

VALIDATIE NHI

WATERSCHAP DE DOMMEL



RAPPORT

2011
w02

BIJLAGE C

VALIDATIE NHI WATERSCHAP DE DOMMEL

RAPPORT

2011
w02



Validatie NHI voor het waterschap de Dommel

Jaren 2003 en 2006

HJM Ogink

Opdrachtgever:
Stowa

Validatie NHI voor het waterschap de Dommel

Jaren 2003 en 2006

HJM Ogink

Rapport

december 2010

Inhoud

1	Inleiding	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
1.1	Aanleiding validatie NHI	3
1.2	Aanpak.....	4
2	Neerslag en verdamping	5
2.1	Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen	5
2.2	Berekeningsprocedure model neerslag.....	8
2.3	Verdampingsberekening in NHI.....	9
2.4	Referentie en actuele verdamping	10
3	Oppervlaktewater	12
3.1	Schematisatie van de Dommel in NHI.....	12
3.2	Validatie van afvoerreeksen	13
3.3	Dommel en Tongelreep bij de Belgische grens.	16
3.4	Beatrixkanaal bij stuw Blaarthem	17
3.5	Dommel tot Wilhelminakanaal	18
3.6	Beatrixkanaal en Dommel-Wilhelminakanaal.....	19
3.7	Open verbinding Dieze-Dommel	19
3.8	Overzicht.....	20
4	Grondwaterstanden	22
4.1	Inleiding.....	22
4.2	Vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden.....	22
4.3	Samenvatting	25
5	Conclusies en aanbevelingen	27
5.1	Conclusies	27
5.2	Aanbevelingen	27
6	Literatuur	28

1 Inleiding

1.1 Aanleiding validatie NHI

In het deelprogramma Zoetwater van het Deltaprogramma, wordt de besluitvorming van het kabinet voorbereid over de zoetwatervoorziening op de lange termijn en de “geen-spijt”-maatregelen op korte termijn. Het deelprogramma wordt getrokken door DG Water van het ministerie van Verkeer en Waterstaat. De projectgroep is samengesteld uit DGW, LNV, VROM, IPO, VNG, Unie van Waterschappen en Rijkswaterstaat. Binnen het deelprogramma Zoetwater wordt voor de onderbouwing van de besluitvorming de “Landelijke verkenning zoetwatervoorziening” uitgevoerd door Rijkswaterstaat Waterdienst en Deltares. Zowel waterbeheerders als watergebruikers worden bij het proces betrokken d.m.v. informatiebijeenkomsten. De “Landelijke verkenning zoetwatervoorziening”, na voorbereidende activiteiten in 2009, zal in de periode 2010 – 2013 worden vervolgd met analyse van beleidsstrategieën.

In de beleidsanalyse wordt vanaf medio 2010 gebruik gemaakt van modellen. Het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) staat aan de basis van de watersysteemanalyses, vanwege de samenhang en consistente benadering van het Nederlandse watersysteem in dit instrumentarium. Het NHI is ontwikkeld door Deltares en Alterra en is op 1 april 2010 als versie 2.0 opgeleverd aan Rijkswaterstaat Waterdienst. Gedurende de looptijd van de “Landelijke verkenning zoetwatervoorziening” zal een jaarlijkse herziening van het NHI uitkomen. Met het NHI worden diverse scenario's voor bijvoorbeeld het klimaat en het landgebruik (c.q. de watervraag) doorgerekend. Ook effecten van maatregelen worden met het instrumentarium doorgerekend, waarmee het een belangrijke plaats inneemt in het hele proces dat moet leiden tot een kabinetsbesluit. Dat stelt twee belangrijke eisen aan het NHI:

- Het NHI moet inzetbaar zijn voor de waterverdelingsvraagstukken op nationale schaal;
- Het NHI moet inzetbaar zijn voor het bepalen van de regionale watervraag en -waterbeschikbaarheid.

Het NHI is goed inzetbaar op nationale schaal als het ook de regionale watervraag goed berekent. Met de term ‘inzetbaar’ wordt bedoeld dat effecten van klimaatveranderingen en effecten van maatregelen met voldoende nauwkeurigheid op regionale schaal kunnen worden berekend. De term ‘voldoende nauwkeurigheid’ is tot op heden niet nader gespecificeerd, maar houdt minimaal in dat de modelresultaten voor de huidige situatie door de regionale waterbeheerders worden herkend en erkend.

De regionale waterbeheerders hebben de volgende belangen bij een goed functionerend NHI:

- Het NHI is de basis voor een kabinetsbesluit over de waterverdeling in Nederland op de lange termijn. Verder zal het NHI door Rijkswaterstaat in geval van actuele droogte worden ingezet voor advies aan de LCW over de operationele waterverdeling. De waterschappen hebben als belanghebbenden bij de waterverdeling (zowel beleidsmatig als operationeel) daarom een belang bij een goed functionerend NHI.
- Het NHI biedt potentieel belangrijke baten voor de regionale waterbeheerders:
 - Met het NHI zijn regio-overstijgende uitspraken mogelijk over effecten van inrichtingsmaatregelen en klimaatscenario's;

- Er kunnen efficiencyvoordelen worden gehaald bij de bouw en het beheer van regionale hydrologische modellen;
- De consistentie van het door de regionale waterbeheerders ontwikkelde beleid wordt beter gewaarborgd.

De STOWA vindt het daarom van groot belang dat het presteren van het NHI in de regio wordt getoetst. De berekeningsresultaten van het NHI worden regionaal getoetst aan de volgende hydrologische waarnemingen:

- De opgelegde neerslag hoeveelheden in relatie tot de werkelijk gevallen hoeveelheden neerslag;
- De opgelegde referentieverdamping in relatie tot de werkelijke referentieverdamping;
- Aanvoeren en afvoeren op hoofdmeetpunten;
- Actuele verdamping op basis van remote sensing beelden van de actuele verdamping en actuele verdampingswaarden bepaald door Alterra;
- Gemeten freatische grondwaterstanden (met inachtneming van de resolutie van het NHI), met name de dynamiek en het recessieverloop in droge periodes als indicator voor de juistheid waarmee de fysische processen zijn gemodelleerd, en
- Chlorideconcentraties van het oppervlaktewater op de hoofdmeetpunten.

Het betreft hier de toetsing van de NHI versie 2.0, die sinds april 2010 in gebruik is. De toetsing vindt plaats voor de droge zomers van 2003 en 2006 (periode 1 april – 30 september), en aanvullend voor de andere maanden in het jaar om het complete hydrologische gedrag te kunnen beoordelen. De toetsing wordt waar sprake is van regionale droogtestudies gekoppeld aan de betreffende studiegebieden.

1.2 Aanpak

Het beheergebied van het waterschap de Dommel omvat het stroomgebied van de Dommel in Nederland, exclusief het beheer van de rijkskanalen in het gebied (Wilhelminakanaal en het Brabantse deel van de Zuid Willemsvaart), waarvoor Rijkswaterstaat Directie Brabant verantwoordelijk is. De validatie van het NHI voor het beheergebied is uitgevoerd op de reproductie van de afvoer van oppervlaktewater en van grondwaterstanden op door het waterschap geselecteerde locaties. De NHI validaties van de neerslag in het model voor noord, oost, midden en west Nederland hebben tot duidelijke aanbevelingen geleid voor verbeteringen voor geheel Nederland. Deze verbeteringen zijn inmiddels in uitvoering. Daarom wordt de neerslaganalyse voor de overige waterschappen achterwege gelaten totdat de verbeteringen zijn ingevoerd. De bevindingen elders worden wel vermeld. Validatie van de verdamping is ook achterwege gelaten omdat geen metingen van de actuele verdamping in het beheersgebied voor 2003 en 2006 voorhanden zijn. Chlorideconcentraties, tenslotte, spelen geen rol in het waterbeheer van dit waterschap.

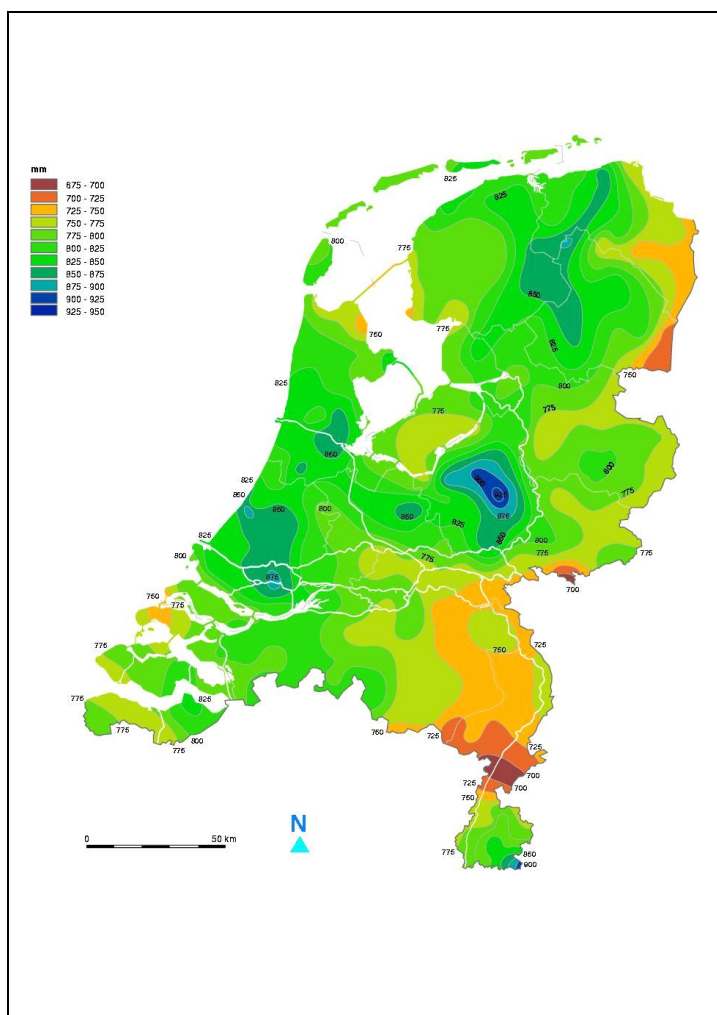
Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt aandacht gegeven aan de neerslag en verdampingskarakteristieken van de geselecteerde jaren 2003 en 2006 in relatie met de normalen. Dit om na te gaan hoe representatief de gekozen jaren zijn voor extreme situaties. Voorts komen in dit hoofdstuk de bevindingen en de aanbevelingen op basis van eerdere analyses aan de orde. Vervolgens wordt de NHI validatie voor het oppervlaktewater besproken in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 zijn de grondwaterstandreeksen vergeleken met de dagelijkse grondwaterstanden zoals die door het NHI zijn berekend. In hoofdstuk 5 zijn de conclusies samengevat en worden aanbevelingen voor verbeteringen gegeven.

2 Neerslag en verdamping

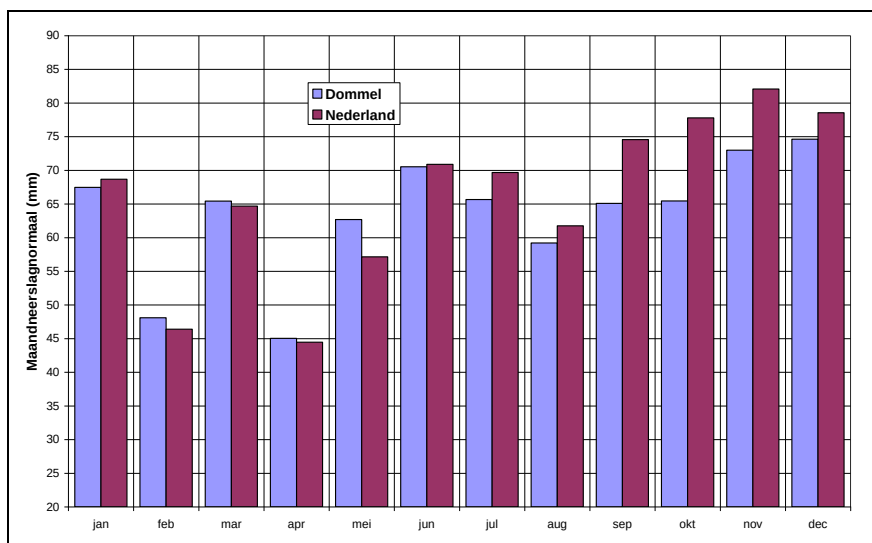
2.1 Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen

De gemiddelde jaarlijkse neerslag in Nederland in de periode 1971-2000 (periode voor de bepaling van de huidige normalen), op basis van de neerslagstations uitgerust met een standaard regenmeter, bedroeg 797 mm, met een ruimtelijke standaardafwijking van 41 mm. In het beheergebied van het waterschap de Dommel bedraagt de jaarneerslagnormaal 762 mm. De normaal is het hoogst in het westen en neemt af in oostelijke richting, zie Figuur 2.1.



Figuur 2.1 Gemiddelde jaarneerslag periode 1971-2000 (bron: KNMI)

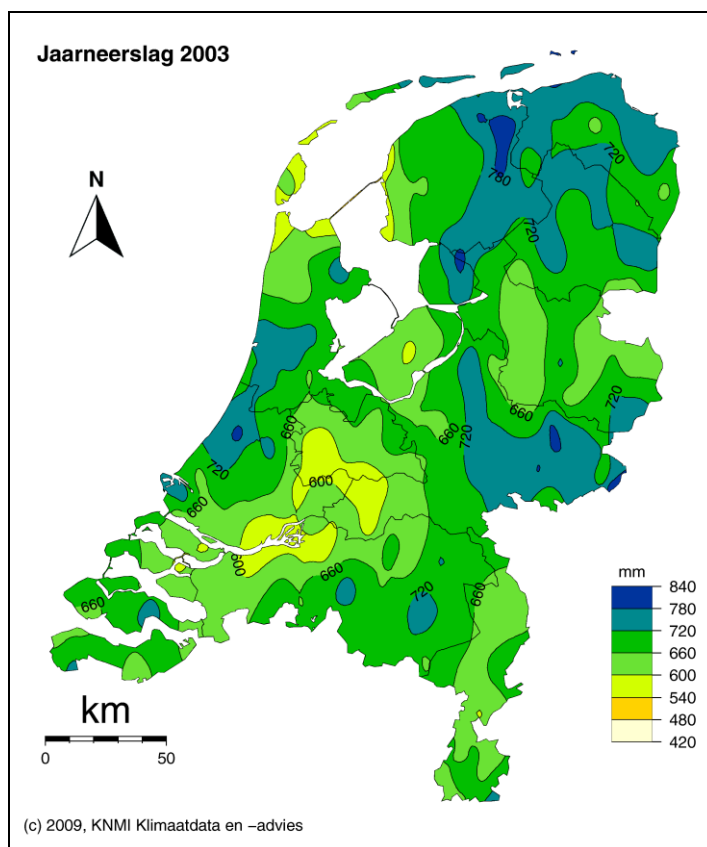
De maandnormalen voor de Dommel en Nederland zijn weergegeven in Figuur 2.2. Ruim 48% (368 mm) van de neerslag in het waterschap valt gemiddeld genomen in het groeiseizoen (1 april – 30 september). De maanden met de minste neerslag zijn normaal februari en april, terwijl de hoogste waarden optreden in het najaar. Opvallend is in vergelijking met de landelijke normalen, dat in het beheergebied van het waterschap de Dommel de neerslag vooral in het najaar lager is. Voor het groeiseizoen bedraagt het verschil met de landelijke normaal maar 10 mm, dat vooral veroorzaakt wordt door de maand september.



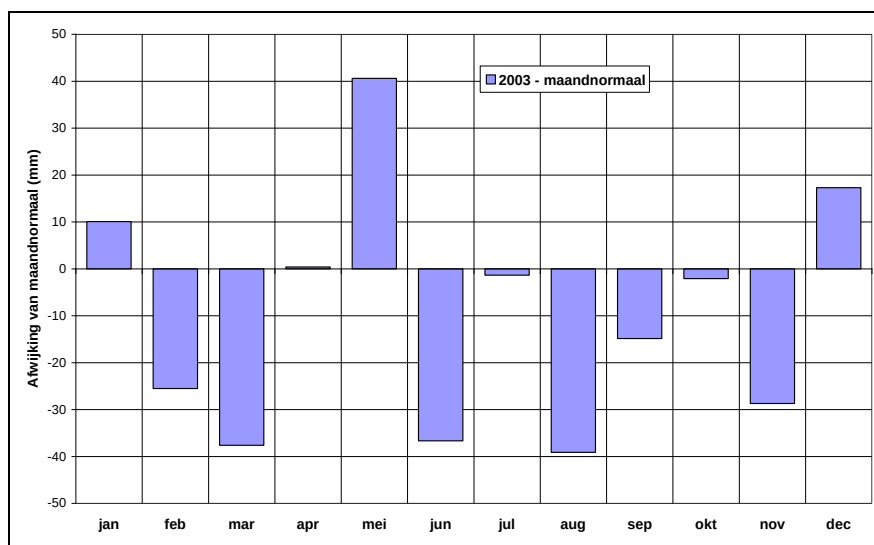
Figuur 2.2 Maandneerslagnormalen voor beheergebied van waterschap de Dommel en Nederland

De verdeling van de jaarneerslagsom in 2003 is weergegeven in Figuur 2.3. Voor de Dommel was de neerslag het hoogst in het westen en oosten en aanmerkelijk lager in het noorden van het waterschap. In 2003 was de jaar- en seizoenneerslagsom in Nederland respectievelijk 118 en 51 mm lager dan normaal. De afwijking van de maandsommen van de normalen is weergegeven in Figuur 2.4. Met uitzondering van de maand mei waren de neerslagsommen in de overige maanden in het groeiseizoen gelijk aan of lager dan de normaal. Dit heeft er toe geleid dat het potentiële neerslagtekort aan het einde van het groeiseizoen aanmerkelijk groter is geweest dan in een gemiddeld jaar, ook al omdat de referentie verdamping in 2003 hoger was dan gemiddeld.

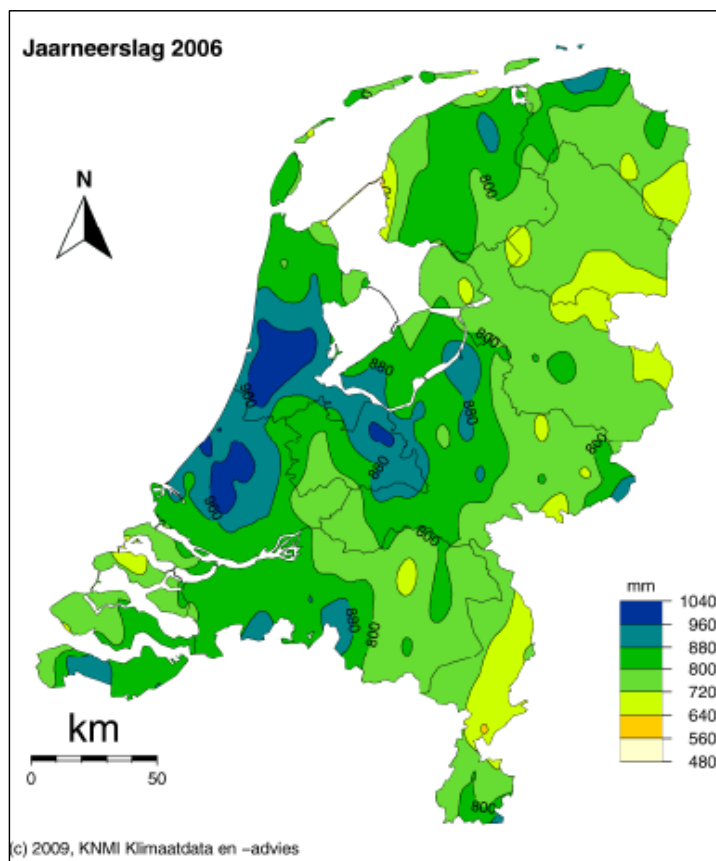
De isohyeten van de jaarneerslag voor 2006 zijn weergegeven in Figuur 2.5. De neerslag is nu het hoogst in het zuidwesten van het beheergebied van de Dommel en het laagst in het noorden. De jaarneerslagsom voor 2006 bedroeg in Nederland 814 mm, 17 mm meer dan normaal (voor de Dommel 32 mm meer dan normaal). In het groeiseizoen was de neerslagsom 403 mm, 24 mm hoger dan normaal (voor de Dommel 16 mm meer dan normaal). De afwijking van de maandneerslag in 2006 van de normalen is gepresenteerd in Figuur 2.6. Opvallend is dat de maanden juni en juli droger waren dan gemiddeld en augustus veel natter (voor de Dommel 170 mm tegen 59 mm normaal). De verdamping was in 2006 hoger dan normaal. Samen met de droge maanden juni en juli heeft dit ervoor gezorgd dat het potentiële neerslagtekort eind juli extreem groot is geweest, van dezelfde orde van grootte als in 2003 aan het eind van het groeiseizoen. Omdat het tekort in 2006 zich in het midden van het groeiseizoen heeft voorgedaan zijn bij onvoldoende waterbeschikbaarheid de consequenties voor de landbouw potentieel ernstiger geweest. Dit ondanks dat de neerslag in 2006 iets boven normaal lag. Door de zeer natte maand augustus in dat jaar is het neerslagtekort goeddeels tenietgedaan, om vervolgens weer te groeien door de droogte in september. Door deze opeenvolging van natte en droge perioden is het jaar 2006 uitermate geschikt voor validatie van het NHI. De watervraag in dat jaar is groot en variabel geweest, met veel dynamiek in de wateraanvoer. Ook de grondwaterstanden hebben sterk gefluctueerd, waarbij vooral de juiste reproductie in het model van de timing en de grootte van de respons van het freatisch grondwater op de neerslag in augustus na de uitputting gedurende de droge maanden juni en juli interessant is.



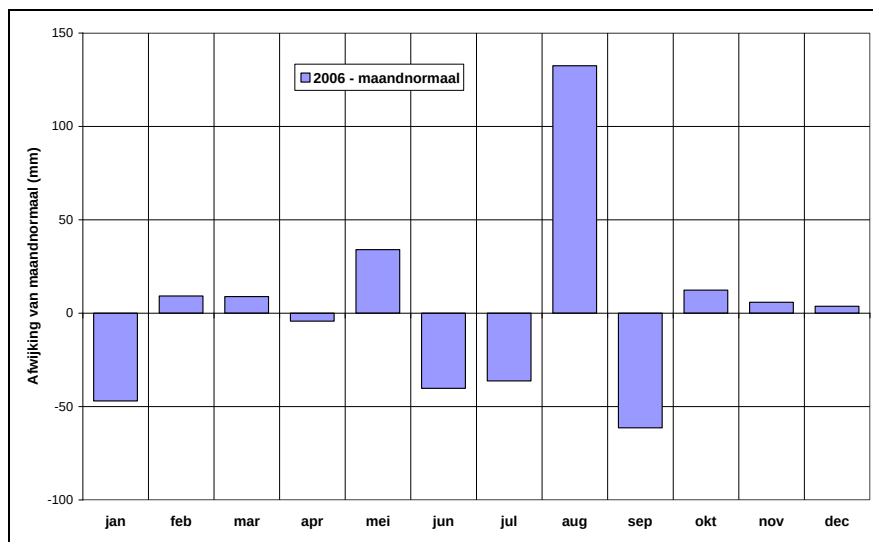
Figuur 2.3 Jaarneerslag in 2003 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



Figuur 2.4 Afwijking van de maandneerslagsommen van 2003 van de maandnormalen



Figuur 2.5 Jaarneerslag in 2006 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



Figuur 2.6 Afwijking van de maandneerslagsommen van 2006 van de maandnormalen

2.2 Berekeningsprocedure model neerslag

De procedure die in de huidige NHI versie gebruikt is voor de bepaling van de ruimtelijke verdeling van de neerslag is gebaseerd op de gemeten neerslag bij de hoofdstations. Deze neerslag wordt met een Thiessennetwerk toegekend aan de rekencellen. Vervolgens wordt per rekencel gecorrigeerd voor de ruimtelijke verdeling volgens de *jaarnormalen* van het neerslagnetwerk (zie Deelrapport Neerslag en Verdamping, NHI, 2008). Dit houdt in dat voor een beheergebied slechts één of enkele meteorologische stations de waarden bepalen. Deze procedure is voor het analyseren

van tendensen in het gemiddeld gedrag over lange perioden mogelijk aanvaardbaar, maar zeker niet voor het analyseren van extremen en analyse van afzonderlijke jaren. Aangetoond kan worden dat deze procedure in afzonderlijke maanden tot aanzienlijke afwijkingen van de neerslag kan leiden, ook al zouden de jaarsommen gelijk zijn. In de volgende NHI-versie worden de metingen van alle neerslag en meteorologische stations in beschouwing genomen, terwijl de ruimtelijke verdeling verder wordt verbeterd door ook de puntmetingen te combineren met radarwaarnemingen.

Voorts is gebleken dat op de meteorologische stations met een 4 dm² regenmeter gemiddeld genomen minder neerslag wordt gemeten dan op de neerslagstations waar met een standaard regenmeter, die een 2 dm² grote opvangtrechter heeft, wordt gewerkt. Dit verschil kan verklaard worden door meetonzuiverheden t.g.v. windeffecten. De gepresenteerde neerslaggegevens zijn niet gecorrigeerd voor wind. Hierdoor is de neerslag onderschat. Op basis van onderzoek in het Hupselse Beekgebied (Warmerdam, 1982) zijn de afwijkingen in de metingen op de meteorologische stations orde 7 tot 8 % op jaarbasis te verwachten en op de neerslagstations van orde 4% (Ogink, 2010). Aan de onzuiverheid in de neerslaggegevens dient men in het vervolg van de modelontwikkeling aandacht te geven.

2.3 Verdampingsberekening in NHI

In het NHI is voor de verdampingsberekening bij de geanalyseerde simulaties de referentiegewasverdamping volgens Makkink ET_{ref} het vertrekpunt geweest (SIMGRO 7.1.0 manual, Theory and model implementation, van Walsum et al., 2010). Merk op dat NHI v2.0 ook potentiële gewasverdamping met de Penman-Monteith methode toelaat (in twee varianten: direct met de relevante gewassenmerken of indirect als een referentieverdamping met een gewasfactor), maar hiervoor is niet gekozen. Met de Makkink referentie verdamping worden op dagbasis 4 hulpvariabelen bepaald:

- ET_{w0} = verdamping van een nat gewasoppervlak (wet canopy)
- ET_{p0} = verdamping van een droog gewasoppervlak (dry canopy)
- E_{p0} = verdamping van een natte kale grond (wet, bare soil)
- E_0 = verdamping van plassen op het oppervlak (ponded soil)

Deze grootheden worden verkregen door de referentieverdamping te vermenigvuldigen met een 'gewasfactor', die voor een gewasoppervlak afhangt van het soort gewas en het groeistadium (seizoen), c.q. type grond. De totale verdamping E_{tot} in het NHI is de som van 4 verschillende processen:

- verdamping van interceptiewater E_i ,
- transpiratie van gewas T_a ,
- verdamping van water in plassen E_{pond} , en
- verdamping van kale grond E_a .

$$E_{tot} = E_i + T_a + E_{pond} + E_a \quad (2.1)$$

Per rekentijdstap wordt eerst de verdamping van interceptiewater berekend, E_i . Deze is een functie van de gewasbedekkingsgraad van de bodem, de vullingsgraad van het gewasinterceptiereservoir en de potentiële verdamping van een nat gewasoppervlak ET_{w0} . De verhouding $W_{frac} = E_i / ET_{w0}$ geeft de relatieve duur van interceptiewater-verdamping binnen een tijdstap aan. Die duur wordt in mindering gebracht op de gewastranspiratie en de bodemverdamping.

Vervolgens wordt de potentiële bodemverdamping E_p bepaald op basis van de potentiële verdamping van een natte, kale grond E_{p0} , gecorrigeerd voor de duur dat interceptieverdamping actief is en een factor die de beschutting van de bodem door gewasbedekking voor instraling weergeeft.

De potentiële transpiratie T_p volgt uit de potentiële verdamping van een droog gewasoppervlak ET_{p0} , gecorrigeerd voor de duur dat interceptieverdamping actief is en verminderd met de potentiële bodemverdamping E_p . De actuele transpiratie T_a wordt berekend uit de potentiële transpiratie gecorrigeerd met een bodemvochtcorrectiefactor volgens het concept van Feddes: potentieel binnen grenzen en daarbuiten lineair afnemend.

De verdamping van water uit plassen E_{pond} is potentieel E_0 , tenzij de verdamping groter is dan de voorraad in de plas. In het laatste geval wordt de actuele verdamping gelijk wordt gesteld aan de beschikbare waterschijf.

Tenslotte, wordt de actuele bodemverdamping E_a bepaald volgens de methode van Boesten en Stroosnijder. De verdamping is potentieel als de netto neerslag groter is dan E_p . In perioden zonder neerslag blijft de verdamping eerst nog potentieel totdat een drempelwaarde wordt overschreden, waarna de verdamping terugloopt als functie van een bodemparameter en de wortel uit de geaccumuleerde potentiële verdamping sinds het begin van de regenloze periode.

2.4 Referentie en actuele verdamping

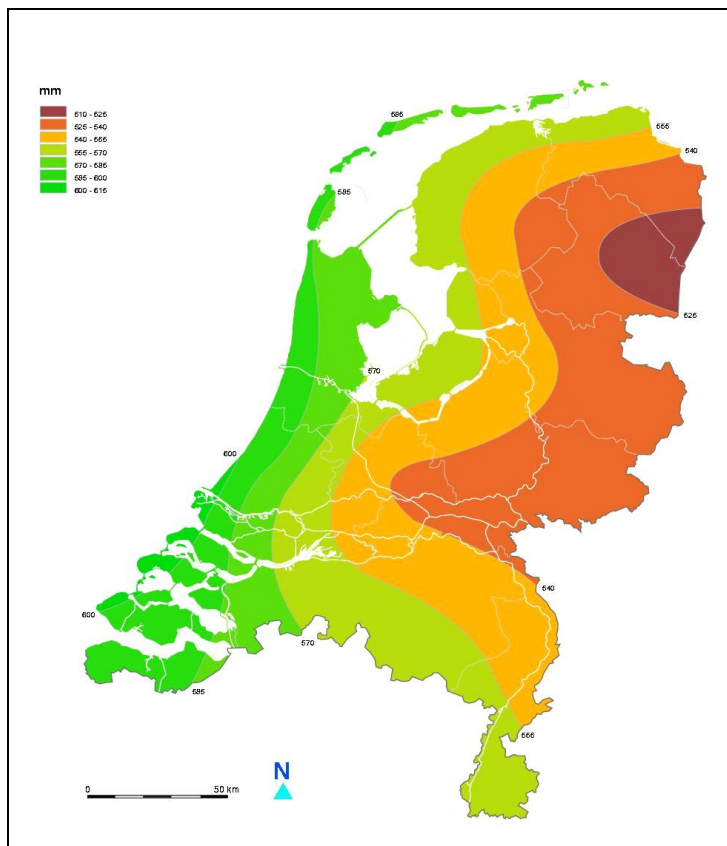
De ruimtelijke verdeling van de gemiddelde jaarlijkse referentieverdamping volgens Makkink is weergegeven in Figuur 2.7. De lijnen van gelijke referentieverdamping lopen parallel aan de kust afnemend van 600 mm in het westen tot 520 mm langs de oostgrens. De verdamping is gemiddeld genomen maximaal in de maanden juni en juli met een referentieverdamping van 3,0 - 3,5 mm/dag. Als voorbeeld is de verdamping van Zuiderzeeland getoond in Figuur 2.8. Deze figuur is zeer representatief voor het gemiddelde verloop van de referentieverdamping in Nederland zonder veel variatie van plaats naar plaats, afgezien van de eerder genoemde oost west trend. Van jaar tot jaar kunnen de waarden wel verschillen met 5 à 10%.

Analyse van de meetreeksen van neerslag en referentieverdamping die in het kader van de NHI validatie voor de Noordoostpolder zijn uitgevoerd, hebben aangetoond dat in de tijd:

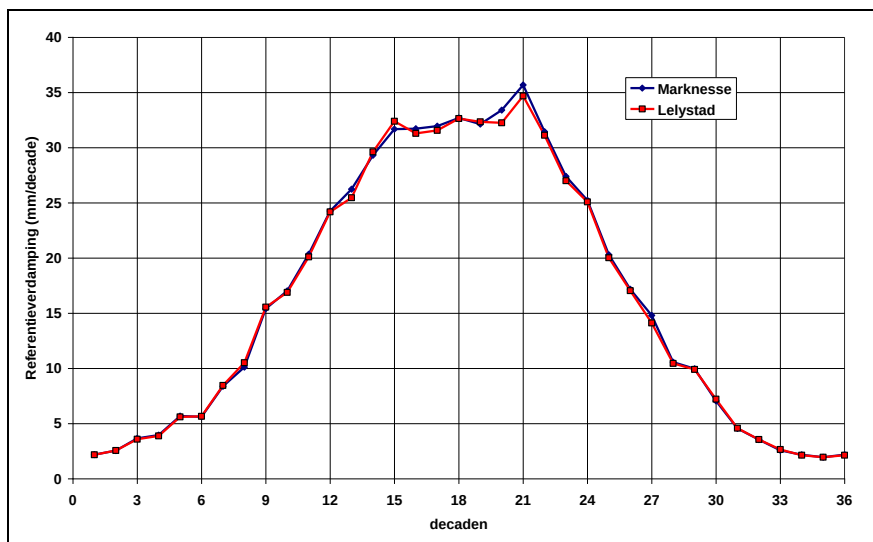
- 1 de neerslagsom in het groeiseizoen geen trend vertoont;
- 2 de referentieverdamping in het groeiseizoen een opwaartse trend vertoont van orde 2,5 mm/jaar.

Voorgaande houdt in, dat het potentiële neerslagtekort in de laatste decennia is toegenomen. Dit heeft gevolgen voor de benodigde wateraanvoer in het groeiseizoen. Statistische analyse van het potentiële neerslagtekort heeft voorts aangetoond dat het maximale tekort in een gemiddeld jaar aan het einde van het groeiseizoen optreedt. Dit maximum verschuift echter naar juni – juli voor de drogere jaren, d.w.z. naar het midden van het groeiseizoen, wanneer watertekorten veel grotere gevolgen hebben voor de gewasopbrengst.

De actuele verdamping wordt in het NHI berekend volgens de procedure die in sectie 2.3 is aangegeven als functie van gehanteerde gewasfactoren (en dus landgebruik) en de vochttoestand in de bodem.



Figuur 2.7 Gemiddelde jaarlijkse verdamping, periode 1971-2000 (bron: KNMI)

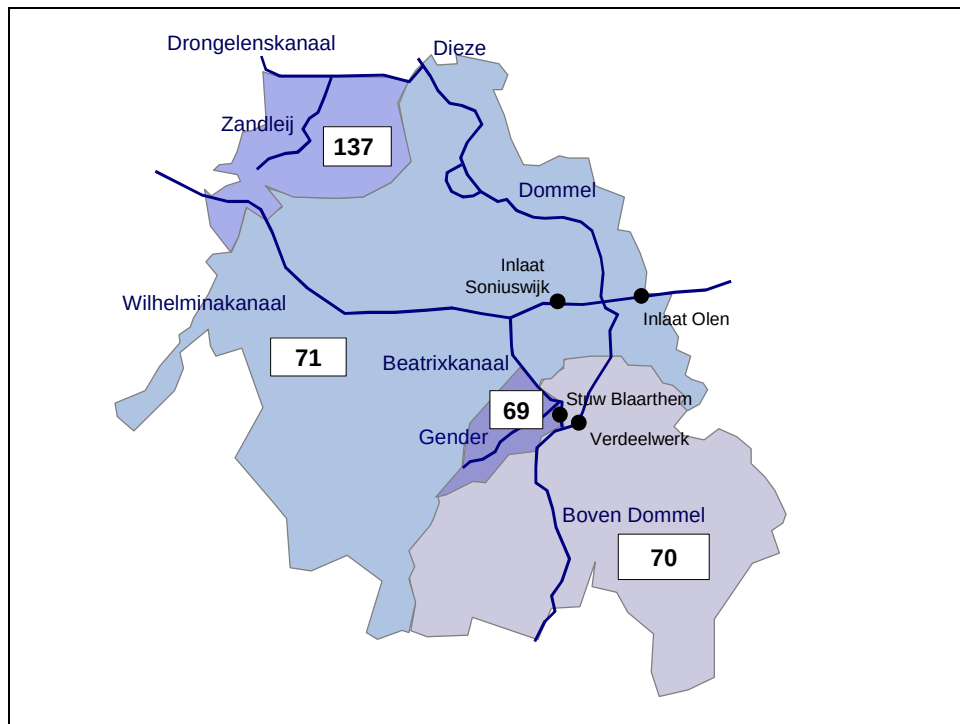


Figuur 2.8 Decadeverdampingsnormalen van KNMI-stations in Zuiderzeeland (bron: KNMI)

3 Oppervlaktewater

3.1 Schematisatie van de Dommel in NHI

Het beheergebied van het waterschap de Dommel is weergegeven in Figuur 3.1 met de districtindeling van het NHI, de wateren die zijn opgenomen in het NHI en de belangrijkste inlaat en verdeelwerken. In het distributiemodel van het NHI zijn opgenomen de Dommel, de Dieze, het Drongelens kanaal, het Beatrixkanaal (Afwateringskanaal Eindhoven) en het Wilhelminakanaal.



Figuur 3.1 Schematisatie van beheergebied van het waterschap de Dommel in het NHI met belangrijkste wateren en kunstwerken (bron: HKV, 2009). De nummers refereren aan NHI-districten.

Het stroomgebied van de Boven Dommel loopt tot Eindhoven. Er is geen wateraanvoer mogelijk naar dit gebied. Een deel van het water van de Boven Dommel en de afvoer van district 69: Gender (omvattende riviertjes als de Run, Gender en de Beekloop) kan tot $20 \text{ m}^3/\text{s}$ via stuw Blaarthem worden afgevoerd naar het Beatrixkanaal. Een groot deel van het water stroomt echter verder in de Dommel naar het noorden van het gebied. De verdeling van het water over het Beatrixkanaal en de Dommel wordt geregeld met het Verdeelwerk in de Boven Dommel en stuw Blaarthem in het Beatrixkanaal. Benedenstrooms van het Verdeelwerk mondt de Tongelreep en vervolgens de Kleine Dommel uit in de Dommel, voordat de rivier via een sifon het Wilhelminakanaal passeert. Het stroomgebied van de Dommel in Nederland tot de monding van de Kleine Dommel omvat district 70: Boven Dommel in het NHI.

Het benedenstroomse deel van het stroomgebied van de Dommel, district 71: Centraal Dommel, omvat de stroomgebieden Beerze, Voorste Stroom (Reusel) en Beneden Dommel (Essche Stroom). Er kan water worden ingelaten (maximaal $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$) bij inlaat Olen (wateraanvoergebied Sint Oedenrode) en bij Soniuswijk vanuit het Wilhelminakanaal. Het water van de Dommel wordt weer onder vrij verval geloosd op de Dieze. De Dieze loost via spuisluis Crevecoer en het Afwateringskanaal 's-Hertogenbosch-Drongelen op de Maas.

Het noordwestelijk deel van het beheergebied, geschematiseerd tot district 137: Zandleij, omvattende de stroomgebieden van de Zandleij, Broekleij en Hengstvenloop, watert af onder vrij verval op Afwateringskanaal 's-Hertogenbosch-Drongelen. Er is geen wateraanvoer mogelijk naar dit gebied.

Voor een gedetailleerde beschrijving van het distributiemodel van de Dommel wordt verwezen naar HKV (2009): "Distributiemodel, deel E: Delfland en Dommel".

In het distributiemodel worden de volgende takken onderscheiden waarvoor gegevens zijn ontvangen voor 2003 en de eerste maanden van 2006:

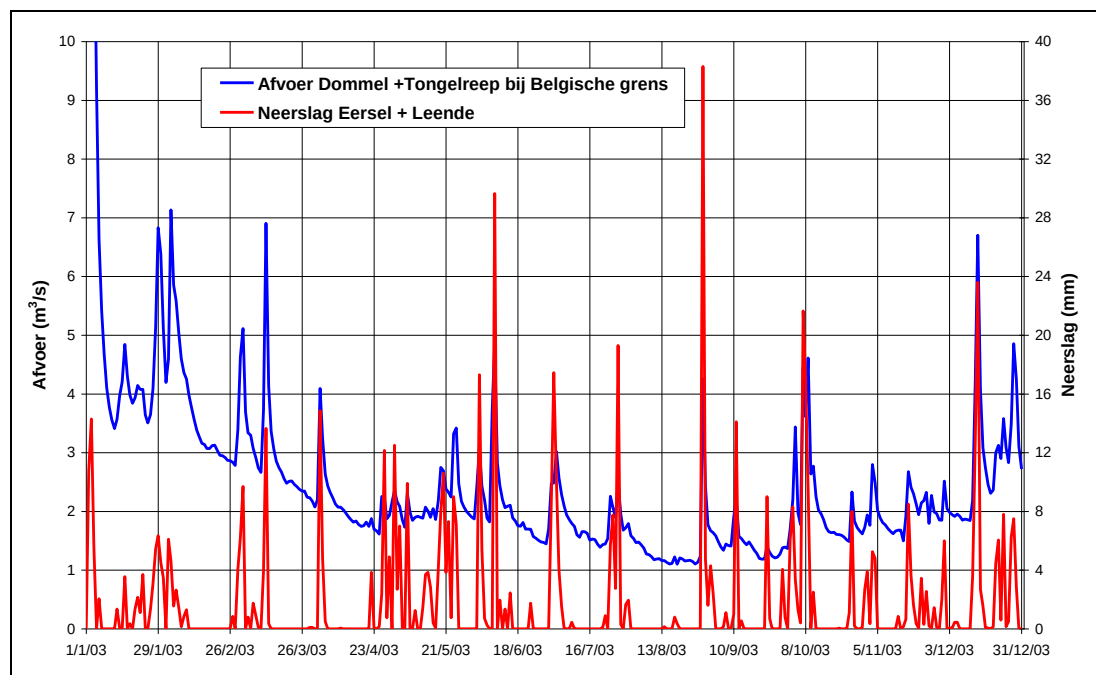
- Tak 5041: de Dommel en de Tongelreep bij de Belgische grens,
- Tak 5038: Beatrixkanaal bij stuw Blaarthem,
- Tak 5039: de Dommel tot het Wilhelminakanaal, inclusief Tongelreep en Kleine Dommel, en
- Tak 5016: open verbinding Dieze en Dommel.

Een vergelijking tussen de gemeten en berekende afvoeren op bovenstaande locaties wordt gegeven in de volgende secties.

3.2 Validatie van afvoerreeksen

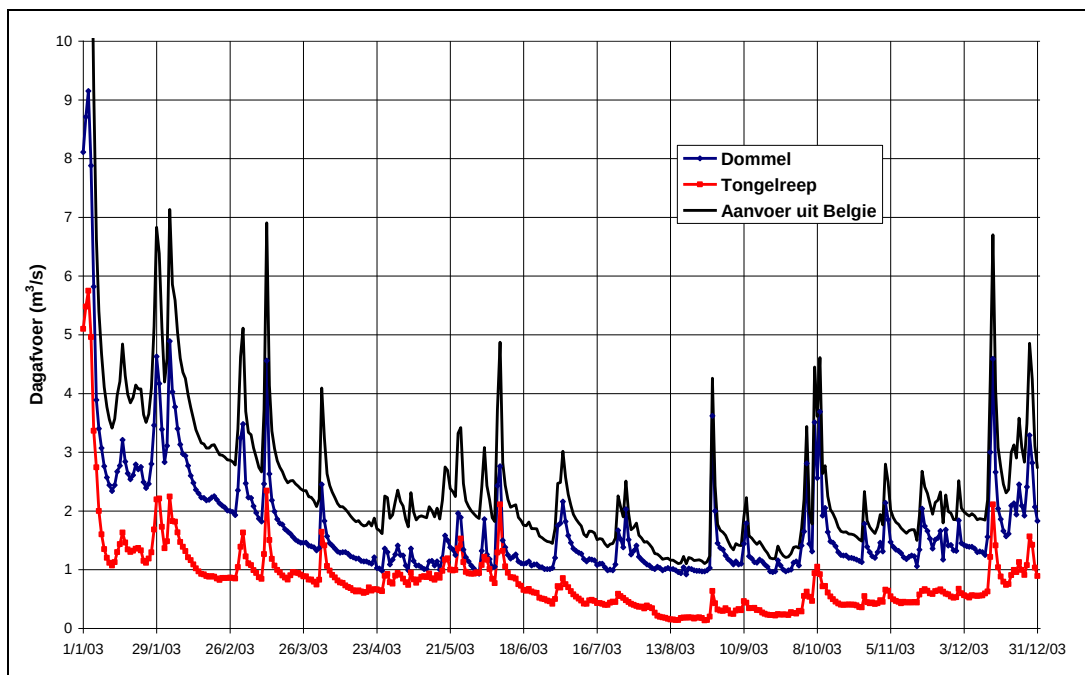
Voordat de afvoerreeksen van de stations vergeleken zijn met de NHI-reeksen zijn validaties uitgevoerd door vergelijking met de neerslag en met de afvoer op naburige stations, ook al omdat de reeksen van een aantal stations open profiel metingen zijn waarvoor afvoerkrommes zijn opgesteld.

In Figuur 3.2 is de gecombineerde afvoer van de Dommel (P01) en de Tongelreep (P03) bij de Belgische grens in 2003 vergeleken met de neerslag van de nabijgelegen KNMI stations Eersel en Leende. De figuur geeft aan dat de waargenomen afvoerpieken de neerslag goed volgen. De figuur geeft ook aan dat eind april en in mei op opeenvolgende dagen sprake is geweest van neerslag.

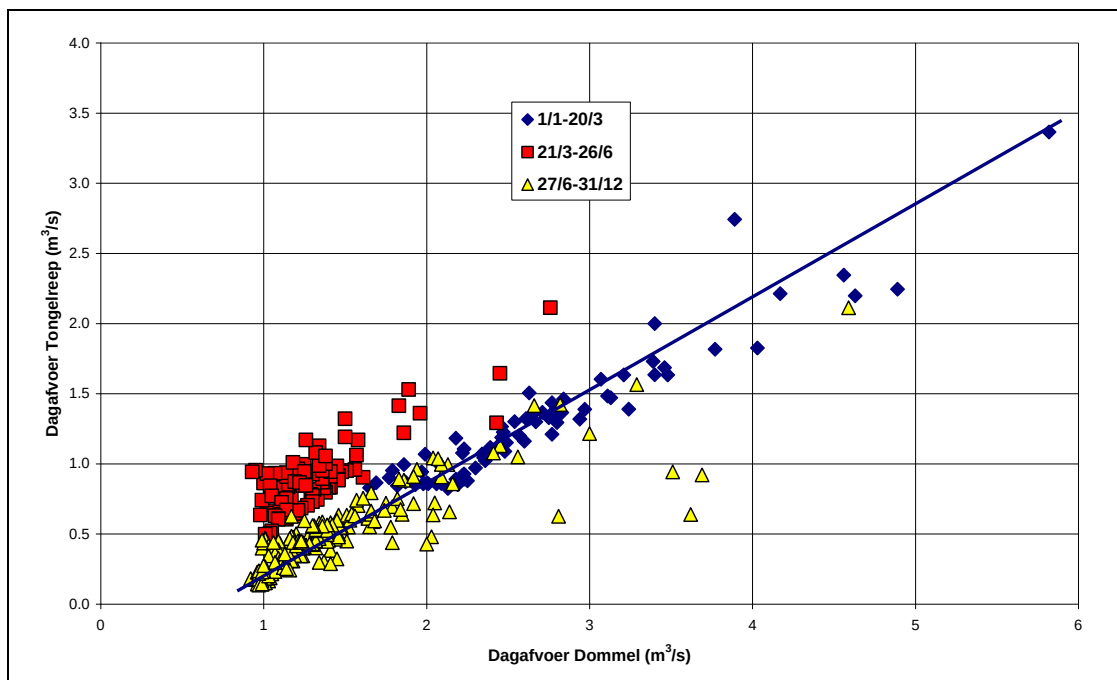


Figuur 3.2 Afvoer Dommel + Tongelreep bij Belgische grens en neerslag te Eersel en Leende, 2003

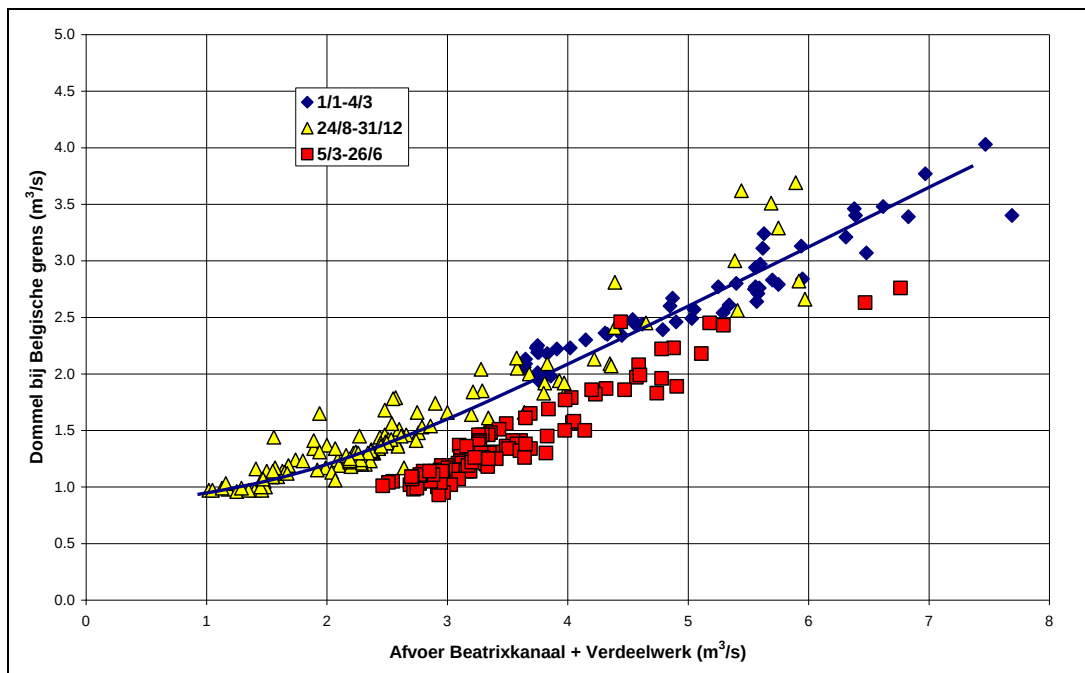
In Figuur 3.3 is de afvoer van de Dommel (P01) vergeleken met de afvoer van de Tongelreep (P03) bij de grens. Gezien de nabijheid van de stroomgebieden kan eenzelfde gedrag worden verwacht. Dit blijkt ook inderdaad het geval met uitzondering van de maanden april t/m juni. Hier stijgt de afvoer van de Tongelreep, maar die van de Dommel niet, terwijl toch sprake is geweest van hoge neerslag in die periode. Uit de relatiekromme van de Dommel met de Tongelreep vertoont de periode april - juni een ander gedrag dan de rest van het jaar. De afvoer van de Dommel bij de grens in vergelijking met de Dommel bij Eindhoven (Beatrixkanaal (P05) + Verdeelwerk (S07)), zie Figuur 3.5, toont aan dat voor dezelfde periode ook hier sprake is geweest van afwijkend gedrag in dezelfde richting: de Dommelaflower bij de grens is voor april - juni te laag berekend. Een correctie op de Dommelaflower bij de grens is daarom ingevoerd.



Figuur 3.3 Afvoer van Dommel en Tongelreep bij de Belgische grens

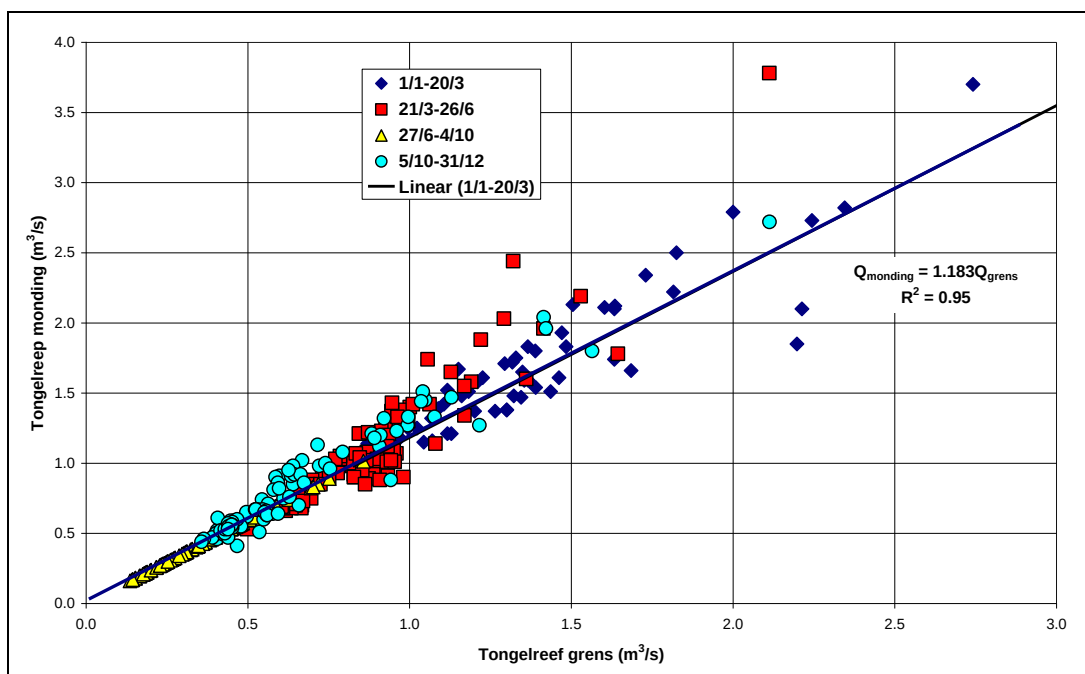


Figuur 3.4 Relatiekromme dagafvoer Dommel en dagafvoer Tongelreep bij Belgische grens, 2003



Figuur 3.5 Dagafvoer Beatrixkanaal stuw Blaarthem+ Dommel bij Verdeelwerk met dagafvoer Dommel bij Belgische grens, 2003

De afvoer van de Tongelreep bij de monding (S08) is gecorrigeerd voor de periode 27 juni- 4 oktober op basis van de afvoer in dezelfde rivier bij de grens. De afvoer bij de monding vertoonde in die periode een onrealistisch vlak afvoerverloop. Dit verloop is aangepast met behulp van de relatiekromme met het grensstation, zie Figuur 3.6. De figuur geeft aan dat met de correctie over de volle periode er een consistente relatie is tussen het grensstation en het station bij de monding.

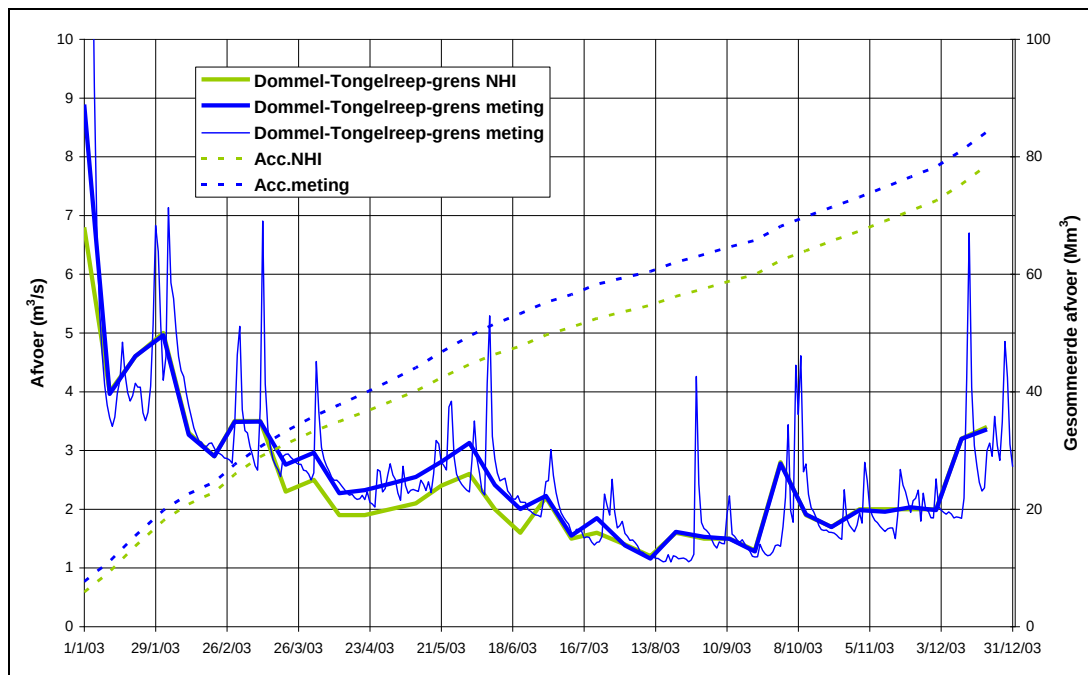


Figuur 3.6 Dagafvoer Tongelreep bij Belgische grens en Tongelreep bij monding, 2003

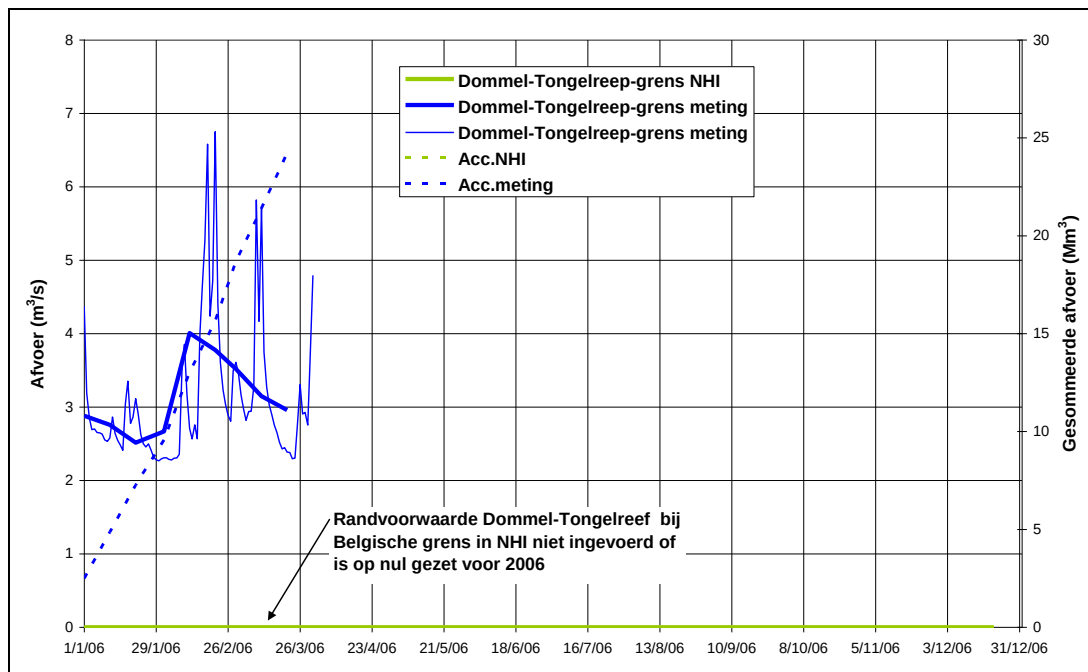
Tenslotte is de afvoer van de Kleine Dommel voor januari – maart 2006 geschat op basis van een lineaire relatie van de afvoer van de Tongelreep bij de monding, om de reeks Dommel-Wilhelminakanaal te kunnen bepalen.

3.3 Dommel en Tongelreep bij de Belgische grens.

De Dommel en Tongelreep bij de grens is een randvoorwaarde voor het model. De reeks is bepaald als de som van de afvoeren van station P01 (Dommel) en station P03 (Tongelreep). In de vorige sectie is aangetoond dat de beschikbare P01-reeks voor de maanden april t/m juni niet consistent was met de omliggende en benedenstrooms gelegen stations. De meetreeks is daarom aangepast en is in Figuur 3.7 en Figuur 3.8 vergeleken met het NHI resultaat. De periode in 2003 met de correctie is duidelijk te herkennen. Voor de rest is de opgelegde afvoer conform de meting. Voor 2006 is geen afvoer bij de grens opgelegd in het NHI. Dit belemmert een goede vergelijking benedenstrooms.



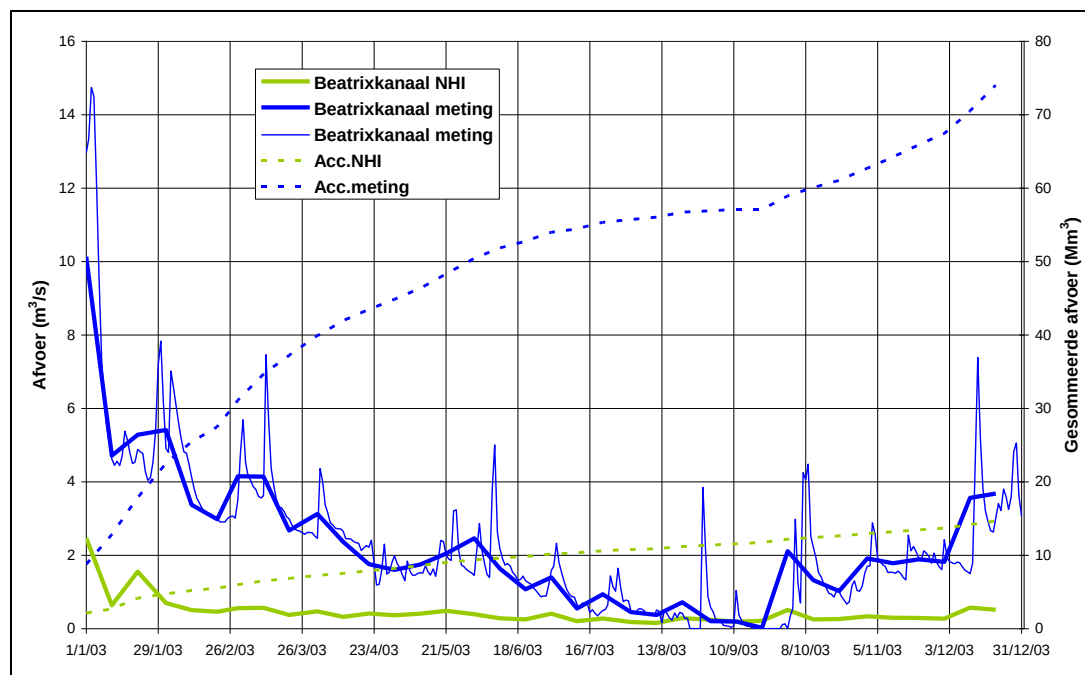
Figuur 3.7 Gemeten en opgelegde afvoer Dommel en Tongelreep bij de grens, 2003



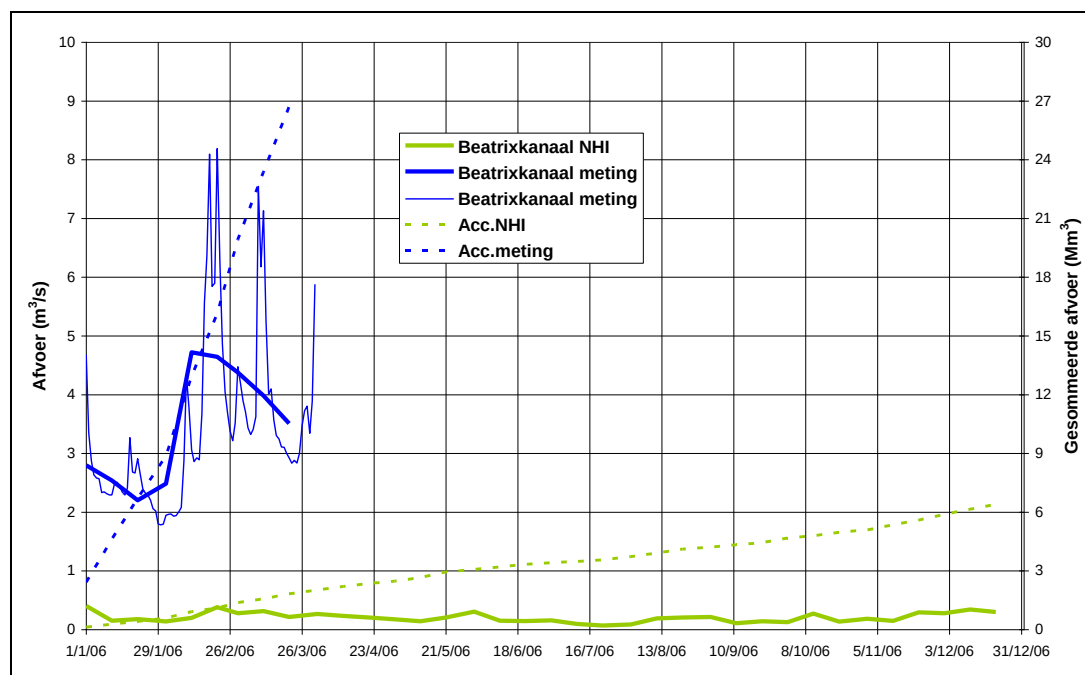
Figuur 3.8 Gemeten en opgelegde afvoer Dommel en Tongelreep bij de grens, 2006

3.4 Beatrixkanaal bij stuw Blaarthem

Het afvoermeeptpunt op het Beatrixkanaal is station P05, stuw Blaarthem. Volgens de verdeelsleutel, die in het NHI wordt gehanteerd, wordt bij een aanvoer $\leq 10 \text{ m}^3/\text{s}$ op de Dommel bij Eindhoven 7% afgevoerd via het Beatrixkanaal naar het Wilhelminakanaal en de rest naar de Dieze via het Verdeelwerk. Is de aanvoer $> 10 \text{ m}^3/\text{s}$ dan wordt 15% via het Beatrixkanaal afgevoerd. Deze verdeelsleutel leidt tot een grove onderschatting van de afvoer via het Beatrixkanaal: in 2003 op jaarbasis is de werkelijke afvoer door het kanaal 5 x de berekende afvoer, zie Figuur 3.9. In 2006 is sprake van eenzelfde verschil, zie Figuur 3.10. Duidelijk is dat de verdeelsleutel drastisch moet worden gewijzigd om het resultaat te verbeteren.



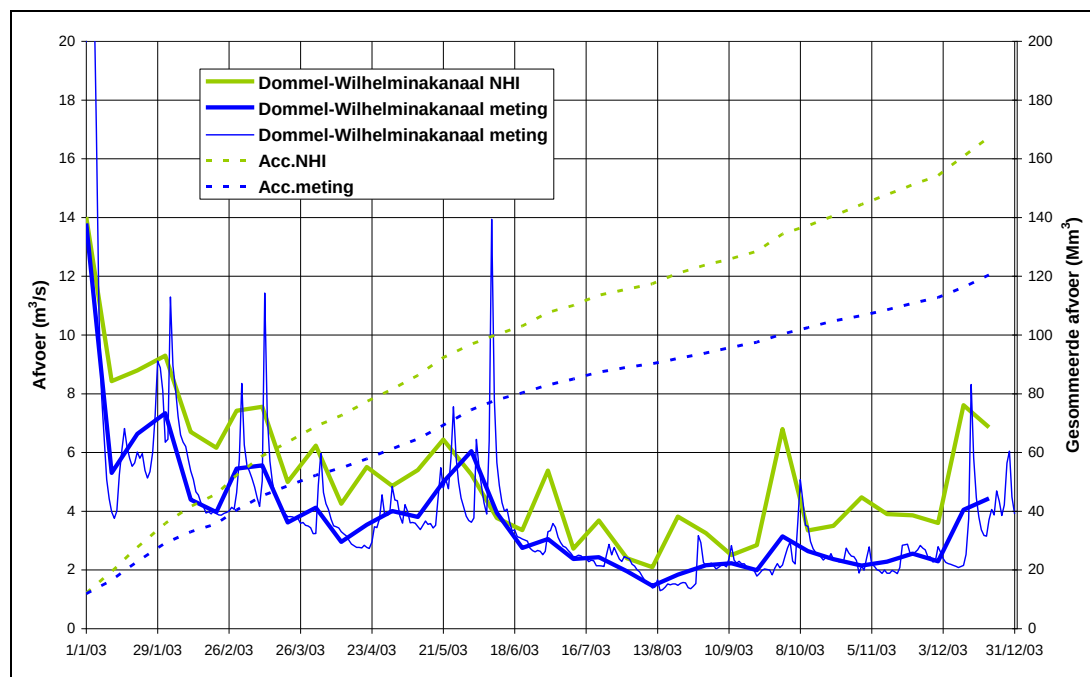
Figuur 3.9 Gemeten en berekende afvoer via Beatrixkanaal, 2003



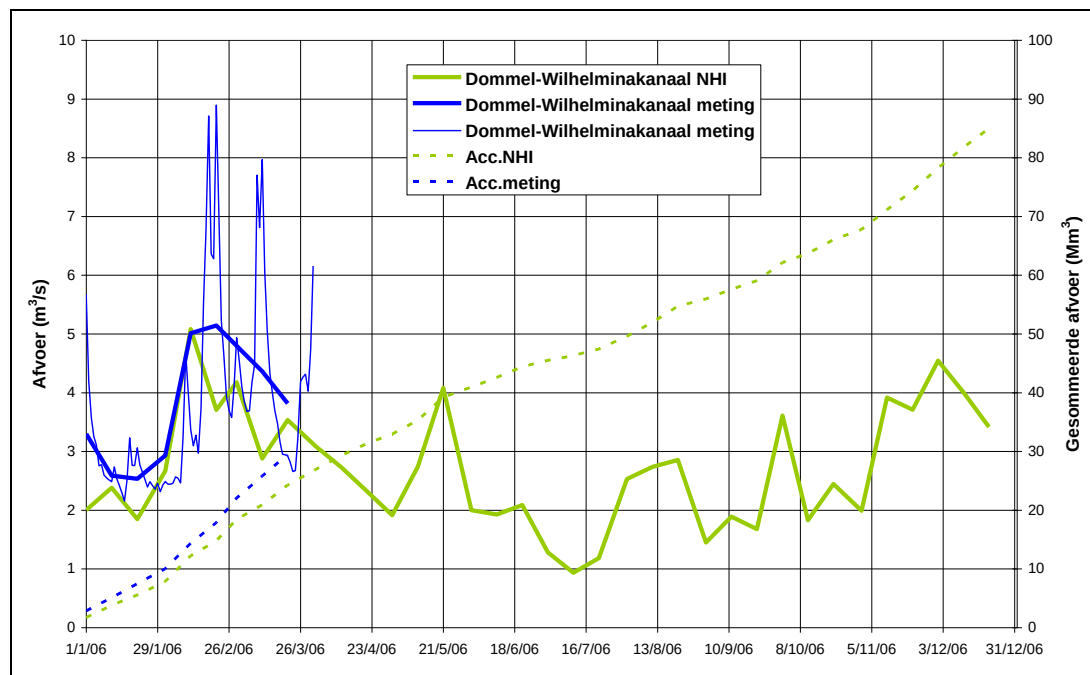
Figuur 3.10 Gemeten en berekende afvoer via Beatrixkanaal, 2006

3.5 Dommel tot Wilhelminakanaal

De Dommel tot het Wilhelminakanaal is de afvoer van de Dommel bij het Verdeelwerk (S07), de afvoer van de Tongelreep (S08) en de afvoer van de Kleine Dommel (S02). Het gemeten en berekende afvoerverloop is weergegeven in Figuur 3.11 en Figuur 3.12. Voor 2003 is sprake van een te hoog berekende afvoer via het Verdeelwerk. Het model overschat de Dommel afvoer hier met 39%. Dit is een direct gevolg van de te lage afvoer in het model naar het Beatrixkanaal. In 2006 is voor de eerste maanden van het jaar slechts sprake van een klein verschil, hoewel ook hier de afvoer via het Beatrixkanaal ernstig is onderschat in het model. De match voor de Dommel in 2006 is een gevolg van de opgelegde nulafvoer bij de Belgische grens.



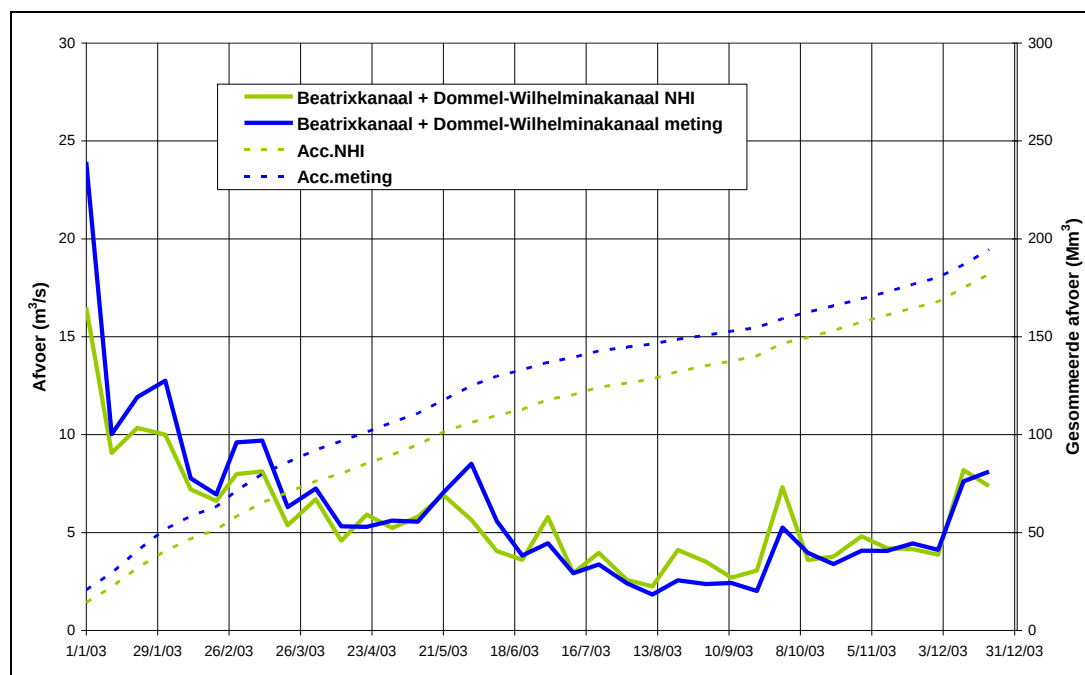
Figuur 3.11 Gemeten en berekend afvoerverloop van de Dommel- Wilhelminakanaal, 2003



Figuur 3.12 Gemeten en berekend afvoerverloop van de Dommel- Wilhelminakanaal, 2006

3.6 Beatrixkanaal en Dommel-Wilhelminakanaal

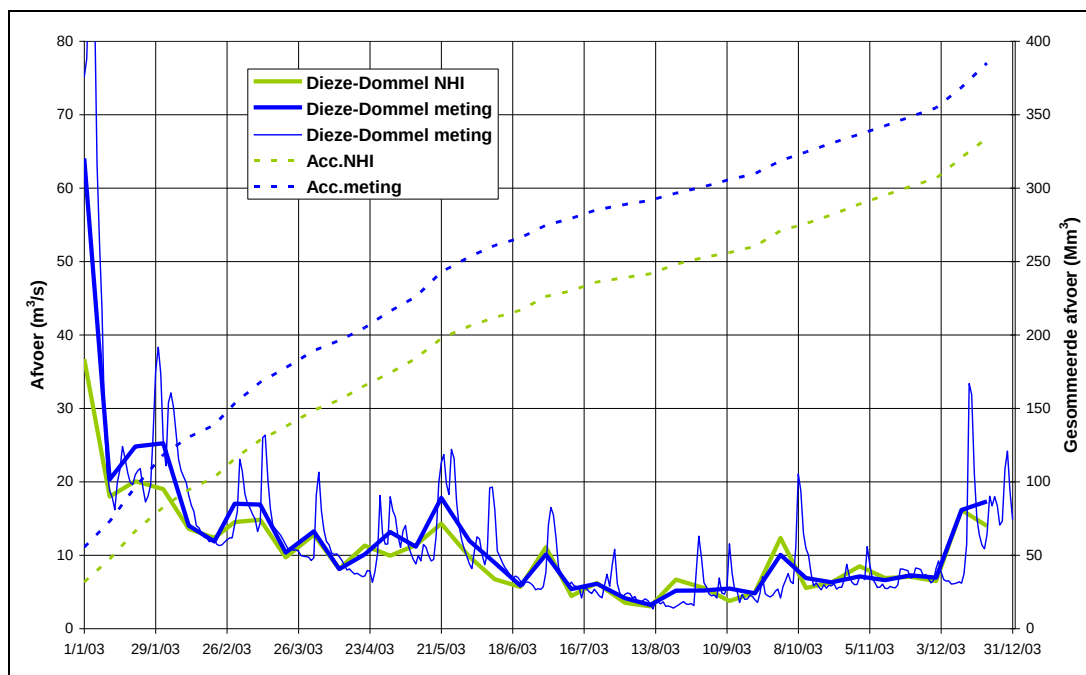
De gesommeerde gemeten en berekende afvoer van het Beatrixkanaal en de Dommel tot het Wilhelminakanaal voor 2003 is weergegeven in Figuur 3.14. Het gemeten en berekende signaal vertoont nu grote overeenkomst en de jaarsom verschilt slechts 6%, mede ook omdat 43% is opgelegd als randvoorwaarde bij de grens. Dit toont aan dat met een aanpassing van de verdeelsleutel over het Beatrixkanaal en de Dommel een goed resultaat voor dit deel van de Dommel kan worden verkregen.



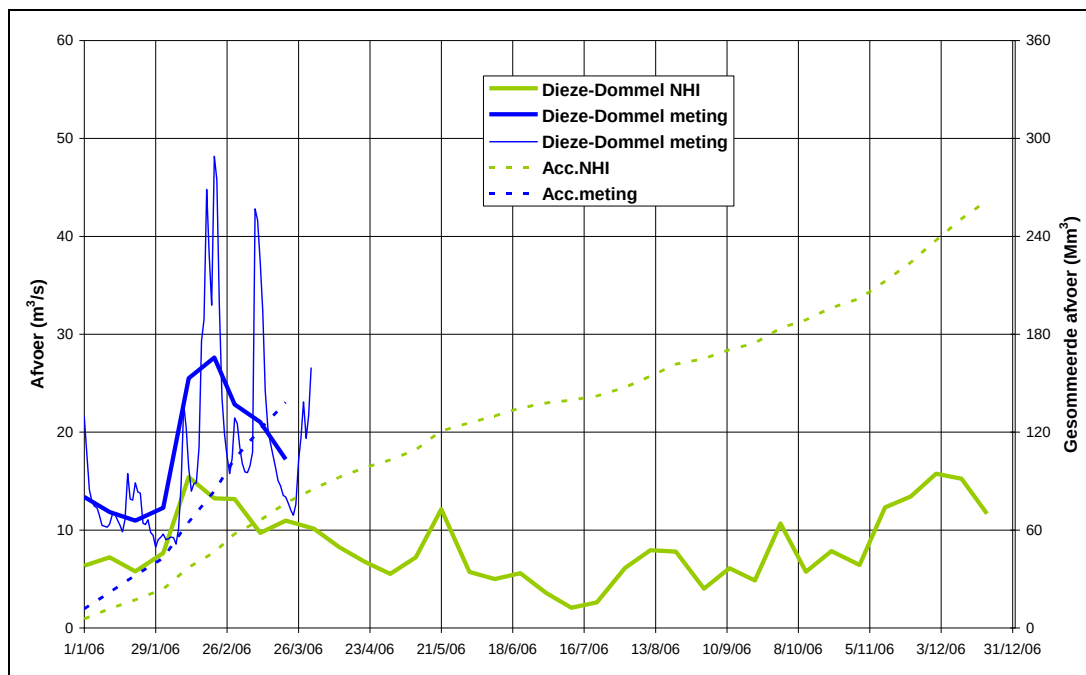
Figuur 3.13 Gemeten en berekende som van de afvoeren van Beatrixkanaal en Dommel-Wilhelminakanaal, 2003

3.7 Open verbinding Dieze-Dommel

De laatste vergelijking die gemaakt kan worden tussen de Dommel metingen en het NHI is bij de open verbinding tussen de Dieze en de Dommel bij 's-Hertogenbosch, station P10. De gemeten en berekende afvoer van 2003 en 2006 voor deze locatie zijn weergegeven in Figuur 3.14 en Figuur 3.15. De figuren geven aan dat in de eerste maanden van zowel 2003, als 2006 er sprake is van een onderschatting van de afvoer in het model (in 2006 mede door de opgelegde nulafvoer bij de grens). Voor de rest van 2003 is de overeenkomst tussen meting en model goed, zowel qua volume als de dynamiek. De onderschatting van de afvoer in het voorjaar is mogelijk veroorzaakt door de gehanteerde neerslag in het model. Voor diverse beheergebieden is door de gehanteerde methode sprake geweest van onderschatting van de neerslag.



Figuur 3.14 Gemeten en berekende afvoer van de Dommel bij 's Hertogenbosch, 2003



Figuur 3.15 Gemeten en berekende afvoer van de Dommel bij 's Hertogenbosch, 2006

3.8 Overzicht

De resultaten voor het oppervlaktewater in het beheergebied van het waterschap de Dommel zijn samengevat in Tabel 3.1. De resultaten tonen aan dat voor 2003 (2006 te kort en te onvolledig voor een goede vergelijking) de verschillen bij de aftak Dommel-Beatrixkanaal weliswaar groot zijn, maar met een aanpassing van de verdeelsleutel een zeer redelijk resultaat behaald kan worden. Met de genoemde aanpassing kan met dit model een betrouwbare simulatie van de waterafvoer van de regio worden verkregen.

Tabel 3.1 Vergelijking tussen gemeten en berekende afvoer uit het beheergebied van het waterschap de Dommel in 2003

jaar 2003	NHI (Mm ³)		meting (Mm ³)		verschil meting – NHI (Mm ³)		verschil meting – NHI (%)	
	jaar	groei	jaar	groei	jaar	groei	jaar	groei
Dommel-Tongelreep-grens	78.5	28.8	84.2	32.5	5.7	3.7	7	11
Beatrixkanaal	14.7	4.9	74.0	19.9	59.3	15.0	80	75
Dommel-Wilhelminakanaal	167.3	64.9	120.5	48.9	-46.8	-16.1	-39	-33
Beatrixkanaal + Dommel-Wilhl	182.0	69.8	194.5	68.8	12.5	-1.1	6	-2
Dieze-Dommel	334.0	122.6	385.0	132.1	51.0	9.5	13	7

4 Grondwaterstanden

4.1 Inleiding

De grondwaterstanden in het NHI zijn de waarden van de 250 x 250 m roostercel waarin de waarnemingsbuis is gelegen. Door de ruimtelijke middeling in het model is een exacte vergelijking van de hoogte t.o.v. NAP niet zinvol. Daarom is vooral gekeken naar de optredende grondwater fluctuaties en de reproductie hiervan in het model (dynamiek), het uitputtingsverloop en de maximale variatie over het jaar (range). Voorts is gekeken in hoeverre het model in staat is geweest om het herstel van de grondwaterstand na een zeer droge periode correct te simuleren. Merk op dat van 10 op 11 september 2006 de berekende grondwaterstand voor een aantal locaties een scherpe sprong laat zien t.g.v. een onjuiste modelinvoer, de 9/11 hik (in de figuren rood omcirkeld).

Van een negental peilbuizen in het stroomgebied van de Dommel zijn grondwaterstanden ontvangen, geselecteerd door het waterschap. De geselecteerde peilbuizen zijn weergegeven in Tabel 4.1. De bemonsteringsfrequentie is 1 x per dag en 1 x per uur. Van peilbuis B44H0831 zijn grondwaterstanden ontvangen van 2003 en 2006. Van alle andere peilbuizen beginnen de registraties in 2006 of in 2007. Van die buizen zijn alleen de reeksen van 2006 meegenomen in de vergelijkingen.

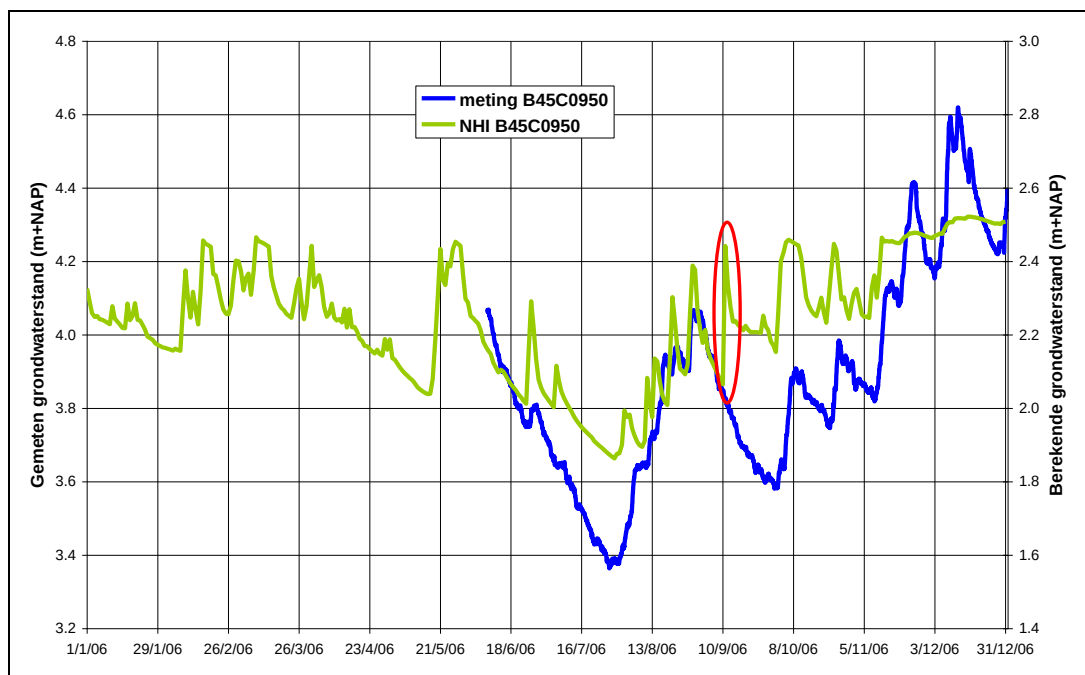
Tabel 4.1 Overzicht van peilbuizen en hun locatie in het beheergebied van het waterschap de Dommel

Putcode	Xcoor	Ycoor	Maaiveld m NAP	Locatie
B45C0950	149797	409623	4,0	Bossche Broek bij Zuiderplas
B57E0547	169456	366656	29,2	tussen Budel en Maarheeze, gemeente Cranendonk
B50F1369	135534	387767	18,0	Hilvarenbeek, bij het bos rond de Rovertsche Heide
B44H0831	139374	404292	7,9-8,5	bij Zandleij, tussen Loon op Zand en Helvoirt

4.2 Vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden

Peilbuis B45C0950

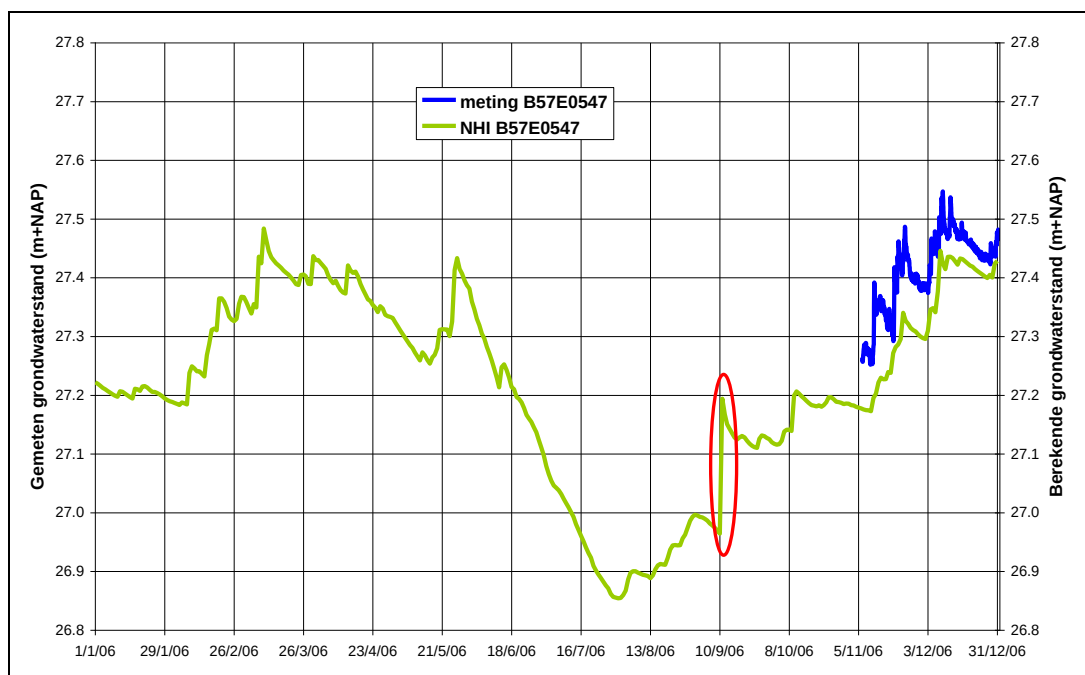
De peilbuis B45C0950 bevindt zich aan de zuidkant van s'Hertogenbosch in het Bossche Broek tussen de Dommel en de Zuiderplas. Het maaiveld ligt volgens de topografische kaart (ANWB, 2010) op 4,0 m. De locatie is niet gelukkig gekozen, dichtbij open water. Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop zijn weergegeven in Figuur 4.1. Het berekende verloop reageert sneller op de neerslag dan het gemeten verloop; de dynamiek is te groot. De range wordt echter onderschat door het model en het uitputtingsverloop verloopt iets trager dan in werkelijkheid. Opvallend is dat het gemiddelde niveau 1,80 m te laag wordt berekend. De berekening laat een bovengrens zien op een hoogte van 2,5 m+NAP. De gemeten hoogte is echter twijfelachtig. Volgens de topografische atlas is de hoogte van de peilbuis niet in overeenstemming met de maaiveldhoogte.



Figuur 4.1 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B45C0950, 2006

Peilbuis B57E0547

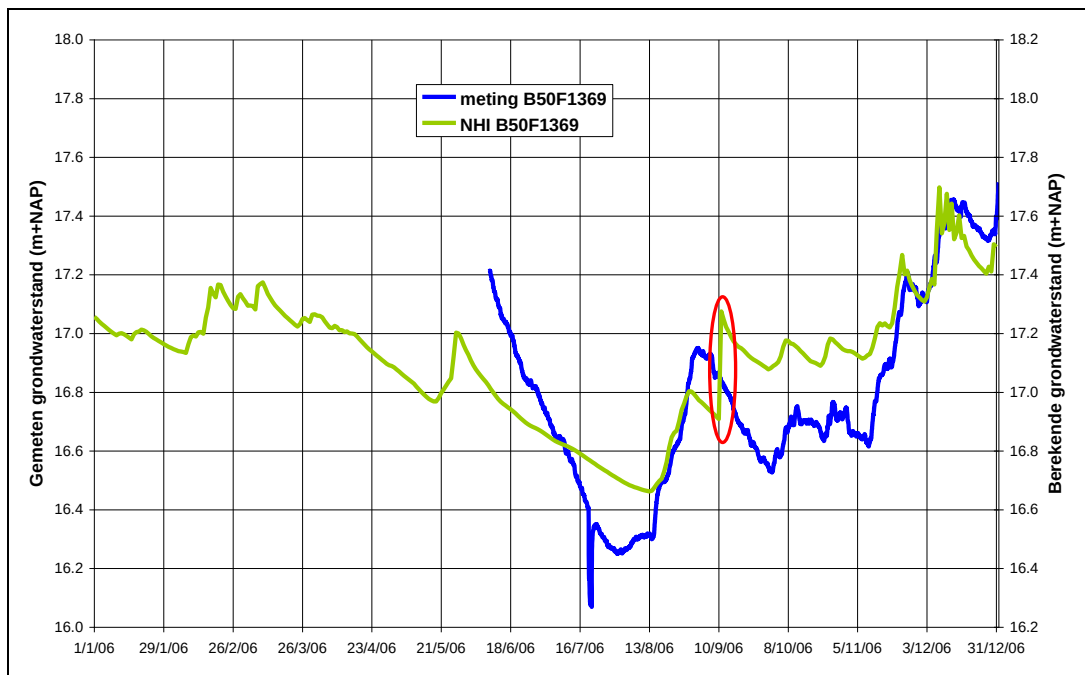
Peilbuis B57E0547 bevindt zich tussen Budel en Maarheeze. Het maaiveld ter plaatse ligt op 29,2 m+NAP. De beschikbare grondwaterstandmetingen bestrijken echter maar 2 maanden in 2006. De gemeten en berekende grondwaterstanden zijn weergegeven in Figuur 4.2. De dynamiek en hoogte worden voor de beschikbare maanden goed weergegeven.



Figuur 4.2 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B57E0547, 2006

Peilbuis B50F1369

Peilbuis B50F1369 bevindt zich ten zuidwesten van Hilvarenbeek, 6 km ten zuiden van Tilburg in het bos rond de Roversche heide. Het maaiveld ligt op 18,0 m+NAP. Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop zijn weergegeven in Figuur 4.3. De figuur geeft aan dat de dynamiek goed wordt gereproduceerd, maar dat het berekende uitputtingsverloop te traag verloopt. De range wordt dan ook te laag berekend. Wel wordt het herstel van de grondwaterspiegel in augustus goed gereproduceerd.



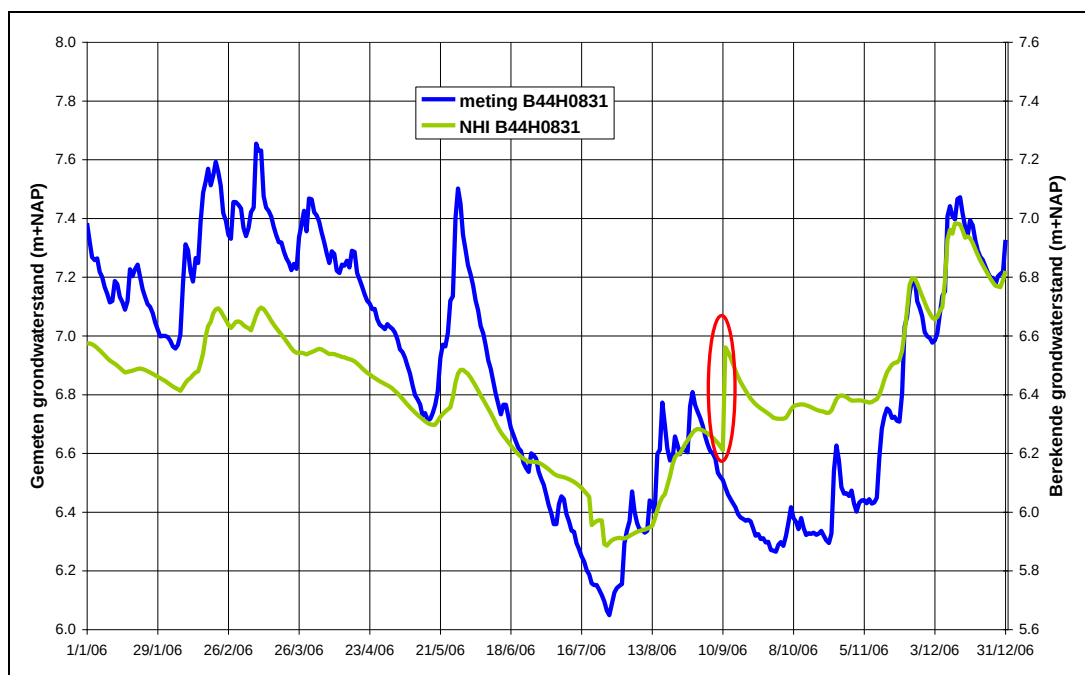
Figuur 4.3 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B50F1369, 2006

Peilbuis B44H0831

Peilbuis B44H0831 bevindt zich tussen Loon op Zand en Helvoirt ten noorden van Tilburg op ongeveer 1 km van de Zandleij. Het maaiveld ter plaatse varieert van 7,9 tot 8,5 M+NAP. Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop in 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.4 en Figuur 4.5. De figuren geven aan dat de dynamiek onvoldoende wordt gereproduceerd, het uitputtingsverloop te traag verloopt en de range daardoor te laag wordt berekend. Het herstel van de grondwaterspiegel in augustus 2006 komt iets te laat en te gedempt. Het gemiddelde grondwaterniveau verschilt 4 tot 5 dm.



Figuur 4.4 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B44H0831, 2003



Figuur 4.5 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B44H0831, 2006

4.3 Samenvatting

In Tabel 4.2 is een overzicht gegeven van de resultaten van de vergelijking van de gemeten met de berekende grondwaterstanden op basis van de volgende 3 criteria:

- 1 Dynamiek,
- 2 Recessie- of uitputtingsverloop, en
- 3 Range, d.w.z. het verschil tussen de hoogste en de laagste grondwaterstand.

Waardeoordelen variëren van goed (+geel), redelijk/matig (+/-) tot slecht (-blauw). De vakjes gemerkt +/- verdienen een nadere analyse, terwijl de vakjes die blauw zijn

gemarkt een (her)ijking nodig hebben. De tabel geeft aan dat mogelijk op één locatie een goed resultaat kan worden bereikt. De rest is onvoldoende. IJking van het grondwatermodel is noodzakelijk.

Tabel 4.2 Overzicht van evaluatie van NHI grondwaterstanden in het waterschap de Dommel

CODE	Coördinaten		Locatie	Dynamiek	Recessie verloop	Range
	X	Y				
Dommel						
B45C0950	149797	409623	Bossche Broek bij zuigerplas	-	-	-
B57E0547	169456	366656	tussen Budel en Maarheeze, gemeente Cranendonk	+	?	?
B50F1369	135534	387767	Hilvarenbeek, bij het bos rond de Roversche Heide	-	-	-
B44H0831	139374	404292	bij Zandleij, tussen Loon op Zand en Helvoirt	-	-	-

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Water afvoer

- 1 De waterverdeling tussen het Beatrixkanaal en de Dommel bij Eindhoven wijkt in de praktijk fors af van de toegepaste verdeelsleutel in het NHI. Deze dient te worden aangepast.
- 2 De reproductie van de afvoer van de Dommel verloopt afgezien van de verdeling tussen rivier en kanaal zeer acceptabel.
- 3 De aangeleverde afvoerreeksen van de Dommel bij de Belgische grens en de Tongelreep bij de monding zijn niet consistent met de waarnemingen van omliggende stations. Beiden betreffen stations in een open watergang.

Grondwater

- 4 De kwaliteit van de simulatie van het grondwaterstandverloop door het NHI is beoordeeld op reproductie van de dynamiek, het uitputtingsverloop en de range. De grondwaterstandreeksen voor vooral 2006 zijn zeer geschikt voor validatie van het model door de opeenvolging van droge en natte periodes. Een goede reproductie hiervan stelt hoge eisen aan het model.
- 5 De meeste aangeleverde reeksen bevatten geen gegevens voor 2003 of 2006. De resultaten voor de beschikbare peilbuizen is onvoldoende. IJking van het grondwatermodel is noodzakelijk.
- 6 De validatie van het NHI m.b.t. het grondwater wordt ernstig bemoeilijkt door de aanwezigheid van een storing in het berekende resultaat op 11 september 2006, aangeduid als de 9/11 hik. Voor een zinvol vervolg dient deze storing eerst te worden ge-ëlimineerd.

Eindconclusie

Het NHI in zijn huidige staat simuleert het afvoerverloop van de Dommel acceptabel, indien de verdeling over rivier en kanaal bij Eindhoven wordt aangepast. Een correcte simulatie van het grondwaterstandverloop wordt echter niet gerealiseerd. Om een beter resultaat te bereiken is eliminatie van de grondwaterbug nodig en is locale ijking van het model gewenst.

5.2 Aanbevelingen

De conclusies leiden tot de volgende aanbevelingen.

- Validatie van de afvoerreeksen, vooral waar het open profielmetingen betreft .
- Aanpassing van de verdeelsleutel tussen het Beatrixkanaal en de Dommel Verdeelwerk.
- De 9/11 bug dient uit het NHI te worden geëlimineerd voordat een vervolg wordt gegeven aan de validatie (wordt aan gewerkt).
- De analyse van het resultaat met het NHI voor grondwater toont aan dat het grondwatermodel lokaal geijkt dient te worden. Het volstaat kennelijk niet om op basis van bodemgegevens het grondwaterverloop overal goed te beschrijven.

6 Literatuur

ANWB (2010)

Topografische Atlas Nederland, 1:50 000.

3^{de} editie, 1^e druk. ISBN 978 901803 0704

Elbers, J.A., E.J. Moors en C.M.J. Jacobs (2009)

Gemeten actuele verdamping voor 12 locaties in Nederland

Wageningen, Alterra, Alterra rapport 1920, ISSN 1566-7197

HKV (2009)

Distributiemodel, deel E

Delfland en Dommel

PR1640.10, april 2009

KNMI (2007)

Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2006

(<http://www.knmi.nl/klimatologie/monv>)

KNMI (2010)

Dagneerslagsommen, districten 1 t/m 15, 325 stations

Dagwaarden meteorologische variabelen, 25 stations

NHI (2008)

Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI

Modelrapportage, Hoofdrapport, december 2010

NHI (2008)

Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI

Modelrapportage, Deelrapport Neerslag en Verdamping, december 2010

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Noord Nederland. Jaar 2006

Stowa

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Midden en West Nederland, Jaren 2003 en 2006.

Stowa

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Oost Nederland, Jaren 2003 en 2006.

Stowa

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Zuiderzeeland, Jaren 2003 en 2006.

Stowa

Walsum, P.E.V. van, A.A. Veldhuizen en P. Groenendijk (2010)

SIMGRO 7.1.0 manual, Theory and model implementation.

Alterra-report 913.1, Alterra, Green World Research, Wageningen

Warmerdam, P. (1981)
De invloed van de wind op regenwaarnemingen; een vergelijkend
regenmeteronderzoek.
H2O, Volume 14