RAPPORT

Grondwatermodel Bargerveen Buffer Zuid

Klant: Prolander

Referentie: BE3102-WM-RP-220217-1529

Status: S0/00

Datum: 24 mei 2022

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Postbus 8064
9702 KB Groningen
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 53 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Grondwatermodel Bargerveen Buffer Zuid

Sub titel:
Referentie: BE3102-WM-RP-220217-1529
Status: 00/S0
Datum: 24 mei 2022
Projectnaam: Bargerveen Buffer Zuid
Projectnummer: BE3102

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Royal HaskoningDHV

Inhoud

1 Inleiding 1

2 Systeemwerking huidige situatie 2

3 Opbouw grondwatermodel Bargerveen Buffer Zuid 4

3.1 Doelstelling 4

3.2 Modelgebied, discretisatie van tijd en ruimte 4

3.3 Schematisering en parametrisering van de ondergrond 5

3.4 Schematisering van de baggervelden en waterbekkens in het Bargerveen 7

3.5 Randvoorwaarden in het model 8

3.5.1 Stijghoogten aan de modelranden 8

3.5.2 Grondwateraanvulling 8

3.5.3 Maaiveld en maaiveldontwatering 9

3.5.4 Oppervlaktewatersysteem 10

4 Modelkalibratie 13

4.1 Aanpak modelkalibratie 13

4.2 Resultaten initiële modelrun 15

4.3 Aanvullend grondonderzoek tussenzandlaag nabij Stheemanstraat 20

4.4 Gevoeligheidsanalyse 21

4.4.1 Doorlaatvermogen lagen 5, 6, 7 en 8 21

4.4.2 Gevoeligheidsanalyse weerstand veen en keileem 22

4.4.3 Gevoeligheidsanalyse freatische bergingscoëfficiënt 24

4.5 Na kalibratie vastgestelde parameterwaarden 26

4.5.1 De weerstand van het veen 26

4.5.2 Freatische bergingscoëfficiënt en het doorlaatvermogen van het veen 26

4.5.3 Doorlaatvermogen tussenzandlaag 27

4.5.4 Weerstand keileemlaag 27

4.5.5 Overland flow in het Schoonebeekerveld 28

4.6 Resultaat van de kalibratie, resterende afwijkingen 29

4.7 Met het model berekende waterbalans 37

5 Resterende onzekerheden en de gevolgen daarvan voor de toepasbaarheid van het model 50

6 Enkele aspecten naar aanleiding van voorlopig toetsingsadvies van Commissie voor de milieueffectrapportage 53

6.1 Gevolgen veenafgravingen 53

6.2 Gevolgen waterhuishoudkundige maatregelen in het landbouwgebied 59

6.3 Gevolgen (zeer) droge zomers 62

6.4 Gevolgen beregeningsputten 63

7 Bronnen 64

Tabellen

No table of figures entries found.

Figuren

No table of figures entries found.

Bijlagen

A1 Beschrijving eerder opgestelde modellen

Beschrijving eerder opgestelde grondwatermodellen

A1.1 Mipwa v2.0

A1.2 MIPWA model Bargerveen

A1.3 MIPWA model Buffer Noord

1 Inleiding

De hydrologische opgave voor het hoogveen in het Bargerveen is erop gericht de verliezen van water te verminderen zodanig dat hoogveen zich kan ontwikkelen. Dit wordt gedaan door waterbuffers met een hoog peil aan te leggen ten zuiden van het veen. Daarmee wordt vooral beoogd de stijghoogte van het grondwater onder het veen te verhogen tot in de veenbasis, en verder de wegzijging van water vanuit het Bargerveen naar de ondergrond te verminderen. De buffer zorgt voor tegendruk. De buffers worden gevoed met water dat oppervlakkig afstroomt uit het Bargerveen. Dat water wordt in de buffer geconserveerd. Vanuit de buffer infiltreert water naar de zandondergrond, met als doel de stijghoogten te verhogen. Die verhogingen mogen echter geen ongewenste effecten opleveren voor andere bij het grondwater betrokken belangen, met name landbouw en bebouwing. Om die effecten te kunnen bepalen is een grondwatermodel noodzakelijk.

Voor de effectbepaling is het van belang een grondwatermodel te gebruiken dat goed overeenstemt met de werkelijkheid. De effecten van de buffer worden vooral bepaald door de volgende aspecten:

- de waterbalans van het zuidelijk deel van het Bargerveen dat afwatert op de buffers. Hoeveel water stroomt er af en is beschikbaar voor conservering in de buffers en voor infiltratie in de ondergrond?
- de intredeweerstand van de waterbodems in de buffers en de weerstand van grondlagen daaronder. Hoeveel water infiltreert er in de ondergrond bij verschillende peilen in de buffers?
- de effecten van de infiltratie op de stijghoogten onder het veen.

Dit rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt de werking van het geohydrologische systeem toegelicht. In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe het grondwatermodel is opgebouwd en op welke gegevens de initiële modelparameters en randvoorwaarden zijn gebaseerd. Hoofdstuk 4 gaat over de kalibratie van het model. Daarbij worden de door het model berekende grondwaterstanden en stijghoogten vergeleken met de metingen, en worden door aanpassing van modelparameterwaarden de afwijkingen van het model geminimaliseerd. De na kalibratie resterende afwijkingen van het model en de gevolgen daarvan voor de betrouwbaarheid van het model worden besproken in hoofdstuk 6.

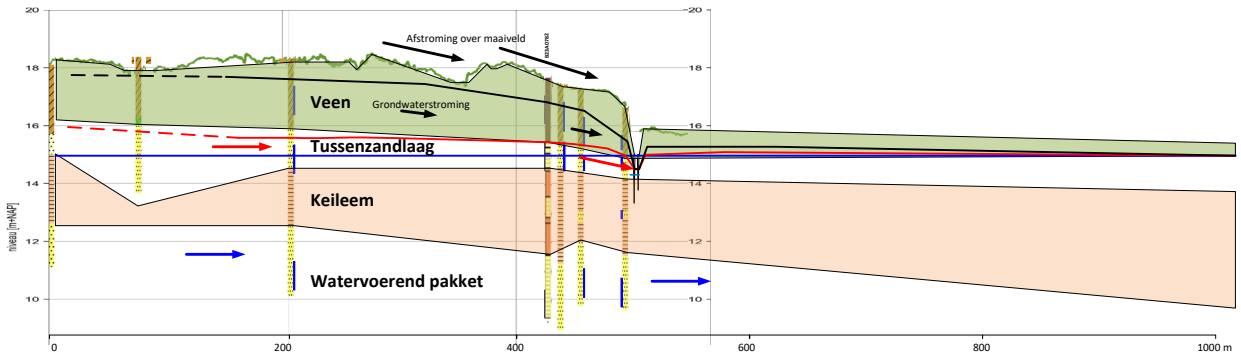
De Commissie voor de milieueffectrapportage heeft in juni 2021 een aantal adviezen gegeven over het concept MER voor Buffer Zuid. Op een aantal van die adviespunten wordt ingegaan in hoofdstuk7.

2 Systeemwerking huidige situatie

Bodemopbouw

De bodem ter plaatse van het zuidelijk deel van het Bargerveen/Schoonebeekerveld bestaat in hoofdlijnen uit een veenpakket met een dikte van circa 2 m. De onderkant van het veen (de veenbasis) bevindt zich op circa NAP+16,0 tot NAP+16,5 m. Onder het veenpakket ligt een zogenaamde tussenzandlaag met een beperkte dikte van circa 1 tot 2 m. Onder deze zandlaag ligt een keileemlaag die sterk varieert in dikte en in delen van het Bargerveen ontbreekt. Hieronder bevindt zich vervolgens een dik watervoerend pakket.

In het aan het Bargerveen grenzende landbouwgebied is veen verwijderd. Op veel plaatsen ligt er nog een dunne laag veen (restveen) aan maaiveld. Daaronder ligt net als onder het Bargerveen een tussenzandlaag en keileem. Ter plaatse van het oostelijk deel van de buffer heeft de keileem een dikte van enkele meters tot 10 meter. Onder het westelijk deel van de buffer is de keileem afwezig.



Figuur 1 Principeprofiel (noord-zuid)met de bodemopbouw. Freatische grondwaterspiegel: zwarte lijn, stijghoogten in tussenzandlaag: rode lijn, stijghoogte in watervoerend pakket: blauwe lijn.

Waterpeilen

Het peilverloop in het Bargerveen volgt een getrapt verloop van noord naar zuid. De gehanteerde waterpeilen in de hogere delen van het Schoonebeekerveld bevinden zich op NAP+18,6 tot NAP+18,9 m. Langs de zuidelijke rand van het Bargerveen is dit overwegend NAP+17,5 m, met uitzondering van de slenk naar Weiteveen. De peilen in het aanliggende landbouwgebied en de watergang langs de Stheemanstraat zijn meer dan 3 meter lager en bevinden zich rond NAP+14 m en lopen in oostelijke richting op naar circa NAP +16 m.

Ondiepe grondwaterstand

De grondwaterstand (zwarte lijn in figuur 1) wordt beïnvloed door neerslag, verdamping, oppervlakkige afstroming en doorlatendheid van het veen. Oppervlakkige afstroming vindt plaats over maaiveld en door greppels. Dit treedt vooral op in de winter, als de grondwaterstand vrijwel aan maaiveld staat. In de zomer houdt oppervlakkige afstroming op. Door verdamping en wegzijging naar de tussenzandlaag daalt dan de grondwaterstand in het veen. De horizontale stroming van grondwater in het veen is beperkt door de lage doorlatendheid van het veen. De oppervlakkige afstroming over het veen en de horizontale stroming door het veen wordt ook wel laterale afstroming genoemd. Naast deze horizontale stroming is er vanuit het veenpakket sprake van een neerwaartse grondwaterstroming (wegzijging) naar de tussenzandlaag.

Stijghoogte tussenzandlaag

De stijghoogte in de tussenzandlaag (rode lijn) wordt beïnvloed door infiltratie vanuit het veen, neerwaartse grondwaterstroming naar het onderliggende watervoerende pakket en horizontale stroming zuidwaarts richting landbouwgebied. De tussenzandlaag wordt aangesneden door de sloot langs de

Stheemanstraat. Door het lage peil van deze sloot treedt een versterkte horizontale stroming zuidwaarts op, wat leidt tot een verlaging van de stijghoogte.

Uit door Staatsbosbeheer aangeleverde gegevens van de gemeten stijghoogtes volgt dat de gemiddelde stijghoogte varieert van west naar oost van circa NAP+15 tot NAP+16,7 m. Hieruit kan worden afgeleid dat de stijghoogtes niet jaarrond tot in de veenlaag reiken.

Stijghoogte watervoerend pakket
De stijghoogte in het watervoerend pakket onder het keileem (blauwe lijn in figuur 1) wordt onder het Bargerveen gevoed door neerwaartse grondwaterstroming uit het keileem. Dat water stroomt in zuidwestelijke richting naar het landbouwgebied, waar het opkwelt. Omdat het doorlaatvermogen van dit pakket relatief groot is en de weerstand van de keileem en het bovenliggende veen groot is, wordt de stijghoogte onder het Bargerveen tot grote afstanden beïnvloed door de (lage) grondwaterstanden en oppervlaktewaterpeilen in het landbouwgebied.

3 Opbouw grondwatermodel Bargerveen Buffer Zuid

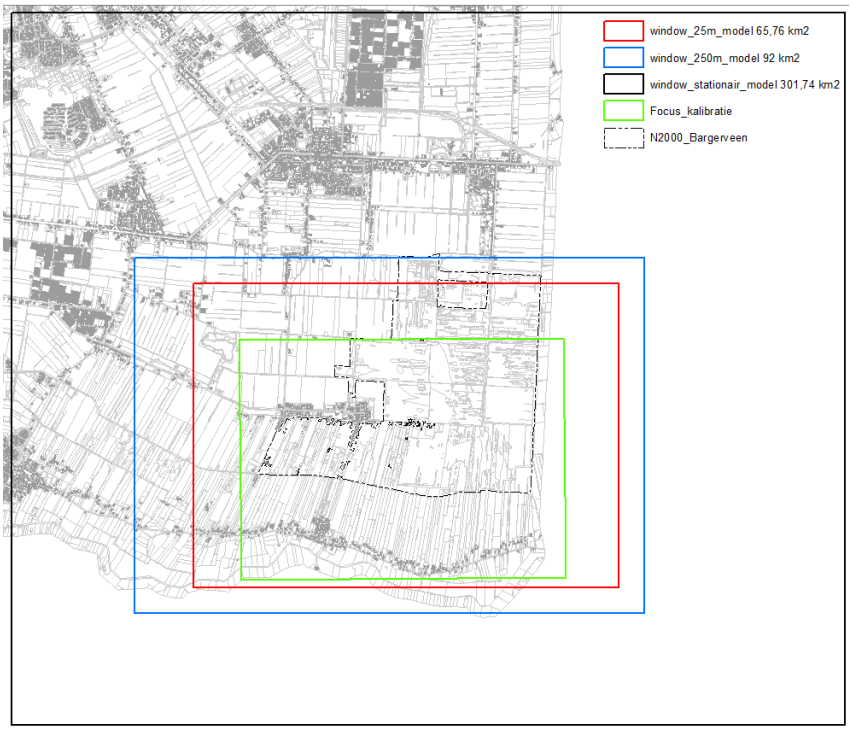
3.1 Doelstelling

Het doel van het model is het bepalen van hydrologische effecten van Buffer Zuid op het Bargerveen en de omgeving. Omdat de afstroming uit het Bargerveen varieert in de tijd moet het grondwatermodel niet-stationair zijn. Om betrouwbare effecten te kunnen voorspellen wordt het model gekalibreerd aan gemeten grondwaterstanden en stijghoogten. Bij de bouw van het model is veel aandacht besteed aan de waterbalans van het veen. Daarmee is geanalyseerd hoeveel water er oppervlakkig afstroomt en beschikbaar is voor conservering en infiltratie in de buffers.

Van het Bargerveen zijn in het verleden al grondwatermodellen gebouwd, voorgangers van het model dat in dit rapport beschreven wordt: het regionale grondwatermodel Mipwa2.0, het Mipwa model Bargerveen [Grontmij 2014] en het MIPWA model Buffer Noord [RHDHV 2016]. Deze modellen worden kort beschreven in Bijlage A1.

3.2 Modelgebied, discretisatie van tijd en ruimte

De modellering wordt uitgevoerd in deelmodellen met verschillende omvang en verschillende gridgroottes. De modelgebieden zijn weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2: Begrenzing modelgebieden

Modelruns worden in drie stappen doorlopen:

- Stationaire berekening met langjarig gemiddelde randvoorwaarden op een grid van 25x25 m, in het modelgebied aangegeven met de buitenste zwarte contour. Het modelgebied heeft een omvang van 18,75 bij 16 km, en is gelijk aan dat van het MIPWA-Bargerveen-model. De stijghoogten op de

modelrand zijn opgelegd. Deze zijn gebaseerd op regionale isohypsenkaarten, inclusief stijghoogten in Duitsland [Grontmij 2014].

- Niet-stationaire berekening op een grid van 250x250 m in het modelgebied aangegeven met de blauwe contour (10,5 bij 7 km). De beginvoorwaarden (stijghoogten) voor dit model worden overgenomen uit de voorgaande stationaire berekening. De stijghoogten op de modelrand variëren niet in de tijd.
- Niet-stationaire berekening op een grid van 25x25 m in het modelgebied aangegeven met de rode contour (9,6 bij 6,8 km). De beginvoorwaarden (stijghoogten) voor dit model worden overgenomen uit de voorgaande stationaire berekening. De stijghoogten op de modelrand worden overgenomen uit het voorgaande (grove) model en variëren wel in de tijd.

De kalibratie van het model was toegespitst op het gebied van de groen rechthoek (kalibratiegebied). Dat is het gebied waarbinnen de verwachte significante effecten van Buffer Zuid zullen optreden.

Het niet stationaire model wordt doorgerekend voor de periode 1 januari 2004 tot en met 31 december 2014, met tijdstappen van 1 dag. Er wordt gerekend met een afbreekfout van 1 mm voor de stijghoogte en een afbreekfout van 1 m^3/dag per cel voor de waterbalans. De periode 2004 t/m 2007 wordt beschouwd als inspeelperiode. Het model wordt gekalibreerd aan metingen in de periode 2008-2014 (kalibratieperiode).

Bovenstaande aanpak is gekozen om de rekentijden van niet stationaire model beperkt te houden. Deze aanpak leidt tot een rekentijd van 3 tot 4 dagen per run.

3.3 Schematisering en parametrisering van de ondergrond

Het lagenmodel is overgenomen uit het MIPWA Bargerveenmodel [Grontmij 2014a en b]. In totaal zijn er acht watervoerende pakketten met 7 slecht doorlatende lagen (Tabel 3-1).

De watervoerende lagen 2, 3 en 4 vormen een aaneengesloten pakket. Dit wordt de tussenzandlaag genoemd en bevindt zich tussen twee slecht doorlatende lagen (SDL). Aan de bovenzijde ervan bevindt zich veen (SDL1 in Tabel 3-1) en aan de onderzijde keileem (SDL 4).

Doorlaatvermogen en weerstand
Het doorlaatvermogen van de watervoerende pakketten en de weerstanden van slecht doorlatende lagen zijn in eerste instantie overgenomen van [Grontmij 2014a en b]. Na de initiële modelrun is het model gekalibreerd en zijn deze parameters deels aangepast. Modelkalibratie komt aan de orde in hoofdstuk 4. In dat hoofdstuk staan ook kaarten met de gebruikte modelparameterwaarden (initieel en na kalibratie).

De belangrijkste parameters voor het model, en de parameters waaraan bij de kalibratie de grootste aanpassingen zijn gedaan zijn de weerstand van het veen (SDL1) en die van de keileem (SDL4). Die worden hieronder toegelicht.

Tabel 3-1: Geologie, hydrogeologische schematisering en gebruikte bronnen voor modelparameters in het Mipwa model Bargerveen [Grontmij, 2014a en b]. De weergegeven codes betreffen Regis coderingen. De bronnen voor de parameters van modellagen (top, basis en doorlatendheid) staan in kolom vijf en zes voor respectievelijk het gebied van de veenkartering en het gebied daarbuiten.

				uitsnede Veenkartering	rest BV-model
Geologische eenheid Formatie	Hydrolgeologische eenheid	codering	MIPWA BV	top/bottom/ dikte	top/bottom/ dikte
Antropogeen/Holoceen		HL-C	WVL1	TNO	MV MIPWA v2.0-bottom HLC REGIS II.1
			SDL1	TNO	REGIS II.1
		gliede	SDL1	niet apart ingevoerd	niet apart ingevoerd
Boxtel	zand 1	BX-z-1	WVL2	TNO	dikte=sluitpost
	klei 1	BX-k-1	SDL2	TNO	NVT
	zand 2	BX-z-2	WVL3	TNO	dikte=sluitpost
	klei 2	BX-k-2	SDL3	TNO	NVT
	zand 3	BX-z-3	WVL4	TNO	dikte=sluitpost
Drenthe	zand 1	DR-z-1		nvt	nvt
	zand 2	DR-z-2		nvt	nvt
	klei 1	DRGI-k-1	SDL4	TNO-keileemupdate	TNO-keileemupdate
	zand 3	DR-z-3	WVL5	REGIS II.1	REGIS II.1
Urk (Tynje)	zand 1	UR-z-1		REGIS II.1	REGIS II.1
	zand 2	UR-z-2		REGIS II.1	REGIS II.1
	zand 3	UR-z-3		REGIS II.1	REGIS II.1
Peelo	zand 1	PE-z-1		REGIS II.1	REGIS II.1
	klei1	PE-k-1	SDL5	REGIS II.1	REGIS II.1
	zand 2	PE-z-2	WVL6	REGIS II.1	REGIS II.1
	zand 3	PE-z-3		REGIS II.1	REGIS II.1
Urk (Veenhuizen)	zand 4	UR-z-4		REGIS II.1	REGIS II.1
	klei 3	UR-k-3	SDL6	concept REGIS II.2	concept REGIS II.2
	zand 5	UR-z-5	WVL7	REGIS II.1	REGIS II.1
Appelscha	zand 1	AP-z-1		REGIS II.1	REGIS II.1
Peize / Waalre	zand 3	PZWA-z-3 t/m 7		REGIS II.1	REGIS II.1
Oosterhout	zand 1	Oo-z1		REGIS II.1	REGIS II.1
	complex	OO-c	SDL7	REGIS II.1	REGIS II.1
	zand 2	OO-z-2	WVP8	REGIS II.1	REGIS II.1
	zand 3	OO-z-3		REGIS II.1	REGIS II.1
Breda	klei 1	BE-k-1	GHB	REGIS II.1	REGIS II.1

Weerstand van het veen in het oorspronkelijke Mipwa model Bargerveen [Grontmij 2014 a en b]

De veenlaag is de bovenste slecht doorlatende laag. De dikte ervan is variabel. In het natura2000-gebied Bargerveen is dat op verschillende plekken nog relatief dik, daarbuiten is de dikte beperkt. In het oorspronkelijke Mipwa model Bargerveen [Grontmij 2014a en b]: is de weerstand als volgt bepaald, en na kalibratie niet aangepast:

- Binnen N2000 Bargerveen:
  - 0,5 m dik: 100 dagen/m
  - 0,5 – 1 m dik: 300 dagen/m
  - 1-2 m dik: 1000 dagen/m
  - >2 m dik: 3000 dagen/m
- Buiten N2000 Bargerveen:
  - Veendek 0 -1 m dik: 100 dagen/m)
  - Veendek >1 m dik: 200 dagen/m).

Weerstand van de keileem in Mipwa model Bargerveen
De weerstand in het Mipwa model Bargerveen zijn in eerste instantie gelijkgesteld aan de parameterwaarden uit de “TNO-keileemupdate” [Grontmij 2014a]. die weer waren gebaseerd op een analytische formule van Bakker, zie onderstaande tabel.

Tabel 3-2: Analytische benadering van de relatie tussen dikte (D) en hydraulische weerstand (c-waarde) en verticale doorlatendheid (kv) volgens “de Formule van Bakker”(bron: Tabel 2.3 uit Grontmij 2014a)

Dikte (m)	c-waarde (d)	k_v-waarde (m/d)
< 0,1	c = 0,5	k_v = 0,1
0,1 ≤ D ≤ 2	c = 102,57D^2-4,9505D	k_v = D/c
2 < D	c = 400D - 400	

Bij de kalibratie van het model in 2014 is de weerstand van de keileem bij waarden groter dan 2000 dagen verlaagd tot: c_{nieuw} = 2000+0.3*(c_{oud}-2000). Dat is gedaan omdat bij grotere dikten de keileem bestaat uit twee keileem-lagen met daartussen een zandlaag, die bij de dikte is meegerekend, maar in feite weinig weerstand heeft [Grontmij 2014b]. Op de weerstand van de keileem wordt verder ingegaan bij de kalibratie van het Grondwatermodel Bargerveen Buffer Zuid (paragraaf 4.5.4).

Bergingscoëfficiënten
De bergingscoëfficiënten zijn overgenomen uit het MIPWA model Buffer Noord [RHDHV 2016]:
- open water in het Bargerveen (baggervelden en de waterbekkens) heeft een bergingscoëfficiënt van 1. Het areaal open water in een gemiddelde zomersituatie is in overleg met Staatsbosbeheer water vastgesteld.
- Voor de rest van het Bargerveen is in eerste instantie een bergingscoëfficiënt van 0,5 aangenomen.
- De bodem in de omgeving van het Bargerveen bestaat uit een veenkoloniaal dek op zand. Hiervoor is een bergingscoëfficiënt van 0,15 representatief. Ook de bergingscoëfficiënt is tijdens de model-kalibratie aangepast (zie hoofdstuk 4 en paragraaf 4.4.3).

3.4 Schematisering van de baggervelden en waterbekkens in het Bargerveen

Het Bargerveen is door middels van kades onderverdeeld in vakken. Elk vak watert af via stuwen en overlaten, naar lagergelegen vakken of naar oppervlaktewater binnen het Bargerveen (zoals de Centrale Slenk) en naar oppervlaktewater in de omgeving. De waterpeilen zijn voor elk vak zodanig gekozen dat het optimaal is voor de vegetatie en voor veenvorming. Binnen de vakken komen kleinere en grotere plassen voor die gevoed worden door neerslag. Zodra het peil hoger wordt dan het ingestelde streefpeil (stuwpeil) wordt er water afgevoerd. Bij dat peil hebben de plassen hun maximale omvang. In het groeiseizoen dalen de peilen en vallen de plassen deels droog. De grootste plassen zijn de baggervelden in het Amsterdamse Veld.

De plassen zijn op dezelfde wijze geschematiseerd als in MIPWA model Buffer Noord [RHDHV 2016]:
- het oppervlaktewater is gemodelleerd als freatische grondlaag met een zeer hoog doorlaatvermogen (kD=10.000 m^2/dag), zodat onder alle omstandigheden de waterspiegel vlak is.
- het hydraulisch contact met het grondwatersysteem is gemodelleerd met één weerstand, namelijk de weerstand tussen het waterbekken (het freatische pakket) en de modellaag daaronder (de tussenzandlaag). Deze weerstand is dus gelijk aan de weerstand van het veen onder de waterbodem.
- de ontwatering van de bekkens en de baggervelden is gemodelleerd als drain in de overland flow-module met een drainageweerstand van 1 dag (zeer laag). Het hoogst mogelijke waterpeil is gelijk aan het stuwpeil. Met de overland flow-module wordt water afgevoerd als het peil boven stuwpeil stijgt. Er

wordt geen water aangevoerd. Als de waterstand onder het stuwpeil zakt wordt het peilverloop bepaald door de verdamping en de wegzijging naar de ondergrond. De waterpeilen zijn dus niet opgelegd, maar zijn een berekeningsresultaat van het model, die kunnen worden vergeleken met metingen.

Het water dat in de winterperiode uit de plassen wordt afgevoerd, gaat naar de lagergelegen delen van het Bargerveen. Vakken met een hoge veen-weerstand zullen in tijden van neerslagoverschot eerder vol zijn dan vakken met een lagere veen-weerstand. De afvoer uit de volgelopen vakken is voor lagergelegen gebieden met een lagere veenweerstand feitelijk een vorm van wateraanvoer. Die wateraanvoer draagt bij aan het aanvullen van het peil, totdat dat lagere peilvak ook het stuwpeil bereikt en de stuw daar gaat overlopen. Die wateraanvoer kan in het model niet worden opgenomen, het water verdwijnt uit het model. Dat betekent in feite dat we er in het model vanuit gaan dat de afvoer vanuit de verschillende vakken in het Bargerveen gelijktijdig start en stopt. Dat is een vereenvoudiging van de werkelijkheid.

3.5 Randvoorwaarden in het model

3.5.1 Stijghoogten aan de modelranden

Aan de buitenranden van het model worden stijghoogten opgelegd die zijn ontleend aan [Grontmij 2014]. Zie hiervoor de beschrijving van de modelranden in paragraaf 3.2.

3.5.2 Grondwateraanvulling

Grondwateraanvulling in het oorspronkelijke model Mipwa Bargerveen [Grontmij 2014a en b]
De grondwateraanvulling in het stationaire Bargerveen model is opgelegd als een vaste flux aan maaiveld. Daarbij is de gemiddelde grondwateraanvulling voor de periode 1989-2001, zoals berekend met het niet-stationaire MIPWA model v1.1 gebruikt. Dat is berekend met de module CAPSIM, op basis van neerslagmetingen van 3 KNMI neerslagstations, verdamping en gegevens over grondgebruik (gewas) en bodemtype. Van Capsim in iMod modellen is nu bekend dat het geen betrouwbaar resultaat oplevert. In [Grontmij 2014b] wordt geconstateerd dat er twijfels zijn over de betrouwbaarheid van de neerslagwaarnemingen van twee stations en zijn proefberekeningen uitgevoerd met een verlaging van de grondwateraanvulling met een factor 1,2 voor die stations. Uiteindelijk is gerekend met een versie waarbij binnen het Bargerveen een gemiddelde grondwateraanvulling is gehanteerd van circa 0,8 mm/dag. Daarbij is geen onderscheid gemaakt tussen open water (baggervelden) en andere gebieden, waarschijnlijk omdat open water niet als zodanig in de grondgebruikskaart was opgenomen.

Grondwateraanvulling in het voor dit project gebouwde model
De grondwateraanvulling is in dit model opgelegd in de vorm van een vaste flux aan maaiveld. We hebben ervoor gekozen om de grondwateraanvulling niet te bepalen met een model aan de bovenrand zoals Capsim of MetaSwap, en wel om de volgende redenen. Capsim is minder betrouwbaar en bij toepassing van Metaswap is de gebruiker genoodzaakt de in de database beschikbare bodemprofielen te gebruiken, met daarin bergingseigenschappen die niet aanpasbaar zijn. Van hoogveen is bekend dat de freatische bergingscoëfficiënt sterk uiteen kan lopen, van hoge waarden (meer dan 0.5) bij geconsolideerd en niet veraard veen, tot 0,15 bij sterk veraard veen [van der Schaaf 1999]. Om deze parameter goed te kunnen kalibreren is voor een eenvoudiger modelconcept gekozen.

De grondwateraanvulling wordt niet stationair ingevoerd op basis van KNMI gegevens op dagbasis, voor de rekenperiode van het model, dus 2004 tot en met 2014. De grondwateraanvulling wordt op dagbasis berekend met de volgende vergelijking:

$GWA = P - E_{Makkink} * gewasfactor$

Met daarin:
- P = neerslag in m/dag op basis van voor heel Nederland beschikbare grids op dagbasis, met een gridgrootte van 1 km [KNMI 2014].
- $E_{Makkink}$ = Referentiegewasverdamping in m/dag, eveneens uit grids op dagbasis, met een gridgrootte van 1 km [KNMI 2014]. Het referentiegewas is een goed van vocht voorzien grasland.
- Grondgebruik op basis van de Landelijke grondgebruikskaart LGN6.
- Gewasfactor: een tijdsafhankelijke factor voor verschillende typen grondgebruik (gewas) op basis van het Cultuurtechnisch Vademecum 2000.

Bij deze methode wordt geen rekening gehouden met verdampingsreductie in perioden met diepe grondwaterstanden. Dat kan het geval zijn op landbouwpercelen met een zandige bodem en diep uitzakkende grondwaterspiegels. In werkelijkheid kunnen planten dan minder water opnemen door lage vochtspanningen in de wortelzone en onvoldoende capillaire opstijging. In het model wordt ervan uitgegaan dat planten altijd voldoende water beschikbaar hebben om te verdampen. De verdamping wordt dan dus overschat, waardoor het model in droge zomers enigszins te lage grondwaterstanden berekent.

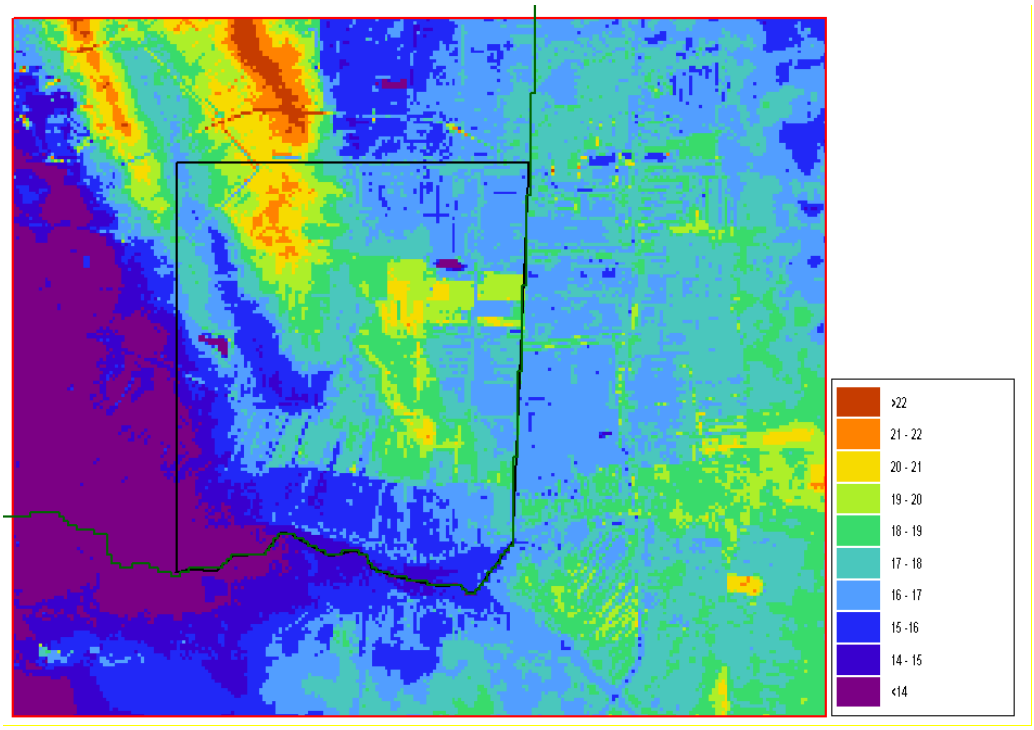
De gemiddelde grondwateraanvulling die op deze wijze is berekend voor de periode 2004-2014 bedraagt voor open water in het Bargerveen 0,30 mm/dag en voor de overige delen van het Bargerveen 0,65 mm/dag. Dat is dus significant lager dan in het oorspronkelijke model Mipwa Bargerveen [Grontmij 2014a en b]. De waarde van 0,65 mm/dag is precies in overeenstemming met het langjarig gemiddelde van neerslag minus referentiegewasverdamping voor dit gebied in de periode 1991-2020 (www.knmi.nl/klimaat-viewer).

De lagere grondwateraanvulling is een belangrijke oorzaak van het feit dat het model vóór kalibratie te lage grondwaterstanden en stijghoogten in de tussenzandlaag berekent (zie paragraaf 4.2).

3.5.3 Maaiveld en maaiveldontwatering

De maaiveldhoogte in het model is gebaseerd op het Mipwa model Bargerveen [Grontmij, 2014a en 2014b]. Dat bevat maaiveldhoogten uit de volgende bronnen:
- Voor Nederland de AHN2, dat door TNO/Provincie is aangepast, waarbij ter plaatse van open water de bodemhoogten zijn ingevuld, zodanig dat maaiveld overeenkomt met de het niveau van de waterbodem.
- Voor Duitsland maaiveldhoogtebestanden 10x10 (aangeleverd door provincie Drenthe) en maaiveldhoogtestand 12,5x12,5 overige delen Duits gebied (Grontmij, GGOR Bargerveen, 2007).

Deze bronbestanden zijn door Grontmij omgezet naar het modelgrid van 25x25 m (Figuur 3).



Figuur 3: Maaiveldhoogte [m tov NAP] in het Mipwa model Bargerveen [Grontmij 2014a]

In het model is maaiveldontwatering opgenomen in de OLF (Overland flow) module. Daarin heeft maaiveldontwatering standaard een drainageweerstand van 1 dag. Dat wil zeggen: als de grondwaterspiegel door neerslag stijgt boven het niveau wordt het overschat uit het model afgevoerd.

In het Mipwa model Bargerveen is het ontwateringsniveau van maaiveldontwatering als volgt bepaald [Grontmij 2014a]:

- De Overland flow is voor het gehele modelgebied gelijkgesteld aan 5 cm boven maaiveld.
- ter plaatse van inundaties in het natuurgebied, baggervelden en zandwinplassen. Op basis van de destijds beschikbare geactualiseerde legger van het waterschap zijn “peilgebieden” met een bijbehorend stuwpeil bepaald. Daar waar de maaiveldhoogte (of bodemhoogte) lager is dan het stuwpeil, is het niveau van overland flow gelijk gezet aan het stuwpeil.

Tijdens de kalibratie van het model is op een groot aantal plaatsen gebleken dat de ontwateringsniveaus in het Bargerveen niet correct waren. Dit bleek uit het feit dat ter plaatse van inundaties en baggervelden de berekende (grond)waterstanden significant lager waren dan de beschikbare metingen (zie paragraaf 4.1 voor de metingen). Dat was het gevolg van te lage ontwateringsniveaus. In overleg met de beheerder van Staatsbosbeheer is op die locaties het stuwpeil verhoogd.

3.5.4 Oppervlaktewatersysteem

Basismodel

Het oppervlaktewatersysteem en de daarbij behorende modelparameters (breedte, bodemhoogte, zomerpeil, winterpeil, uittredeweerstand, infiltratiefactor en de aanwezigheid van wateraanvoer (ook wel aangeduid als peilgarantie) zijn in eerste instantie overgenomen uit het model Mipwa Bargerveen [Grontmij 2014a en b], hieronder ook aangeduid als het Basismodel. De watergangen waren in het Basismodel hoofdzakelijk gebaseerd op de volgende gegevens:

- geactualiseerde Legger, shape-file met leggerwatergangen Waterschap Velt en Vecht (gedateerd 30-05-2013);
- kanalen Provincie Drenthe, shape-file met de kanalen in de Provincie Drenthe (gedateerd 27-09-2013).
- de ligging van de overige sloten en greppels buiten het Bargerveen is bepaald op basis van gegevens uit Mipwa 1.1, die weer gebaseerd zijn op de TOP10-vector kaart:
  - code 1, TOP10 greppel;
  - code 2, TOP10 breedte tot 3 meter;
  - code 3, TOP10 breedte 3-6 meter;
  - code 4, TOP10 vlakken.

De conductance van de watergangen in het Basismodel was overgenomen uit MIPWA 2.0.

Aanpassingen
Bij de bouw van het Grondwatermodel Buffer Zuid is veel aandacht besteed aan controle van het oppervlaktewatersysteem. Daarvoor is intensief contact geweest met de gebiedsbeheerder van Bargerveen van Staatsbosbeheer, de gebiedsbeheerder en hydroloog van Waterschap Vechtstromen, met Prolander en de provincie Drenthe. Dat was aanleiding tot aanpassingen die hieronder worden opgesomd.

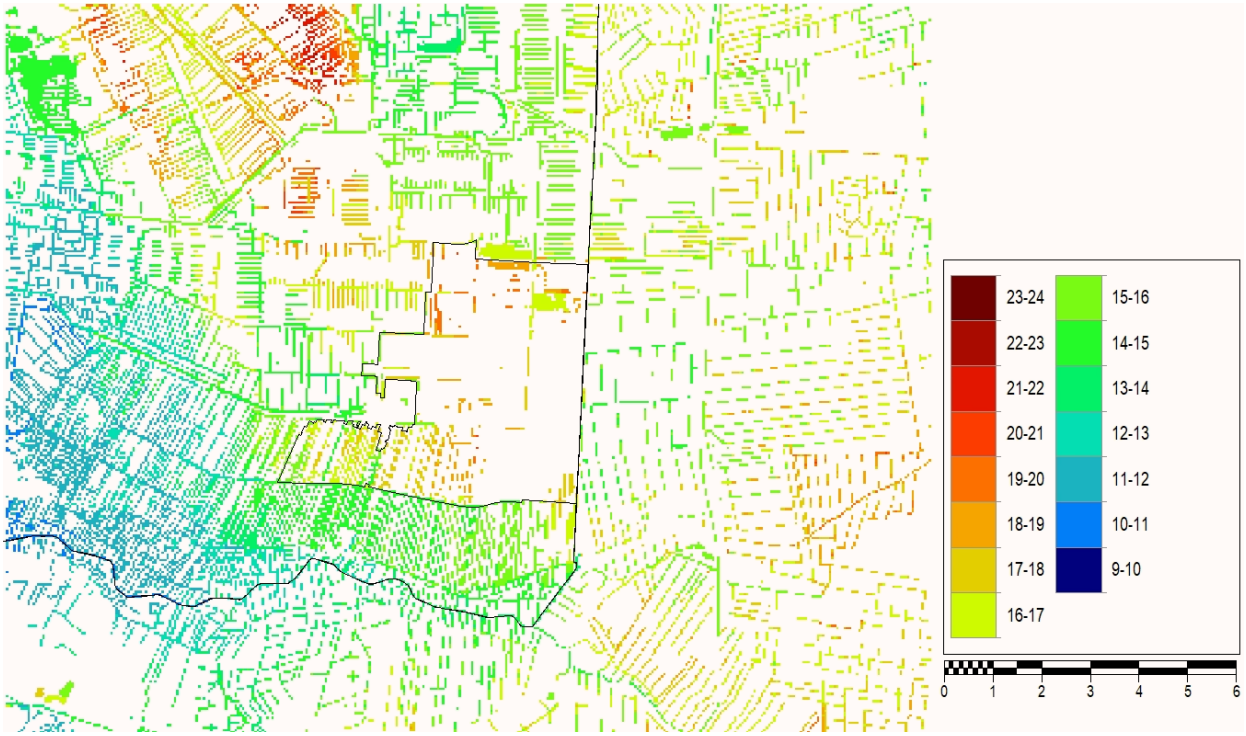
Aanpassingen aan oppervlaktewater (baggervelden) in het Bargerveen
Naar aanleiding van overleg met Staatsbosbeheer over het open water van het Bargerveen, Raderwijk Noord en Raderwijk Zuid, en Amsterdamsche veld is de onderlinge verbinding in ‘overland flow’ (OLF) verbroken. De volgende peilen zijn ingevoerd:
- Er is een peilscheiding aangebracht tussen Raderwijk Noord en Zuid. Openwater Raderwijk Noord: Overlandflow (OLF) NAP+16.74. Openwater Raderwijk Zuid: OLF NAP+16.50 m
- Openwater Amsterdamsche veld onderverdeeld in drie peilvakken: NAP + 16,74m; NAP + 16,80m; NAP + 18.75m

Gedempte sloot uit model verwijderd
In het Bargerveen nabij Beerling, is een sloot gedempt. Grotendeels was deze watergang in het model gedempt op enkele losse cellen na. Ook deze cellen zijn verwijderd uit het model.

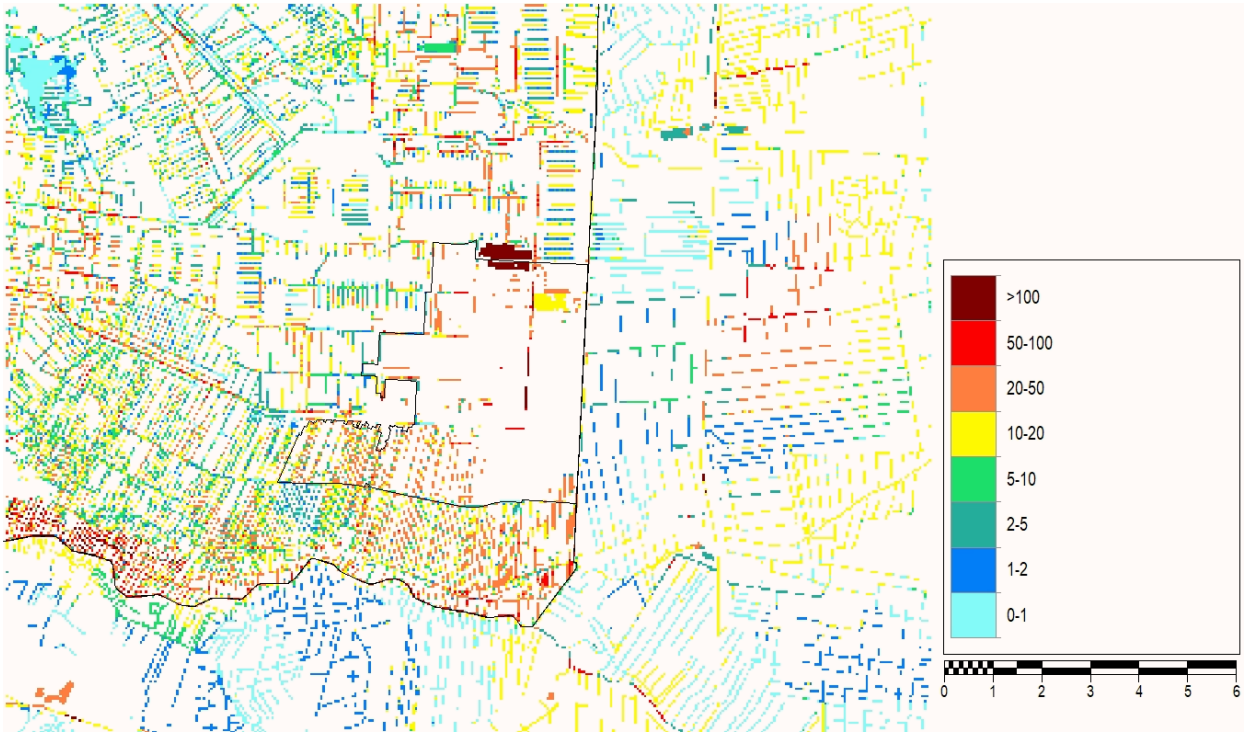
Aanpassingen aan Peilgarantie in het gebied buiten het Bargerveen
In gebieden met peilgarantie kunnen in de zomer de peilen worden gehandhaafd met wateraanvoer. Een aantal gebieden had in het Basismodel ten onrechte peilgarantie gekregen. De gemiddelde- winter en zomerpeilen en bodemhoogten zijn aangepast. De methodiek hiervoor is afgestemd en mee ingestemd door de leden van de hydrologie werkgroep.
- De watergang langs de Stheemanstraat was in het model ten onrechte voorzien is van peilgarantie. Peilgaranties is verwijderd, dat wil zeggen: hier is een waterloop gemodelleerd die wel kan draineren, maar niet infiltreren.
- Peilgebied STS036 (Weiteveen e.o.) heeft ten onrechte peilgarantie gekregen. Watergangen behoudens hoofdwatergang, heeft een slootbodemhoogte die hoger ligt dan streefpeil (basis AHN). Dit is afgestemd en bevestigd door het waterschap.

Waterpeilen in het gebied buiten het Bargerveen
- De waterpeilen van twee peilvakken waren in het Basismodel met elkaar verwisseld. Dit is hersteld.
- De streefpeilen (en bodemhoogte) nabij Weiteveen, bleken onjuist in het model te zitten. Dit is aangepast op basis van profielmetingen.

De in het model ingevoerde waterlopen zijn weergegeven in Figuur 4 en 5**Error! Reference source not found.**.



Figuur 4: Peilen van oppervlaktewater in de river module. Weergegeven zijn de gemiddelde peilen in m t.o.v. NAP



Figuur 5: Conductance van oppervlaktewater in de river module. Weergegeven is de conductance bij het modelgrid van 25x25 m, in m^2/dag

4 Modelkalibratie

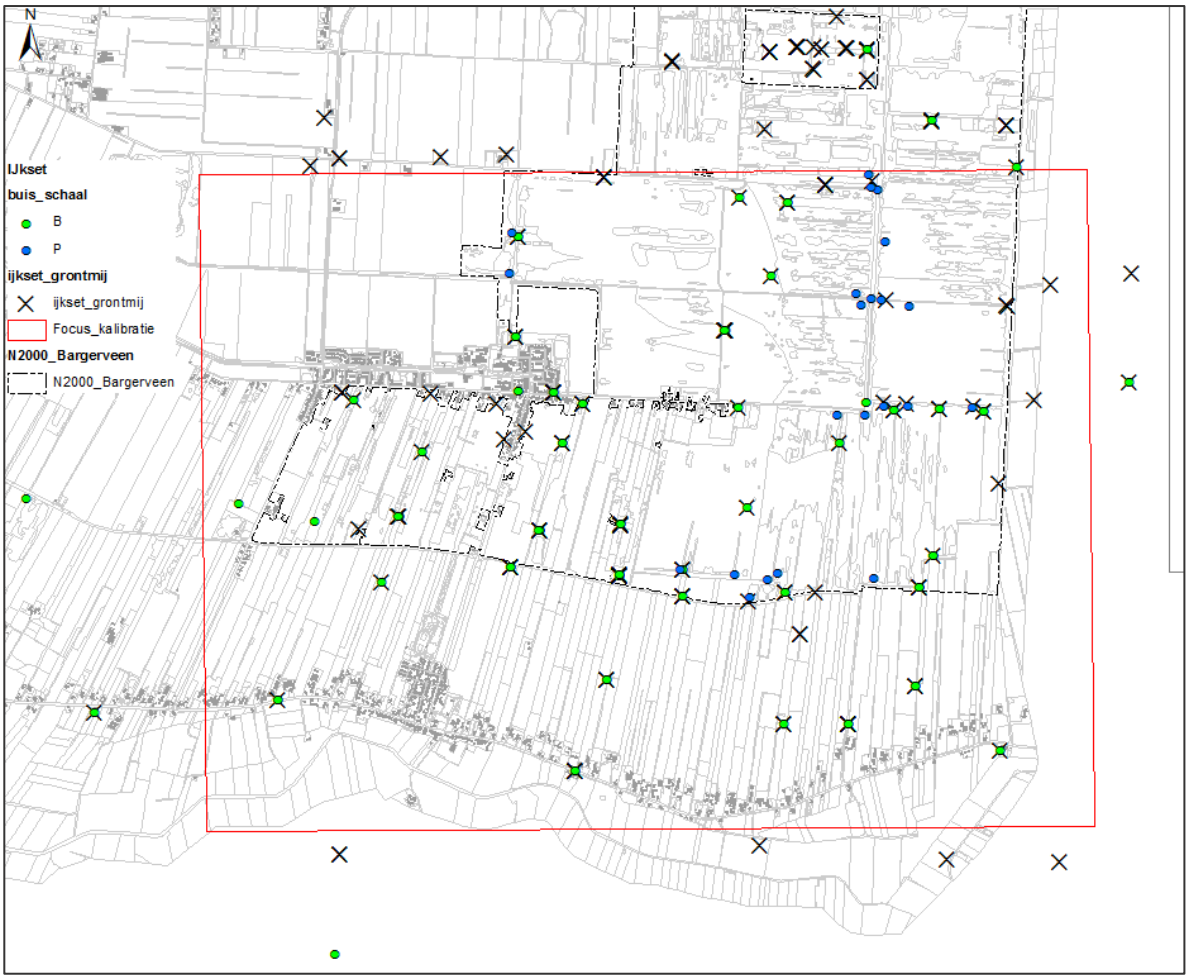
4.1 Aanpak modelkalibratie

Het grondwatermodel is gekalibreerd aan de volgende metingen:
- Grondwaterstanden (gemiddelden en dynamiek)
- Stijghoogten (gemiddelden en dynamiek)
- Oppervlaktewaterpeilen in de baggervelden (gemiddelden en dynamiek)
- Verticale stijghoogteverschillen over het veen en de keileem.

De locaties van de beschikbare meetpunten staan in onderstaande kaart. Daarin zijn de volgende typen meetpunten weergegeven:

B peilbuis met tijdreeks grondwaterstand en/of stijghoogte
P peilschaal met tijdreeks oppervlaktewaterstand
Meetpunt grondwaterstand of stijghoogte uit de stationaire ijkset van [Grontmij 2014]

Het gebied waarbinnen het model wordt gekalibreerd is het gebied waar effecten van Buffer Zuid worden verwacht. Dit is in onderstaande kaart met een rood kader aangegeven.



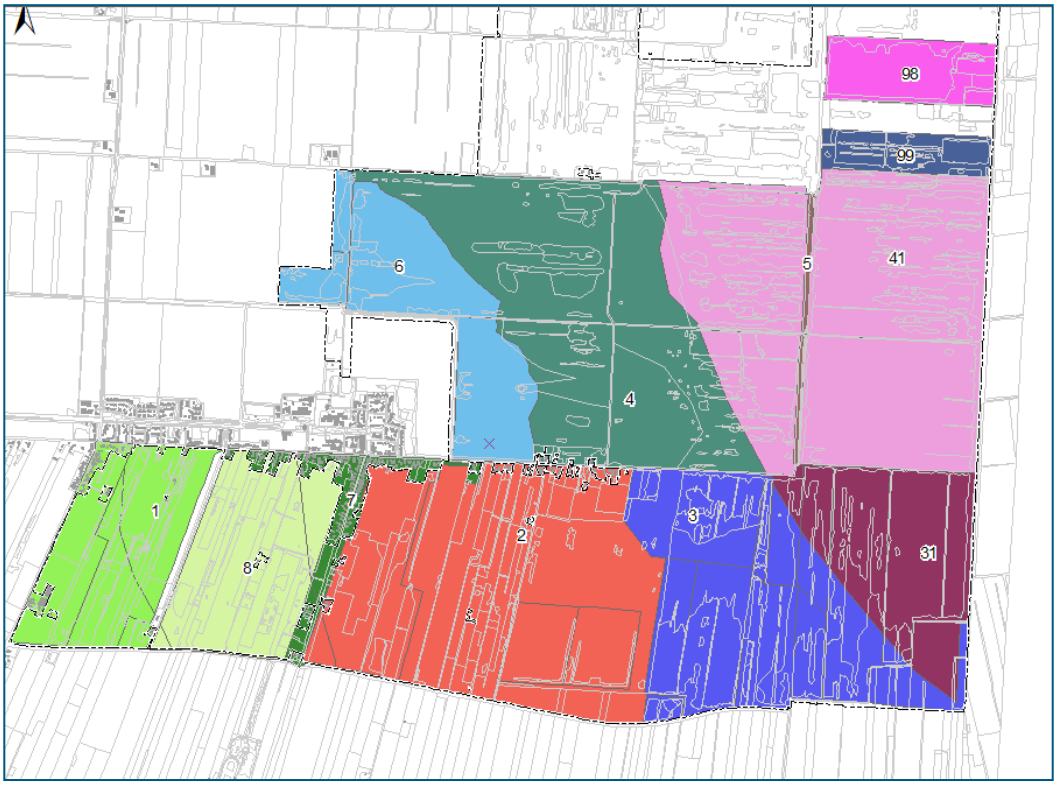
Figuur 6 Overzicht gebruikte peilbuizen en schalen t.b.v. ijking Buffer Zuid

Doel van de kalibratie is minimalisatie van de verschillen tussen metingen en model, binnen het interessegebied rond buffer zuid.

De kalibratie is als volgt uitgevoerd:

- eerst is het model met de ingevoerde modelparameters doorgerekend (initiële modelrun) en zijn de afwijkingen tussen model en metingen geïnventariseerd (paragraaf 4.2)
- daarna zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd op het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket (modellagen 5, 6, 7 en 8, zie paragraaf 4.4.1), de weerstand van het veen en de keileem (paragraaf 4.4.2) en op de freatische bergingscoëfficiënt (paragraaf 4.4.3),
- het model wordt gekalibreerd door parameters (op basis van de gevoeligheidsanalyse) zodanig te wijzigen dat de afwijkingen worden verkleind.
- na de gevoeligheidsanalyses zijn eerst wijzigingen van parameters integraal in het hele modelgebied doorgevoerd. Dat betreft:
  - weerstand keileem (paragraaf 4.5.4)
  - doorlaatvermogen tussenzandlaag (paragraaf 4.5.3)
- daarna zijn wijzigingen per deelgebied in het Bargerveen doorgevoerd: Deelgebieden zijn gedefinieerd als gebieden met min of meer uniforme eigenschappen qua bodemopbouw, grondwaterstandsdiepte en de aanwezigheid van baggervelden. Die deelgebieden staan in Figuur 7. Bij aanpassing van parameters per deelgebied is het doel minimalisatie van de gemiddelde afwijking van freatische grondwaterstand en stijghoogte in de tussenzandlaag binnen dat deelgebied. De volgende aanpassingen zijn gedaan:
  - weerstand van het veen (paragraaf 4.5.1)
  - freatische bergingscoëfficiënt (paragraaf 4.5.2).

De gemiddelde afwijking is bepaald als het verschil tussen berekend en gemeten waarde. Het betreft de gemiddelde voor dezelfde periode 2008 tot en met 2014 (in totaal 7 jaren). Bij de kalibratie streven we naar afwijkingen van +/-10 cm per deelgebied gemiddeld.

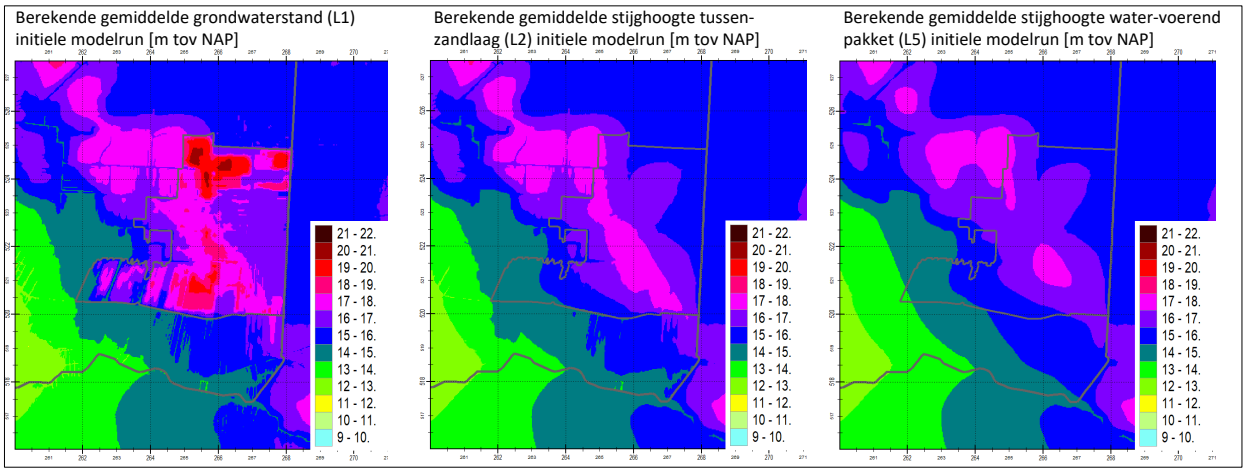


Figuur 7 De aangehouden indeling van deelgebieden in het Bargerveen.

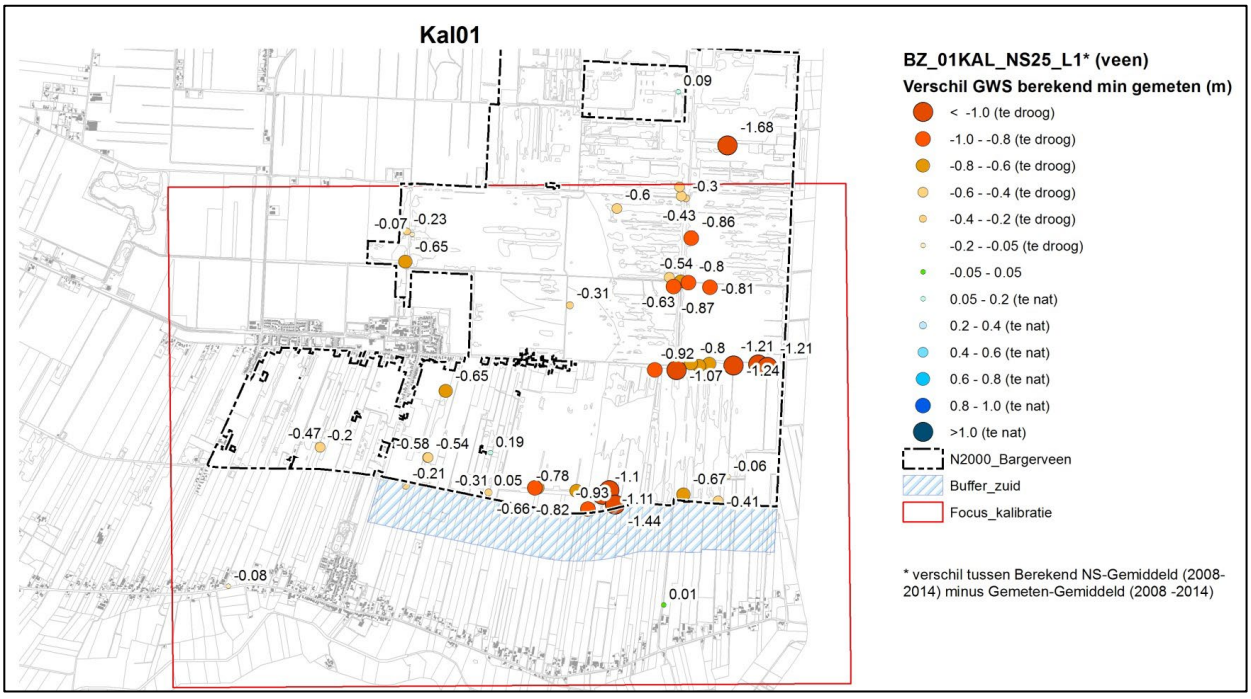
4.2 Resultaten initiële modelrun

Figuur 8 toont de berekende grondwaterstand en stijghoogten in de kalibratieperiode (2008-2014). In Figuur 9 tot en met Figuur 11 staan de verschillen tussen de met het model berekende gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten en de metingen.

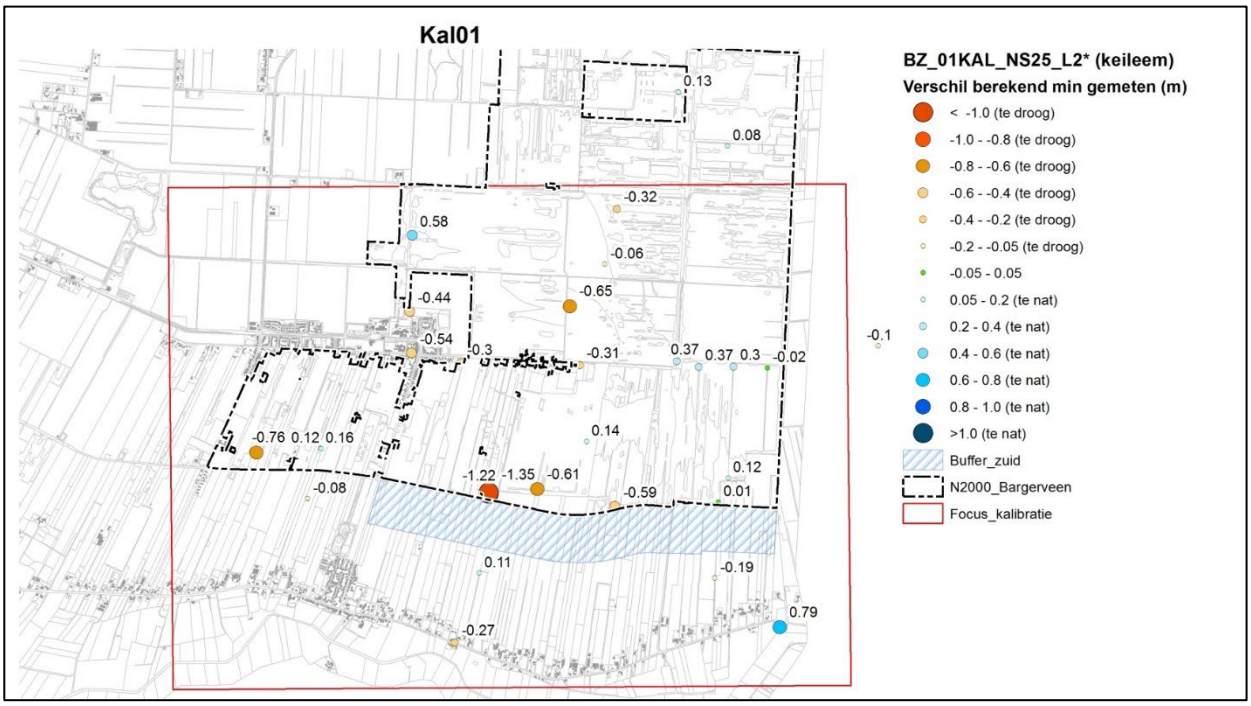
Uit de resultaten blijkt dat in het grondwatermodel de freatische grondwaterstanden in het Bargerveen overal significant te laag worden berekend (0 tot meer dan 1 m). Het feit dat het model te lage grondwaterstanden berekent wordt in belangrijke mate veroorzaakt door het feit dat de grondwateraanvulling lager is dan de grondwateraanvulling in het oorspronkelijke model uit 2014 (zie paragraaf 3.5.2).



Figuur 8: Berekende gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten initiële modelrun (gemiddelde periode

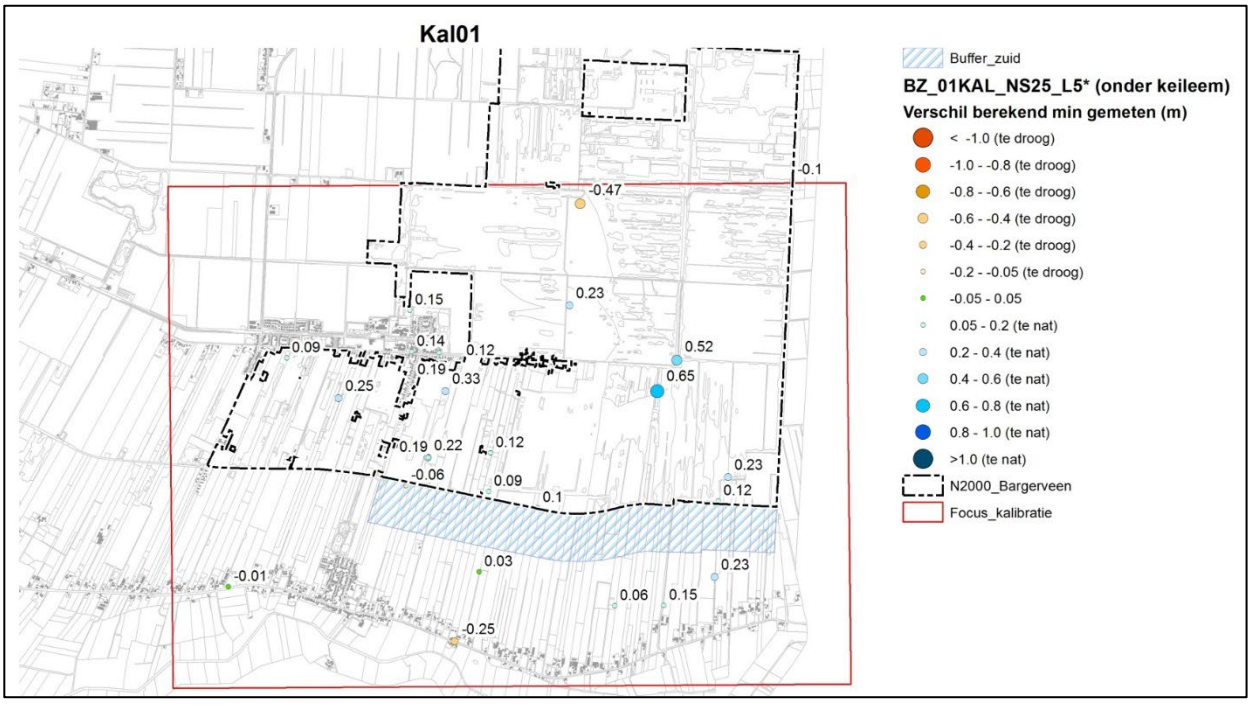


Figuur 9: Initiële afwijkingen van de gemiddelde freatische grondwaterstand en waterstand in de baggervelden

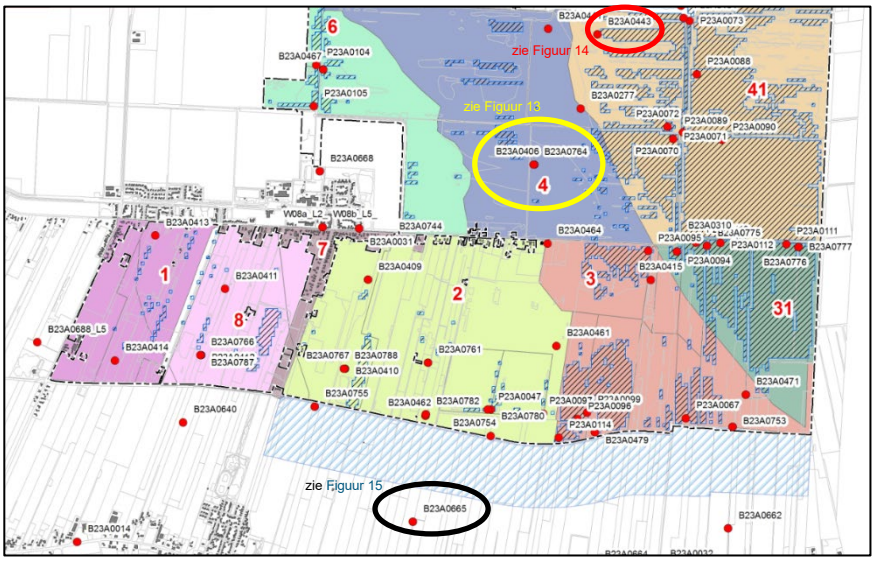


Figuur 10: Initiële afwijkingen van de gemiddelde stijghoogte in de tussenzandlaag (tussen veen en keileem)

De afwijkingen van de stijghoogten in de tussenzandlaag (Figuur 10) zijn minder groot. Er komen zowel positieve afwijkingen voor (stijghoogten in het model hoger dan de metingen) als negatieve afwijkingen. De afwijkingen in de tussenzandlaag zijn het grootst aan de zuidelijke rand van het Bargerveen bij de Stheemanstraat: 1,22 en 1,35 m lager dan volgt uit metingen. Naar aanleiding van die afwijkingen is aanvullend grondonderzoek gedaan. Zie hiervoor paragraaf 4.3.



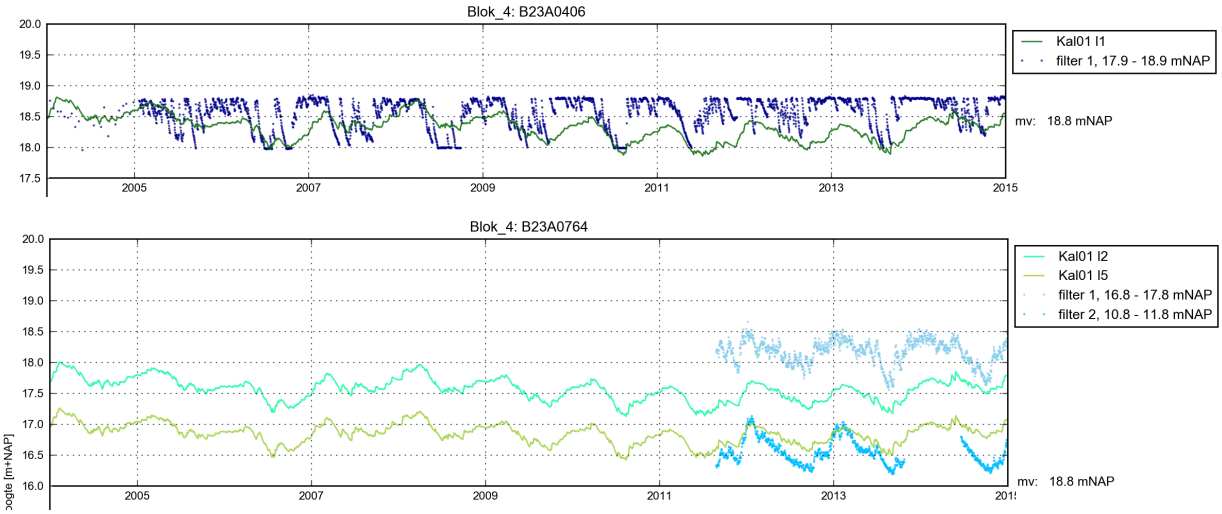
Figuur 11: Initiële afwijkingen van de gemiddelde stijghoogte in het watervoerende pakket (onder keileem)



Figuur 12: Locatie peilbuizen (nummering blokken in rood)

Blok 4

Ter illustratie van het de dynamiek van de grondwaterstanden en stijghoogten en de afwijkingen van het model staan hieronder gemeten en berekende stijghoogten in twee peilbuizen midden in het Bargerveen. De locatie van deze peilbuizen is op kaart in Figuur 12 weergegeven. De bovenste grafiek toont het verloop van de freatische grondwaterstand. De blauwe puntjes zijn metingen, de groene lijn is de met het model berekende grondwaterstand. Uit de metingen blijkt dat de dynamiek van de grondwaterstand groot is. In natte perioden stijgt de grondwaterstand snel naar maaiveld, in droge perioden daalt het snel, tot dieper dan 75 cm onder maaiveld. De berekende grondwaterstand is gemiddeld te laag. Hij bereikt in de hele rekenperiode het maaiveld niet en de dynamiek (snelheid) van de veranderingen is veel kleiner dan uit de metingen blijkt. Dit duidt op twee afwijkingen: de freatische bergingscoëfficiënt is in het model te groot en/of de weerstand van het veen is te laag.



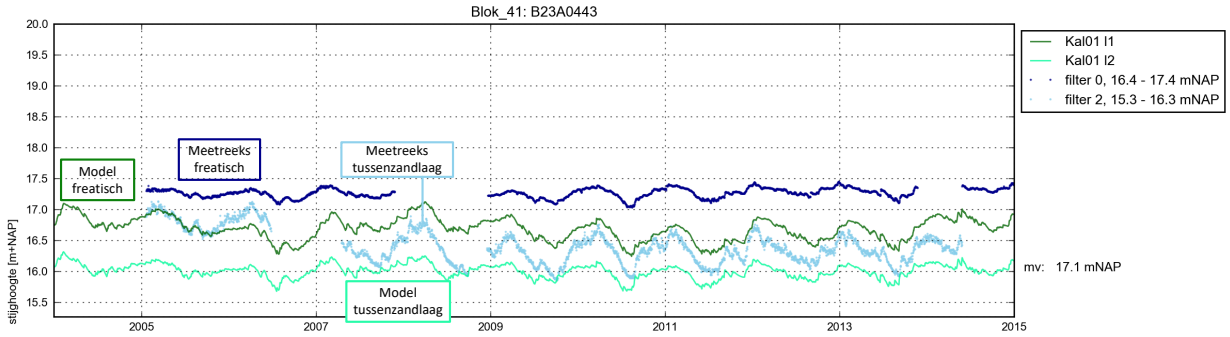
Figuur 13: Gemeten en berekende stijghoogten peilbuizen in blok 4

De onderste grafiek toont de gemeten stijghoogten in een peilbuis op vrijwel dezelfde locatie. De (korte) lijnen met punten betreft metingen, de getrokken lijnen het modelresultaat. De bovenste lijn is de stijghoogte in de tussenzandlaag. Die stijghoogte wordt door het model te laag berekend, en met een te

geringe dynamiek. De onderste lijn is de stijghoogte in het watervoerende pakket. Het gemiddelde van de berekende stijghoogte is iets te hoog en de dynamiek is te gering. Het verschil tussen de stijghoogte in de tussenzandlaag en het watervoerende pakket is in het model veel kleiner dan het gemeten verschil Dit duidt op een te lage weerstand van de keileem in het model.

Blok 41

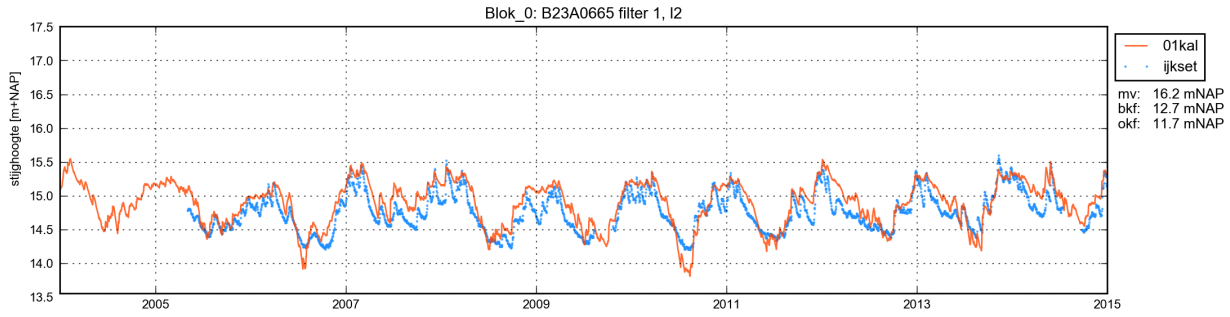
Onderstaande grafiek bevat gemeten en berekende stijghoogten bij een peilbuis in het Amsterdamse Veld (vak 41). De peilbuis staat in een gebied dat soms onder water staat en soms droogvalt. De peilbuis staat op een locatie waar geen keileem in de ondergrond voorkomt. In de metingen valt op dat de dynamiek van de grondwaterstand of oppervlaktewaterpeil gering is (orde 30 cm), en dat de dynamiek van de stijghoogte in de tussenzandlaag groter is (orde 70 cm. Het model wijkt van de metingen af. De berekende (grond)waterstanden zijn te laag, en de berekende dynamiek is te groot. Dit duidt op een te lage weerstand van het veen en mogelijk ook een te lage bergingscoëfficiënt. De berekende stijghoogten in de tussenzandlaag is te laag en de dynamiek is te gering. De stijghoogte in het watervoerende pakket is hier tussen NAP+15,5 en NAP+16 m (op basis van nabijgelegen peilbuizen). Dat betekent dat er op deze locatie tussen filter 2 en het watervoerende pakket zich nog weerstandbiedende lagen bevinden. Volgens de keileem-kartering (TNO keileem update) is er op deze locatie geen keileem. Een verklaring voor de relatief hoge gemeten stijghoogte in filter 2 is dat dit filter zich onder in het veenpakket bevindt, met daaronder weerstandbiedend veen, en niet volledig in de tussenzandlaag.



Figuur 14: Gemeten en berekende stijghoogten peilbuis in Amsterdamse Veld

Landbouwgebied ten zuiden van Bargerveen

Figuur 15 toont de grondwaterstand in een peilbuis in het landbouwgebied. Het model komt hier goed overeen met de metingen. De gemiddelde grondwaterstand is 11 cm hoger dan de metingen. De dynamiek wordt goed berekend, dat wijst op een correcte bergingscoëfficiënt (0,15). Wat opvalt is dat de grondwaterstand in het model in droge zomers (zie 2010) dieper uitzakt dan uit de metingen volgt. De meest waarschijnlijke oorzaak hiervoor is dat in het model geen rekening wordt gehouden met verdampingsreductie (zie paragraaf 3.5.2).



Figuur 15: Gemeten en berekende stijghoogten peilbuis in landbouwgebied

Uit bovenstaand inventarisatie van de verschillen tussen model en metingen blijkt dat de afwijkingen van de initiële modelrun aanzienlijk zijn:

- grondwaterstand en oppervlaktewaterpeilen (modellaag 1, Figuur 9): de gemiddelde grondwaterstand in het Bargerveen is in het model te laag berekend. Afwijkingen zijn gemiddeld circa 0,5 m. Op veel plaatsen worden in de winter waterstanden aan maaiveld gemeten. In het model bereikt de grondwaterstand in de winter nergens het maaiveld. Dit duidt erop dat de weerstand van het veen in het model significant te laag is, De dynamiek van de grondwaterstand is in grote delen van het model goed berekend. Dit duidt op correcte bergingscoëfficiënten. In delen van het Bargerveen is de berekende dynamiek veel lager dan de gemeten dynamiek. In die delen van het veen is de bergingscoëfficiënt van 0,5 dus te hoog
- stijghoogten in de tussenzandlaag (modellaag 2, Figuur 10): de gemiddelde afwijking in het kalibratiegebied is circa -30 cm (te droog). Er zijn zowel locaties waar de stijghoogte te laag wordt berekend, als locaties waar de stijghoogte te hoog wordt berekend. Opvallend zijn de grote verschillen bij de peilbuizen langs de Stheemanstraat. Daar worden bij de meeste peilbuizen een stijghoogten berekend die significant lager zijn dan gemeten. Dat betekent dat het lage peil van de watergang langs de Stheemanstraat daar in het model sterker doorwerkt op de stijghoogte in de tussenzandlaag dan in werkelijkheid het geval is.
- stijghoogten in het watervoerende pakket (Figuur 11): de gemiddelde afwijking is circa +20 cm (te nat). Over het algemeen zijn de afwijkingen beperkt en is de dynamiek van het stijghoogteverloop goed. Opvallend is de afwijking bij de peilbuizen B23A0310 (blok 31, 52 cm te nat) en B23A415 (blok 3, 65 cm te nat), gelegen op de overgang van Schoonebeekerveld naar Amsterdamse. Deze te hoge stijghoogte duidt op een te grote neerwaartse flux naar het watervoerende pakket in het model, en/of een te laag doorlaatvermogen van het watervoerende pakket in het model.

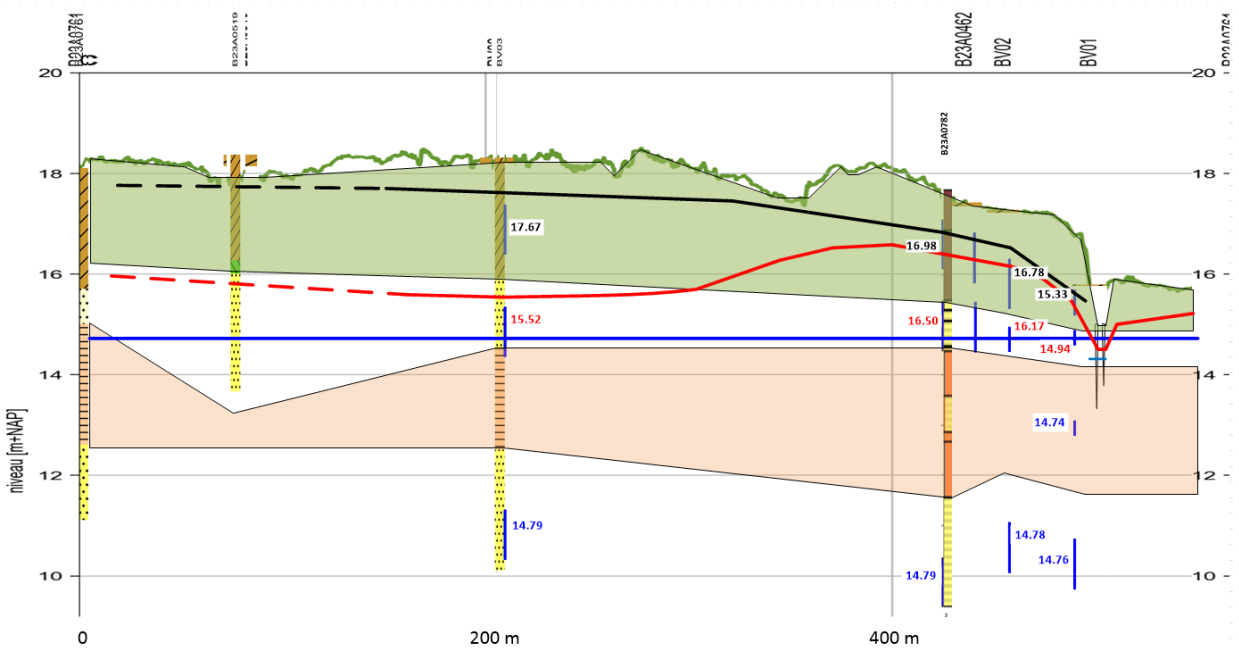
4.3 Aanvullend grondonderzoek tussenzandlaag nabij Stheemanstraat

Wat in Figuur 10 opvalt zijn de grote afwijkingen van de stijghoogte in de tussenzandlaag langs de Stheemanstraat (model 1,22 en 1,35 te droog). Naar deze afwijkingen is nader onderzoek gedaan. Er zijn vier boringen geplaatst, waarvan 3 met peilfilters nabij maaiveld, in de tussenzandlaag en in het watervoerende pakket. Onderstaande figuur toont de bodemopbouw in een raai over deze peilbuizen, met gemeten stijghoogten in mei 2017: in het veen (zwart), in de tussenzandlaag (rood), en in het watervoerende pakket (blauw). De watergang langs de Stheemanstraat heeft hier een waterpeil van circa NAP+14,2 m.

Uit de metingen blijkt dat er in de zone juist ten noorden van de sloot een “bult” in de stijghoogten in de tussenzandlaag bestaat. Tussen de peilbuis BV01 (nabij de sloot, stijghoogte tussenzandlaag NAP+14,94 m) en BV02 (45 m van de sloot, stijghoogte NAP+16,17) is een zeer steil verhang (1,23 m over circa 30 m, ofwel $40*10^{-3}$ m/m). Een dergelijk verhang duidt op een zeer laag doorlaatvermogen van de tussenzandlaag tussen beide peilbuizen. Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat de tussenzandlaag hier een dikte heeft van circa 1 m en bestaat uit matig fijn zand (doorlatendheid circa 5 m/dag), ofwel een doorlaatvermogen van 5 m^2/dag. Dit is in overeenstemming met de parameters in het model. Verkleinen van het doorlaatvermogen in het model blijkt de modelafwijking enigszins te verkleinen, maar de afwijking bij peilbuis B23A0782 (de peilbuis waaraan gekalibreerd wordt) blijft nog steeds orde van grootte 1 m.

Een mogelijke verklaring voor de gemeten bult in de stijghoogten is hier een combinatie van een complete blokkade van de tussenzandlaag (doorlaatvermogen 0) in combinatie met infiltratie van oppervlakkig afstromend water over het veen en infiltratie in het veen (met een relatief lage weerstand) en een zeer lage horizontale doorlatendheid van het veen (of een kade in het veen).

Omdat dit een lokaal fenomeen betreft is besloten geen verdere pogingen te doen het model hier te verbeteren.

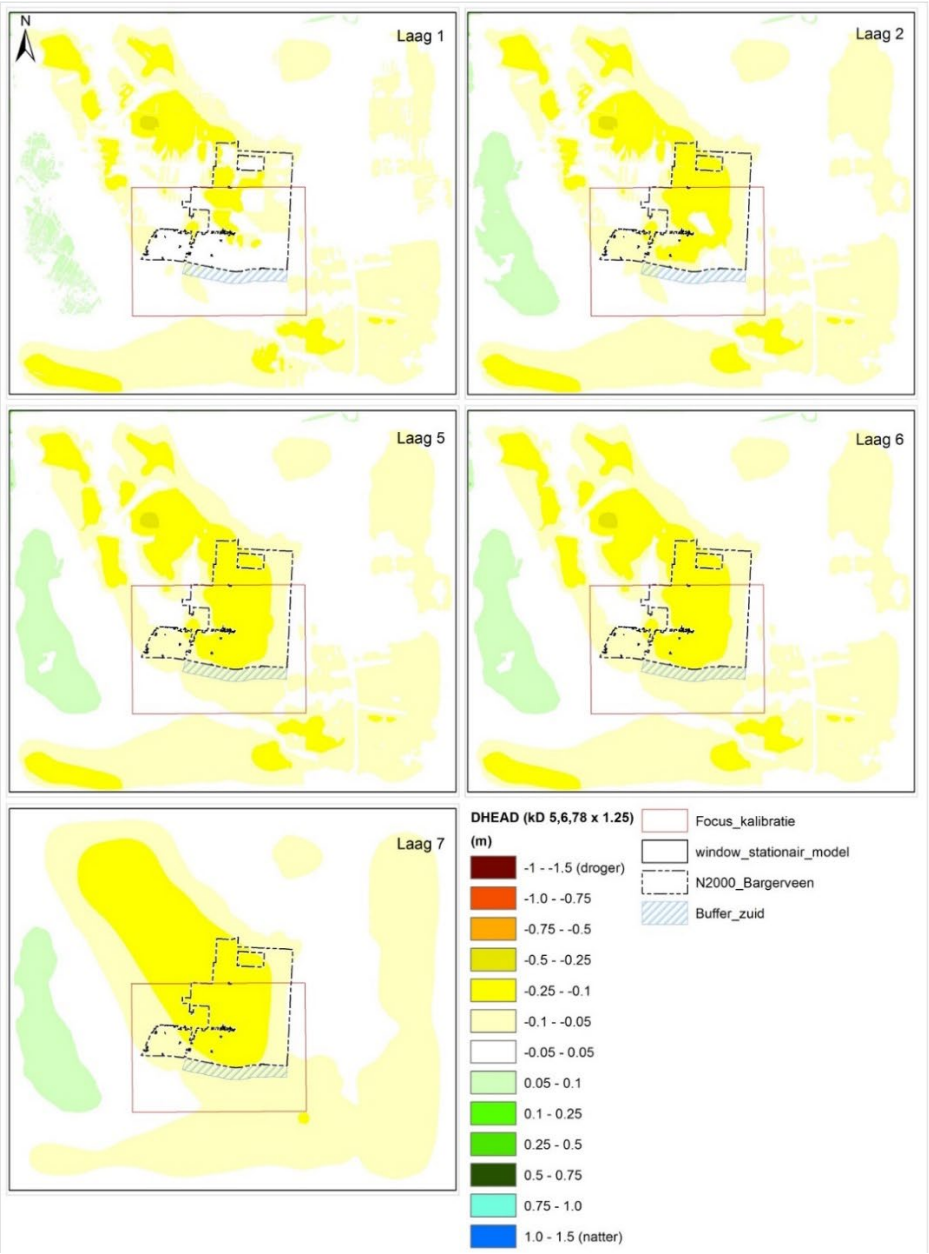


Figuur 16: In mei 2017 gemeten grondwaterstanden en stijghoogten in een Noord-Zuid-raai aan de zuidzijde van het Bargerveen, over peilbuis B23A0782. Verhanglijnen van de grondwaterstand (zwart), de stijghoogte in de tussenzandlaag (rood) en de stijghoogte in het watervoerende pakket (blauw)

4.4 Gevoeligheidsanalyse

4.4.1 Doorlaatvermogen lagen 5, 6, 7 en 8

De gevoeligheid van de stijghoogtes van het model voor het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket (modellagen 5, 6, 7 en 8) is berekend door voor deze vier lagen het doorlaatvermogen met 25% te verhogen. In de volgende figuur is te zien dat deze aanpassing veelal tot een verlaging van de berekende stijghoogte leidt. In modellaag 7 over een groot aaneengesloten gebied tot circa 25 cm lagere stijghoogten. Dat is in het gebied onder het Bargerveen en de Hondsrug. Het gebied waarbinnen de stijghoogte gevoelig is voor het doorlaatvermogen heeft in de lagen 1, 2, 5, en 6 ongeveer dezelfde omvang. De gevoeligheid neemt van onder naar boven wel enigszins af.

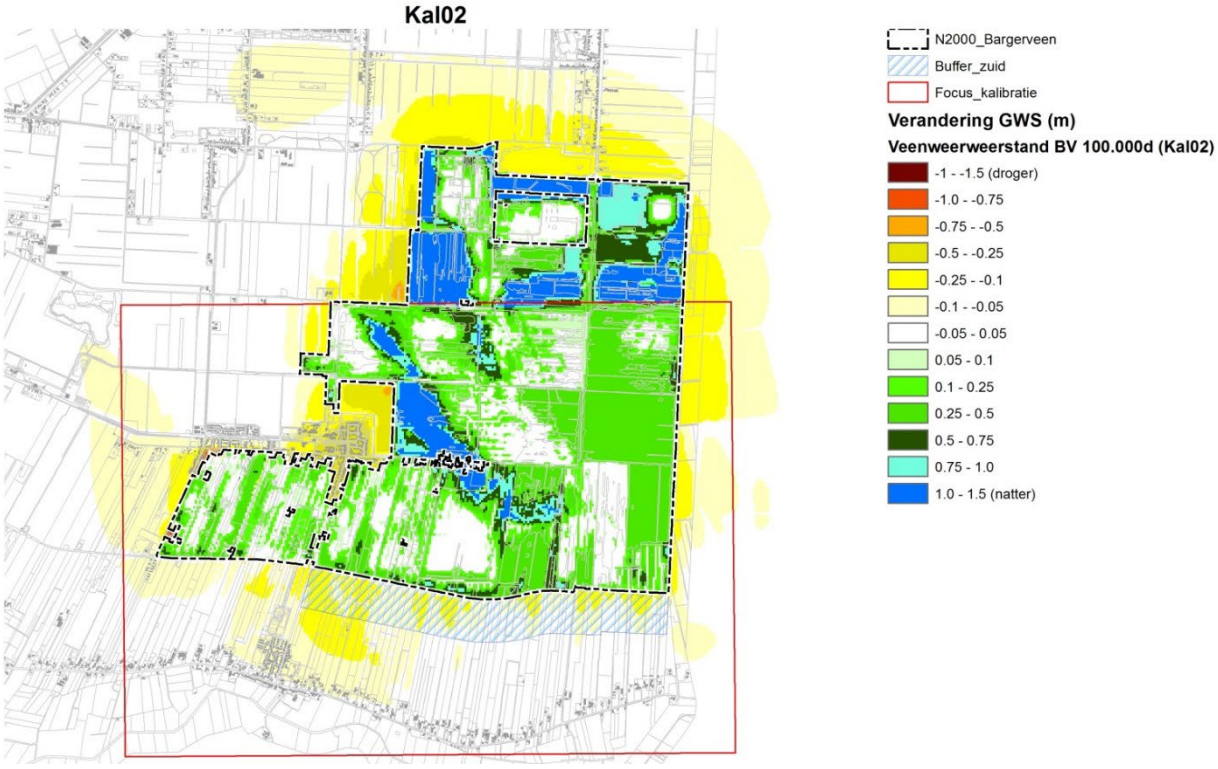


Figuur 17 De gevoeligheid van de stijghoogten op de met 25% verhoogde doorlaatvermogen in de watervoerende lagen 5,6,7,8.

4.4.2 Gevoeligheidsanalyse weerstand veen en keileem

Verkenning van maximaal mogelijke verhoging van de grondwaterstand door verhoging van de weerstand van het veen

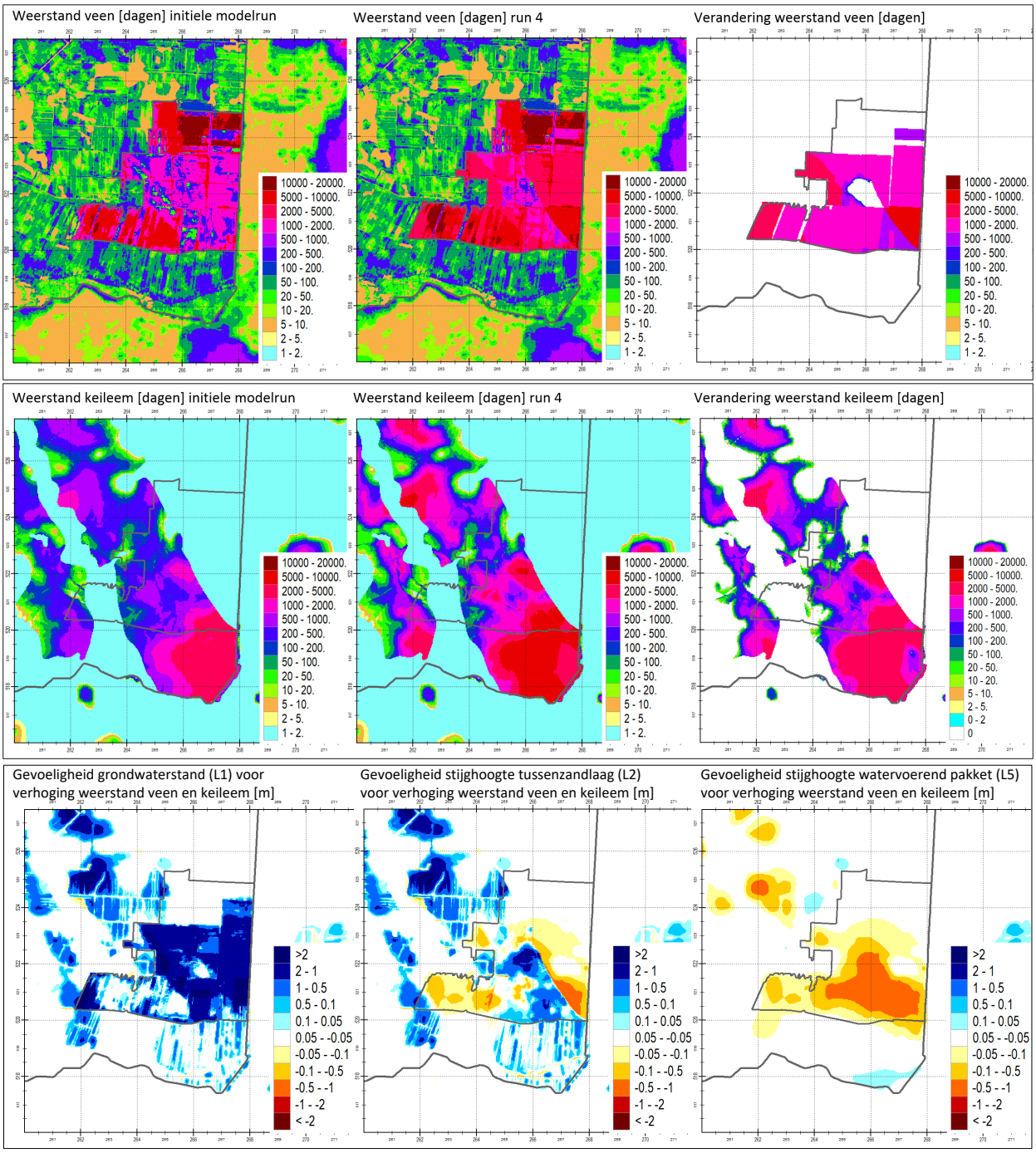
De gevoeligheid van de grondwaterstand voor de weerstand van het veen is op de eerste plaats verkend door binnen het hele Bargerveen (streeplijn in onderstaande Figuur 18) de weerstand te verhogen tot 100.000 dagen. Dat leidt ertoe dat in dat hele gebied de berekende grondwaterstand stijgt tot het ontwateringsniveau (maaiveld + 5 cm of het stuwpeil, zie paragraaf 3.5.3). Op locaties waar de berekende waterstand of grondwaterstand lager was dan de metingen was de conclusie dat het ontwateringsniveau niet in overeenstemming met de werkelijkheid was. Op die locaties is de maaiveldhoogte aangepast.



Figuur 18 De gevoeligheid van de freatische grondwaterstand voor verhoging van de weerstand in het Bargerveen naar 100.000 dagen (stationair berekend met gemiddelde grondwateraanvulling)

Gevoeligheid van het model voor verhoging van de weerstand van veen en keileem

Tijdens de modelkalibratie zijn diverse aanpassingen gedaan van de weerstand van het veen en de weerstand van de keileem. Hier presenteren we de gevolgen van de belangrijkste aanpassingen voor de berekende gemiddelde stijghoogten. De weerstand van het veen is in het Bargerveen per blok aangepast, waar de weerstand is verhoogd met waarden van 500 tot meer dan 5000 dagen. Samen met de verhogingen van de weersstand van de keileem leidt dat tot hogere freatische grondwaterstanden (tot meer dan 2 m hoger, zie figuur linksonder).



Figuur 19 De gevoeligheid van grondwaterstand en stijghoogten voor verandering van weerstanden van veen en keileem

De weerstand van de keileem is verhoogd met waarden tot meer dan 2000 dagen. De methode die hierbij is gehanteerd is beschreven in paragraaf 4.5.4. De hogere weerstand draagt bij aan hogere berekende freatische grondwaterstanden, maar ook aan hogere stijghoogten in de tussenzandlaag, tot meer dan 1 m (zie het kaartje in het midden van de onderste rij in Figuur 19).

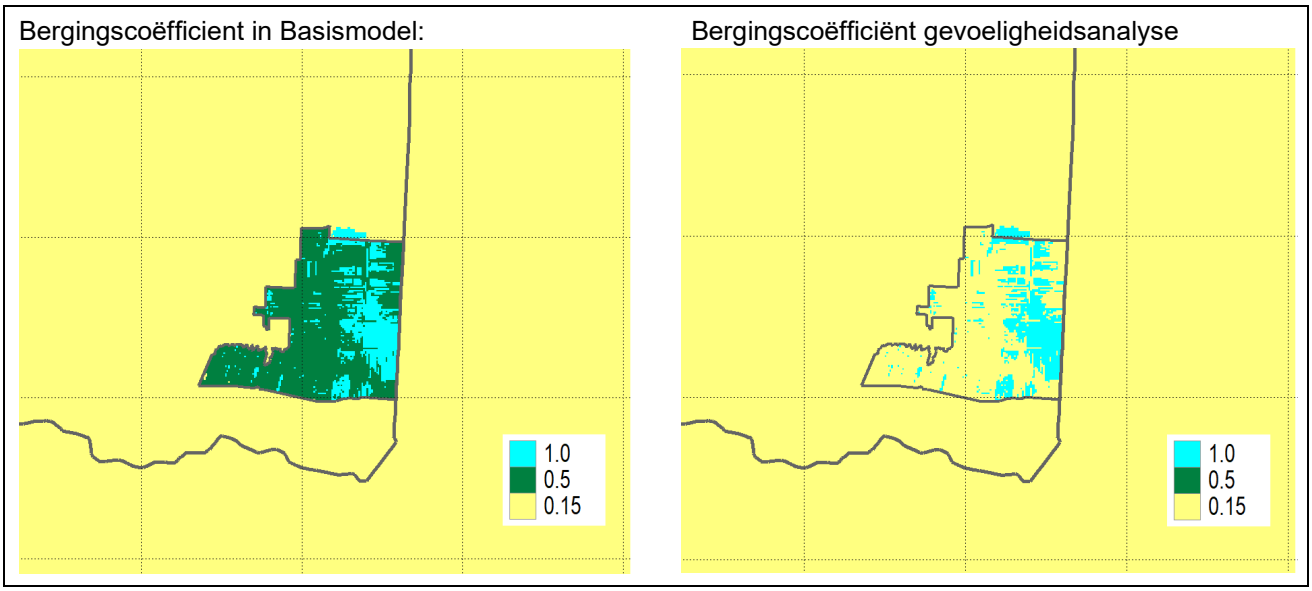
De verhogingen van de weerstand van het veen en de keileem zorgen ervoor dat in het model de grondwaterstand grote delen van het Bargerveen het maaiveld bereikt en er meer water oppervlakkig wordt afgevoerd. Dat leidt tot reductie van de neerwaartse stroming naar het watervoerende pakket. Dat komt tot uiting in een lagere gemiddelde stijghoogte in het watervoerende pakket, tot meer dan 1 m (zie het kaartje rechts in de onderste rij van Figuur 19).

4.4.3 Gevoeligheidsanalyse freatische bergingscoëfficiënt

De bergingscoëfficiënt (S) is de verhouding tussen de hoeveelheid water die geborgen wordt of vrijkomt en de grondwaterstandsverandering. Indien bijvoorbeeld 10 mm neerslag een grondwaterstandsstijging van 20 cm veroorzaakt, bedraagt de bergingscoëfficiënt 0,01 m/0,2 m = 0,05. In de zomer is de bergingscoëfficiënt ten gevolge van de indroging van de grond groter dan in de winterperiode. Van veen is bekend dat veraard veen een lagere bergingscoëfficiënt heeft dan niet veraard veen [van der Schaaf 1999] en [Jansen et. al. 2019]

Bij de gevoeligheidsanalyse is de bergingscoëfficiënt van het veen in het Bargerveen gewijzigd:

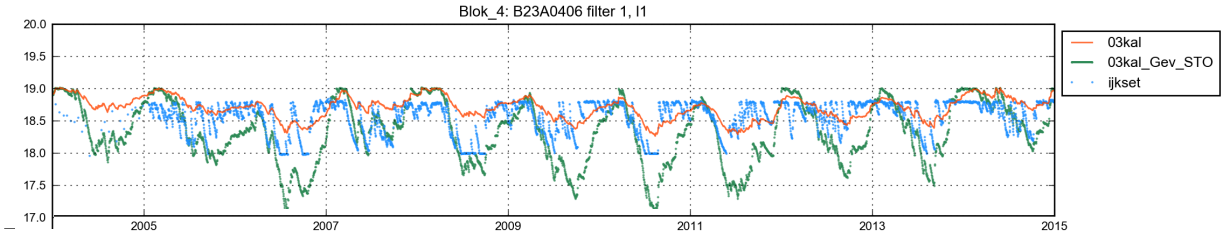
- voor open water in het Bargerveen een bergingscoëfficiënt van 1 (ongewijzigd)
- het veen in het Bargerveen: bergingscoëfficiënt 0,15 (in basismodel 0,5)
- de omgeving van het Bargerveen (veenkoloniaal dek op zand): 0,15 (ongewijzigd)



Figuur 20: Bergingscoëfficiënten bij gevoeligheidsanalyse

Blok 4

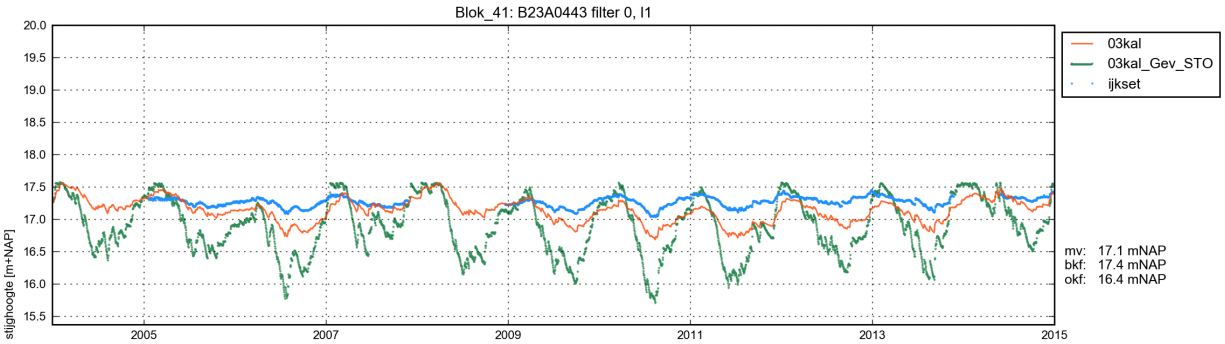
Hieronder in Figuur 21 de gevoeligheid van de grondwaterstand in de peilbuis die in de vorige paragraaf ook is behandeld. Met blauwe stippen (“ijkset”) zijn de metingen weergegeven. De berekende grondwaterstanden bij de oorspronkelijke bergingscoëfficiënt van 0,5 zijn weergegeven met de oranje lijn, die met een bergingscoëfficiënt van 0,15 met de groene lijn. Bij deze en andere peilbuizen in blok 4 en het noordelijke deel van blok 3 is de berekende dynamiek van de grondwaterstand bij een bergingscoëfficiënt van 0,15 significant beter dan bij het oorspronkelijke model. Dit duidt erop dat in dit gebied met sterk veraard veen de bergingscoëfficiënt significant lager is dan de eerder aangenomen 0,5. De dynamiek is nog enigszins te groot. Bij verhoging van de weerstand van het veen wordt die dynamiek verder gereduceerd.



Figuur 21: De gevoeligheid van de berekende grondwaterstand in peilbuis B23A0406 filter 1 voor de bergingscoëfficiënt (S=0,5 (oranje lijn) en S=0,15 (groene lijn))

Blok 41

In Figuur 22 dezelfde gevoeligheidsanalyse voor een peilbuis in blok 41 (Amsterdamse Veld, een peilbuis op de overgang van veen naar baggerveld). Uit de metingen (blauwe punten) blijkt dat de (grond)waterstand hier vaak boven maaiveld staat. De dynamiek is gering (enkele decimeters). De met het grondwatermodel berekende dynamiek bij een bergingscoëfficiënt van 0,5 (oranje lijn) is ongeveer correct. Als de bergingscoëfficiënt hier wordt verkleind naar 0,15 wordt de berekende dynamiek veel te groot. De bergingscoëfficiënt is hier dus groot (0,5 of meer). Bij S=0,5 is de berekende dynamiek nog iets te groot. Die dynamiek kan worden verkleind door een nog iets grotere bergingscoëfficiënt, en/of door een grotere weerstand van het veen



Figuur 22: De gevoeligheid van de berekende grondwaterstand in peilbuis B23A0443 filter 1 voor de bergingscoëfficiënt (S=0,5 (oranje lijn) en S=0,15 (groene lijn))

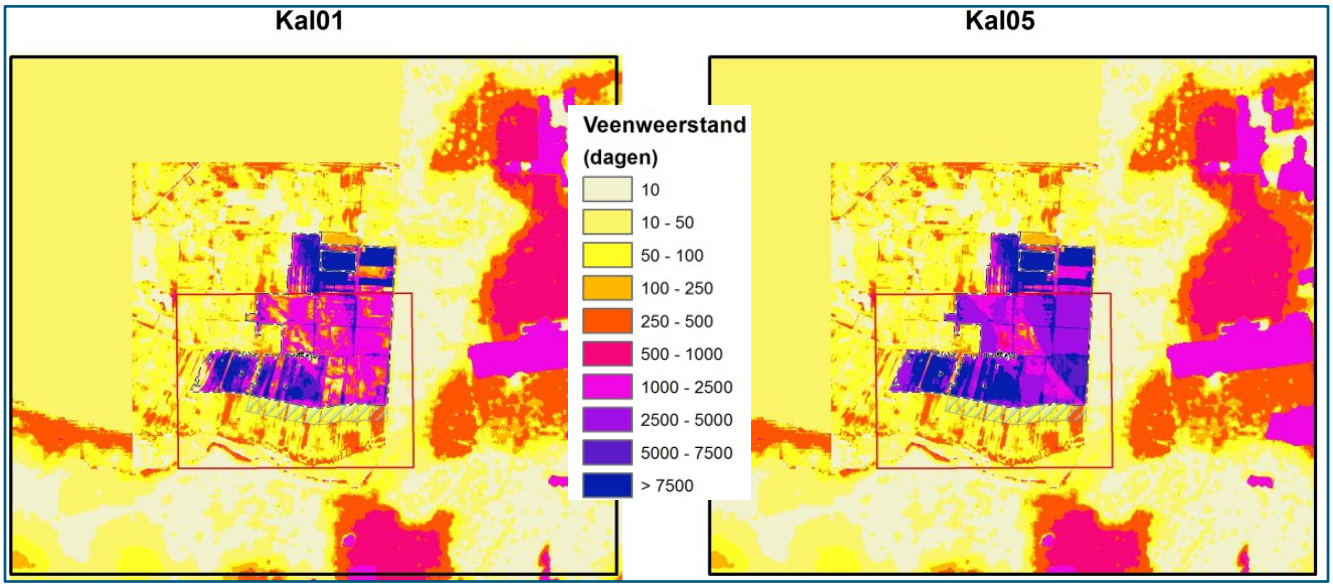
Op dezelfde wijze is de gevoeligheid in beeld gebracht voor alle peilbuizen in Figuur 13. Daaruit zijn de volgende conclusies getrokken:

- in blok 4 en het noordelijke deel van blok 3 is de bergingscoëfficiënt waarschijnlijk significant kleiner dan de waarde van 0,5 in het basismodel. Een waarde van 0,15 leidt tot betere resultaten.
- bij de andere blokken is een bergingscoëfficiënt van 0,5 plausibel.

4.5 Na kalibratie vastgestelde parameterwaarden

4.5.1 De weerstand van het veen

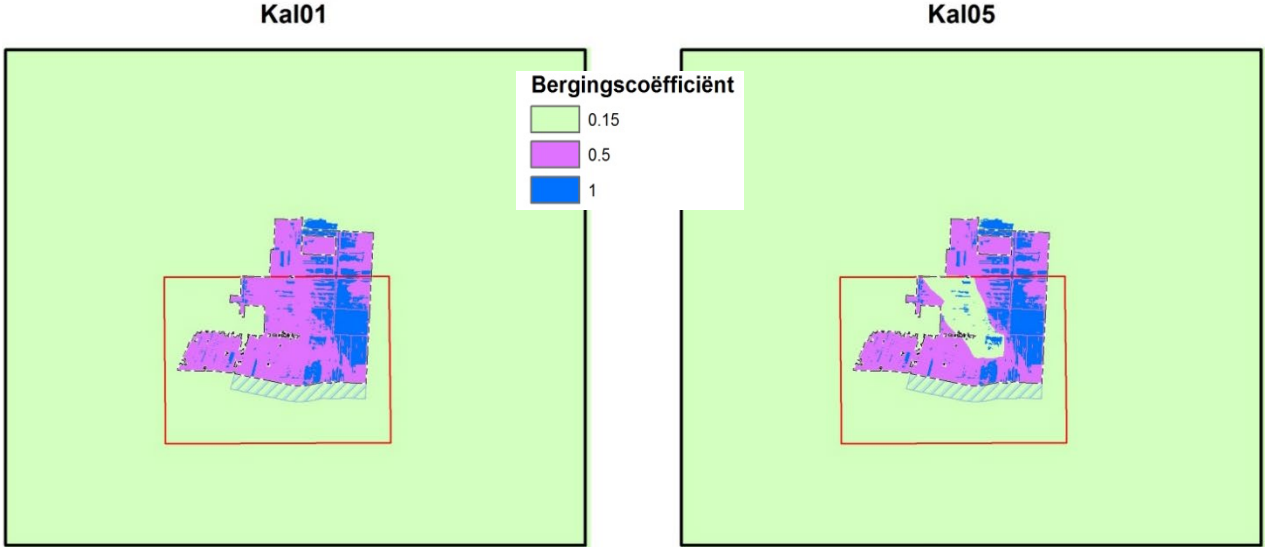
De weerstand van het veen is per blok (zie Figuur 12) aangepast, met als doel minimalisatie van afwijkingen tussen model en metingen. Binnen het Bargerveen is de weerstand significant verhoogd, zie onderstaande figuur.



Figuur 23 De weerstand van de veenlaag voor (links) en na de ijking (rechts).

4.5.2 Freatische bergingscoëfficiënt en het doorlaatvermogen van het veen

In het basismodel is de bergingscoëfficiënt van het veen in het hele Bargerveen op 0,5 gesteld. Uit de gevoeligheidsanalyses volgt dat in blok 4 en een deel van blok 3 dit leidt tot een te lage dynamiek van de grondwaterspiegel. Daarom is de freatische bergingscoëfficiënt daar verlaagd naar 0,15. Dit komt overeen met waarden in de literatuur voor de bergingscoëfficiënt van veraard veen.

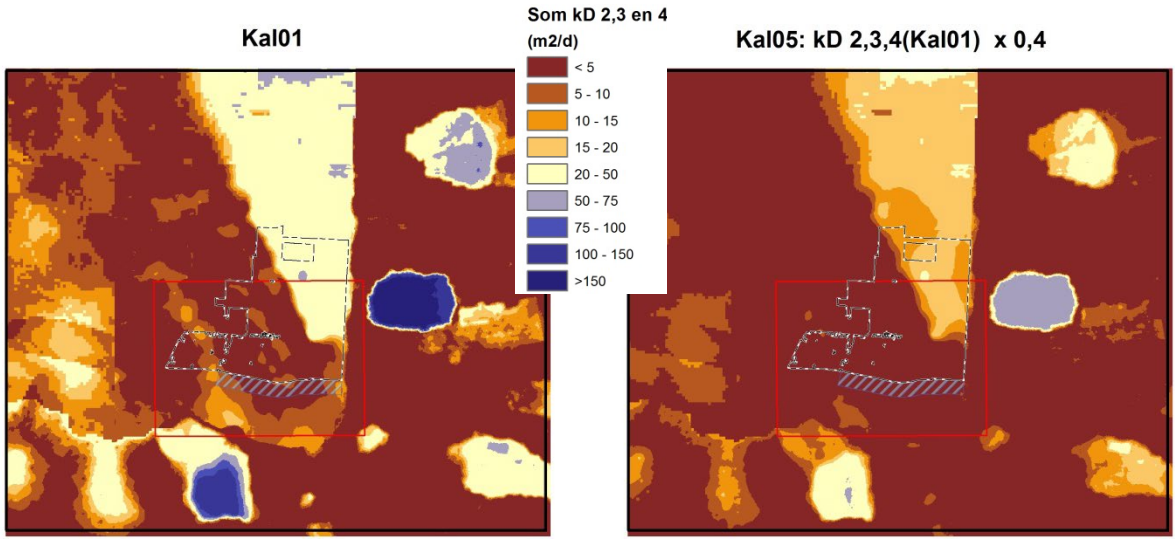


Figuur 24 De freatische bergingscoëfficiënt van de bovenste modellaag voor (links) en na (rechts) de ijking.

Daar waar de freatische bergingscoëfficiënt op 1,0 staat, is het doorlaatvermogen van het eerste watervoerend pakket op heel hoog gezet (10.000 m^2/dag). Hiermee wordt het als open water gesimuleerd.

4.5.3 Doorlaatvermogen tussenzandlaag

De watervoerende pakketten van de modellagen 2, 3 en 4 vormen de tussenzandlaag. Aan de bovenkant wordt die begrensd door het veenpakket en aan de onderkant door de keileemlaag. Het doorlaatvermogen in het basismodel is links weergegeven in figuur 25. Met de ijking is deze waarde van de tussenzandlaag sterk verlaagd. De nieuwe waarde (rechterdeel in figuur 25) is 40% van de oorspronkelijke waarde. Het doel van deze aanpassing was met name de afwijkingen van de stijghoogten in de tussenzandlaag aan de zuidzijde van het Schoonebeekerveld, nabij de Stheemanstraat, te verkleinen. De aanpassing is integraal in het hele modelgebied doorgevoerd.



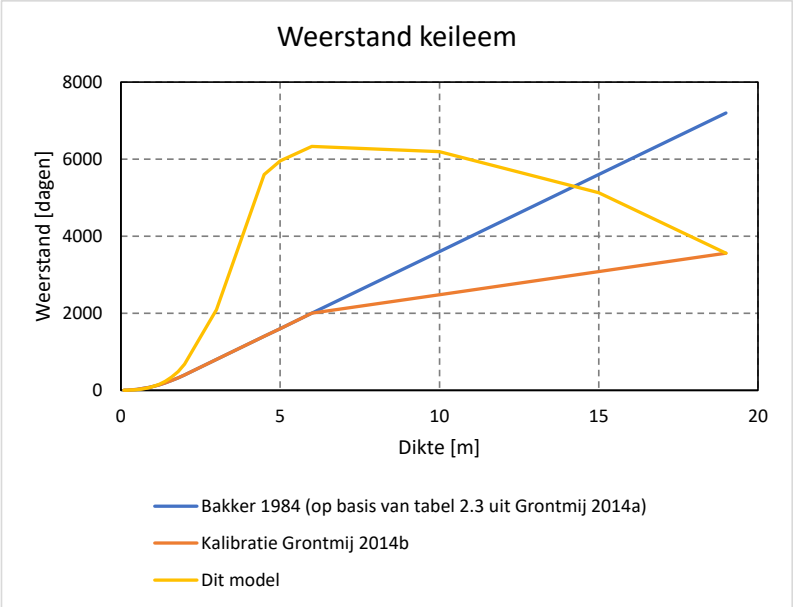
Figuur 25 Het doorlaatvermogen (m^2/d) van de tussenzandlaag (modellagen 2,3 en 4) voor (links) en na (rechts) de ijking.

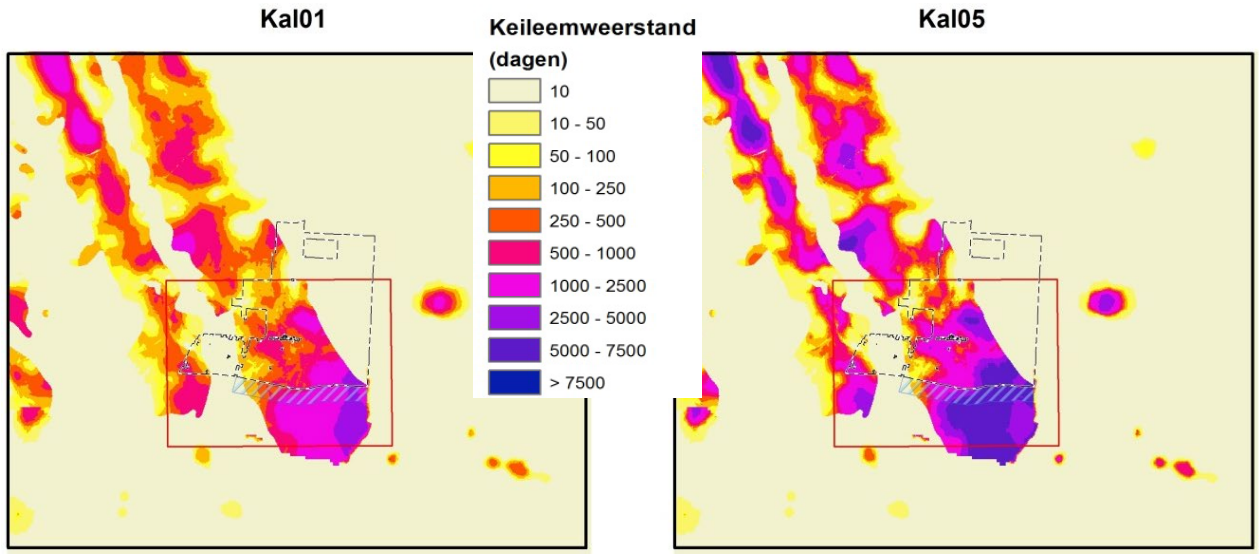
4.5.4 Weerstand keileemlaag

De weerstand is in het model integraal verhoogd, volgens één uniform doorgevoerde functie, die is weergegeven in onderstaande tabel. Lage waarden van de weerstand (tot 100 dagen) zijn verlaagd. Hogere waarden van de weerstand zijn verhoogd met een factor van maximaal 4. Deze verhogingen zijn gebaseerd op minimalisatie van de afwijkingen tussen model en metingen. Bij grote dikten van de keileem bestaat deze feitelijk uit twee dunnere keileemlagen met daartussen zand. Om die reden zijn de grootste waarden van de weerstand minder verhoogd. De resulterende weerstand is weergegeven in Figuur 26.

Tabel 4-1: Factoren waarmee de weerstand van de keileem in het model zijn verhoogd

Weerstand keileem	Factor
<10	1
10	1
Interpolatie	lineair
100	0.75
Interpolatie	lineair
1400	4
Interpolatie	lineair
Maximum uit raster (3767)	1

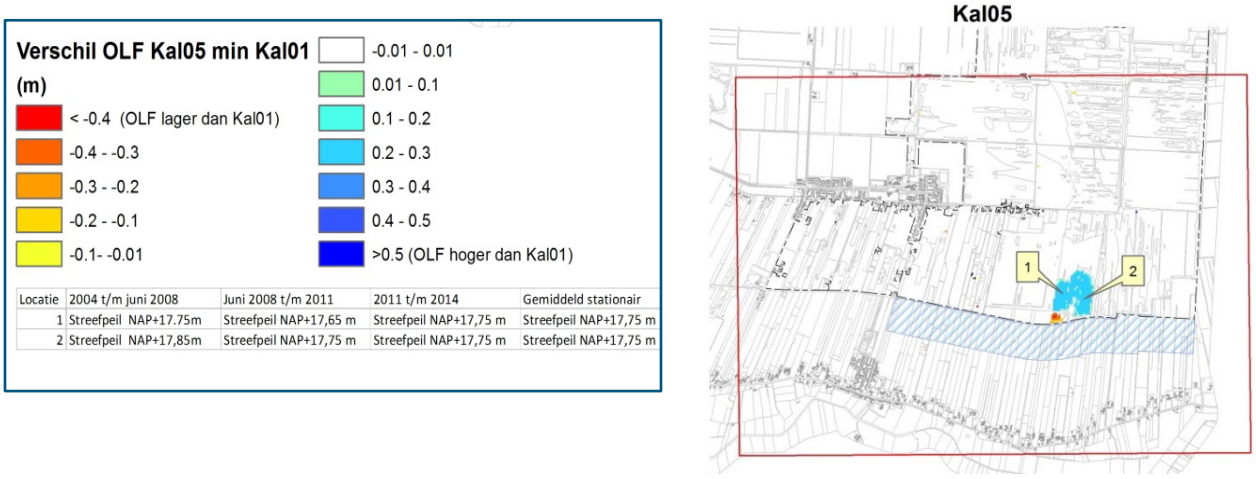




Figuur 26 De weerstand van de keileemlaag voor (links) en na (rechts) de ijking.

4.5.5 Overland flow in het Schoonebeekerveld

Met overland flow is een parameter die aangeeft tot hoever de grondwaterstand boven maaiveld kan stijgen. Komt het hoger, dan wordt dat water direct afgevoerd. Voor een compartiment in het Schoonebeekerveld tegen de Stheemanstraat aan is het afwateringsniveau met 20 centimeter verhoogd ten opzichte van het oorspronkelijke niveau in het model. Dit is gebaseerd op inmeting van dat afwateringsniveau door Staatsbosbeheer.

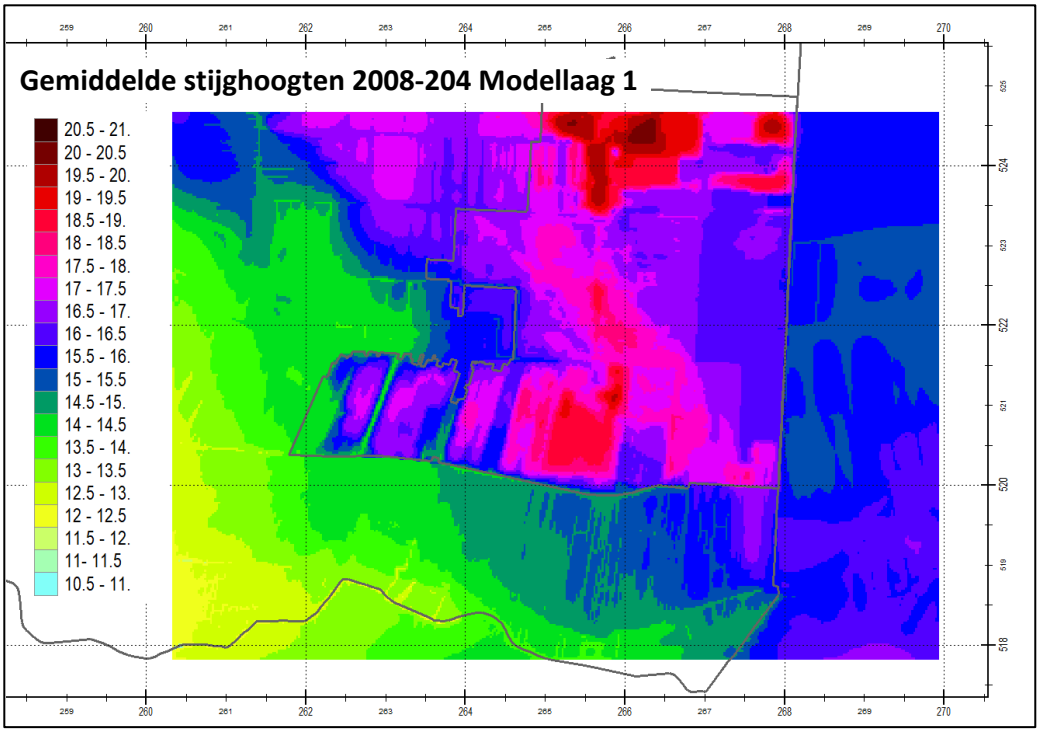


Figuur 27 De aanpassing ten opzichte van het basismodel in de overland flow-module in het Schoonebeekerveld.

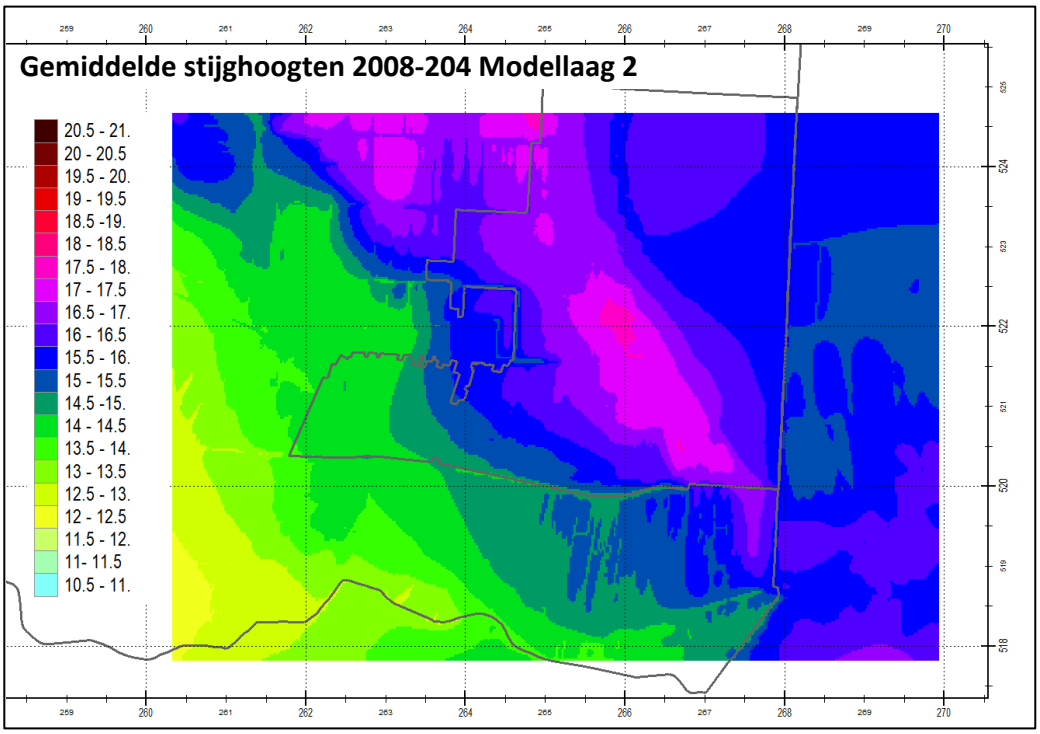
4.6 Resultaat van de kalibratie, resterende afwijkingen

Gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten

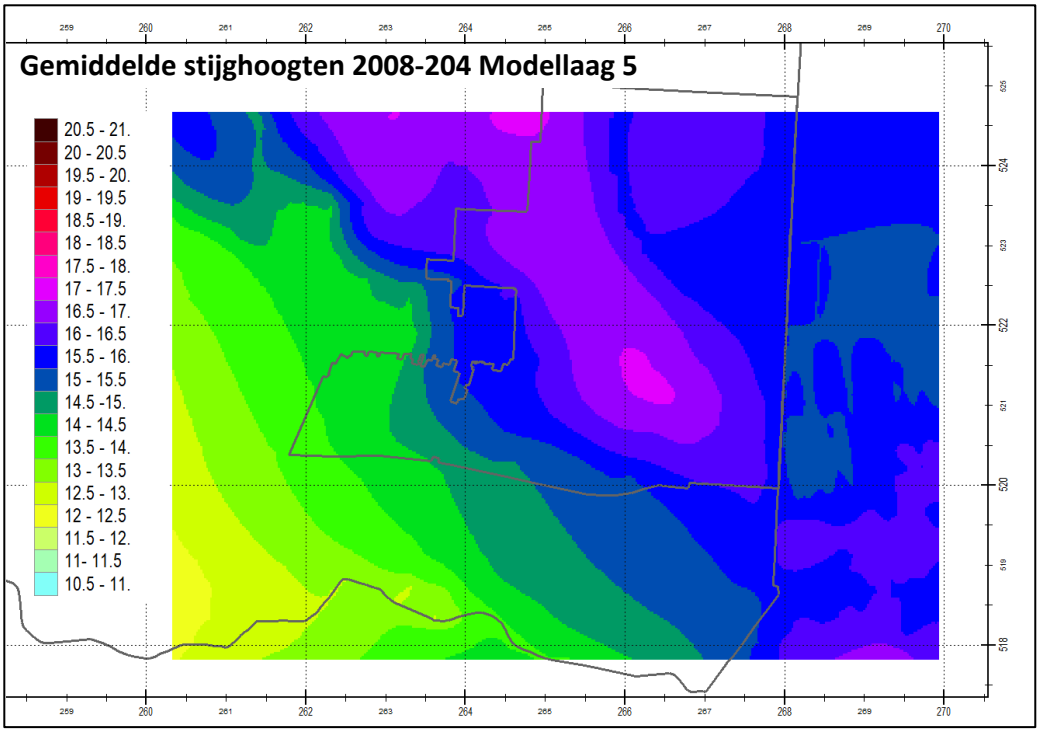
De gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten, berekend met het niet stationaire model na kalibratie, zijn weergegeven in Figuur 28 tot en met Figuur 30



Figuur 28: Berekende freatische grondwaterstanden na kalibratie

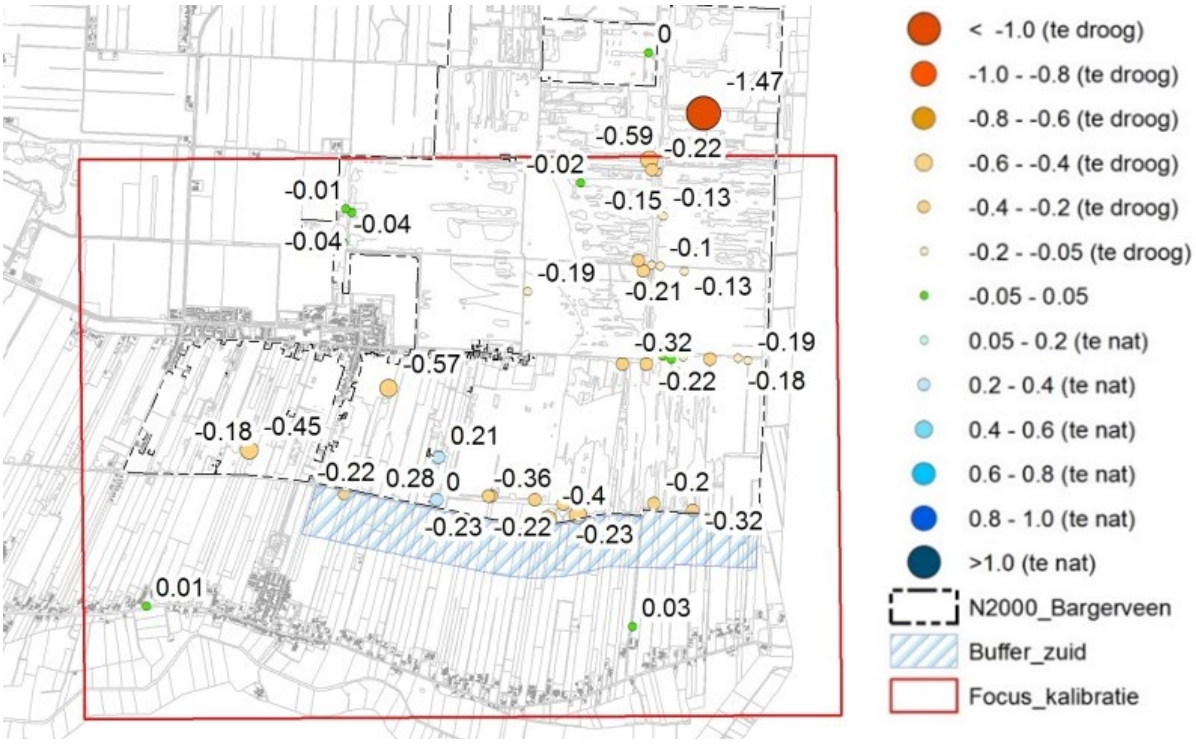


Figuur 29: Berekende stijghoogten in de tussenzandlaag na kalibratie



Figuur 30: Berekende stijghoogten na kalibratie

Figuur 33 toont het verschil tussen de met het model berekende gemiddelde freatische grondwaterstanden (modellaag 1) en de metingen. In het kalibratiegebied zijn de berekende grondwaterstanden gemiddeld 17 cm lager dan volgt uit de metingen (maximale afwijking 57 cm te droog). Er zijn ook peilbuizen waar het model te hoge grondwaterstanden berekent (maximale afwijking 28 cm te nat).



Figuur 31: Afwijkingen tussen berekende en gemeten freatische grondwaterstand na kalibratie (model minus metingen [m])

Tabel 4-2: Afwijkingen van gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten

	Aantal meetpunten	Gemiddelde afwijking	Grootste positieve afwijking (model te nat)	Grootste negatieve afwijking (model te droog)
Modellaag 1	32	-0.17	0.28	-0.59
Modellaag 2	24	-0.24	0.46	-1.26
Modellaag 5	24	0.01	0.31	-0.61

Het feit dat het model de grondwaterstanden gemiddeld te laag berekent heeft twee mogelijke oorzaken:

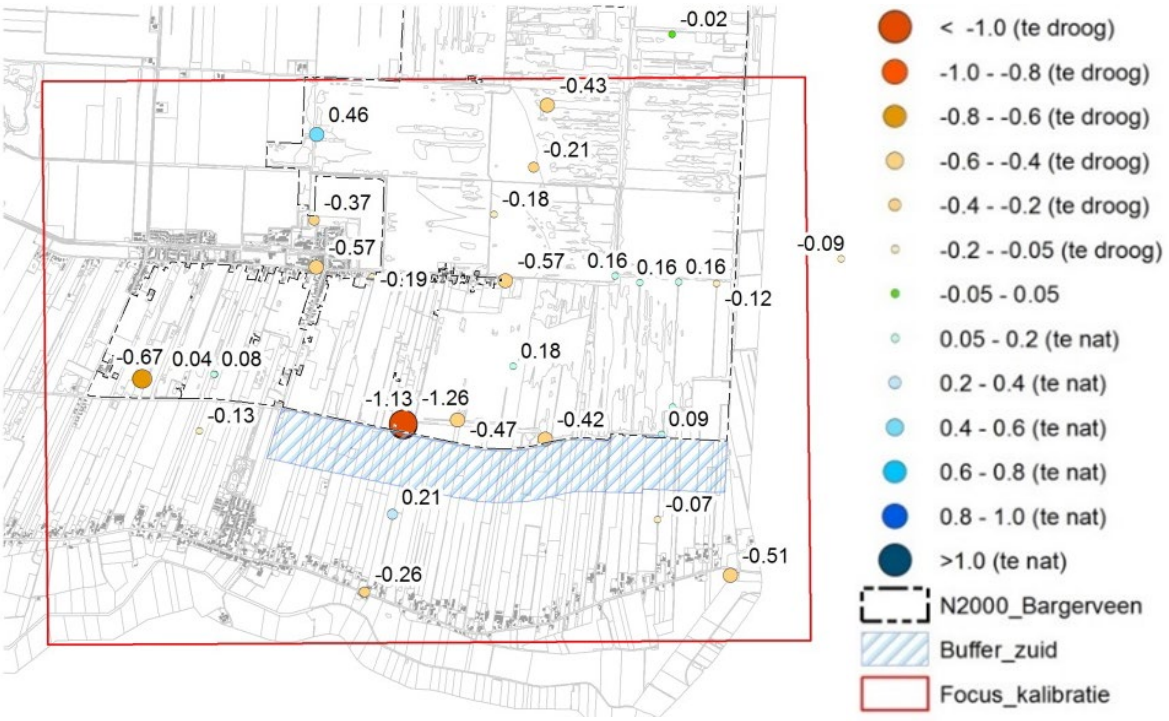
- onjuistheden in het ontwateringsniveau van in het Bargerveen, dus de niveaus waarbij afwatering plaatsvindt. Die zijn in het model gekoppeld aan AHN en aan ontwateringsniveaus aangeleverd door Staatsbosbeheer. Een mogelijke oorzaak van de te lage grondwaterstanden is het feit dat er barrières in het gebied zijn die afwatering bemoeilijken, waardoor waterstanden en grondwaterstanden hoger kunnen worden dan in het model mogelijk is. In dat geval berekent het model iets te lage grondwaterstanden, maar zijn de berekende effecten van een stijghoogteverhoging in het watervoerende pakket of de tussenzandlaag correct. Ook de berekende hoeveelheid water die afstroomt van het Bargerveen naar de buffers ten zuiden van het Bargerveen wordt correct berekend.
- Een andere mogelijke oorzaak is dat de weerstand van het veen (en mogelijk ook van de keileem) in werkelijkheid nog hoger is dan in het model, ondanks de doorgevoerde grote verhogingen van deze

weerstand. Uit de gevoeligheidsanalyses blijkt overigens dat dit niet alle problemen oplost, er zijn locaties waar de berekende grondwaterstand alleen kan worden gewijzigd door het ontwateringsniveau te wijzigen (zie paragraaf 4.4.2). Als in delen van het Bargerveen de weerstand van het veen hoger is dan in het model is aangenomen, dan zou de volgende gevolgen hebben voor de met het model te berekenen grootheden:

- freatische grondwaterstanden worden iets te laag berekend, en de dynamiek van de grondwaterstand iets te groot. Omdat de dynamiek in het model correct wordt berekend betekent dit dat de bergingscoëfficiënt iets groter zou moeten zijn dan nu in het model opgenomen
- de berekende afvoeren over maaiveld naar de buffers wordt door het model iets onderschat. Voor het ontwerp van de buffer, de effecten van de buffer en voor de eventueel benodigde wateraanvoer van elders naar de buffer is dit een worst case benadering. Immers: als er meer water naar de buffer wordt aangevoerd dan het model nu voorspelt leidt dat tot hogere waterstanden in de buffer en grotere effecten op de stijghoogten.

De kans dat de weerstand van het veen in het Bargerveen lager is dan in het model is opgenomen is klein.

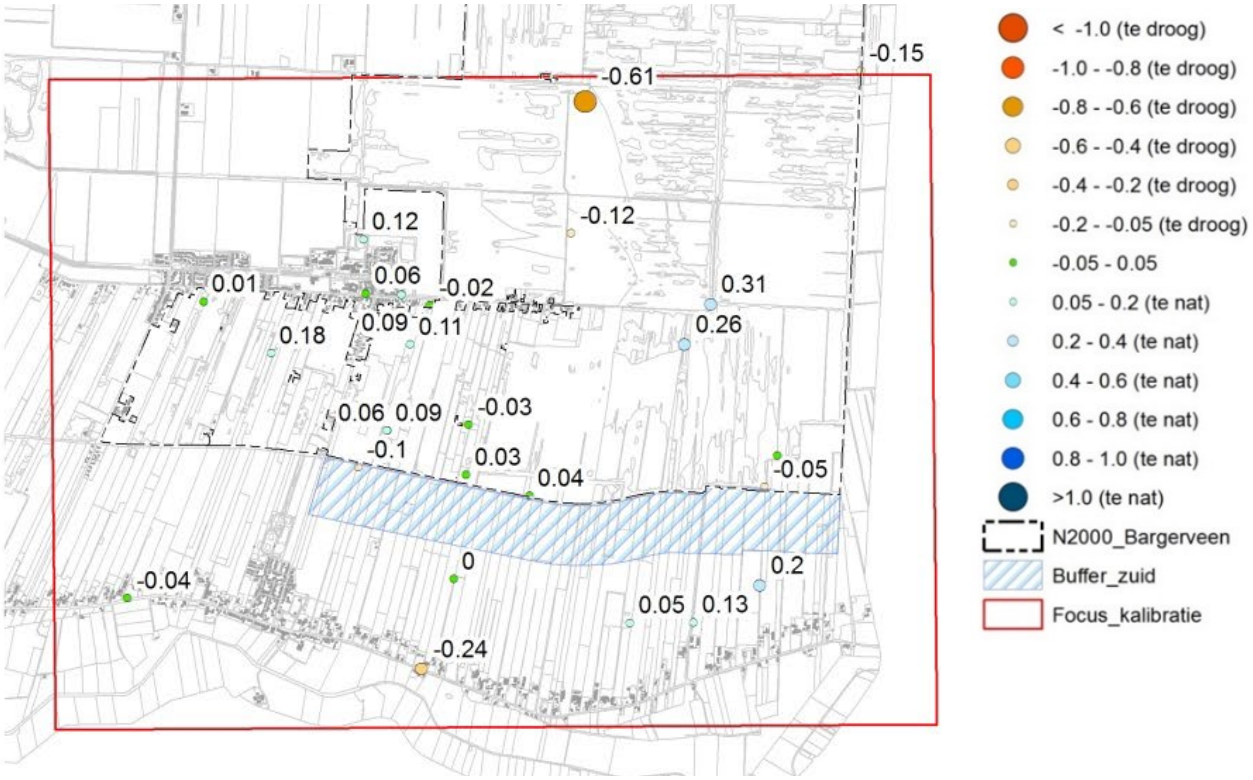
Figuur 32 toont de afwijkingen van de berekende stijghoogten in de tussenzandlaag. De gemiddelde afwijking is -24 cm (te droog). De maximale afwijkingen treden op langs de Stheemanstraat (model maximaal 1,26 m te droog). Dit is een zeer grote afwijking, waarnaar aanvullend onderzoek is gedaan (zie paragraaf 4.3). De metingen kunnen hier alleen verklaard worden door een afwijkende bodemopbouw in combinatie met oppervlakkige afstroming van water naar dit gebied. Deze fenomenen kunnen met het model niet worden beschreven. Daarom is besloten deze afwijkingen te accepteren. Wat deze afwijkingen betekenen voor de met het model berekende effecten van de maatregelen wordt beschreven in Hoofdstuk 6.



Figuur 32: Afwijkingen tussen berekende en gemeten stijghoogte in de tussenzandlaag na kalibratie (model minus metingen [m])

Figuur 33 toont de afwijkingen van de berekende stijghoogten in het watervoerende pakket. De gemiddelde afwijking is 0.01 (te droog). De grootste afwijking (model 61 cm te droog in aan de noordzijde

van het kalibratiegebied) kan alleen worden verklaard door afwijkingen van het model in de bodemopbouw. De peilbuis staat op een locatie waar in het model de rand zit van de verbreiding van de Urk klei 3 (voormalige Cromer klei). Een andere verbreiding van die kleilaag zou de afwijking kunnen verklaren. Op een andere manier (b.v. lagere weerstand van de keileem) kan de fout niet verder worden verkleind zonder elders grote afwijkingen te introduceren waarbij het model te hoge stijghoogten berekent.

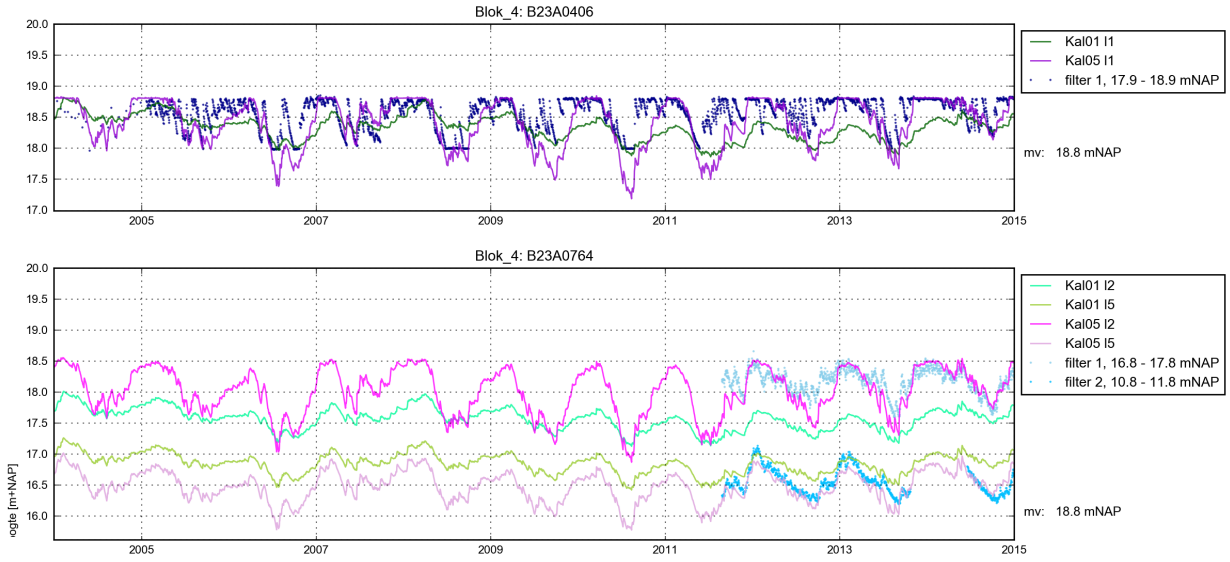


Figuur 33: Afwijkingen tussen berekende en gemeten stijghoogte in het watervoerende pakket na kalibratie (model minus metingen [m])

Dynamiek van grondwaterstanden en stijghoogten
In dit deel van het rapport worden gemeten en berekende tijdreeksen in grafieken getoond. de grafieken bevatten de resultaten van de initiële modelrun (Kal01) en die van de modelrun na kalibratie (Kal05).

Blok 4
Figuur 34 toont de grondwaterstand (bovenste grafiek) en stijghoogten (onderste grafiek) bij de peilbuizen BA23A406 en B23A0764 in blok 4. In de initiële modelrun was de berekende dynamiek van de grondwaterstand te gering en bereikte de grondwaterspiegel het maaiveld niet. De stijghoogte in de tussenzandlaag was te laag en de stijghoogte in het watervoerende pakket was te hoog. De dynamiek van de stijghoogten was ook te klein.

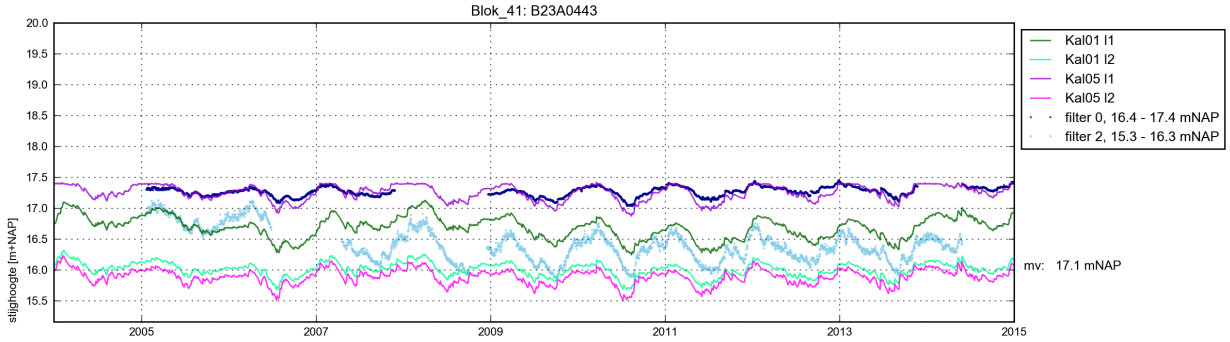
Op deze locatie is de weerstand van de keileem sterk verhoogd. Als gevolg daarvan zijn de berekende stijghoogte in de tussenzandlaag en de freatische grondwaterstand verhoogd (verbetering). De stijghoogte in het watervoerende pakket is verlaagd (verbetering). De weerstand van het veen is in dit blok niet gewijzigd. De freatische bergingscoëfficiënt is verlaagd van 0,5 naar 0,15. Daardoor is de dynamiek groter geworden. De berekende dynamiek van de stijghoogten is goed. De berekende dynamiek van de grondwaterstand is verbeterd, maar is nu enigszins te groot. Daarbij moet worden aangetekend dat uit de meetreeks blijkt dat de peilbuis bij grondwaterstanden dieper dan 80 cm-mv droogvalt, zodat de meetreeks niet de diepste grondwaterstanden bevat.



Figuur 34: Gemeten en berekende stijghoogten peilbuizen in blok 4

Blok 41

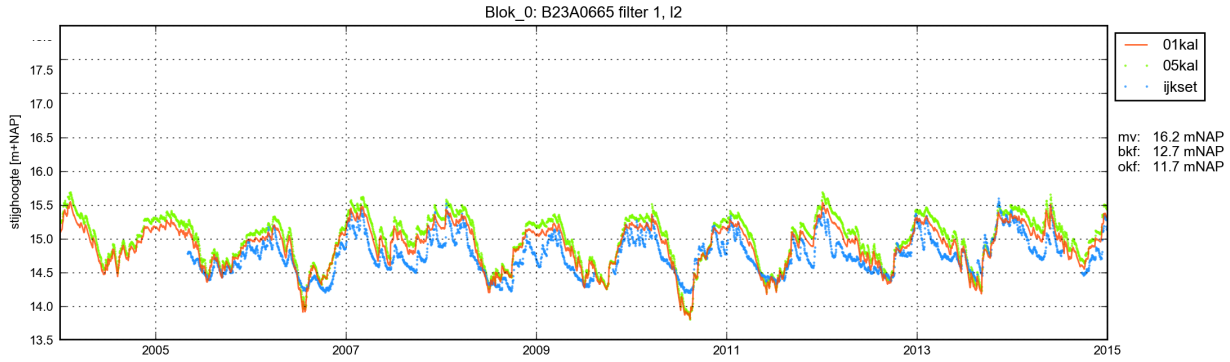
Peilbuis B23A0443 (Figuur 35) staat in blok 41, op de overgang van een baggerveld (oppervlaktewater) en veen. Het grootste deel van de tijd staat er water boven “maaiveld”, in de zomer valt het hier droog. De met het model berekende waterstand/grondwaterstand was bij de initiële run te laag, maar wordt na kalibratie goed berekend. De berekende stijghoogte in de tussenzandlaag is na kalibratie nauwelijks veranderd en is nog steeds te laag en vertoont te weinig dynamiek.



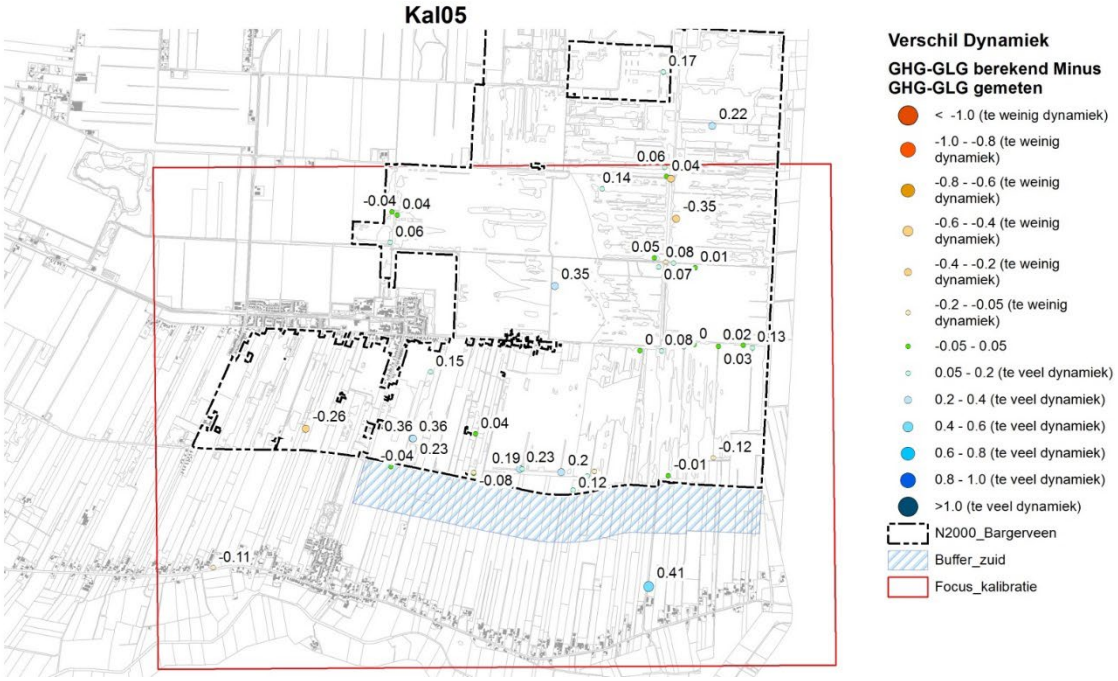
Figuur 35: Gemeten en berekende stijghoogten peilbuizen in blok 41

Landbouwgebied

Figuur 36 toont de berekende en gemeten grondwaterstanden in peilbuis B23A0665 in het landbouwgebied. Die werden al goed berekend en zijn na kalibratie nauwelijks veranderd.



Figuur 36: Gemeten en berekende stijghoogten peilbuis in landbouwgebied



Figuur 37: Afwijking tussen berekende en gemeten dynamiek van de grondwaterspiegel (model minus meting, [m])

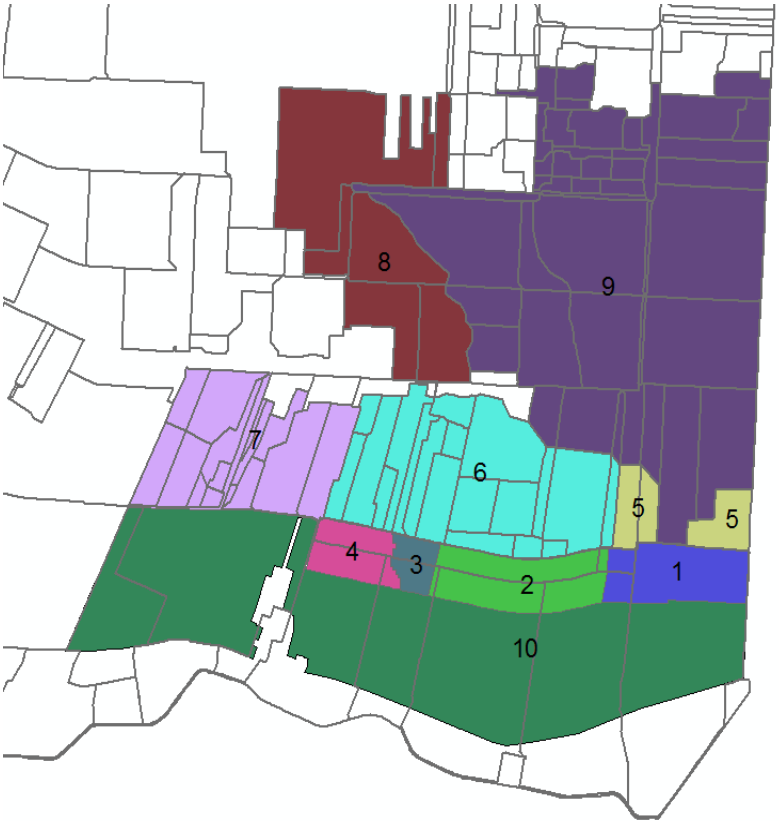
In Figuur 37 staat op kaart het verschil tussen de berekende en gemeten dynamiek van de grondwaterspiegel. Gemiddeld is de afwijking +7 cm, ofwel het model vertoont een iets grotere dynamiek dan de metingen.

4.7 Met het model berekende waterbalans

Met het gekalibreerde model is de waterbalans berekend voor modellaag 1, in verschillende zones (Figuur 38). De zones 1 tot en met 4 betreffen de toekomstige buffers. In de huidige situatie is dat nog landbouwgebied. Zone 10 is eveneens landbouwgebied.

De zones 5 tot en met 9 zijn verschillende deelstroomgebieden in het Bargerveen. De zones 5 tot en met 8 gaan in de toekomst (deels) afwateren op de buffers. Zone 9 watert af in noordelijke richting.

De waterbalansen staan in Tabel 4-3 en Tabel 4-4. Uit de waterbalansen volgt dat in het Bargerveen de grondwateraanvulling gemiddeld 0,5 tot 0,65 mm/dag bedraagt. Daarvan zijgt circa 60% weg naar de tussenzandlaag, en 40% wordt oppervlakkig afgevoerd via maaiveld (overlandflow) en greppels (rivers). Gezien het geringe doorlaatvermogen van de tussenzandlaag zal het overgrote deel van de wegzijging doorstromen naar het watervoerende pakket.



Figuur 38: zones waarvoor waterbalansen zijn berekend

Tabel 4-3: Berekende waterbalans modellaag 1 voor zones 1 t/m 4 en 10 (landbouwgebied)

Zone 1-4, Waterbalans 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag-verdamping	0.71	0.00
Berging	0.00	-0.01
Kwel	0.07	0.00
Wegzijging	0.00	-0.38
Horizontale stroming	0.05	0.00
Aanvoer (rivers)	0.00	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.40
Afvoer (Overland Flow	0.00	-0.03
Totaal	0.82	-0.82

Zone 10, Waterbalans 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag-verdamping	0.66	0.00
Berging	0.00	-0.01
Kwel	0.14	0.00
Wegzijging	0.00	-0.45
Horizontale stroming	0.00	0.00
Aanvoer (rivers)	0.20	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.53
Afvoer (Overland Flow)	0.00	-0.01
Totaal	1.00	-1.00

Zone 1-4, Waterbalans Herfst/winter 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag-verdamping	1.60	0.00
Berging	0.00	-0.40
Kwel	0.03	0.00
Wegzijging	0.00	-0.56
Horizontale stroming	0.05	0.00
Aanvoer (rivers)	0.00	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.67
Afvoer (Overland Flow	0.00	-0.05
Totaal	1.68	-1.68

Zone 10, Waterbalans Herfst/winter 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag-verdamping	1.56	0.00
Berging	0.00	-0.24
Kwel	0.11	0.00
Wegzijging	0.00	-0.64
Horizontale stroming	0.01	0.00
Aanvoer (rivers)	0.05	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.84
Afvoer (Overland Flow)	0.00	-0.01
Totaal	1.73	-1.73

Zone 1-4, Waterbalans Voorjaar/zomer 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag	0.00	-0.18
Berging	0.37	0.00
Kwel	0.10	0.00
Wegzijging	0.00	-0.20
Horizontale stroming	0.05	0.00
Aanvoer (rivers)	0.00	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.14
Afvoer (Overland Flow	0.00	-0.01
Totaal	0.53	-0.53

Zone 10, Waterbalans Voorjaar/zomer 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag	0.00	-0.24
Berging	0.21	0.00
Kwel	0.17	0.00
Wegzijging	0.00	-0.27
Horizontale stroming	0.00	0.00
Aanvoer (rivers)	0.35	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.22
Afvoer (Overland Flow)	0.00	0.00
Totaal	0.73	-0.73

Tabel 4-4: Berekende waterbalans modellaag 1 voor zones 5 t/m 7 (Bargerveen, in de toekomst afwaterend op de buffers) en zone 9 (afwaterend naar het noorden)

Zone 5, 6 en 8, Waterbalans 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag-verdamping	0.64	0.00
Berging	0.00	-0.01
Kwel	0.01	0.00
Wegzijging	0.00	-0.40
Horizontale stroming	0.00	-0.03
Aanvoer (rivers)	0.00	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.12
Afvoer (Overland Flow	0.00	-0.10
Totaal	0.65	-0.65

Zone 7, Waterbalans 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag-verdamping	0.57	0.00
Berging	0.00	-0.02
Kwel	0.01	0.00
Wegzijging	0.00	-0.33
Horizontale stroming	0.00	-0.03
Aanvoer (rivers)	0.01	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.18
Afvoer (Overland Flow	0.00	-0.02
Totaal	0.59	-0.59

Zone 9, Waterbalans 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag-verdamping	0.48	0.00
Berging	0.00	-0.01
Kwel	0.00	0.00
Wegzijging	0.00	-0.38
Horizontale stroming	0.00	-0.01
Aanvoer (rivers)	0.01	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.01
Afvoer (Overland Flow)	0.00	-0.08
Totaal	0.49	-0.49

Zone 5, 6 en 8, Waterbalans Herfst/winter 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag-verdamping	1.56	0.00
Berging	0.00	-0.74
Kwel	0.00	0.00
Wegzijging	0.00	-0.44
Horizontale stroming	0.00	-0.03
Aanvoer (rivers)	0.00	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.18
Afvoer (Overland Flow	0.00	-0.17
Totaal	1.56	-1.56

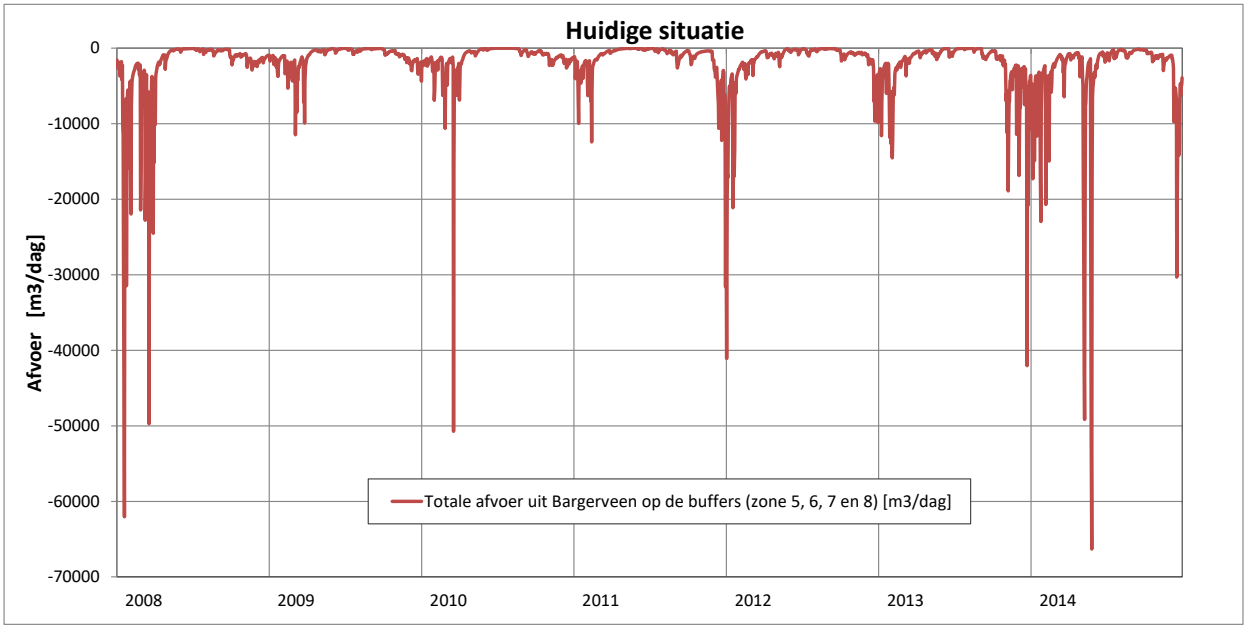
Zone 7, Waterbalans Herfst/winter 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag-verdamping	1.52	0.00
Berging	0.00	-0.86
Kwel	0.01	0.00
Wegzijging	0.00	-0.33
Horizontale stroming	0.00	-0.03
Aanvoer (rivers)	0.01	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.29
Afvoer (Overland Flow	0.00	-0.03
Totaal	1.54	-1.54

Zone 9, Waterbalans Herfst/winter 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag-verdamping	1.54	0.00
Berging	0.00	-1.00
Kwel	0.00	0.00
Wegzijging	0.00	-0.38
Horizontale stroming	0.00	-0.01
Aanvoer (rivers)	0.02	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.02
Afvoer (Overland Flow)	0.00	-0.14
Totaal	1.56	-1.56

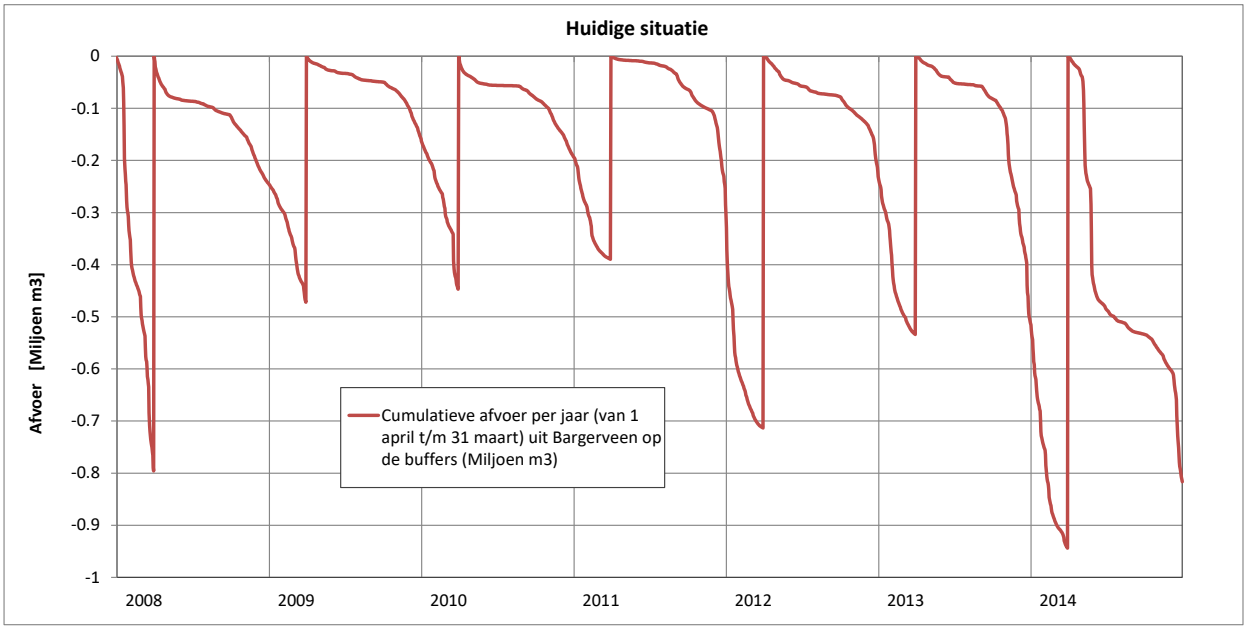
Zone 5, 6 en 8, Waterbalans Voorjaar/zomer 2008-201		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag	0.00	-0.27
Berging	0.72	0.00
Kwel	0.01	0.00
Wegzijging	0.00	-0.35
Horizontale stroming	0.00	-0.03
Aanvoer (rivers)	0.00	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.05
Afvoer (Overland Flow	0.00	-0.03
Totaal	0.73	-0.73

Zone 7, Waterbalans Voorjaar/zomer 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag	0.00	-0.39
Berging	0.82	0.00
Kwel	0.01	0.00
Wegzijging	0.00	-0.32
Horizontale stroming	0.00	-0.04
Aanvoer (rivers)	0.02	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	-0.08
Afvoer (Overland Flow	0.00	-0.01
Totaal	0.84	-0.84

Zone 9, Waterbalans Voorjaar/zomer 2008-2014		
	In	Uit
	mm/dag	mm/dag
Neerslag	0.00	-0.57
Berging	0.98	0.00
Kwel	0.00	0.00
Wegzijging	0.00	-0.38
Horizontale stroming	0.00	-0.01
Aanvoer (rivers)	0.00	0.00
Afvoer (rivers)	0.00	0.00
Afvoer (Overland Flow)	0.00	-0.02
Totaal	0.98	-0.98



Figuur 39: Afvoer uit balanszones 5, 6, 7 en 8 (afwaterend op de toekomstige buffers)



Figuur 40: Cumulatieve afvoer uit balanszones 5, 6, 7 en 8 (afwaterend op de toekomstige buffers)

Figuur 39 toont het verloop in de tijd van de hoeveelheid water die in het model wordt afgevoerd uit de zones 5 tot en met 8, die in de toekomstige situatie afwateren op de buffers (berekend op dagbasis). Op basis hiervan is in Figuur 40 de cumulatieve hoeveelheid per jaar berekend. Uit deze grafiek blijkt dat er significante verschillen in de tijd optreden. In natte jaren (winter 2007/2008 en winter 2013/2014) wordt orde van grootte 1 miljoen m^3 afgevoerd vanuit het Bargerveen naar de buffers. In droge jaren (2009, 2010 en 2011) is dat orde 0,4 miljoen m^3.

De waterbalans berekeningen op basis van het grondwatermodel zijn vooral ingezet voor een hydrologische principe afweging om een beeld te verkrijgen van de aanvoervraag en het functioneren van de buffer. Om ook de piekafvoeren en de benodigde berging in de buffers te kunnen bepalen is een

gedetailleerd oppervlaktewatermodel opgesteld. Een beschrijving van het oppervlaktewatermodel is opgenomen in het Technisch achtergrondrapport oppervlaktewatermodel Bargerveen en Buffer Zuid, Royal HaskoningDHV, 6 mei 2022, bijlage 15 bij het MER. Bij de totstandkoming van het model is de neerslag-afvoer vanuit het Bargerveen gedetailleerder in beeld gebracht en heeft een plausibiliteitcheck plaatsgevonden met de gebiedsbeheerders.

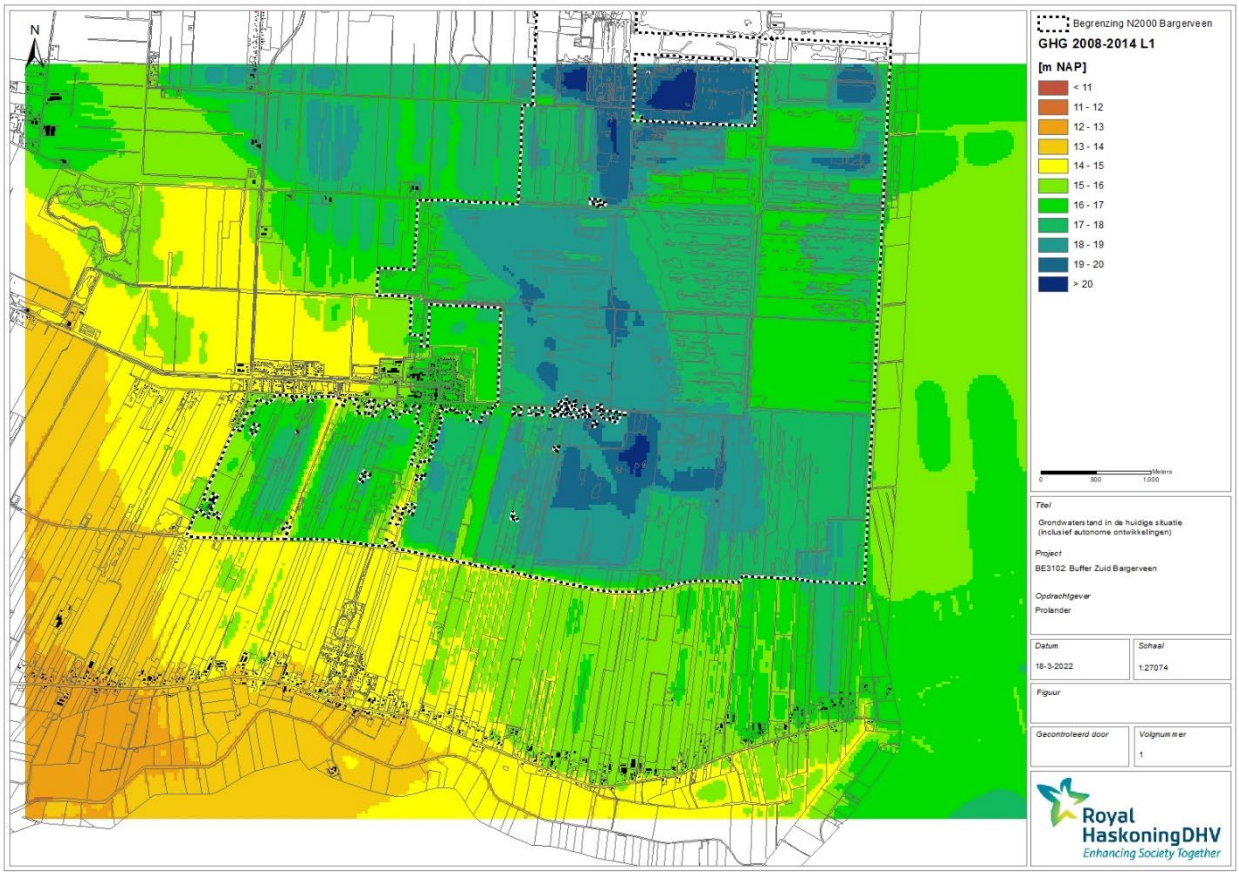
5 Modellering Buffer Zuid

5.1 Referentiesituatie

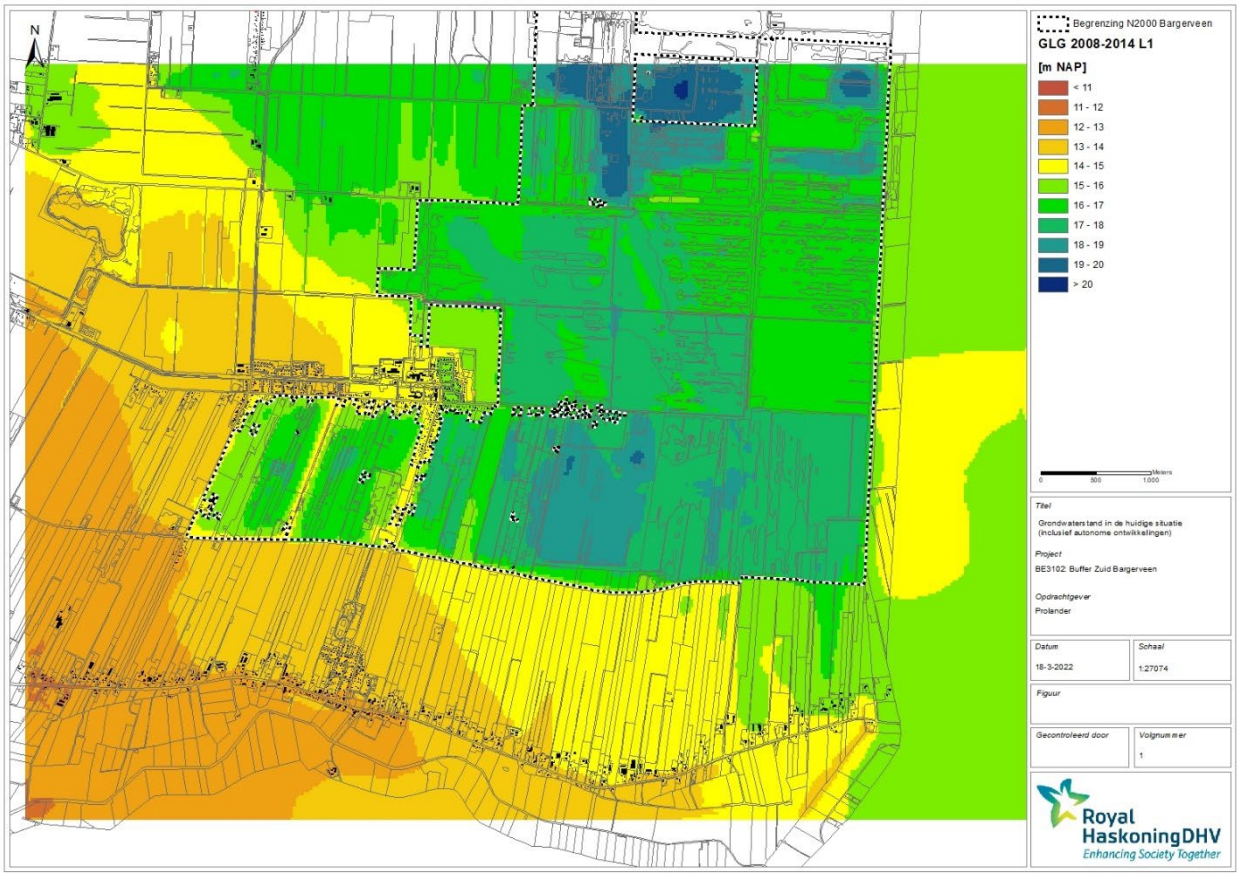
Als referentiesituatie is het gekalibreerde model als vertrekpunt genomen, waarbij in de referentiesituatie de volgende autonome ontwikkelingen zijn verwerkt in het model:

- Slenk/Buffer Weiteveen inclusief kaden
- Drainage in Weiteveen
- Aanleg watergangen en regenwaterriool inclusief drainage langs de Kerkenweg
- Leemruggen in het Bargerveen langs de kern Weiteveen en de Kerkenweg
- De AGOR oppervlaktewaterpeilen zoals opgenomen in het GGOR 2008 en beschreven in paragraaf 3.5.4.

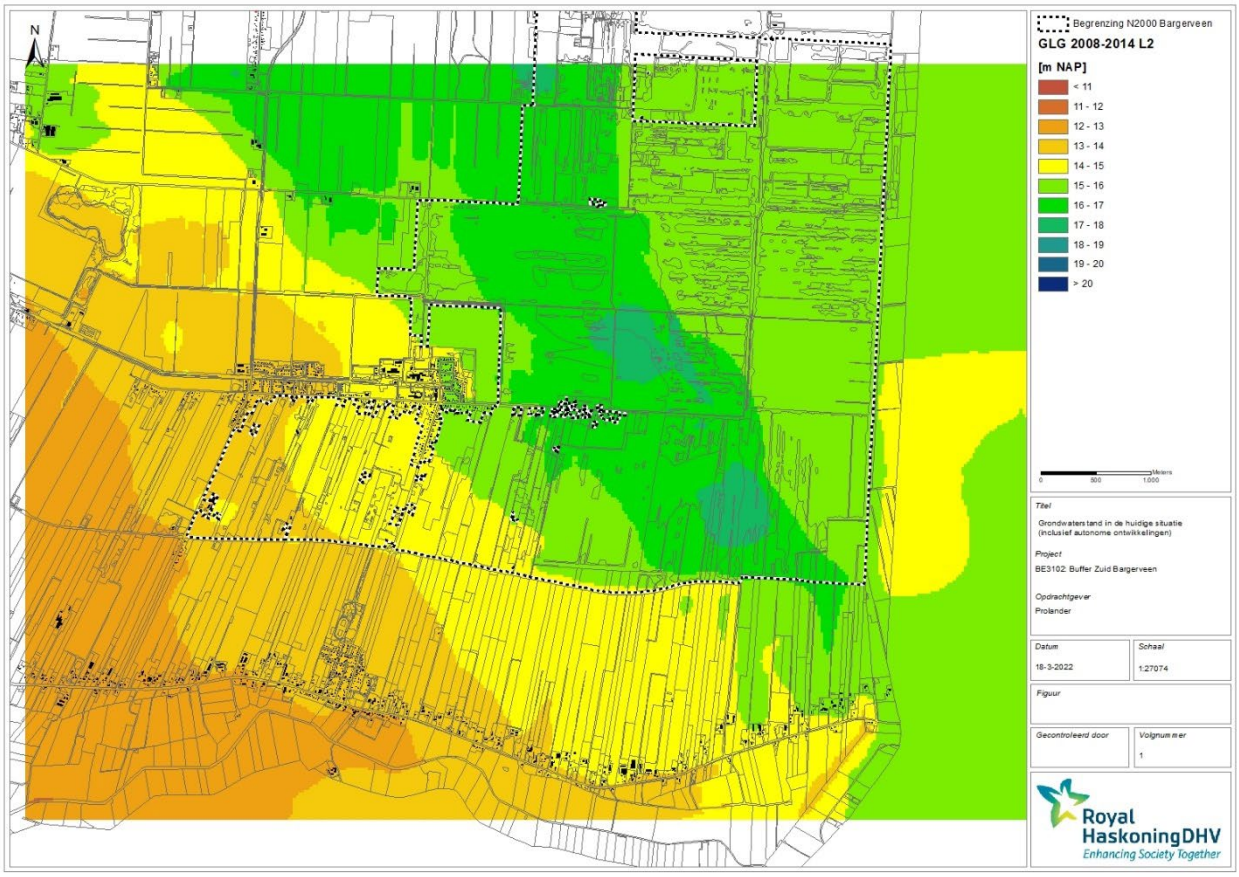
In de onderstaande figuren staan de berekende GxG van de referentiesituatie weergegeven. De in het MER beschreven effecten zijn bepaald ten opzichte van deze berekende waarden.



Figuur 41 GHG Referentiesituatie in NAP



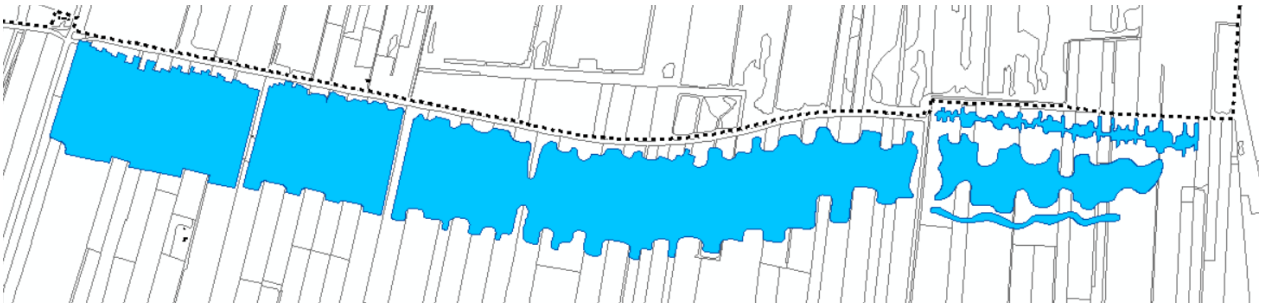
Figuur 42 GLG referentiesituatie in NAP



Figuur 43 Stijghoogte onder de veenbasis (zomer)

5.2 Schematisatie Buffer Zuid

Om tot een effectbepaling van de buffer uit het VKA+ ontwerp (en tussenvarianten) te komen zijn de buffervakken geschematiseerd in het gekalibreerde grondwatermodel (inclusief autonome ontwikkelingen). Deze buffervakken zijn als oppervlaktewater in het grondwatermodel ingebouwd volgens de ligging tijdens een gemiddelde situatie (gemiddeld peil). Per onderzochte variant zijn het peilbeheer en de vorm van de waterpartijen opgenomen. Figuur 44 geeft het oppervlaktewater van de buffer bij de VKA+ inrichting weer. Tabel 5-1 toont de parameters die zijn gebruikt om deze buffervakken te schematiseren voor het VKA+.



Figuur 44: oppervlaktewater van de buffer bij de VKA+ inrichting



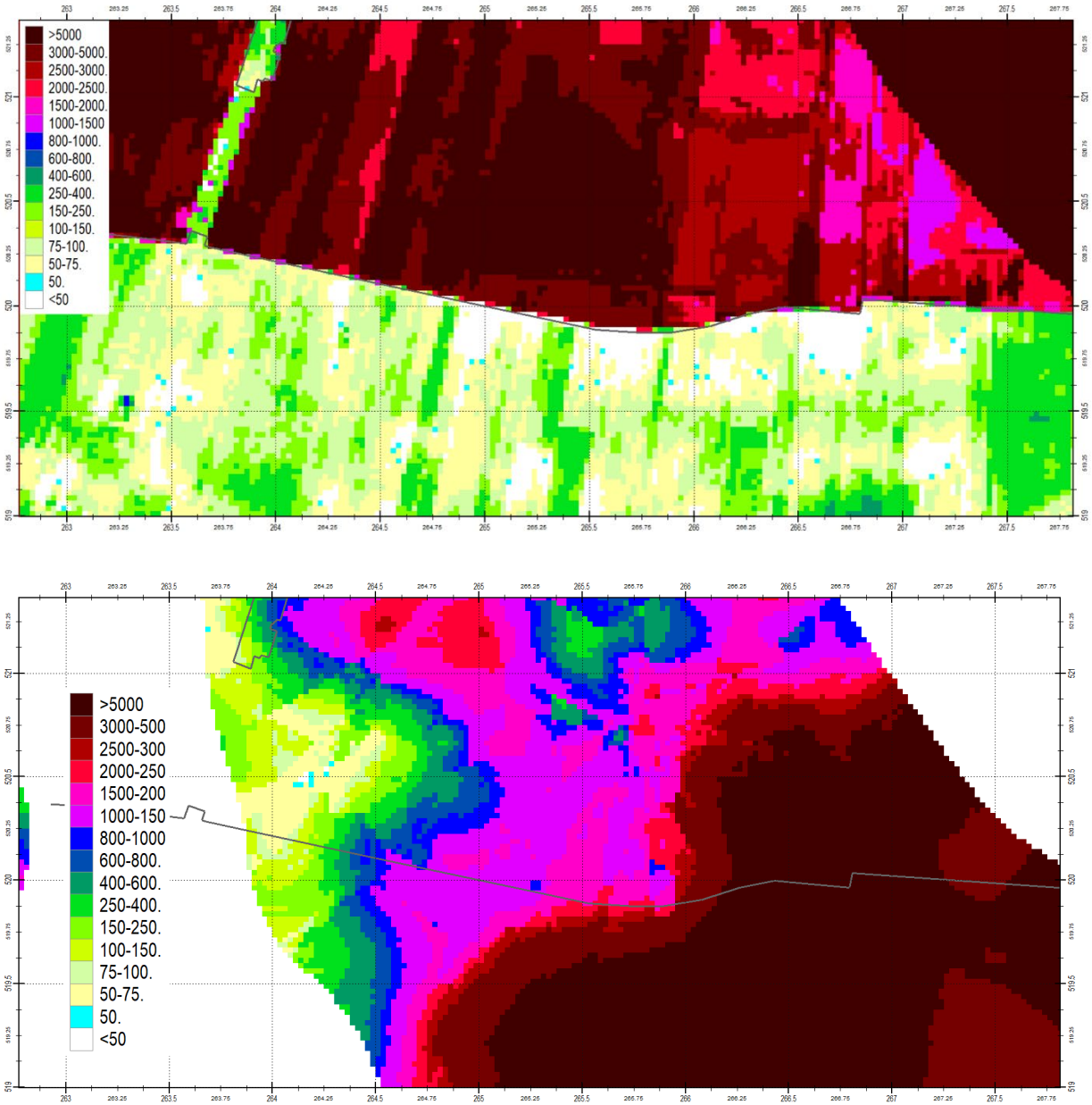
Figuur 45 Ligging oppervlaktewater VKA+ in grondwatermodel

De buffervakken blijven in de winterperiode op peil (en ook in de zomerperiode voor vak 4) door het aanbrengen van een river-randvoorwaarde met hoge conductance (wateraanvoer). De door het model berekende waterstanden in de buffers worden vlak door toepassing van een hoog doorlaatvermogen (10.000 m^2/d). Om te zorgen dat de buffervakken in de zomerperiode kunnen uitzakken is het maximale peil in de zomer gelijkgesteld aan de bodemhoogte (geen wateraanvoer mogelijk). Het waterpeil in de zomer zakt daarbij niet verder uit tot onder het ecologisch minimumpeil.

Tabel 5-1 Schematisatie Buffer bij VKA+

Schematisatie buffervakken					
vakken	eenheid	vak4	vak3	vak2	vak1
ZOMER					
peil	[m NAP]	16,5	17,5	17,5	17,5
bodemhoogte	[m NAP]	15,0	17,5	17,5	17,5
conductance	[m/d]	10.000	10.000	10.000	10.000
infiltratiefactor	[-]	0,33	0,33	0,33	0,33
ecologisch minimum peil	[m NAP]	-	16,5	16,65	16,8
WINTER					
peil	[m NAP]	15,5	17,5	17,5	17,5
bodemhoogte	[m NAP]	15,0	16,0	16,15	16,3
conductance	[m/d]	10.000	10.000	10.000	10.000
infiltratiefactor	[-]	0,33	0,33	0,33	0,33
overlandflow	[m NAP]	16,55	17,55	17,55	17,55

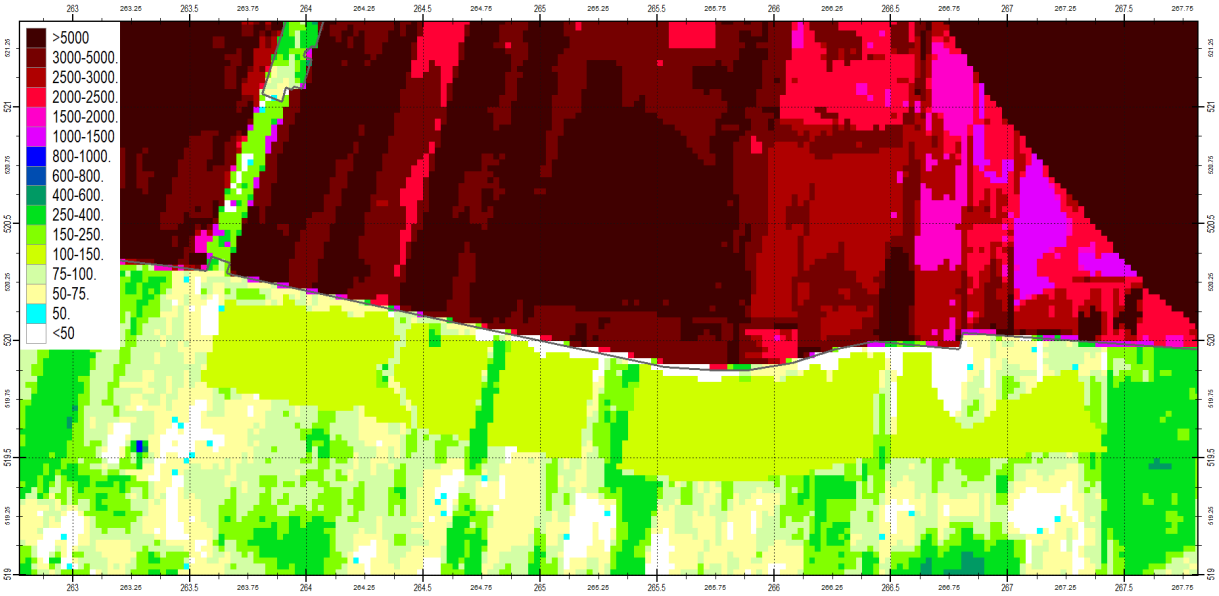
Weerstanden van veen en keileem in het grondwatermodel ter plaatse van de buffer
Onderstaande figuren tonen de in het model oppgenomen weerstanden van het veen en de keileem in het gebied waarbinnen de buffers worden aangelegd. De weerstand van het restveen in het gebied ten zuiden van het Bargerveen is 0 tot 400 dagen. Dit is gebaseerd op de veenkartering die beschikbaar was ten tijde van het opstellen van grondwatermodel Mipwa Bargerveen [TNO 2014, Grontmij 2014a en 2014b]. Deze weerstand is bij de modelkalibratie niet aangepast. De weerstand van het veen in het Bargerveen en de weerstand van de keileem is het resultaat van onze modelkalibratie.



Figuur 46: weerstand van de keileem [dagen]

Intredeweerstand op de waterbodem.

Deze weerstand wordt veroorzaakt door slib en organisch stof dat zich in het oppervlaktewater bevindt, en dat als gevolg van de infiltratie op de waterbodem wordt afgezet. Deze weerstand zal in de loop van de tijd toenemen, waardoor de bodem verstopt raakt en de infiltratieflux afneemt. De intredeweerstand is bij aanvang van de infiltratie 0, maar neemt na verloop van tijd toe. De snelheid waarmee de weerstand toeneemt hangt af van de waterkwaliteit en de productie van biomassa in de buffers. Van infiltratieplassen met oppervlaktewater aangevoerd uit de Maas, met weinig sediment en een geringe hoeveelheid organische stof is bekend dat de intredeweerstand na enkele jaren toeneemt tot orde van grootte 50 dagen. Bij de berekening van de effecten van Buffer Zuid wordt uitgegaan van een weerstand van 150 dagen.



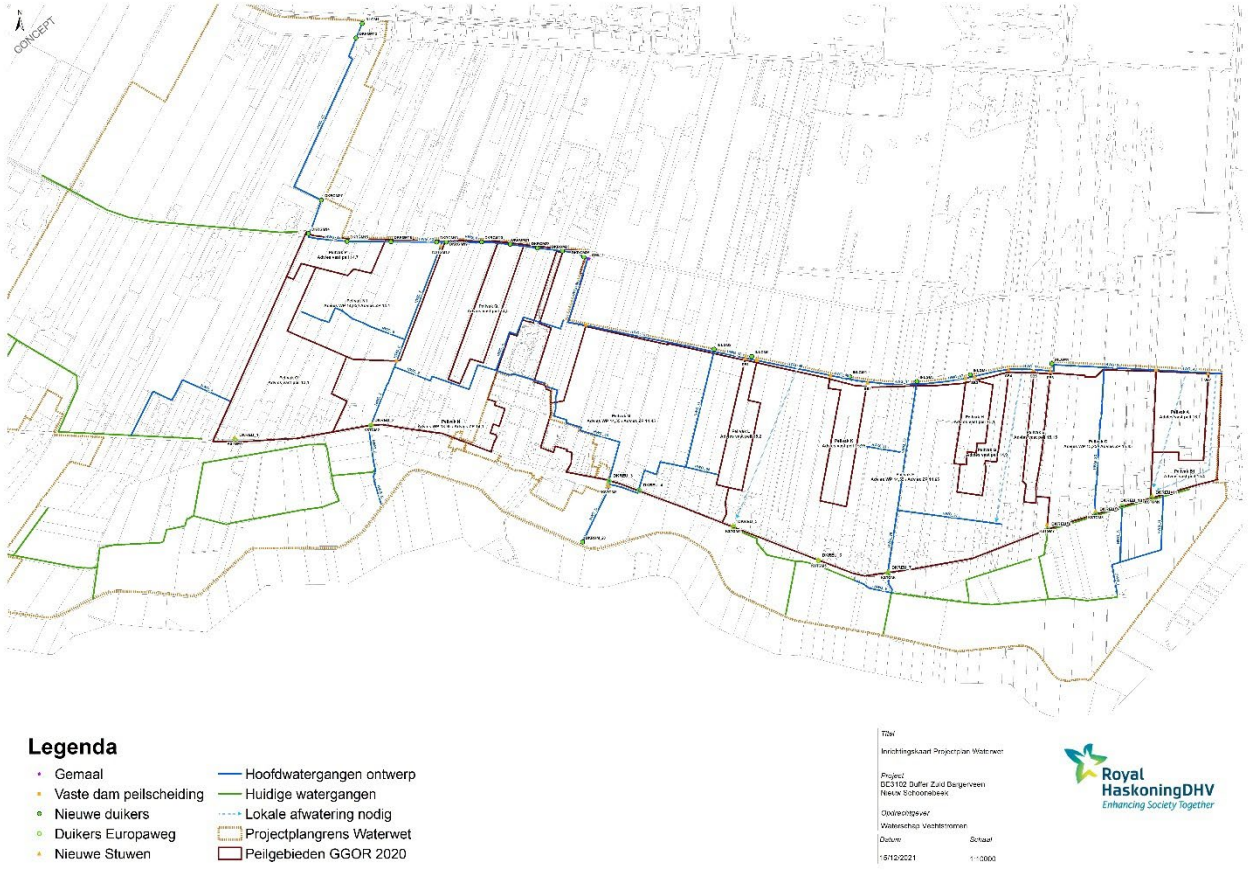
Figuur 47: gemodelleerde weerstand [dagen] van het (rest)veen, inclusief intredeweerstand van de buffervakken na aanleg van de buffers volgens het VKA

5.3 Toekomstig waterbeheer landbouwgebied

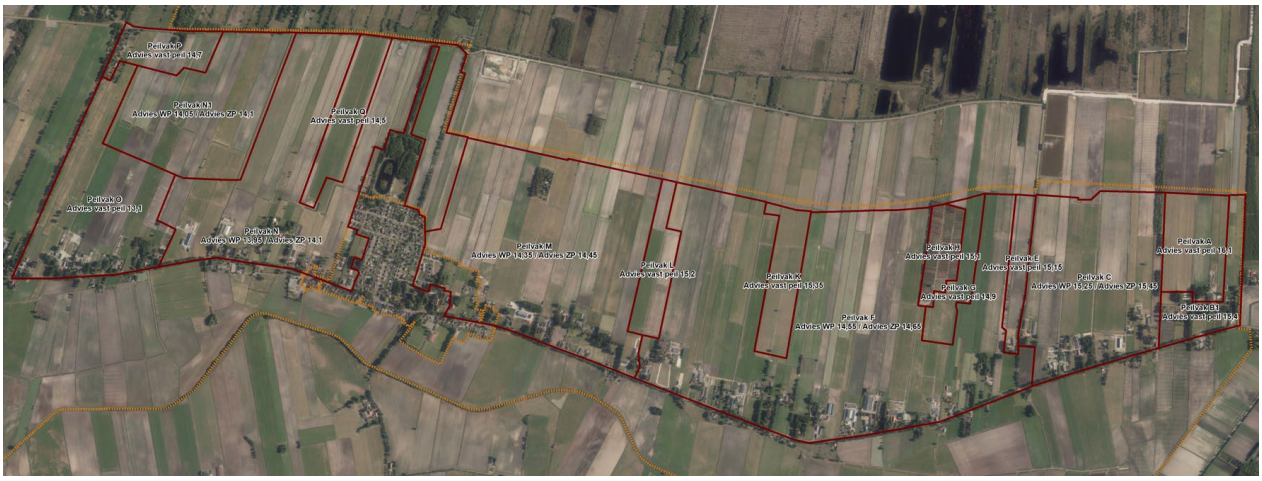
Het nieuwe Grond- en Oppervlaktewaterregime (GGOR) omvat de plannen voor zowel de buffers als het landbouwgebied, met nieuwe peilvakken, peilen en hoofdwatergangen. De aanpassingen aan het zuidelijk van de buffer gelegen hoofdwatersysteem zijn weergegeven in Figuur 48**Error! Reference source not found.**.

- In het gebied worden nieuwe waterlopen aangelegd die zorgen voor een goede afwatering. Deze waterlopen worden ook benut voor de afvoer van overtollig regenwater uit de buffer naar het Schoonebeekerdiep.
- Het gebied wordt opgedeeld in een aantal peilvakken (Figuur 49). Om de streefpeilen in te kunnen stellen worden stuwen en peilvak-scheidingen aangebracht.
- Vanaf het Dommerskanaal wordt wateraanvoer gerealiseerd ten behoeve van Buffer Zuid en het naastgelegen landbouwgebied

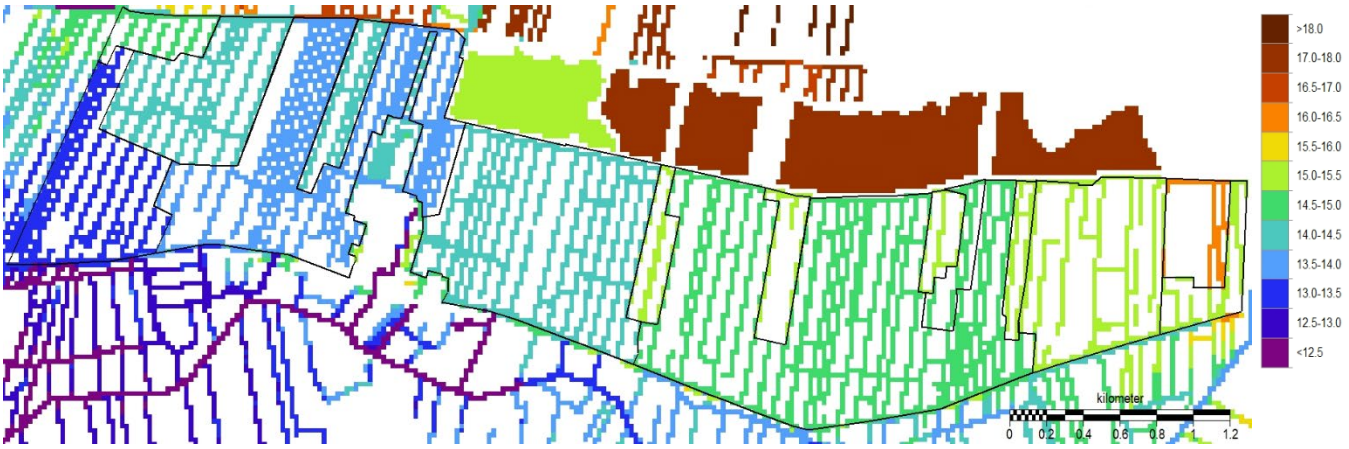
Tussen de hoofdwatergangen liggen er kleinere watergangen en greppels. De aanleg en het onderhoud daarvan is de verantwoordelijkheid van eigenaren, niet van het waterschap. Voor de toekomstige situatie is in de berekeningen ervan uitgegaan dat ook die watergangen worden verbeterd, en een waterpeil krijgen conform het nieuwe GGOR2021. In Figuur 50 tot en met Figuur 52 zijn alle watergangen weergegeven, met winterpeil, zomerpeil en de beschikbaarheid van wateraanvoer.



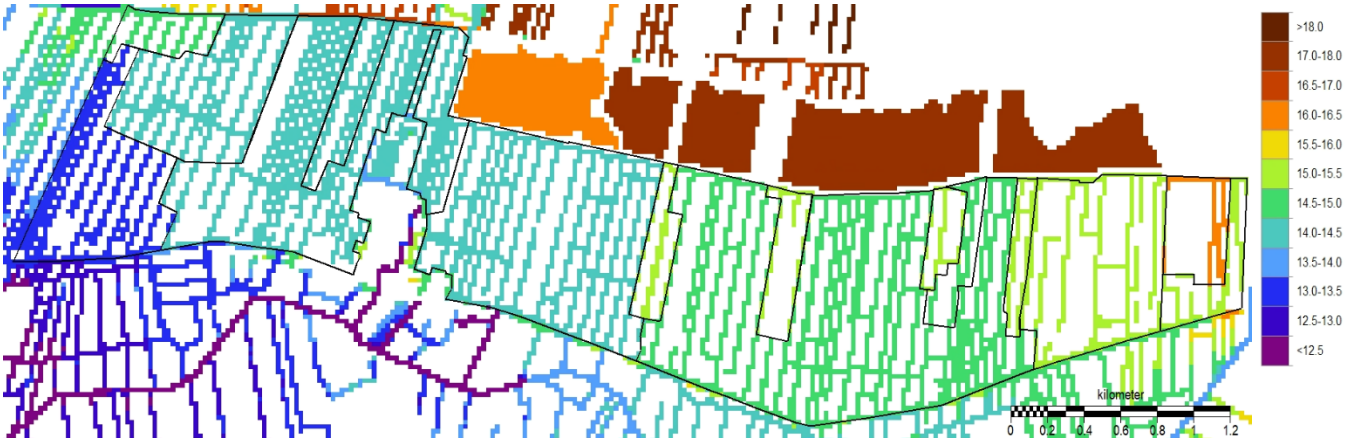
Figuur 48: Overzicht beoogde aanpassingen aan het hoofdwatersysteem



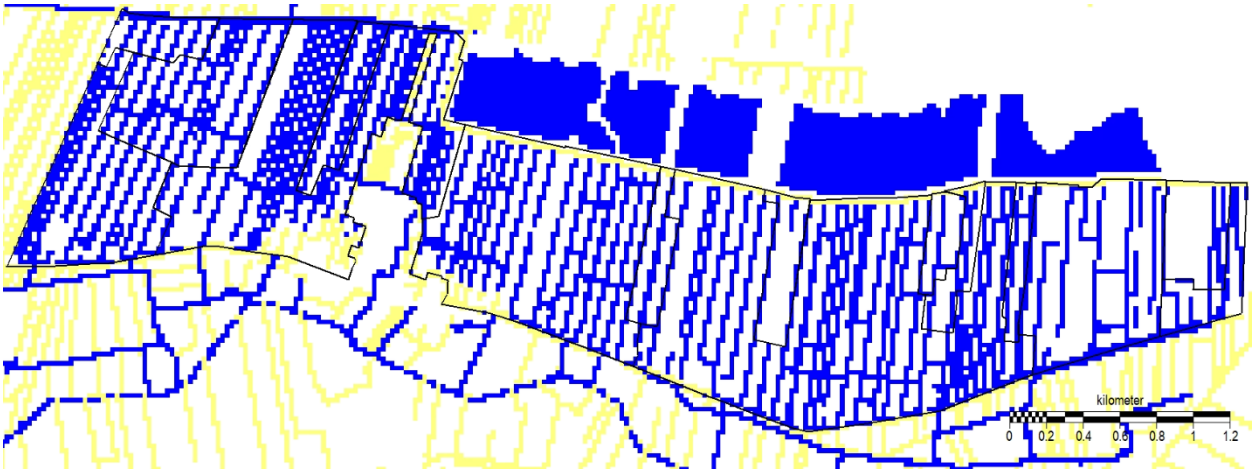
Figuur 49 Toekomstige peilen GGOR 2021



Figuur 50: Gemodelleerde watergangen in de toekomstige situatie met winterpeil [m tov NAP]



Figuur 51: Gemodelleerde watergangen in de toekomstige situatie met zomerpeil [m tov NAP]



Figuur 52: Gemodelleerde watergangen in de toekomstige situatie, gebieden met wateraanvoer (blauw), en gebieden zonder wateraanvoer (geel)

6 Resterende onzekerheden en de gevolgen daarvan voor de toepasbaarheid van het model

Evaluatie van de modelkalibratie: resterende afwijkingen
Het model is een schematisatie van de werkelijkheid. In de werkelijkheid heeft de waterhuishouding en de bodemopbouw van het Bargerveen een complexiteit die niet volledig bekend is en dus niet volledig in het model kan worden verwerkt. Dat uit zich in de afwijkingen die het model vertoont ten opzichte van de metingen. Die afwijkingen kunnen als volgt worden samengevat:

- de freatische grondwaterstanden worden gemiddeld te laag berekend (gemiddelde afwijking 20 cm)
- de stijghoogten in de tussenzandlaag worden gemiddeld te laag berekend (gemiddelde afwijking 20 cm)
- de afwijkingen van de stijghoogten in het watervoerende pakket zijn klein (gemiddeld 0)
- de dynamiek van de grondwaterstand in het model is gemiddeld iets groter dan gemeten

Onze inschatting is dat de afwijkingen met name worden veroorzaakt door drie aspecten:

- de grondwateraanvulling. Omdat in het model geen rekening wordt gehouden met verdampings-reductie kan op plaatsen waar de grondwaterstand in zomers uitzakt tot onder het niveau waarover nog capillaire opstijging kan optreden de verdamping worden overschat. Dat is overigens in grote delen van het Bargerveen, met name rond de baggervelden niet het geval.
- de niveaus waarover afwatering in het Bargerveen plaatsvindt. Deze zijn gebaseerd op de maaiveld-hoogte (AHN) en informatie over de afwateringspeilen van baggervelden en peilvakken in het Bargerveen van Staatsbosbeheer. Het is niet uit te sluiten dat die peilen in werkelijkheid hoger zijn. Dat kan oorzaak zijn van de te lage grondwaterstanden in het model. Het leidt ook tot overschatting van de afvoer over maaiveld en greppels in het model en overschatting van de voeding van de toekomstige buffers
- de weerstand van het veen en de keileem. Het is mogelijk dat deze weerstanden in werkelijkheid nóg hoger zijn dan nu in het model is opgenomen. Dat leidt tot te lage berekende grondwaterstanden in het Bargerveen. Het leidt ook tot onderschatting van de afvoer over maaiveld,

Deze afwijkingen hebben gevolgen voor de beschrijving van de actuele grondwatersituatie:

- de berekende actuele grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld is in delen van het Bargerveen te laag (orde van grootte 20 cm). Die actuele grondwaterstanden worden overigens verder niet gebruikt in het project.
- de berekende afvoeren via maaiveld naar de toekomstige buffers zijn in werkelijkheid mogelijk groter dan het model nu voorspelt. Het model berekent een afvoer uit het Bargerveen via maaiveld (Overland Flow) en greppels (rivers) van 40% van het neerslagoverschot. Dit zou bij verhoging van de weerstand meer worden. Een toename tot 60% van het neerslagoverschot is denkbaar. Dat zou een toename van de cumulatieve afvoer van 50% opleveren.

De waterbalans berekeningen op basis van het grondwatermodel zijn vooral ingezet voor een hydrologische principe afweging om een beeld te verkrijgen van de aanvoervraag en het functioneren van de buffer. Om ook de piekafvoeren en de benodigde berging in de buffers te kunnen en de afvoeren nauwkeuriger te bepalen is voor de verdere optimalisatie van het VKA een gedetailleerd oppervlaktewatermodel opgesteld. Een beschrijving van het oppervlaktewatermodel is opgenomen in de bijlage 15 bij het MER. Bij de totstandkoming van het model is de neerslag-afvoer vanuit het Bargerveen gedetailleerd in beeld gebracht en heeft een plausibiliteitcheck plaatsgevonden met de gebiedsbeheerders.

Effecten van de buffers

De effecten van de buffers op het grondwaterregime in het Bargerveen werken hoofdzakelijk via het volgende proces:

- infiltratie vanuit de buffers naar de ondergrond. De belangrijkste infiltratie vindt plaats in het westelijke vak van het buffergebied (vak 4 in Figuur 38). Daar is de weerstand van de keileem immers laag en kan relatief veel infiltratie optreden. Het grootste deel van het water stroomt naar het watervoerende pakket (dus onder het niveau van de keileem)
- verhoging van de stijghoogte in het watervoerende pakket, met name onder vak 4 van de buffers
- uitstraling van die verhoging in het watervoerende pakket in de omgeving.
- als gevolg daarvan:
  - Effect 1: onder het Bargerveen een verhoging van de stijghoogte in de tussenzandlaag, waardoor het areaal waarbinnen de stijghoogte hoger wordt dan de veenbasis toeneemt. Dit is een gewenst effect.
  - Effect 2: verhoging van de freatische grondwaterstand in het Bargerveen. Door de hogere stijghoogte in de tussenzandlaag neemt de wegzijging af, waardoor de freatische grondwaterstand, met name de GLG, wordt verhoogd. Omdat de weerstand van het veen hoog is, is dit positieve effect zeer klein.
  - Effect 3: in het landbouwgebied en bebouwd gebied: toename van kwel en verhoging freatische grondwaterstanden. Dit is een ongewenst effect wat via maatregelen om de GGOR peilen te realiseren weer ongedaan gemaakt wordt.

Er treden ook andere processen op, waarvan de effecten kleiner zijn:

- infiltratie in de buffervakken 1 tot en met 3. Dat levert op:
  - verhoging van de stijghoogte in de tussenzandlaag. werkt maar in beperkte mate door tot onder het Bargerveen, vanwege het geringe doorlaatvermogen van de tussenzandlaag. Dus een kleine bijdrage aan Effect 1 en Effect 2
  - nauwelijks verhoging van de stijghoogte in het watervoerende pakket, omdat de weerstand van de keileem hoog is.
- En tenslotte heeft de waterstand in de buffers een effect op de uitstroming van grondwater uit het Bargerveen, door het veenpakket. Deze uitstroming neemt af. Daardoor treedt verhoging van de freatische grondwaterstand langs de zuidelijke rand van het Bargerveen op. Vanwege de lage doorlatendheid van het veen treedt dit effect slechts in een smalle zone op.

Gevolgen van de modelonzekerheden voor de effecten van de buffers

De onzekerheden in het model werken als volgt door in de effectbepaling:

- mogelijk te lage grondwateraanvulling in het model. Dit heeft geen directe gevolgen voor de effectbepaling. Wel is het zo dat de afvoer uit het Bargerveen door deze afwijking mogelijk enigszins wordt onderschat, waardoor de waterstanden in de buffers iets hoger zouden kunnen worden, wat doorwerkt in iets grotere effecten op stijghoogten en in een kleinere behoefte aan wateraanvoer om de waterstand in de buffers op peil te houden. Dat zou positief zijn.
- de niveaus waarover afwatering in het Bargerveen plaatsvindt. Als deze in werkelijkheid hoger zijn dan in het model aangenomen, dan heeft dat geen directe gevolgen voor de berekende effecten. Het zou kunnen leiden tot een kleine overschatting van de afvoer.
- de weerstand van het veen. Het is mogelijk dat deze weerstand in werkelijkheid nóg hoger is dan nu in het model is opgenomen. Een hogere weerstand van het veen zou betekenen dat de afvoeren uit het Bargerveen groter zijn dan het model nu berekent. Dat levert in de toekomstige situatie hogere waterstanden in de buffers op, zoals hiervoor toegelicht. Dat werkt gunstig door in stijghoogteverhogingen.
- de weerstand van de keileem. Het is mogelijk dat deze weerstand in werkelijkheid nóg hoger is dan nu in het model is opgenomen. Als de weerstand van de keileem hoger is dan in het model is aangenomen, levert een verhoging van de stijghoogte in het watervoerende pakket (onder de keileem)

een kleiner effect van de maatregel (Effect 1) op in de tussenzandlaag (boven de keileem). Dat zou ongunstig zijn.

- 1. Een grotere weerstand van de keileem levert een verdere spreiding van het effect op de stijghoogte in het watervoerende pakket op. Dit heeft geen effect op het veen. 2. Als de weerstand van de keileem hoger zou zijn dan in het model is aangenomen, dan zou het model een hogere stijghoogte in de tussenzandlaag berekenen en een hogere freatische grondwaterstand. Dan zou de kalibratie mogelijk wat beter zijn, maar het effect van de maatregel wordt er kleiner door.

Bijkomende onzekerheid in het ontwerp

Bij de bepaling van de effecten van de buffers op het grondwaterregime is de weerstand tussen het oppervlaktewater en het grondwater van groot belang. Een lage weerstand leidt tot een hoog infiltratiedebiet en een hoge weerstand tot een laag infiltratiedebiet. Deze weerstand bestaat uit de volgende deelweerstanden:

- keileem in de ondergrond. Keileem komt voor onder de buffervakken 1 tot en met 3. Keileem heeft een hoge weerstand tegen grondwaterstroming (orde duizenden dagen). Als gevolg daarvan is de infiltratie in de vakken 1 tot en met 3 zeer gering en draagt die infiltratie slechts in beperkte mate bij aan het beoogde effect: verhoging van de stijghoogte in het watervoerende pakket (Effect 1)
- restveen in de ondergrond. In het gebied van de buffers ligt restveen. Dat levert weerstand op, waardoor het beoogde effect op de stijghoogte in het watervoerende pakket (Effect 1) wordt beperkt. Het verwijderen van restveen uit buffervak 4 levert een groter beoogd effect op. Het verwijderen van restveen uit de vakken 1 tot en met 3 heeft gezien de hoge weerstand van de keileem nauwelijks gevolgen voor dat effect. In vak 4 is ervoor gekozen om het restveen te verwijderen. In de vakken 1 tot en met 3 wordt hier zo spaarzaam mogelijk mee omgegaan in het ontwerp
- intredeweerstand op de waterbodem. Deze weerstand wordt veroorzaakt door slib en organisch stof dat zich in het oppervlaktewater bevindt, en dat als gevolg van de infiltratie op de waterbodem wordt afgezet. Deze weerstand zal in de loop van de tijd toenemen, waardoor de bodem verstopt raakt en de infiltratieflux afneemt. Daardoor nemen de beoogde effecten van de buffers (Effect 1) in de loop van de tijd af. Dat kan door onderhoud (verwijderen van de sliblaag) worden weggenomen. De intredeweerstand is bij aanvang van de infiltratie 0, maar neemt na verloop van tijd toe. De snelheid waarmee de weerstand toeneemt hangt af van de waterkwaliteit en de productie van biomassa in de buffers. Van infiltratieplassen met oppervlaktewater aangevoerd uit de Maas, met weinig sediment en een geringe hoeveelheid organische stof is bekend dat de intredeweerstand na enkele jaren toeneemt tot orde van grootte 50 dagen. Bij de berekening van de effecten van Buffer Zuid wordt uitgegaan van een weerstand van 150 dagen. Deze weerstand is onzeker, en zal na realisatie van het project met monitoring moeten worden vastgesteld. Deze monitoring levert ook informatie op over de noodzaak van onderhoud (verwijdering van de sliblaag) en de frequentie van onderhoud. De weerstand van de waterbodem en het benodigde onderhoud is vooral relevant in buffervak 4, waar geen keileem in de ondergrond voorkomt.

Van alle onzekerheden in het model achten wij de gevolgen van de onzekerheid over de intredeweerstand van de waterbodem in buffervak 4 het grootst. Als de waterbodem snel verstopt raakt nemen de beoogde effecten op de stijghoogte snel af, en is frequent onderhoud noodzakelijk. Door toename van de intredeweerstand ontstaan geen negatieve effecten op andere belangen.

7 Enkele aspecten naar aanleiding van voorlopig toetsingsadvies van Commissie voor de milieueffectrapportage

7.1 Gevolgen veenafgravingen

Gevolgen veenafgravingen

Het MER geeft aan dat voor de aanleg van plassen in de bufferzone restanten veen tot op de zandbodem worden afgegraven. Informatie over de hoeveelheid veen die wordt afgegraven, en ook een ruimtelijk beeld ervan ontbreekt. Ook is niet aangegeven:

- in hoeverre het afgraven leidt tot een toename van de stijghoogte van grondwater in het Bargerveen;
- in hoeverre het afgraven van (slecht doorlatende) veenlagen en het opzetten van het oppervlaktewaterpeil leiden tot veranderingen in de laterale wegzijging van water uit het Bargerveen en/of kwelbezwaar in het landbouwgebied;
- hoe bovenstaande in het model is verwerkt en wat de onzekerheid is in de berekende infiltratiehoeveelheden.[8]

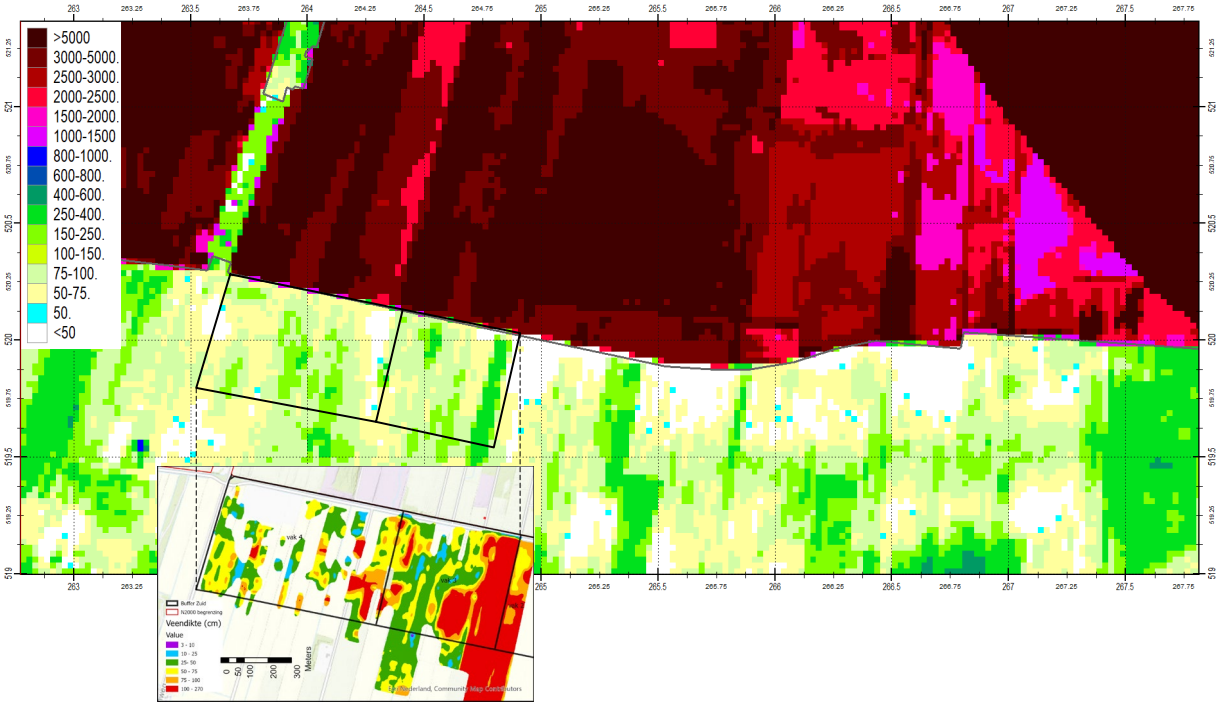
Beschrijf in een aanvulling op het MER de (onzekerheden in de) gevolgen van het afgraven van het veen voor de stijghoogte van grondwater in het Bargerveen, de laterale wegzijging uit het Bargerveen en/of kwelbezwaar in het landbouwgebied.

[8] Het rapport Landschapsecologische systeemanalyse Schoonebeekerveld, Bargerveen stelt dat het model de wegzijging vanuit de dikke veenpakketten overschat. Niet is aangegeven waarop deze constatering gebaseerd is en of mogelijk hetzelfde geldt voor de bufferzone zelf.

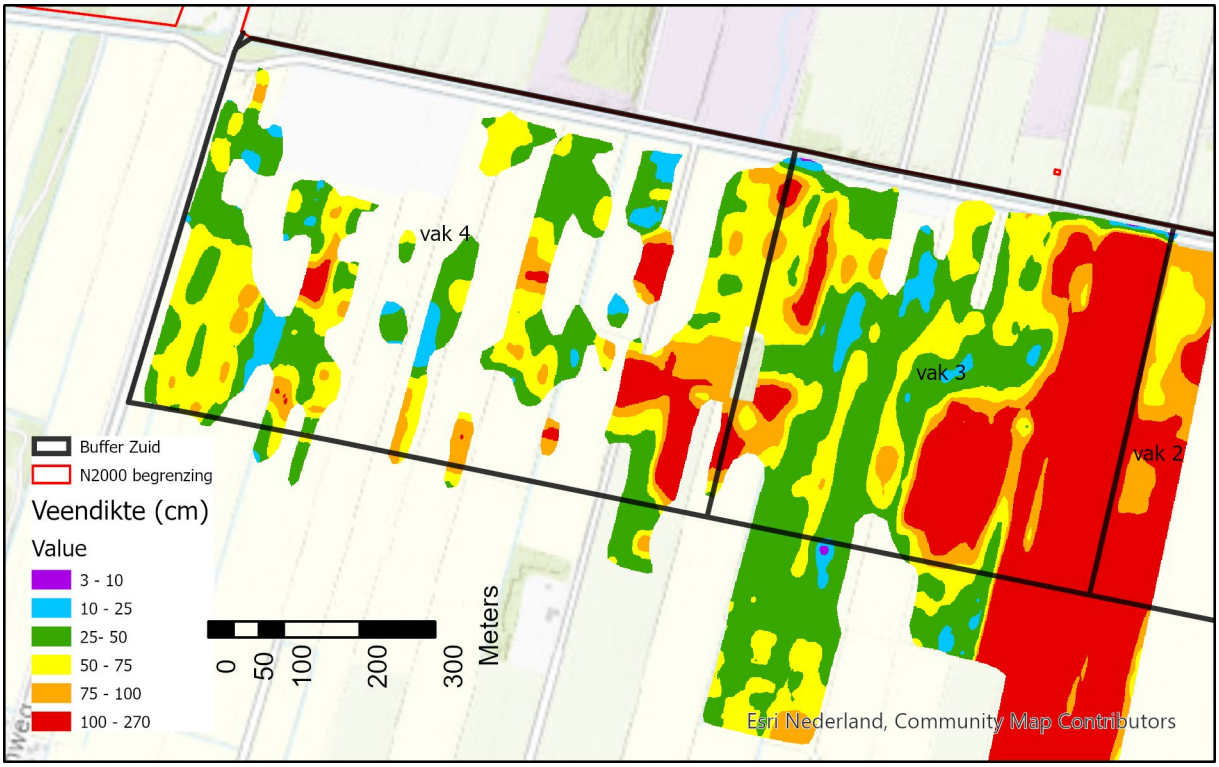
In deze paragraaf wordt eerst beschreven wat bekend is over de weerstanden van veen en keileem in het gebied van de buffers. Een deel van die gegevens is beschikbaar gekomen nadat het grondwatermodel is opgesteld. Dit betreft boorgegevens op basis van een door Raap uitgevoerd archeologisch onderzoek en geofysisch uitgevoerd booronderzoek. In de tekst wordt aangegeven wat die aanvullende informatie betekent voor de conclusies over effecten van het afgraven van het veen.

7.1.1 Veendikte op basis van geofysisch onderzoek

In 2021 heeft door Medusa nader geofysich onderzoek plaatsgevonden naar het voorkomen van veen en keileem in de ondergrond ter plaatse van een deel van de toekomstig aan te leggen buffer. Onderstaande kaart toont de dikte van het restveen in het gebied van de buffers. Dit is gebaseerd op veldonderzoek [Medusa 2021].



Figuur 53: Bovenste figuur: weerstand van het (rest)veen in het gekalibreerde model [dagen]. Onderste figuur: veendikte [cm] op basis van booronderzoek en geofysisch onderzoek uitgevoerd ná opstellen van het model, zie ook Figuur 54.



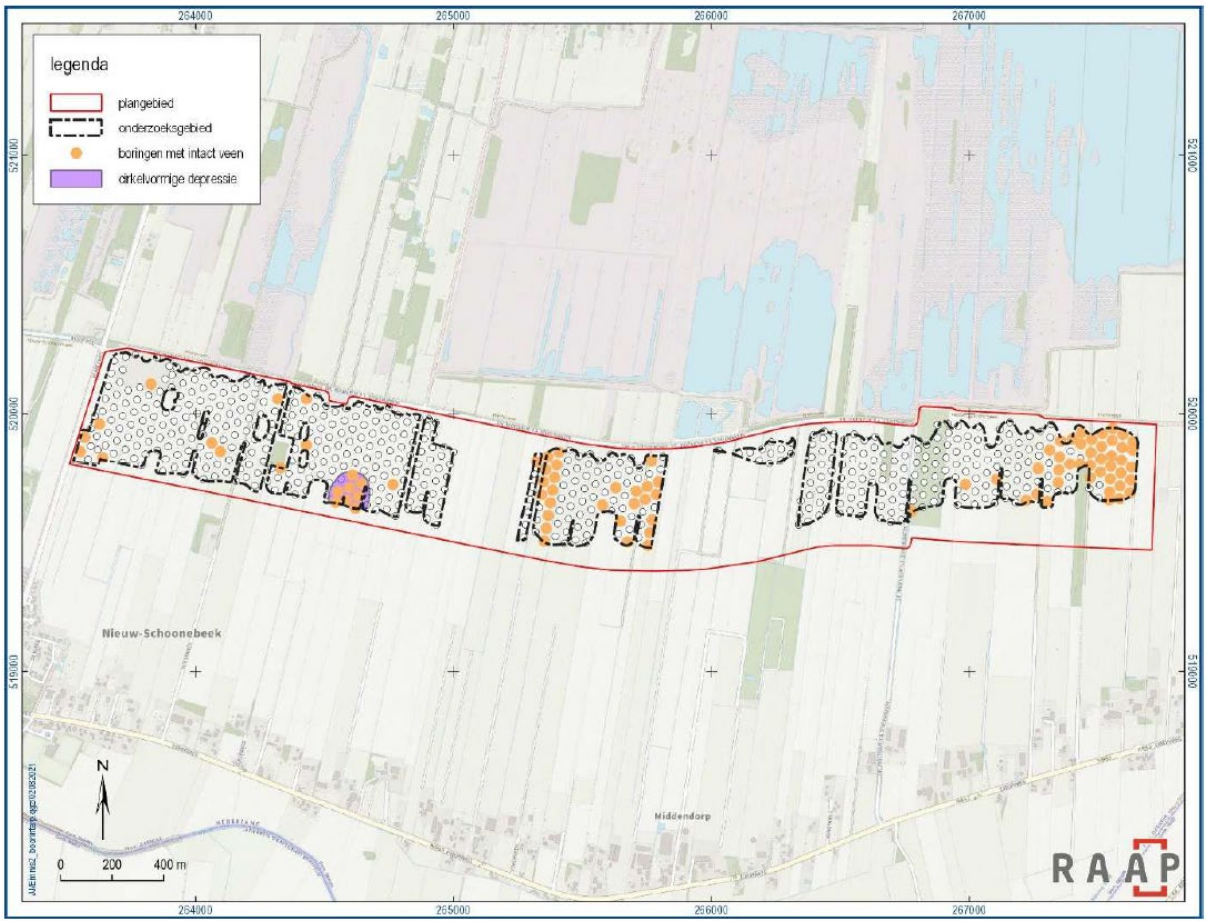
Figuur 54: dikte van restveen in het gebied van buffer 4, buffer 3 en het westelijk deel van buffer 2 (op basis van booronderzoek en geofysisch onderzoek [Medusa 2021])

7.1.2 Veendikte op basis van archeologisch onderzoek in het gebied van de buffervakken

In 2021 heeft Raap archeologisch onderzoek uitgevoerd. In het maaiveld zijn grote verschillen in hoogte te zien tussen de verschillende percelen; een eerste indicatie dat het veen in het onderzoeksgebied niet overal in dezelfde mate is afgegraven en dat in de percelen verschillende grondbewerkingen hebben plaatsgevonden. Het feit dat er per perceel weinig reliëf te zien was in een gebied waar wel veel natuurlijk reliëf te verwachten is, duidt erop dat delen van percelen zullen zijn opgehoogd, afgegraven en/of geëgaliseerd. De maaiveldhoogte varieert tussen 15 en 18 m +NAP.

Globale beschrijving laagopeenvolging [Raap 2021]
De laagopeenvolging (lithologie) en interpretatie (lithogenese) van de bodem wordt van boven naar beneden beschreven. De toplaag bestaat in het gehele onderzoeksgebied uit een bouwvoor op een pakket recent verstoorde grond. De dikte van dit pakket (inclusief bouwvoor) varieert van 0,2 tot 2,85 m maar is overwegend tussen 0,75 en 1,5 m dik. Het pakket bestaat wisselend uit zand met zand- en/of veenbrokken en uit veen met zand- en/of veenbrokken. De kleur van de zandbrokken binnen de verstoorde laag in grote delen van het onderzoeksgebied (vaak bruin, grijs, geel) laat zien dat ze afkomstig zijn uit een verstoorde podzolbodem. Een lokale loonwerker gaf tijdens het veldwerk aan dat in dit gebied grootschalige grondverbetering heeft plaatsgevonden met behulp van graafmachines. Dat verklaart de vaak diepe verstoring van het bodemprofiel.

Onder de bouwvoor/recent verstoorde laag is in 82 boringen (Figuur 55) nog intact veen aanwezig. Dit pakket varieert in dikte van 0,07 m tot 1,45 m en het bestaat overwegend uit mineraalarm mosveen (hoogveen) met aan de basis soms een zandig, vaak amorf veen of gyttja op de overgang naar het onderliggende pleistocene zand. Ter plaatse van de boringen 195, 196 en 209 t/m 214 is eveneens een pakket intact organisch materiaal aanwezig met een dikte tot maximaal 2,1 m. Hier is sprake van een cirkelvormige depressie in het (dek)zandlandschap. Deze locatie zal hieronder nader besproken worden. Onder het veen en in de overige boringen direct onder de bouwvoor/recent verstoorde laag bevindt zich in het grootste deel van het onderzoeksgebied pleistoceen dekzand. In een aantal boringen in het oosten van het onderzoeksgebied is de top van het dekzand verspoeld. In een aantal gevallen is de zandige ondergrond geschaard onder de noemer ‘pleistoceen zand’ omdat niet met zekerheid kon worden bepaald of het (verspoeld) dekzand betrof of dat het pleistocene zand op een andere manier (niet eolisch maar bijvoorbeeld fluviatiel) in deze delen van het onderzoeksgebied is afgezet. Tenslotte is in 62 boringen de laagopeenvolging verstoord tot in het keizand/keileem. Twee boringen (boringen 125 en 353) konden vanwege de aanwezigheid van een steen in de verstoorde laag niet worden doorgezet tot in de (pleistocene) ondergrond.

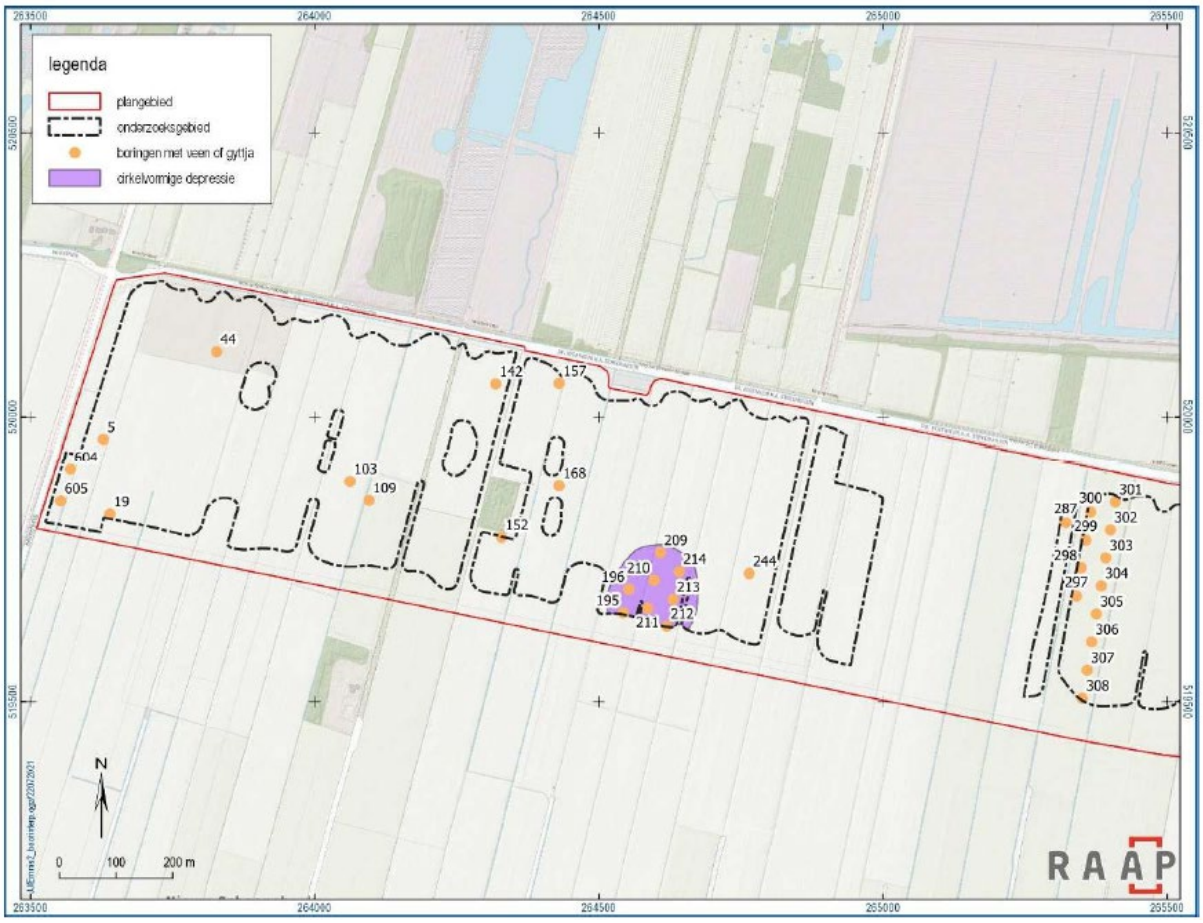


Figuur 55: Boringen met intact veen (bron RAAP-RAPPORT 5296)

Veen in een kleine cirkelvormige depressie in buffervak 3 [Raap 2021]

In het zuidwesten van het onderzoeksgebied is in de boringen 195, 196 en 209 t/m 214 onder de recent verstoorde (veen)laag een intact pakket organisch materiaal met een dikte van maximaal 2,1 m (boring 211) aangetroffen (zie Figuur 56). Het intacte organische materiaal bestaat uit een mineraalarme detritusgyttja die overgaat in een zandige detritusgyttja en zandige gyttja. Op dit intacte pakket bevindt zich nog een dik pakket verstoord veen (maximaal 2 m dik; boring 210) waarvan niet met zekerheid te zeggen is of dit materiaal in de depressie hoort of bijvoorbeeld later is ingeschoven.

De depressie is het diepst ter hoogte van boring 210. Hier reikt het organische materiaal tot een diepte van maximaal 4,27 m -mv (11,02 m +NAP). Onder het organische materiaal is pleistoceen zand aangeboord. Of de cirkelvormige depressie een pingoruïne betreft, is niet met zekerheid te zeggen. In ieder geval kan de relatief diep reikende organische vulling een schat aan informatie bevatten over de landschappelijke, paleohydrologische en paleo-ecologische ontwikkeling van de regio rond Nieuw-Schoonebeek over (mogelijkerwijs) een groot deel van het Holoceen.



Figuur 56: Cirkelvormige depressie met organische vulling tot 4,3 m-mv [RAAP 2021]

7.1.3 Beoordeling van de in het model opgenomen weerstand van het restveen naar aanleiding van nieuw grondonderzoek

Uit **Error! Reference source not found.**het uitgevoerde onderzoek blijkt dat in Buffer 4 in ongeveer de helft van het areaal geen restveen is aangetroffen en in ongeveer 30% van het areaal ruim 0,5 m restveen. De hydraulische weerstand van veen hangt af van de mate waarin het veraard is en de mate van consolidatie. Bij de opbouw van het model is voor veen met diktes tot 0,5 m een verticale doorlatendheid van 0,01 m/dag aangenomen. Veen met een dikte van 0,5 m heeft dan een weerstand van 50 dagen. Dat stemt overeen met de weerstand die in het model is opgenomen: ongeveer de helft van het gebied heeft een weerstand lager dan 50 dagen en de andere helft iets hoger (50-100 dagen). In vak 3 ligt vrijwel overal restveen, in grote delen ervan een meter. Uitgaande van een verticale weerstand van veen tussen 0,5 en 1 m dik van 0,001 m/dag is de weerstand van 1 m veen dan orde 50+500 dagen. In het model heeft het veen in vak 3 een weerstand van maximaal circa 300 dagen, dat zou dus een onderschatting van de werkelijke weerstand betekenen.

Deze laatste onderschatting heeft weinig gevolgen voor de berekende effecten van de buffer, omdat onder vak 3 de keileem een weerstand heeft van orde 2000-3000 dagen. Die weerstand bepaalt in hoge mate de infiltratie naar het onderliggende watervoerende pakket, en die is in de vakken 1-3 daarom sowieso gering, ongeacht de weerstand van het veen.

Gevolgen van afgraven van veen in buffer 4
In het gebied van buffer 4 wordt grond verwijderd. Deze grond is nodig voor het aanleggen van de kades rond de buffers. Het verwijderen van restveen heeft tevens als doel de infiltratie naar de ondergrond te bevorderen en daarmee de stijghoogte in de tussenzandlaag onder het veen te verhogen. De beoogde systeemwerking van de buffer staat beschreven in paragraaf 2.5.2 van het MER.

In grote delen van buffer 4 komt geen veen in de bodem voor. In ongeveer 50% van buffer 4 ligt restveen met een dikte van 0 tot 50 cm. De weerstand van dit restveen is orde van grootte 50 dagen.

Als dit restveen wordt verwijderd, dan zal in eerste instantie de infiltratie vanuit buffer 4 naar de ondergrond groter zijn dan in het MER is beschreven, maar omdat de bodem na verloop van tijd verstopt raakt loopt we weerstand op. Voor de effectbepaling in het MER gaan we uit van een weerstand van 150 dagen. Zoals in hoofdstuk 6 is toegelicht moet de snelheid van verstopping door monitoring worden bepaald. Als de weerstand bij aanvang lager is dan 150 dagen en dit eventueel tot ongewenst grote effecten leidt en het risico op wateroverlast, dan kan dat worden terugebracht door het waterpeil in buffer 4 wat te verlagen. Als de weerstand oploopt zodat het gewenste effect niet wordt bereikt, dan moet met terugkerend onderhoud (verwijderen van slib van de waterbodem) de weerstand worden verlaagd.

Als dit restveen niet wordt verwijderd levert dat bij aanvang van het project waarschijnlijk een reductie van de beoogde effecten op van orde van grootte 30%. De infiltratie zal zich concentreren op de delen van vak 4 waar geen restveen voorkomt. Die delen worden meer doorstroomd en zullen daardoor sneller verstopt raken.

Afgraven van veen in buffers 1 tot en met 3
In buffers 1 tot en met 3 komt ook restveen voor. Het afgraven van dit veen leidt nauwelijks tot grotere effecten van de buffers, vanwege de hoge weerstand van de keileem onder die vakken.

Gevolgen van het afgraven van veen voor de lange termijn
Het ontwikkelen van natuur of veenontwikkeling is in het gebied van de buffers is geen doel van het project. Het verwijderen van restveen verkleint in het gebied van de buffers de kansen voor natuurlijke ontwikkeling van veen op de zeer lange termijn (decennia, eeuwen).

7.2 Gevolgen waterhuishoudkundige maatregelen in het landbouwgebied

Gevolgen waterhuishoudkundige maatregelen in het landbouwgebied

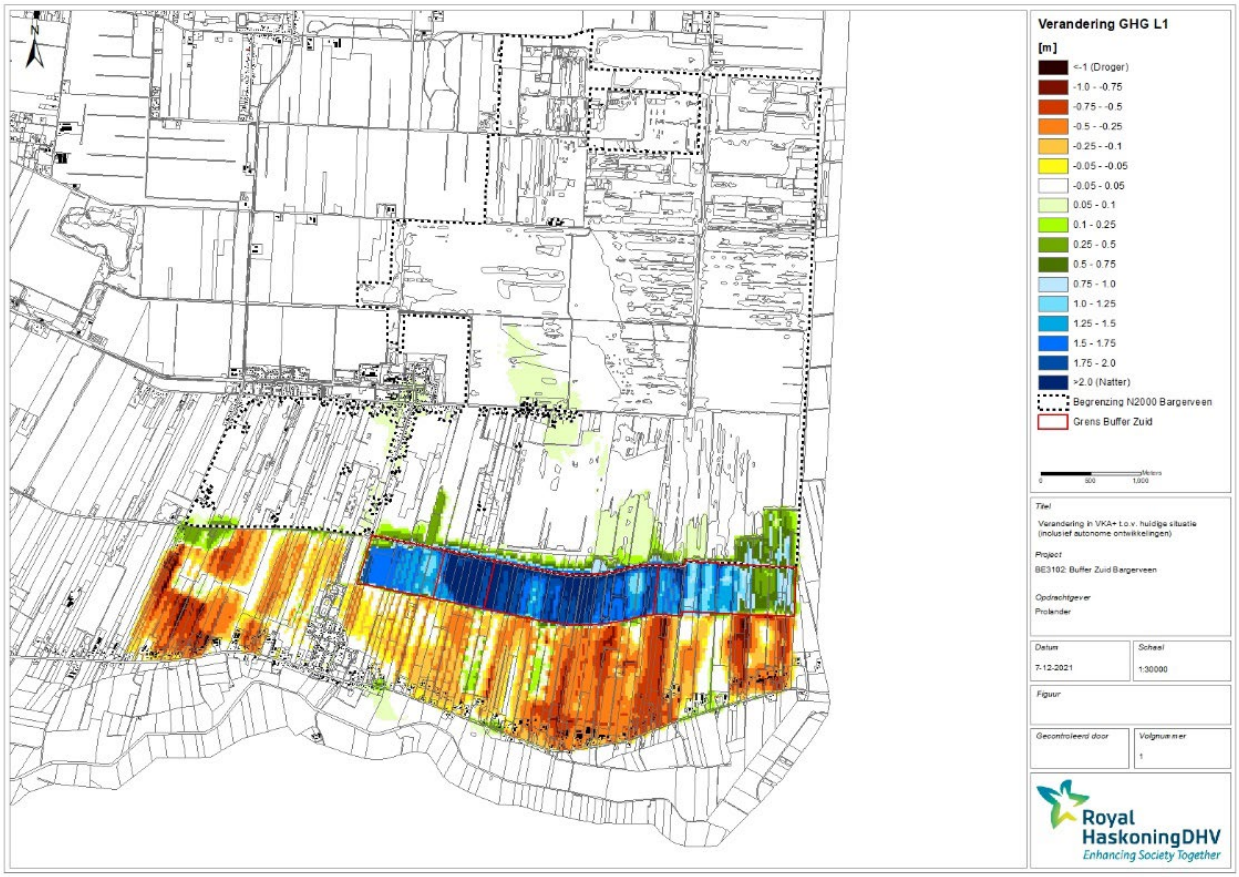
Voor het hydrologisch onderzoek zijn de peilvakken van 2008 gebruikt. Een actualisering van het Gewenst Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR) heeft plaatsgevonden in 2021, wat heeft geleid tot een aantal aanpassingen van de peilen en peilvakken. Het aanleggen van de bufferzone maakt onderdeel uit van het GGOR. In het GGOR zijn ook de waterpeilen vastgelegd die de gewenste drooglegging voor de landbouw bewerkstelligen. Tevens voorziet het GGOR in de aanleg van een kwelsloot om negatieve effecten van de buffer naar de omgeving te voorkomen. Niet expliciet beschreven is hoe de toekomstige waterhuiskundige ingrepen (zoals bijvoorbeeld de kwelsloot) zijn opgenomen in het model, en welke onzekerheden daar eventueel nog bij bestaan. Het rapport 'Principe afweging inrichting Buffer Zuid' wijst er op dat de effecten alleen bereikt kunnen worden als alle watergangen op het nieuwe peil worden aangelegd en de slootbodems worden verlaagd. Om deze redenen valt niet vast te stellen met welke mate van nauwkeurigheid de verandering van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) in het landbouwgebied is bepaald, en hoe dit de beoordeling van de (negatieve) effecten kan beïnvloeden.

Beschrijf in een aanvulling op het MER hoe de toekomstige waterhuishoudkundige ingrepen, zoals bijvoorbeeld de kwelsloot, zijn opgenomen in het model en welke gevolgen deze hebben voor (de onzekerheden in) de grondwaterstanden in het Bargerveen, de bufferzone en het landbouwgebied. Geef aan hoeveel van de toegenomen infiltratie via de kwelsloot wordt afgevoerd. Beschrijf ook welke onzekerheden er nog bestaan rondom te nemen waterhuishoudkundige maatregelen in het landbouwgebied.

Het grondwatermodel, zoals in de voorgaande hoofdstukken beschreven, bevat het oppervlaktewater-systeem zoals dat er in de rekenperiode (2004-2014) en de kalibratieperiode (2008-2014) bij lag. In paragraaf 5.3 is beschreven op welke wijze de (toekomstig) te realiseren peilen van het GGOR 2021 zijn opgenomen in de modelberekeningen.

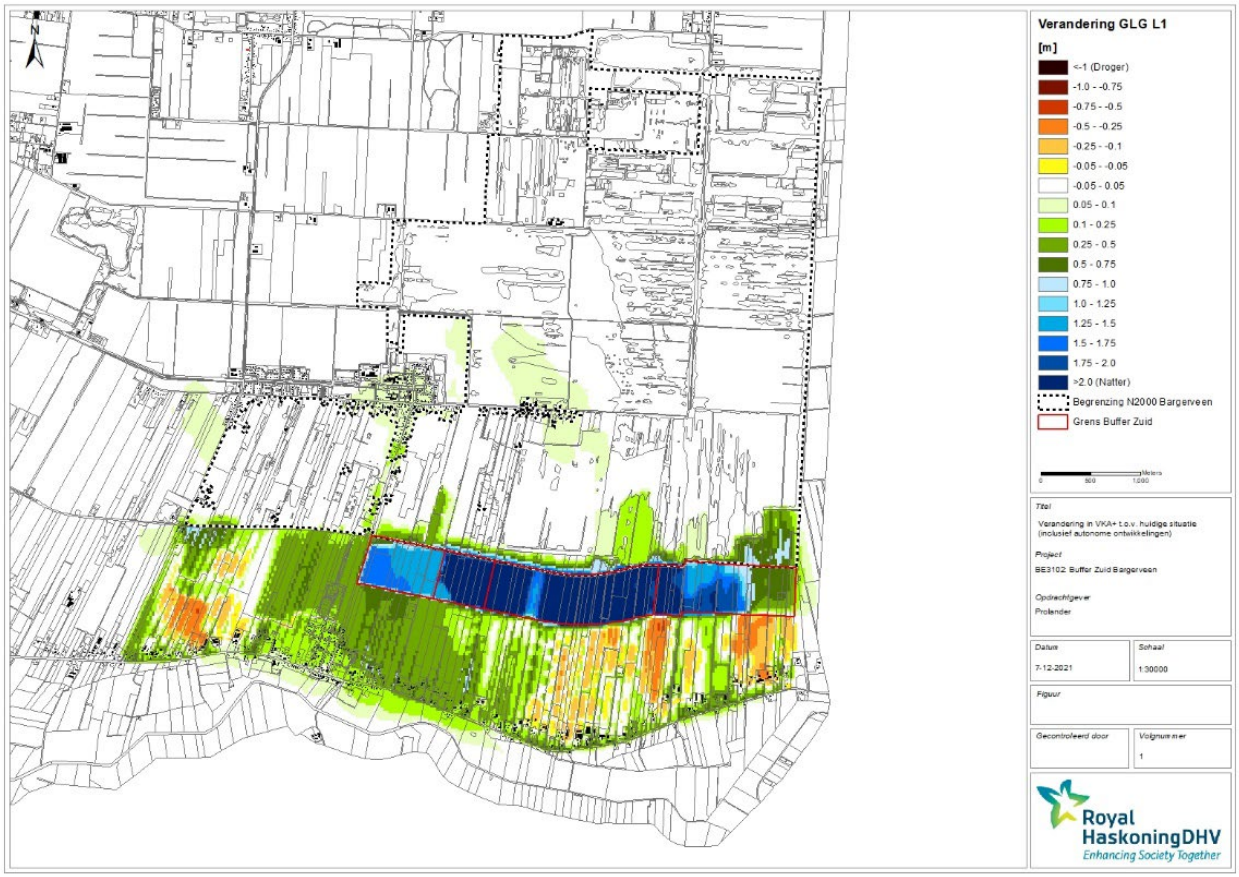
De effecten van alle ingrepen samen (het VKA voor de buffers en het GGOR 2020) op GHG en GLG staan in Figuur 57 en Figuur 58.

Uit de berekeningen volgt dat de GHG in het landbouwgebied ten opzichte van de huidige situatie op veel plaatsen wordt verlaagd. Dit is het gevolg van aangepaste waterpeilen, maar ook van het feit dat in de berekening is aangenomen dat de in het GGOR voorziene detailontwatering ook daadwerkelijk wordt aangelegd. de GHG in het Bargerveen (en ook de stijghoogte in de tussenzandlaag onder het Bargerveen) worden verhoogd, als gevolg van het dempen van de watergang langs de Stheemanstraat en als gevolg van de hoge peilen in de buffers. Het Bargerveen wordt door die maatregelen als het ware afgeschermd van de verdroging die het gevolg is van de verbeterde landbouwontwatering.



Figuur 57: Berekende verandering van de GHG als gevolg van VKA+ ten opzichte van de huidige situatie

De GLG wordt in het grootste deel van het landbouwgebied hoger dan in de huidige situatie. In het oostelijk deel zijn kleinere vlakken met verlagingen. De grondwaterstand in het Bargerveen en de stijghoogte in de tussenzandlaag onder het Bargerveen wordt verhoogd.



Figuur 58: Berekende verandering van de GLG als gevolg van VKA+ ten opzichte van de huidige situatie

De nieuwe oost-west georiënteerde hoofdwatergang zuidelijk van de buffers (ook wel aangeduid als “kwelsloot”) heeft meerdere functies. Zoals de naam aangeeft zal er geïnfiltreerd water uit de buffers opkwellen in die sloot, maar dat is niet de belangrijkste functie. Als die kwelsloot niet zou worden aangelegd zou die kwel worden afgevoerd naar koppen van alle noord-zuid georiënteerde landbouwwatergangen. De kwelsloot draagt dus niet wezenlijk bij aan het verlies van water uit de bekkens. De belangrijkste functie van de “kwelsloot” is een waterhuishoudkundige functie: afvoer van water in natte perioden, en aanvoer van water in droge perioden.

De belangrijkste onzekerheid over de waterhuishoudkundige maatregelen in het landbouwgebied is de vraag of de detailontwatering door de eigenaren ook daadwerkelijk zal worden aangelegd en onderhouden. Als dat niet het geval zou zijn dan zou dit in het betreffende deel van het landbouwgebied tot hogere grondwaterstanden leiden, met name in de winter (GHG). Voor het Bargerveen leidt dat niet tot significant andere effecten. De effecten in het Bargerveen worden gedomineerd door de buffers en het dempen van de huidige sloot langs de Stheemanstraat.

7.3 Gevolgen (zeer) droge zomers

Gevolgen (zeer) droge zomers

In het MER en in de door de Commissie ontvangen aanvullende informatie is aangegeven dat waterbalansen zijn opgesteld om een beeld te krijgen van de benodigde hoeveelheden water tijdens nat, gemiddeld en droog jaar. De uitkomsten daarvan zijn gepresenteerd, maar de onderliggende berekeningen en aannames niet. Daardoor is niet duidelijk of de benodigde hoeveelheden inlaatwater altijd voor handen zijn, bijvoorbeeld tijdens (zeer) droge zomers. Als dit niet het geval is heeft dit gevolgen voor het waterpeil en daarmee de effectiviteit van de bufferzone.

Presenteer in een aanvulling op het MER de onderliggende methode en de gedane aannames van de waterbalansberekeningen. Ga daarbij specifiek in op de effectiviteit van de bufferzone tijdens een (zeer) droge zomer. Geef aan welke (aanvullende) maatregelen mogelijk zijn om het benodigde waterpeil ook in een (zeer) droge zomer te kunnen handhaven.

De waterbalansberekeningen zijn toegelicht in paragraaf 4.7. In droge jaren (2009 tot en met 2011 bijvoorbeeld) is de berekende afvoer uit het Bargerveen 40% van de afvoer in een nat jaar als 2014. Lage afvoeren in droge jaren leiden tot lagere waterstanden in de buffers, het in de zomer droogvallen van buffer 4, en daardoor in droge zomers significant kleinere effecten.

Deze afname van effecten kan worden gecompenseerd met wateraanvoer. In een verdere optimalisatie onderbouwd met behulp van een oppervlaktewatermodel (zie Technisch achtergrondrapport oppervlaktewatermodel Bargerveen en Buffer Zuid) zijn benodigde aanvoer-hoeveelheden bepaald, met een optimalisatie van de waterhuishouding en het peilbeheer in de bekkens.

Naar aanleiding van bovengenoemde vraag van de CieMER is gewerkt aan de volgende optimalisatie om meer water vast te houden de aanvoer behoefte te minimaliseren en het peil in de droge zomers te handhaven:

- Verhogen maximumpeilen in de buffervakken, waardoor in de winter meer ruimte beschikbaar is om water vast te houden.
- Conserveren van landbouwwater in de winter in de buffervakken om water te bergen dat in de zomer kan worden ingezet.
- In dat laatste geval wordt water aangevoerd vanuit het noordoostelijke landbouwgebied via het Dommerskanaal.

Naast bovengenoemde technische maatregelen is de positie van de buffer in de verdringingsreeks bestuurlijk vastgelegd in het beleid van waterschap en provincie (Provinciale Omgevingsverordening (POV) en Waterakkoorden). De buffer staat in categorie 1.

7.4 Gevolgen beregeningsputten

Gevolgen beregeningsputten

Het rapport 'Landschapsecologische systeemanalyse Schoonebeekerveld, Bargerveen' geeft aan dat grondwaterwinning en andere onttrekkingen uit het grondwater in de omgeving van het hoogveenreservaat, grote effecten kunnen hebben op de stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerende pakket direct onder het Natura 2000-gebied. Mede in verband met de recente zeer droge zomers slaan agrariërs in toenemende mate putten om grondwater te onttrekken voor beregening van landbouwgrond. Het MER beschrijft niet het effect van deze onttrekkingen op de hydrologie van de bufferzone en het Bargerveen.

Presenteer in een aanvulling op het MER, aan de hand van aannames voor de mate van grondwateronttrekking in de omgeving, de gevolgen op de grondwaterstanden in de bufferzone en het Bargerveen. Geef aan wat de gevolgen zijn voor de hoeveelheid water die moet worden ingelaten.

In deze paragraaf geven wij een korte reflectie op de vagen .
Deze MER is niet bedoeld is als een controle van beleid, en ook niet bedoeld om aanvullend beleid te maken. Dus we volstaan met de constatering dat (heel veel) grondwateronttrekkingen effect zouden kunnen hebben op het Bargerveen, maar dat dit niet in de reikwijdte van dit MER zit. Vanuit bestaand beleid is het nu mogelijk binnen bepaalde grenzen (locatie en debiet) grondwater te onttrekken. Provincie en waterschap hebben beleid hiervoor en zijn bezig met verder beleid te formuleren en uitvoering hieraan te geven.

Het aantal onttrekkingen dat voorkomt in dit overwegende graslandgebied is klein. Grasland wordt veelal afgewisseld met akkerbouw. In het LGR staan voor het totale gebied Nieuw-Schoonebeek 5 vergunning geregistreerd, waarvan 1 van de gemeente is voor het beregenen van sportvelden.

Met de wateraanvoer die hier wordt gerealiseerd wordt beregening uit oppervlaktewater mogelijk. Voor de waterbehoefte is gewerkt met een aanvoernorm van 0.4 l/s/ha. Eventuele extra onttrekkingen uit het grondwater hebben geen invloed op deze norm en ook niet op grondwaterstanden in de buffer. De range van peilen waarmee gewerkt wordt verandert niet. Voor de totale aanvoercapaciteit maakt het niet uit of dit direct uit oppervlaktewater is of indirect uit grondwater. Meer vraag zal meer aanvoer vergen. Met de berekende capaciteiten kan tot een bepaald niveau geleverd worden. Voor extremen heeft provincie en waterschap beleid, namelijk de verdringingsreeks. De buffer staat in categorie 1.

8 Bronnen

[Commissie voor de milieueffectrapportage 2021]
Bufferzone Zuid, Bargerveen. Bufferzone Zuid, Bargerveen. Voorlopig toetsingsadvies over het milieueffectrapport. 23 juni 2021 / projectnummer: 2854

[CTV, 2000]
Vereniging voor Landinrichting. Cultuurtechnisch vademecum. Uitgegeven door Elsevier, Doetinchem 2000.

[de Vries et al, 2014]
F.de Vries, D.J.Brus, B.Kempen, F.Brouwer en A.H.Heidema.
Actualisatie bodemkaart veengebieden. Deelgebied 1 en 2 en Noord-Nederland. 2014, Alterra rapport 2556: http://edepot.wur.nl/314315

[Grontmij/Bram Bot 2007]
GGOR Bargerveen: Notitie toelichting model "Bram Bot" + beknopte varianten studie. Grontmij, kenmerk pn. 227777/ss2. 13 december 2007

[TNO 2014]
R. Vernes, D. Meijers, A. Menkovic. Kartering en parametrisatie van veen en ondiep zand in en rond het Bargerveen TNO2014R11345; TNO, 12 november 2014.

[Grontmij 2014a]
S. Rijpkema en S. Schunselaar. MIPWA modelopzet Bargerveen. Actualisatie basisgegevens + nieuw lagenmodel. Definitief. Refnr 326801. Grontmij Nederland BV Groningen, 17 februari 2014

[Grontmij 2014b]
S. Schunselaar, K. van der Hauw, P. Dik. MIPWA model Bargerveen. Validatie, aanpassing en kalibratie model. Definitief. Refnr 335401/ss. Grontmij Nederland BV Groningen, 12 december 2014.

[Jansen et. al. 2019]
A. Jansen en A. Grootjans. Veenboek.
In het bijzonder hoofdstuk 4: J. Schouwenaars, S. van der Schaaf en J. von Asmuth. De waterhuishouding van hoogvenen

[KNMI, 2011]
KNMI Klimaatatlas. Langjarige gemiddelden 1981-2010. Uitgave 2011.
http://www.klimaatatlas.nl/

[KNMI 2014]
KNMI14 Daily Grids, TR-346, Version number 1.0
dr. R. Sluiter, KNMI, juli 2014

[Medusa 2021]
Drs. H. Jonkman/Drs. S. Ceulemans
Grondradaronderzoek naar keileem Buffer Zuid Bargerveen.
Medusa Rapport/versie 2021-P-713 definitief V2

[Royal HaskoningDHV, 2016]
MER Bufferzone Noord-Zwartemeer. Royal HaskoningDHV in opdracht van Prolander. Referentie: WATBD5038R001F03

[TNO, 2007]
2007-U-R0972/A MIPWA Methodiekontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van Waterbeheer. TNO, sept. 2007

[van der Schaaf 1999]
S. van der Schaaf. Proefschrift. Analysis of the hydrology of raised bogs in the Irish Midlands. A case study of Raheenmore Bog and Clara Bog

[van Walsum 1998]
Walsum, P.E.V. van; Gaast, J.W.J. van der; te Beest, J.G.. De waterhuishouding van het Bargerveen en het herinrichtingsgebied Schoonebeek; veldonderzoek en simulatie van de regionale hydrologie. DLO - Staring Centrum, 1998 (rapport 534.1).

[Wareco 2012]
Grondwateronderzoek Zwartemeer. KL33, RAP20120110

Bijlage

A1 Beschrijving eerder opgestelde modellen

Royal HaskoningDHV

Beschrijving eerder opgestelde grondwatermodellen

Voor het Bargerveen en omgeving zijn eerder de volgende grondwatermodellen opgesteld:
- Simgro model [van Walsum 1998]
- MicroFem-model ten behoeve van het GGOR [Grontmij/Bram Bot, 2007]
- Mipwa v2.0 [TNO 2007]
- MIPWA model Bargerveen [Grontmij, 2014a en 2014b]
- MIPWA Grondwatermodel ten behoeve van Buffer Noord [RHDHV 2016]

Het Simgro-model en het MicroFem-model (GGOR) zijn gebaseerd op gegevens die deels verouderd zijn. De overige modellen worden in de volgende paragrafen toegelicht.

A1.1 Mipwa v2.0

Mipwa v2.0 is een bovenregionaal model van heel Noord-Nederland. Het is een verbeterde versie van het oorspronkelijke Mipwa v1.1 [TNO 2007]. Het is een stationair model, waarin de gebruikte grondwateraanvulling (neerslag minus verdamping) gelijk is aan het gemiddelde voor de periode 1989-2001, zoals berekend met het niet-stationaire MIPWA model v1.1 in de module Capsim.

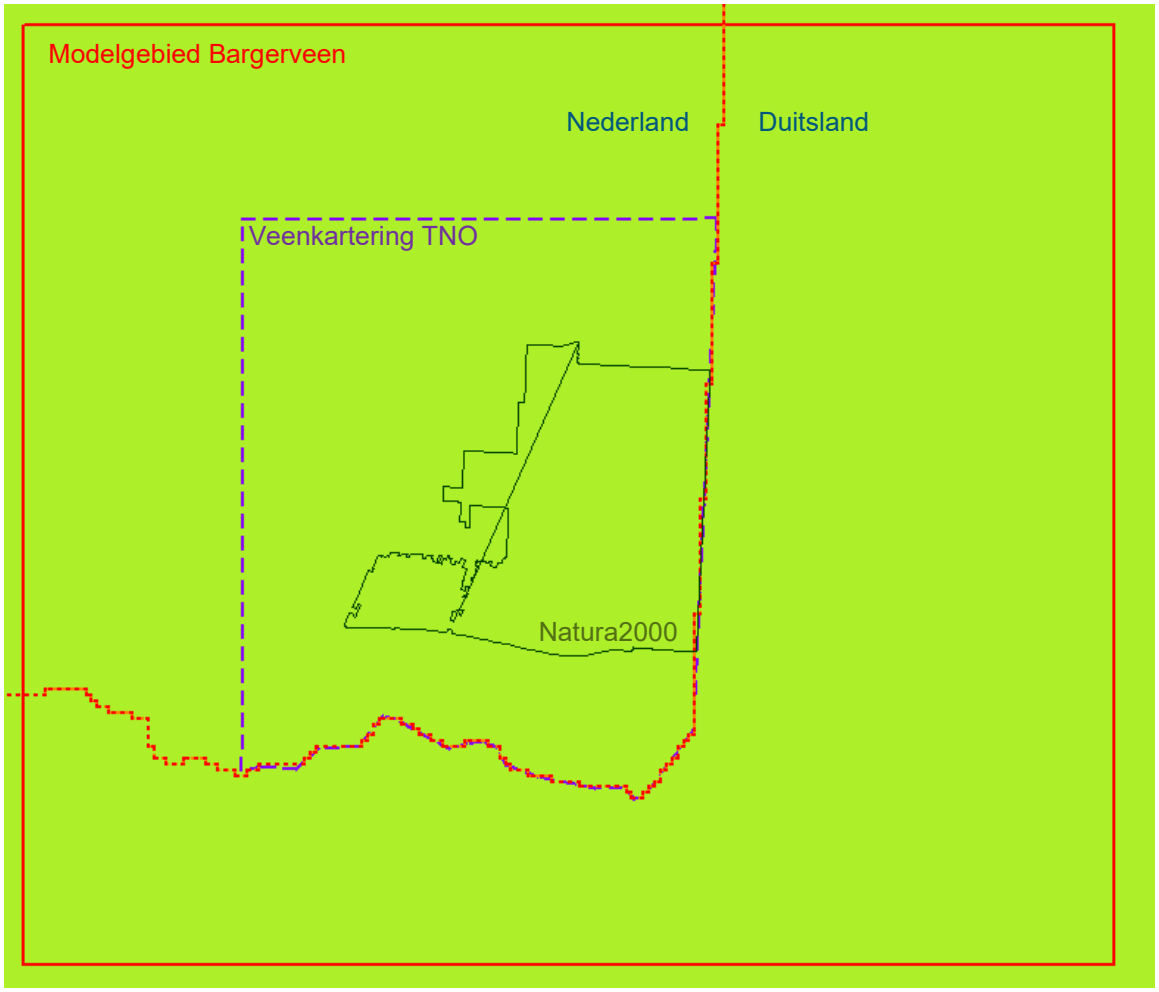
De schematisering van de ondergrond is gebaseerd op Regis II.0. In die modelschematisatie is het veen, dat in het Bargerveen aan maaiveld ligt, samengenomen met de daaronder liggende keileem. Daarmee wordt het daartussen voorkomende zandpakket verwaarloosd. Zoals in het vorige hoofdstuk is aangegeven, is die tussenzandlaag voor Buffer Zuid belangrijk. Die laag moet dus worden toegevoegd.

A1.2 MIPWA model Bargerveen

Het Mipwa model Bargerveen [Grontmij 2014a en 2014b] is een stationair model, opgebouwd in het programma iMod. Het is op Mipwa v2.0 gebaseerd. In het model is de tussenzandlaag opgenomen. De schematisering van de ondergrond is gebaseerd op Regis II.1, waarin de volgende aanvullende gegevens zijn opgenomen:
- bodemopbouw op basis van nieuwe karteringen en gegevens van TNO voor de dikte van het veen, de tussenzandlaag en de daaronder liggende keileemlaag;
- aangepaste verbreiding van de Cromer-klei.

Daarnaast zijn in dit model de volgende gegevens verwerkt:
- oppervlaktewatersysteem op basis van actuele leggerbestanden van de waterschappen Hunze en Aa's en Vechtstromen;
- waterstanden in het Bargerveen op basis van gemeten praktijkpeilen;
- maaiveldhoogte op basis van AHN2;
- nieuwe gegevens over het Duitse deel van het gebied rond het Bargerveen op basis van het Spring-model Bourtangermoor en DGM-Duitsland.

De begrenzing van het modelgebied is weergegeven in Figuur 59.



Figuur 59 . Begrenzing modelgebied Mipwa model Bargerveen [Grontmij 2014]. Rode stippellijn= Schematisatie lagenmodel NL; Paarse streepjes= Veenkartering TNO; Groen=N2000 grens; Begrenzing totale model Bargerveen is voor de volledigheid met een rode lijn weergegeven

In het model zijn de volgende randvoorwaarden zijn opgenomen:

- gemiddelde grondwateraanvulling gebaseerd op het modelresultaten van Mipwa1.1, bepaald met de module Capsim. Er is grondwateraanvulling opgelegd op het hele modelgebied, inclusief de baggervelden en het oppervlaktewater in het Bargerveen. Bij de waterbekkens is geen rekening gehouden met open water verdamping.
- in het Bargerveen ontwatering met een ontwateringsniveau gelijk aan het stuwpeil van de baggervelden, het Hoogwaterbekken en het Laagwaterbekken, met de iMod module “overland flow”. Op locaties waar de maaiveldhoogte in het Bargerveen hoger is dan het stuwpeil, is als ontwateringsniveau het maaiveld (+5 cm) aangehouden. Het Bargerveen is gemodelleerd als grondlaag met een laag doorlaatvermogen. Ook de baggervelden zijn gemodelleerd als grondlaag met een laag doorlaatvermogen.
- in de rest van het gebied ontwatering opgenomen met bodemhoogten en waterstanden op basis van destijds beschikbare informatie. Hoewel bekend is dat een deel van het landbouwgebied rond het Bargerveen is voorzien van buisdrainage is ervoor gekozen buisdrainage niet in het model op te nemen, omdat dit leidt tot onderschatting van eventuele effecten van maatregelen.

Het model is vervolgens gekalibreerd door bodemparameters aan te passen, zodanig dat de verschillen tussen gemeten en berekende grondwaterstanden en stijghoogten acceptabel werden geacht.
Voor een verdere beschrijving van het model, de daarin verwerkte gegevens, en de kalibratie wordt verwezen naar de rapporten [Grontmij 2014a en 2014b].

Beperkingen van het MIPWA model Bargerveen
Voor dit MER heeft het model de volgende beperkingen en tekortkomingen:

- het is een stationair model. Dat wil zeggen dat het model de grondwaterstanden, stijghoogten en stroming berekent voor langjarig gemiddelde omstandigheden. Voor de voorgenomen ingreep, het aanleggen van waterbuffers die gevoed worden door in de tijd variërende instroom vanuit het Bargerveen, is gebruik van een niet-stationair model noodzakelijk;
- de wijze waarop de baggervelden van het Bargerveen in het model zijn geschematiseerd (het model-concept), is geschikt voor stationaire berekeningen, maar niet geschikt voor niet-stationaire berekeningen;
- de in het model opgelegde gemiddelde grondwateraanvulling (neerslag minus verdamping) is berekend met Capsim. De nauwkeurigheid van Capsim in het Mipwa-model is beperkt, zoals aangegeven door Grontmij in de aanbevelingen van het modelrapport [Grontmij 2014b].

A1.3 MIPWA model Buffer Noord

Voor het MER Buffer Noord [RHDHV 2016] is een grondwatermodel gebouwd uitgaande van het Mipwa model Bargerveen dat hiervoor is beschreven. Daarvoor is het model als volgt aangepast:

- de waterbekkens aan de noordzijde van het Bargerveen (het Laagwaterbekken en het Hoogwaterbekken) en de baggervelden zijn als volgt gemodelleerd:
  - het oppervlaktewater van de bekkens is gemodelleerd als freatische grondlaag met een zeer hoog doorlaatvermogen (kD=10.000 m^2/dag), zodat onder alle omstandigheden de waterspiegel vlak is.
  - het hydraulisch contact met het grondwatersysteem is gemodelleerd met één weerstand, namelijk de weerstand tussen het waterbekken (het freatische pakket) en de modellaag waarmee het bekken in contact staat
  - de ontwatering van de bekkens en de baggervelden is gemodelleerd als drain in de overland flow-module. Het hoogst mogelijke waterpeil is gelijk aan het stuwpeil. Met de overland flow-module wordt water afgevoerd als het peil boven stuwpeil stijgt. Er wordt geen water aangevoerd. Als de waterstand onder het stuwpeil zakt wordt het peilverloop bepaald door de verdamping en de wegzijging naar de ondergrond. De waterpeilen zijn dus niet opgelegd, maar zijn een berekenings-resultaat van het model, die kunnen worden vergeleken met metingen.
- Het model is niet stationair gemaakt. Met het model wordt één gemiddeld hydrologisch seizoen doorgerekend, met in de winter een stationaire gemiddelde grondwateraanvulling van 2,0 mm/dag en in het groeiseizoen (1 april-1 oktober met tijdstappen van 1 dag) het verdampingsoverschot op basis van de Klimaatatlas (1981-2010) en verdampingsfactoren voor open water en grasland gebaseerd op het Cultuurtechnisch Vademecum [CTV, 2000].
- Voor de niet-stationaire berekening zijn bergingscoëfficiënten ingevoerd voor de volgende typen locaties:
  - open water heeft een bergingscoëfficiënt van 1. Het areaal open water in een gemiddelde zomersituatie is in overleg met Staatsbosbeheer water bepaald.
  - De rest van het Bargerveen bestaat uit veen met een hoog poriëngehalte. Hiervoor is een bergingscoëfficiënt van 0,5 aangenomen.
  - De bodem in de omgeving van het Bargerveen bestaat uit een veenkoloniaal dek op zand. Hiervoor is een bergingscoëfficiënt van 0,15 representatief.

Andere randvoorwaarden (maaiveldontwatering, oppervlaktewater) en de bodemparameters zijn overgenomen uit het Mipwa model Bargerveen (Grontmij 2014).

Bovenstaande benadering levert twee resultaten op:
- grondwaterstanden en oppervlaktewaterpeilen in de waterbekkens en baggervelden aan het eind van de winter
- dalende grondwaterstanden en uitzakkende waterpeilen in de buffers en de baggervelden in de zomer.

Het model is gevalideerd door de berekende dalingen van grondwaterstanden en waterpeilen te vergelijken met metingen van grondwaterstranden aan de noordzijde van het Bargerveen, en met metingen van waterpeilen in het Hoogwaterbekken en het Laagwaterbekken.

Beperkingen van het model voor Buffer Noord
Bovenstaande aanpak leverde een relatief eenvoudig niet stationair grondwatermodel op. Omdat de waterstanden in Buffer Noord niet significant anders waren dan de oorspronkelijke oppervlakte-waterpeilen aldaar, was het model geschikt om de effecten van de aanleg van Buffer Noord op stijghoogten en grondwaterstanden mee te kunnen berekenen. Het model heeft ook beperkingen die voor toepassing bij Buffer Zuid moeten worden aangepast:
- de weerstand van het veen in het Bargerveen, en met name aan de zuidzijde van het Bargerveen is niet gekalibreerd. Dat is wel noodzakelijk.
- het model is niet geijkt aan grondwaterstanden in het gebied Buffer Zuid. Dat is ook noodzakelijk.
- het model rekent een gemiddeld jaar door en maakt dus geen onderscheid tussen natte en droge jaren. Dat is voor Buffer Zuid wel noodzakelijk.