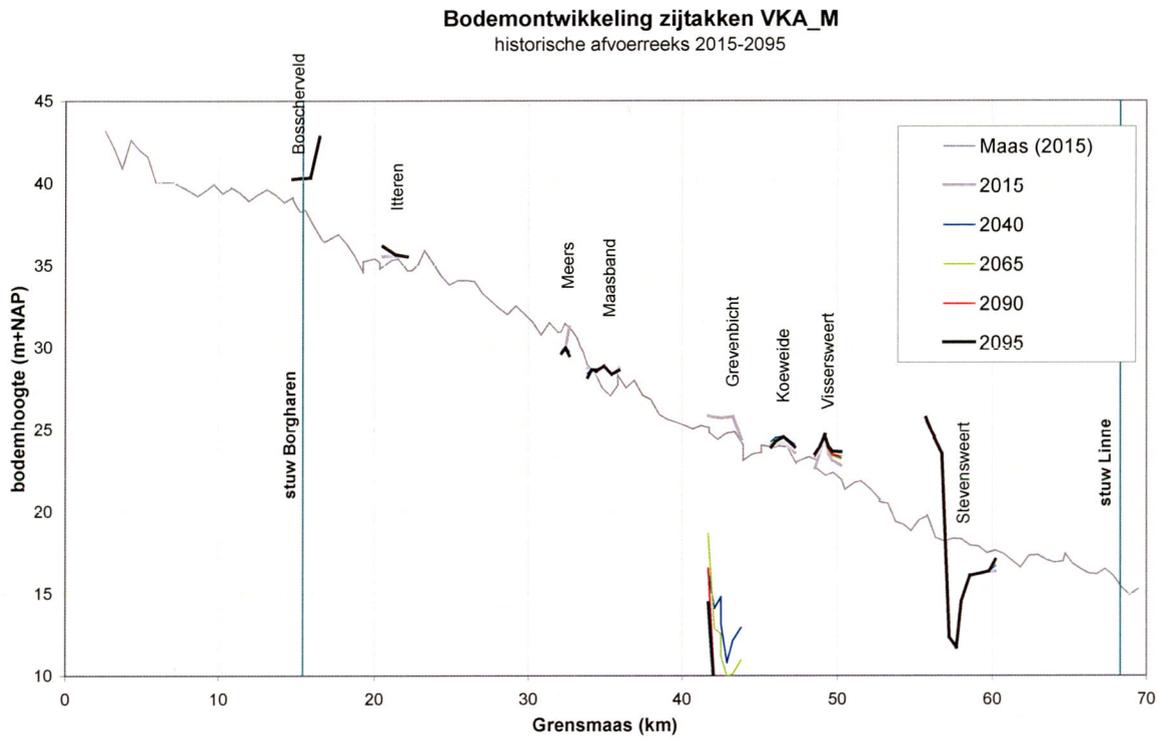
## Verlaagd insteekniveau (VKA\_M)



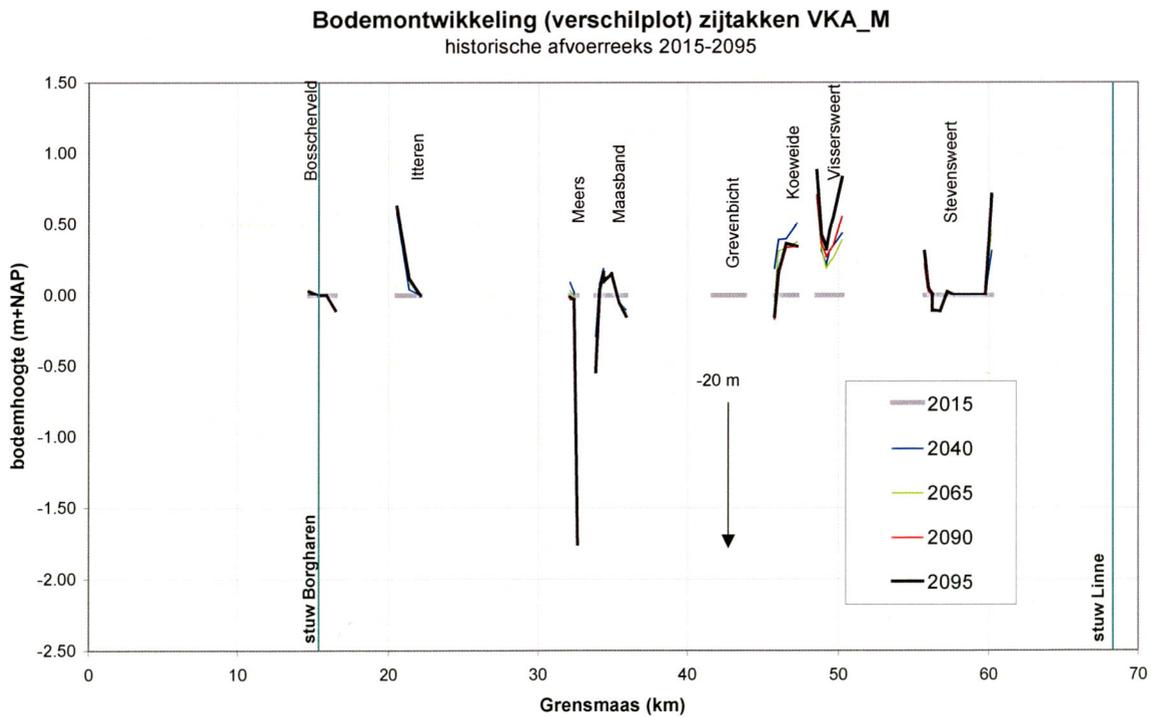
Figuur B9-1: Bodemontwikkeling Grensmaas bij VKA\_M met historische afvoerreeks



Figuur B9-2: Verschilplot bodemontwikkeling Grensmaas bij VKA\_M met historische afvoerreeks

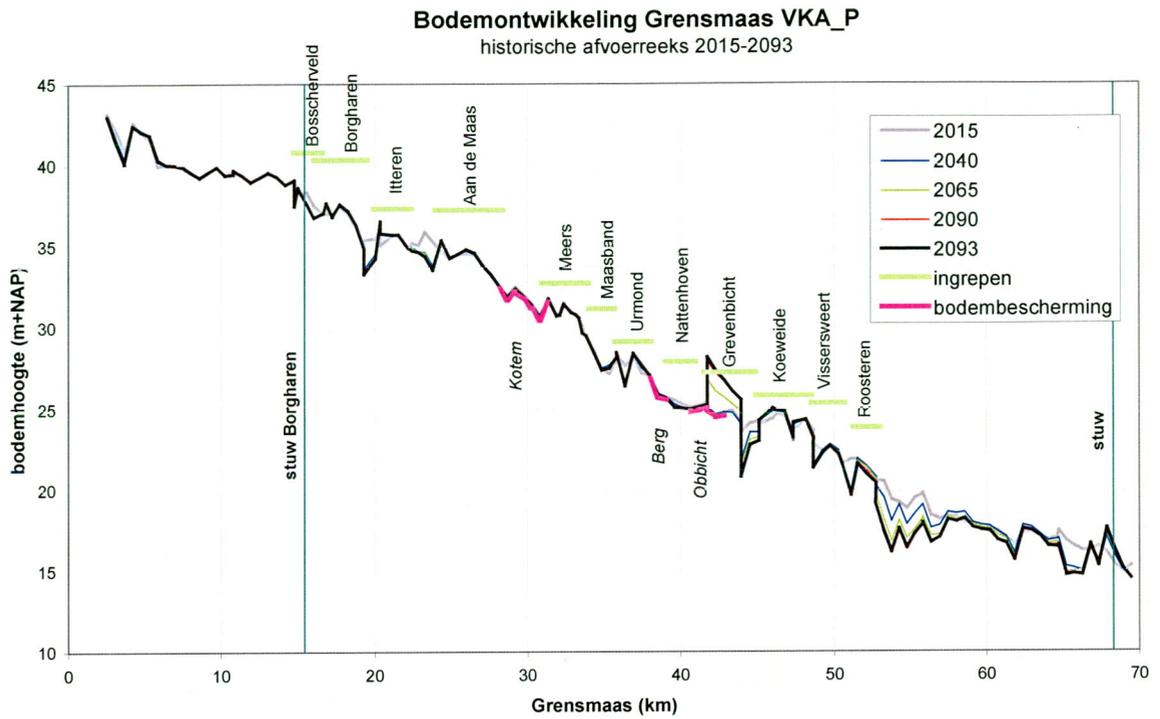


Figuur B9-3: Bodemontwikkeling zijtakken bij VKA\_M met historische afvoerreeks

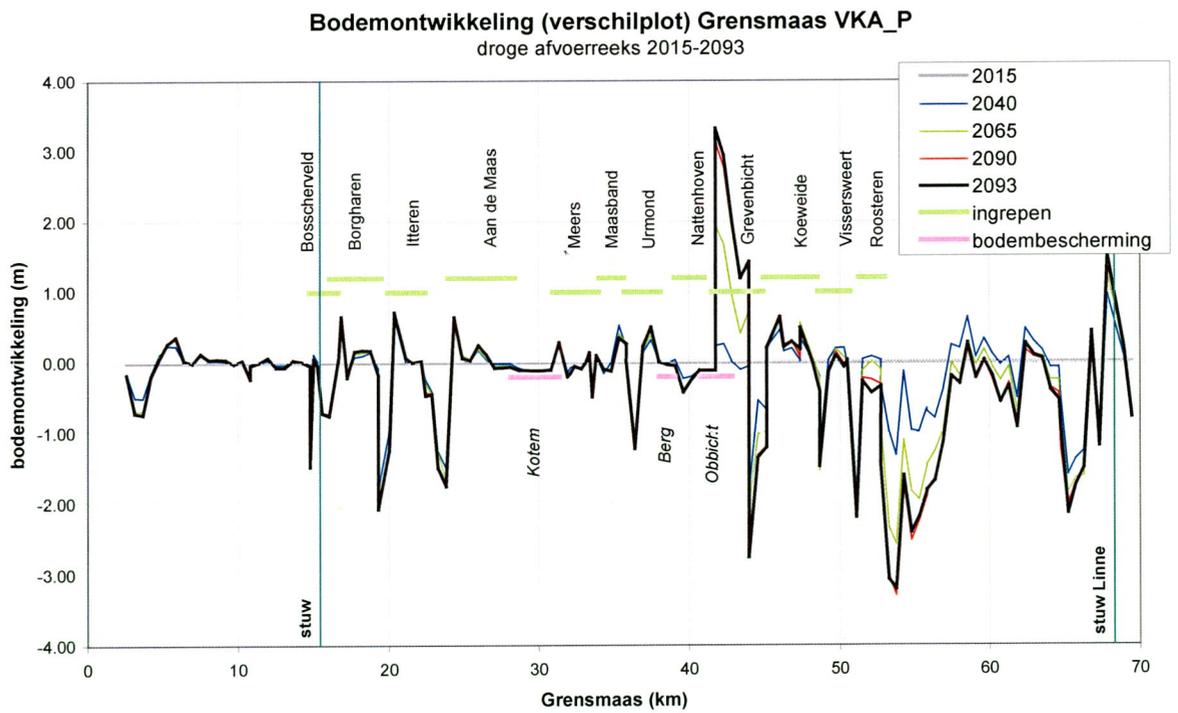


Figuur B9-4: Verschilplot bodemontwikkeling zijtakken bij VKA\_M met historische afvoerreeks

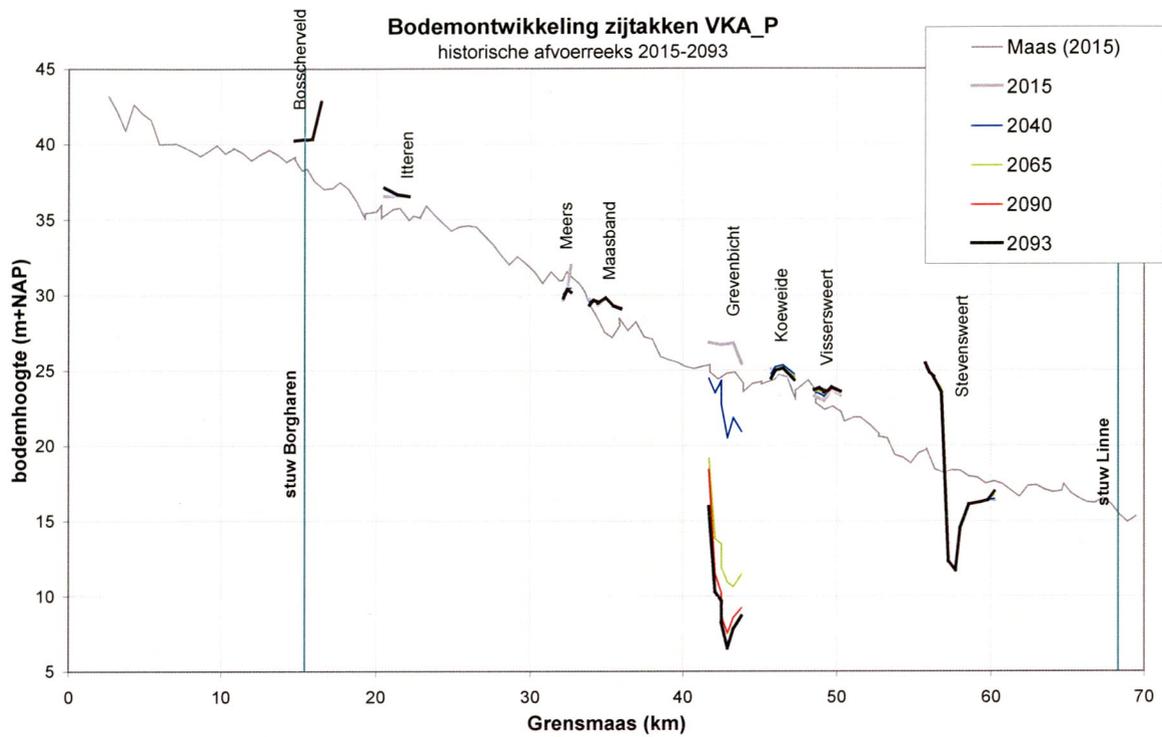
**Verhoogd insteekniveau (VKA\_P)**



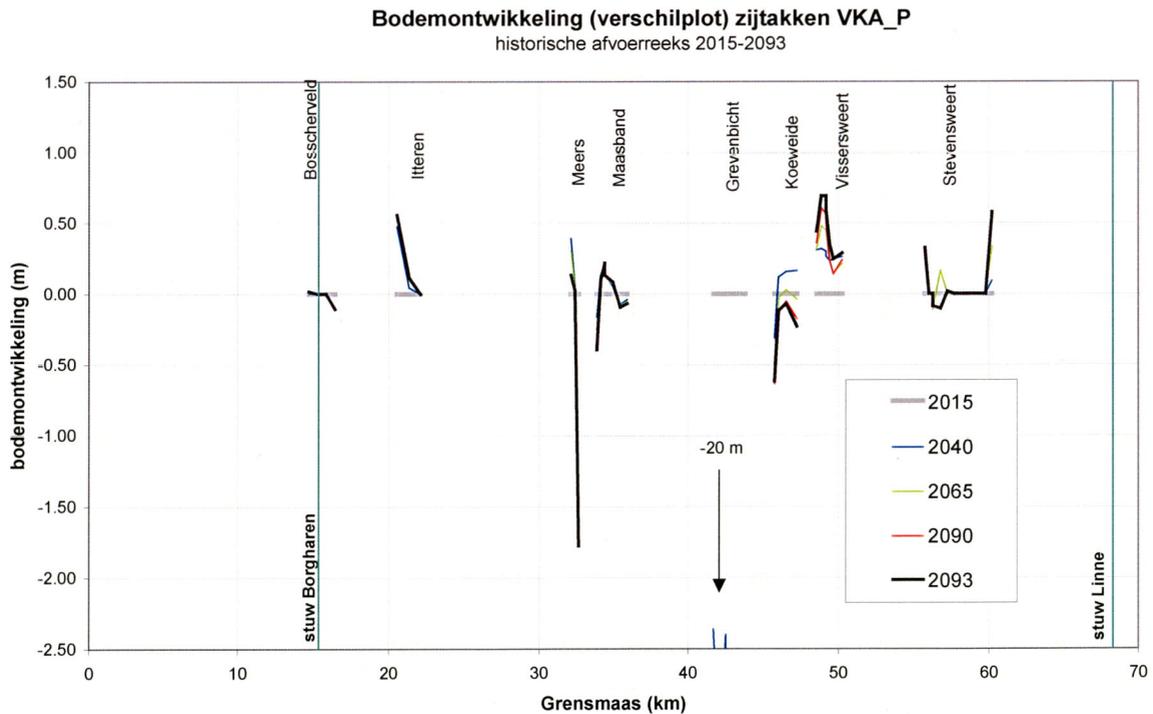
*Figuur B9-5: Bodemontwikkeling Grensmaas bij VKA\_P met historische afvoerreeks*



*Figuur B9-6: Verschilplot bodemontwikkeling Grensmaas bij VKA\_P met historische afvoerreeks*



Figuur B9-7: Bodemontwikkeling zijtakken bij VKA\_P met historische afvoerreeks

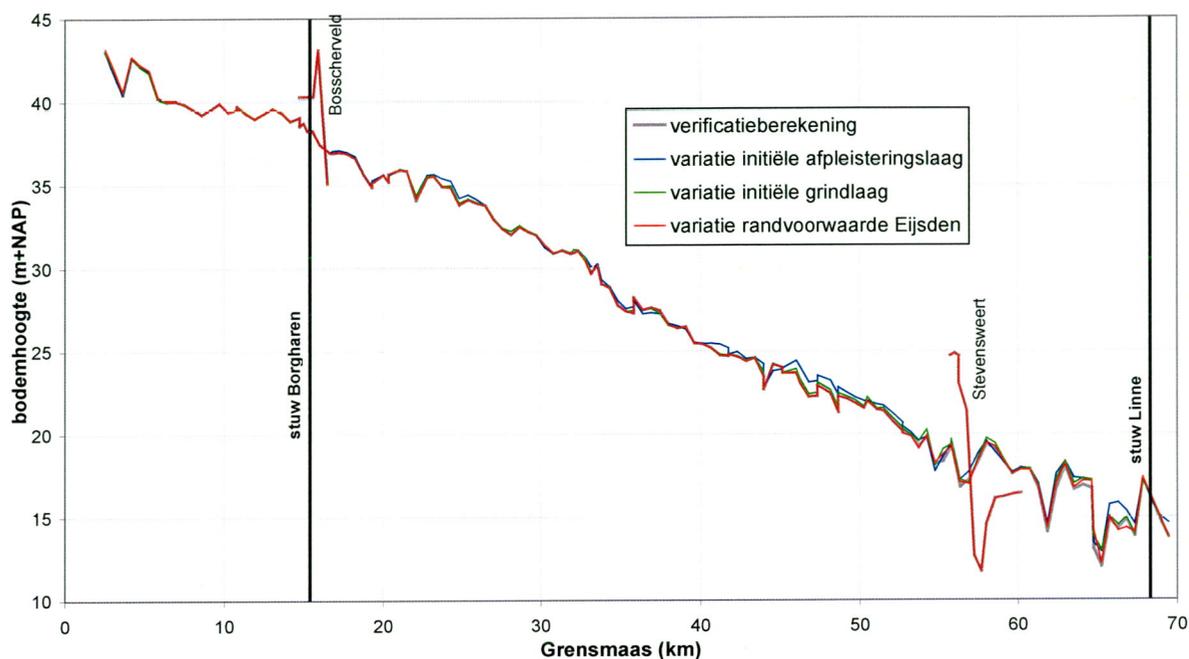


Figuur B9-8: Verschilplot bodemontwikkeling zijtakken bij VKA\_P met historische afvoerreeks

## Bijlage 10 Resultaten gevoeligheidsanalyse

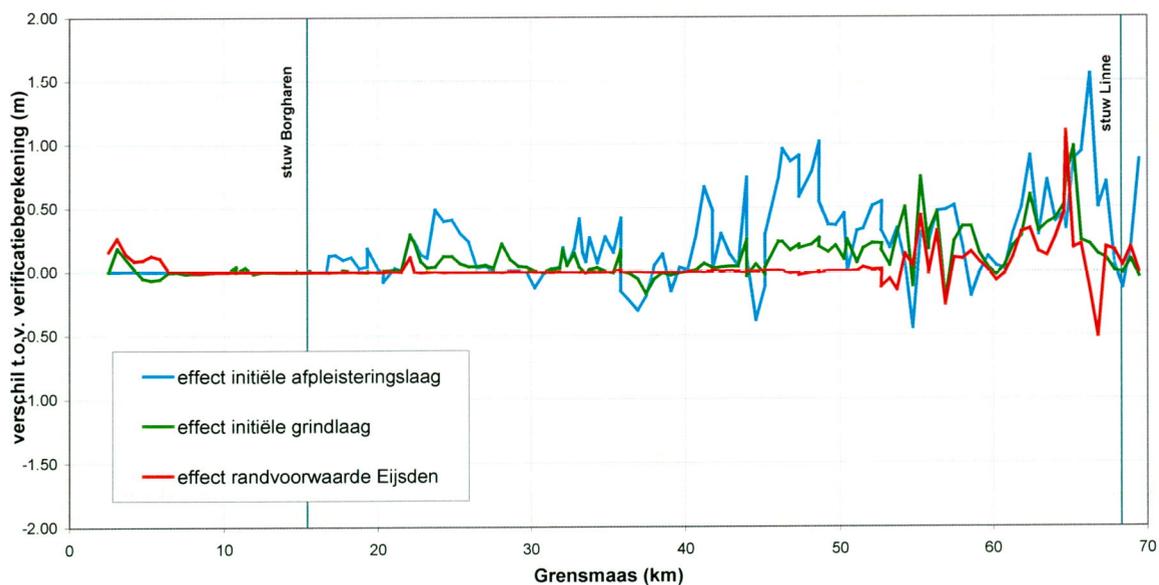
### Randvoorwaarde Eijsden, samenstelling afpleisteringslaag en grindlaag (1978-1995)

Bodemontwikkeling NA1978 bij variatie van parameters



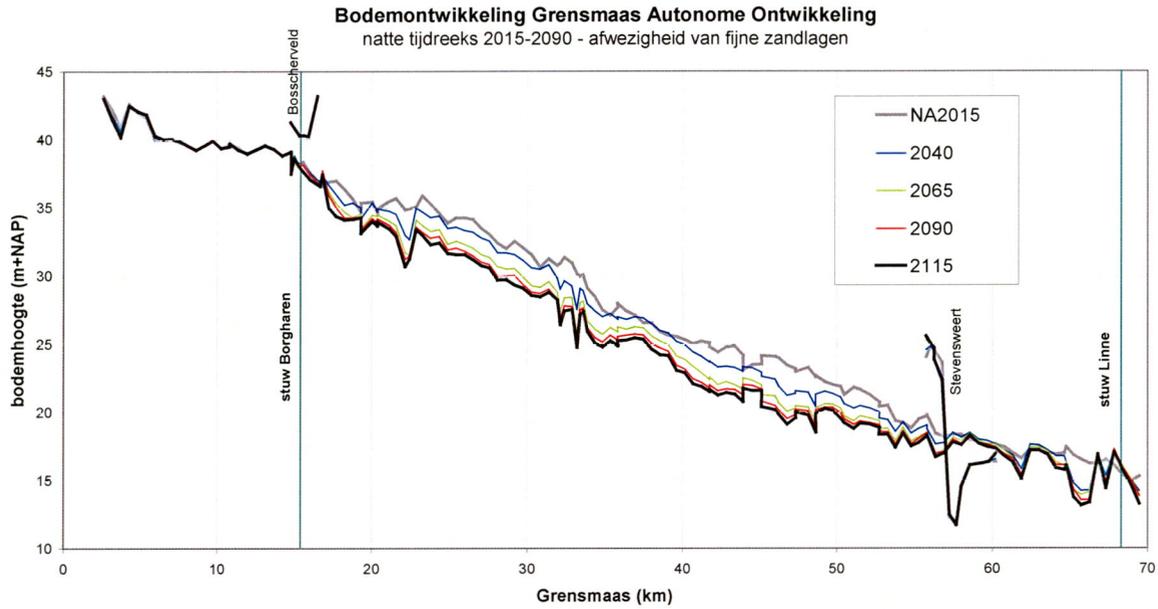
Figuur B10-1: Bodemontwikkeling Grensmaas NA1978 (gevoeligheidsberekeningen)

Verschilplot bodemontwikkeling NA1978 bij variatie van parameters

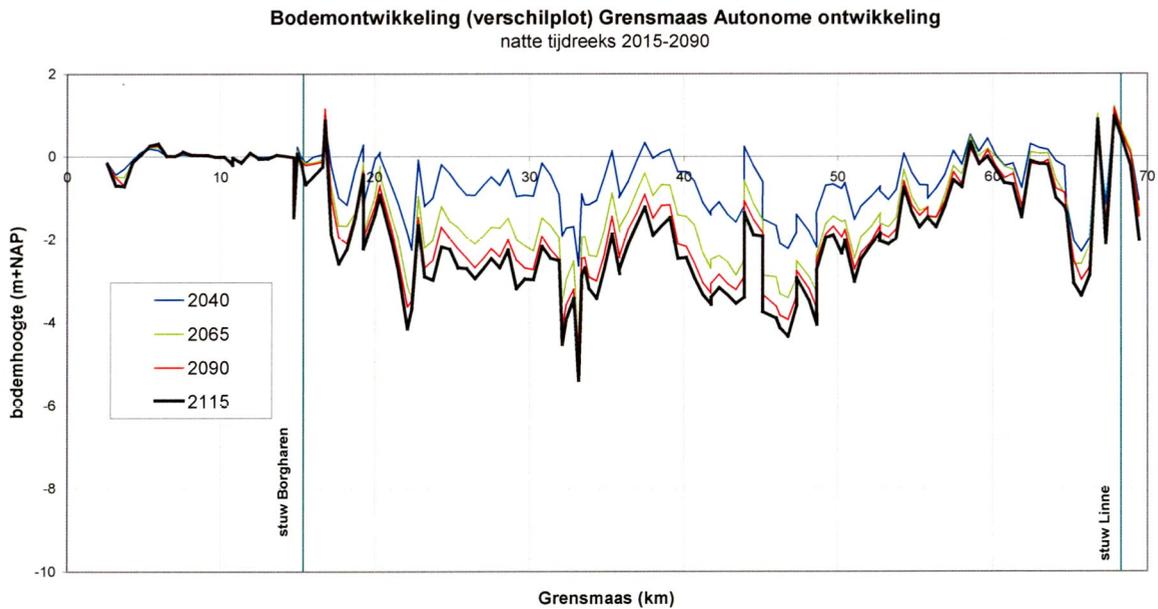


Figuur B10-2: Verschilplot bodemontwikkeling Grensmaas NA1978 (gevoeligheidsberekeningen)

**Wijziging dikte grindlaag (Autonome Ontwikkeling: 2015-2115 natte afvoerreeks)**



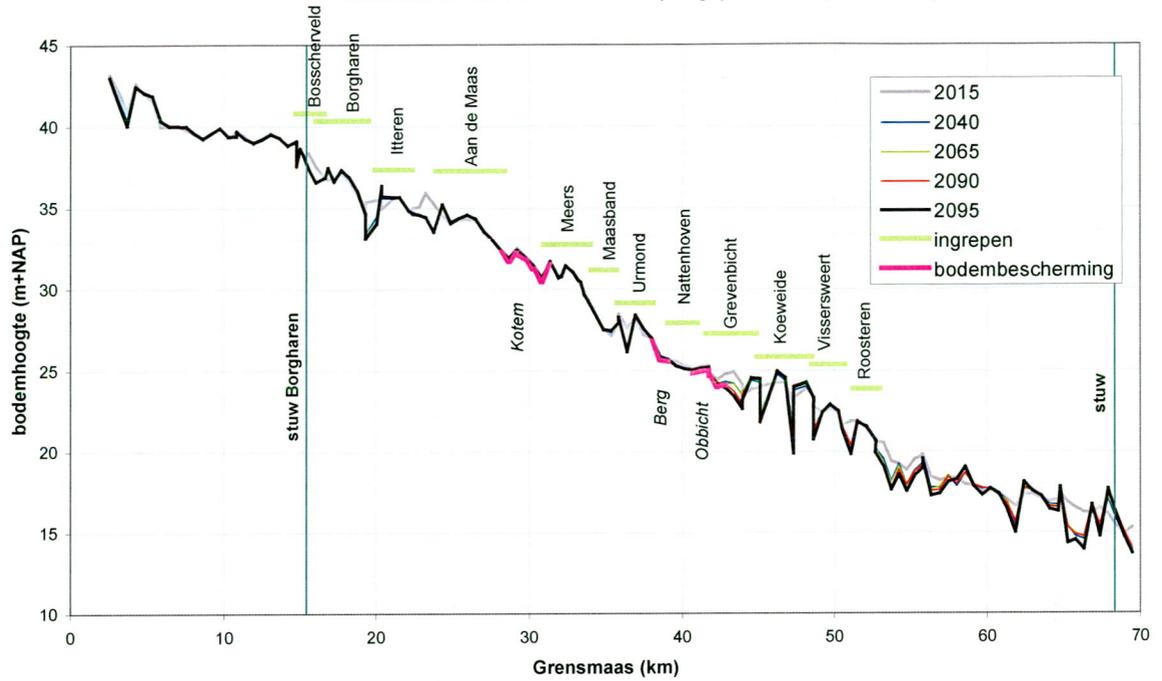
*Figuur B10-3: Bodemontwikkeling Grensmaas bij AO met natte afvoerreeks (oneindig dikke grindlaag)*



*Figuur B10-4: Verschilplot bodemontwikkeling Grensmaas bij AO met natte afvoerreeks (oneindig dikke grindlaag)*

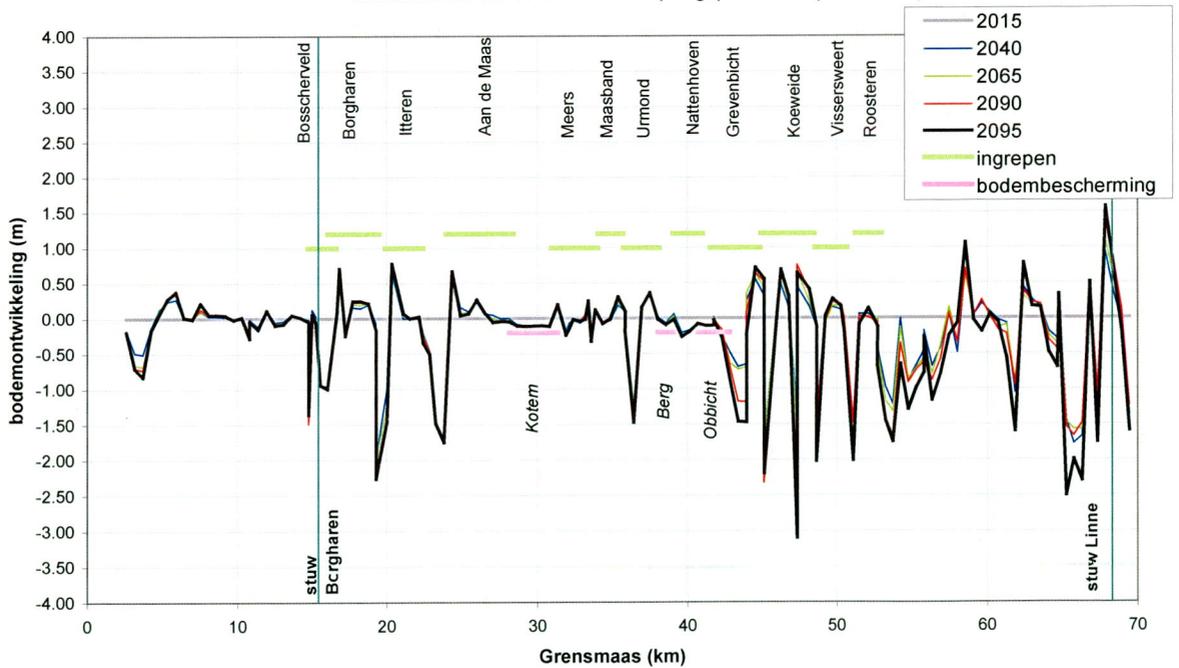
**Aangepast ontwerp Koeweide**

**Bodemontwikkeling Grensmaas Voorkeursalternatief**  
historische afvoerreeks 2015-2115 (aangepast ontwerp Koeweide)

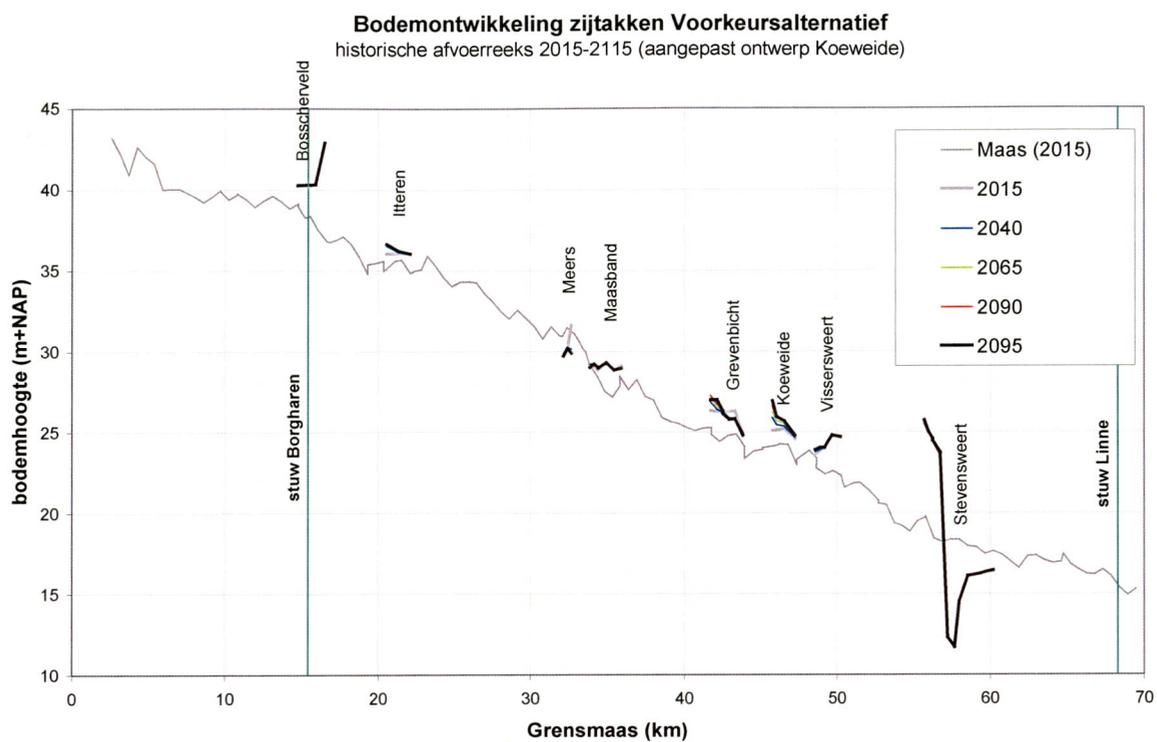


Figuur B10-5: Bodemontwikkeling Grensmaas bij VKA met historische afvoerreeks (aangepast ontwerp Koeweide)

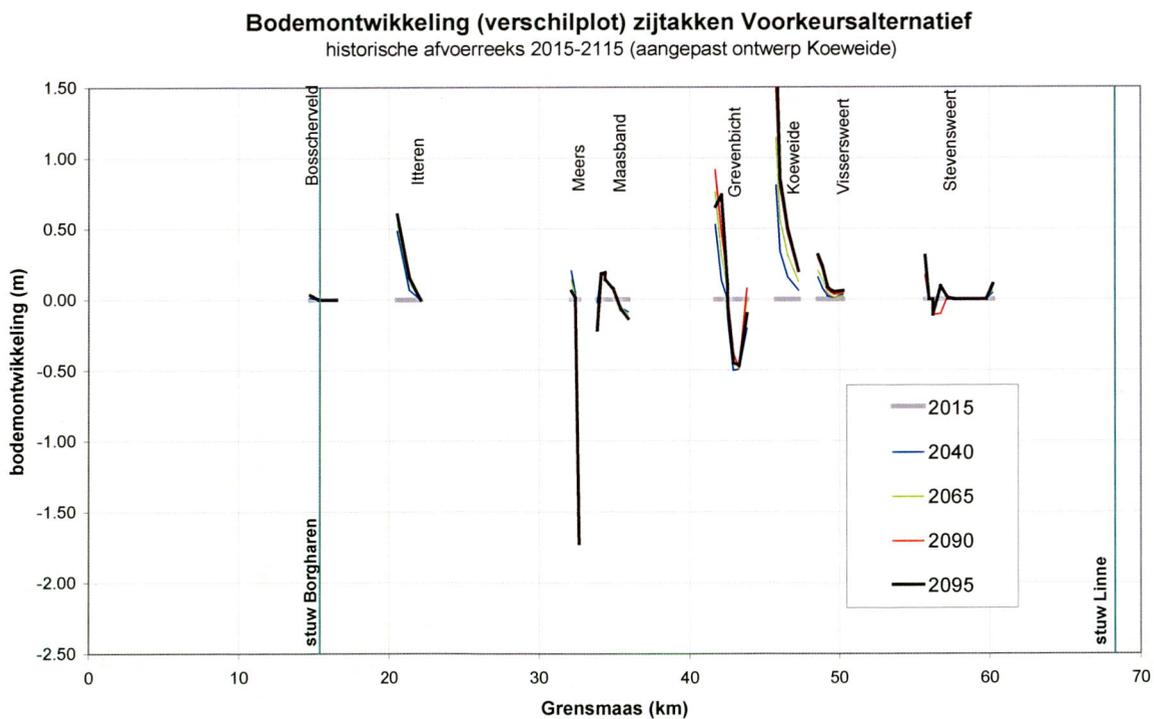
**Bodemontwikkeling (verschilplot) Grensmaas Voorkeursalternatief**  
historische afvoerreeks 2015-2115 (aangepast ontwerp Koeweide)



Figuur B10-6: Verschilplot bodemontwikkeling Grensmaas bij VKA met historische afvoerreeks (aangepast ontwerp Koeweide)



Figuur B10-7: Bodemontwikking zijtakken bij VKA met historische afvoerreeks (aangepast ontwerp Koeweide)



Figuur B10-8: Verschilplot bodemontwikking Grensmaas bij VKA met historische afvoerreeks (aangepast ontwerp Koeweide)