

**NATURA2000 ENGBERTSDIJKSVENEN
EFFECTRAPPORTAGE
EINDRAPPORT**

DIENST LANDELIJK GEBIED

7 mei 2012

076326923:E.3 - Definitief

C01012.100173.0100



Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	EDV	3
1.2	Aanleiding / doel	4
1.3	Leeswijzer	4
2	Gebiedsbeschrijving	7
2.1	Natuurdoelen	7
2.2	Opbouw van de ondergrond	8
2.2.1	Veendek	8
2.2.2	Geologie Ondergrond	10
2.2.3	Geohydrologie	11
2.3	Grondwaterstroming	12
2.4	Oppervlaktewatersysteem	14
3	Grondwatermodel	15
3.1	Modelkeuze en modelgebied	15
3.2	Geohydrologische schematisatie	16
3.3	Model Kalibratie	17
3.3.1	Verschil gemeten / gemodelleerde grondwaterstanden originele model	18
3.3.2	Kalibratie	19
3.3.3	Verschil gemeten / gemodelleerde grondwaterstanden	23
4	Scenario berekeningen	29
4.1	Doel scenarios	29
4.2	Doelgat Huidige situatie	29
4.3	scenarios	31
4.3.1	Voorverkenning	31
4.3.2	Werkgroep scenarios	31
4.4	Resultaten scenarios	35
4.4.1	Resultaten voorverkenning	35
4.4.2	Resultaten scenarios werkgroep	36
5	Optimalisatie maatregelenpakket	41
5.1	Optimalisatie	41
5.2	Uitstralend effect	41
5.3	Bufferzone oost	42
5.4	Bufferzone west	44
6	Conclusie	47
6.1	De Engbertsdijkswenen	47
6.2	Grondwatermodel	47
6.3	Inrichtingsscenarios	48

7 Referenties	49
Bijlage 1 Veendikte kaart en doelgat referentiesituatie	51
Bijlage 2 Maximaal scenario's: verschil GLG t.o.v. referentie	53
Bijlage 3 Maatregelen definitieve scenario's	57
Bijlage 4 Effecten vervallen scenario's	61
Bijlage 5 Effecten definitieve maatregelen	69
Bijlage 6 Raaien EDV als input voor scenario bufferzone Oost	87
Colofon	91

HOOFDSTUK 1 Inleiding

1.1

EDV

Het Natura 2000-gebied de Engbertsdijkerven (EDV) ligt globaal tussen het Geesters Stroomkanaal en het stuwwalcomplex van Bruinehaar langs de Duitse grens. Het gebied heeft een oppervlak van 1011 hectare en valt onder het beheer van Staatsbosbeheer. In Figuur 1 is de topografie van het gebied weergegeven.

Figuur 1

Gebiedsgrens, omgeving en doorsnede EDV. De zwarte lijn geeft de locatie van de geohydrologische doorsnede in Figuur 6 weer.



De EDV is een restant van een groot voormalig veengebied, dat in de huidige situatie voor een groot deel is afgegraven. De meest grootschalige vervening vond plaats in de periode 1850 tot 1950. Omdat de randen geheel zijn afgegraven, steekt het gebied ver boven het omringende landschap uit. Het gebied herbergt een restant niet afgegraven veen. Deze omvangrijke hoogveenkern is voor boekweitbrandcultuur gebruikt, maar niet verveend en tijdig tegen verdere verdroging beschermd. Doordat een duidelijke achteruitgang van de hoogveenvegetaties werd gesignaleerd, zijn er vanaf de jaren '80 diverse maatregelen uitgevoerd om verdroging van de veenkern tegen te gaan en vernatting in de randzones te bevorderen. Dammen en folieschermen zijn aangelegd en sloten en greppels zijn gedempt of afgedamd. Met dammetjes is het gebied in compartimenten verdeeld. Buiten de actieve hoogveenkern en het herstellend hoogveen bestaat het gebied uit natte heide, waarin ook

drogere delen aanwezig zijn. Langs de randen van het gebied zijn enkele kleine berkenbossen te vinden.

1.2

AANLEIDING / DOEL

Voor de Natura2000-gebieden is het verplicht een beheerplan op te stellen waarin staat wat de gewenste natuurdoelen zijn ('instandhoudingsdoelen'), wat de knelpunten zijn voor deze doelen en wat als gevolg daarvan te nemen maatregelen en bijbehorende kosten zijn. Naast de instandhoudingsdoelen is in het aanwijzingsbesluit (Programmadirectie Natura 2000, 2009) vastgesteld dat het verbeteren van de kwaliteit en ontwikkeling van het hoogveen tevens tot de doelen behoren. Een deel van de voorgestelde maatregelen leidt tot ingrepen in de waterhuishouding: watergangen worden verondiept, omgelegd of zelfs gedempt. De grond- en oppervlaktewaterstanden veranderen hierdoor, ten gunste van de natuurdoelen.

Voor de EDV zijn twee kernopgaven gegeven in het doelendocument Natura2000 van het ministerie van LNV. Het gaat om de volgende opgaven:

- Initiëren van hoogveenvorming; het op gang brengen en of continueren van hoogveenvorming in herstellende hoogveen.
- Overgangszones grote venen; ontwikkeling van overgangszones van actieve hoogvenen.

Beide kernopgaven zijn niet haalbaar binnen de huidige hydrologische toestand van de EDV. De grondwaterstanden liggen te diep onder de veenbasis waardoor teveel water wegzijgt uit het gebied.

Het doel van deze rapportage is het inzichtelijk maken of en met welke inrichtingsmaatregelen het mogelijk is de instandhoudingsdoelen voor Natura2000 gebied EDV te behalen.

Om de instandhoudingsdoelen voor de EDV te behalen is het nodig de grondwaterstanden in het gebied te verhogen tot aan de veenbasis. Met behulp van een grondwatermodel zijn verschillende scenario's doorgerekend. Deze scenario's bevatten verschillende inrichtingsmaatregelen, die naar verwachting leiden tot een verhoging van de lokale grondwaterstanden. Op basis van de resultaten van deze scenario's kan afgewogen worden welke maatregelen het meest effectief zijn zonder dat er te grote nadelige effecten op de omliggende landbouwpercelen ontstaan. Door een combinatie te maken van de meest effectieve maatregelen kan bepaald worden in hoeverre het mogelijk is de grondwaterstanden in het gebied te verhogen tot in de veenbasis, zodat de instandhoudingsdoelen behaald kunnen worden.

1.3

LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 wordt het systeem EDV besproken: Hoe is het gebied ontstaan, hoe zit het gebied geologisch en geohydrologisch in elkaar en hoe is de grond- en oppervlaktewaterstroming in het gebied. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 het bestaande grondwatermodel beschreven. Dit bestaande grondwatermodel is gekalibreerd en aangepast op basis van de verzamelde gebiedsgegevens (hoofdstuk 2). De kalibratie en aanpassingen van het model zijn beschreven in hoofdstuk 3, waarna een uitspraak wordt gedaan over de kwaliteit van het model. In hoofdstuk 4 worden de verschillende

inrichtingsscenario's, die in de loop van de tijd zijn doorgerekend, besproken. Per scenario wordt besproken op welke manier het effect berekend is, wat de resultaten zijn en in hoeverre de maatregelen leiden tot een verhoging van de grondwaterstanden. In de werkgroep hydrologie is, op basis van de resultaten uit hoofdstuk 4, een optimaal maatregelenpakket gekozen. Dit pakket is weergegeven in hoofdstuk 5. Tenslotte is in hoofdstuk 6 beschreven in hoeverre de verschillende inrichtingsscenario's bijdragen aan het behalen van de instandhoudingsdoelen. Is het mogelijk de grondwaterstand te verhogen tot boven de veenbasis en met welke (combinatie van) scenario's is dit mogelijk?

HOOFDSTUK

2 Gebiedsbeschrijving

In dit hoofdstuk wordt het systeem EDV besproken; hoe is het gebied ontstaan, hoe zit het gebied geologisch en geohydrologisch in elkaar en hoe is de grond- en oppervlaktewaterstroming in het gebied? Met behulp van deze gegevens kan inzicht in de werking van het systeem worden verkregen. Daarnaast wordt het grondwatermodel gekalibreerd op basis van deze gegevens.

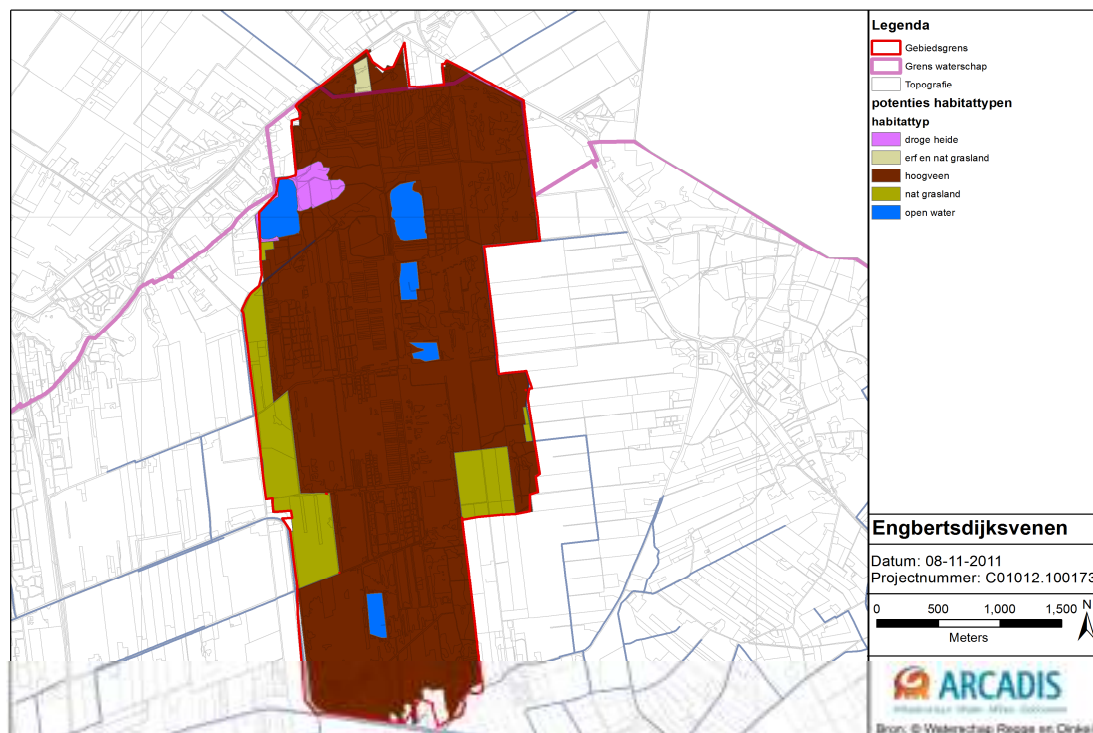
2.1

NATUURDOELEN

In Figuur 2 zijn de potenties voor de verschillende habitattypen in de EDV weergegeven. Te zien is dat het grootste deel van het gebied geschikt is voor hoogveen. Uitzonderingen zijn de typen droge heide en nat grasland aan de westzijde. Ook aan de oostzijde van het gebied is nat grasland te vinden. In Figuur 3 zijn de potenties vertaald in daadwerkelijk vastgestelde habitattypen. Vrijwel het gehele potentiële hoogveengebied is geclassificeerd als herstellend hoogveen. Lokaal zijn wat kleine gebieden geclassificeerd als actief hoogveen.

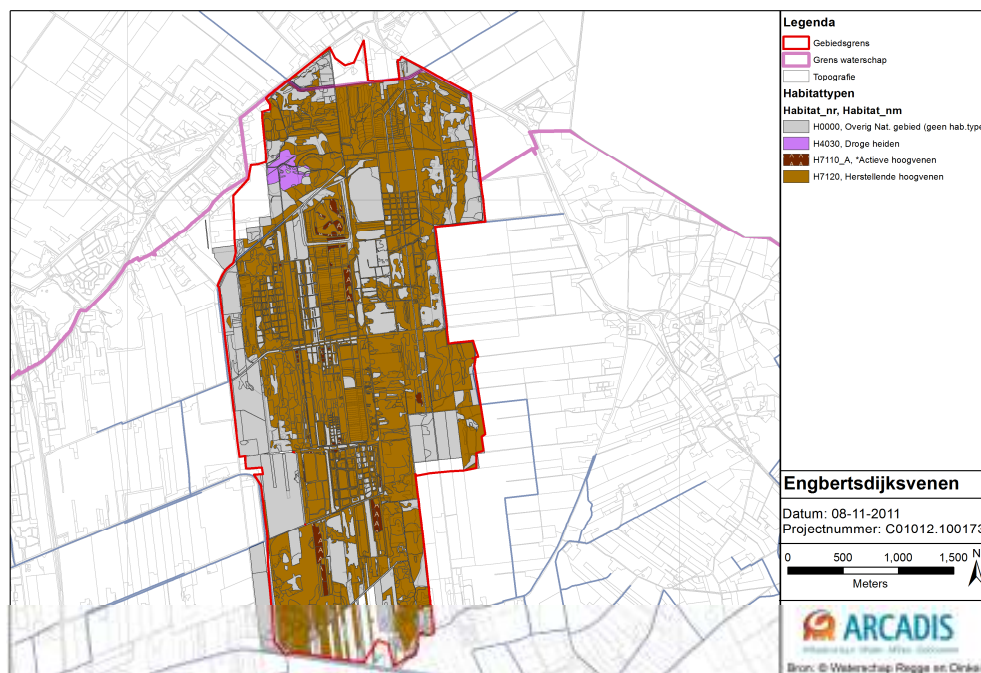
Figuur 2

Potenties voor
habitattypen in de EDV
(Bron: Ministerie van EL&I,
2011)



Figuur 3

Vastgestelde Habitattypen
in de EDV (Bron:
Ministerie van EL&I, 2011)



2.2

OPBOUW VAN DE ONDERGROND

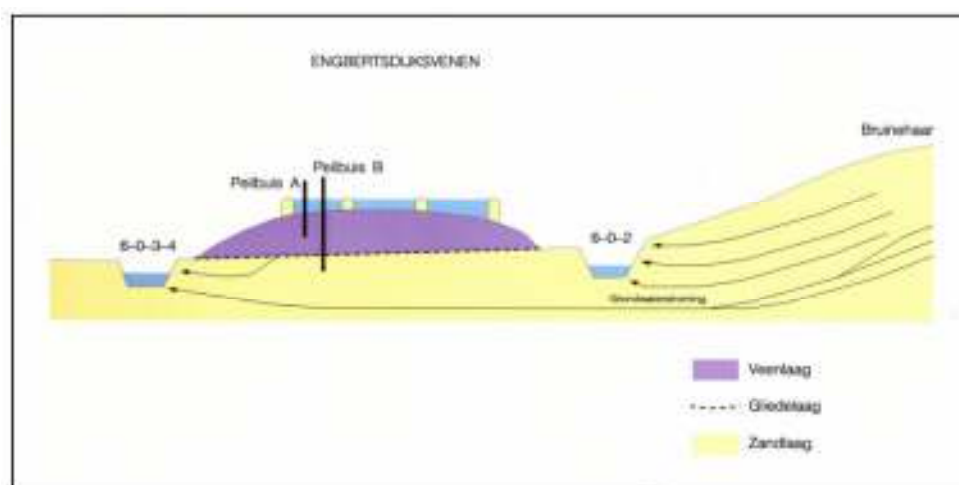
2.2.1

VEENDEK

De EDV is een restant van een veel groter hoogveencomplex, dat zich vroeger uitstreckte tussen het Overijsselskanaal en het stuwwalcomplex langs de Duitse grens. De EDV is onderdeel van de formatie van Nieuwkoop, die is ontstaan als gevolg van de stijging van het grondwater gedurende het holoceen. In de kommen en op de vlakke waterscheiding kan veengroei plaatsvinden doordat het neerslagoverschot onvolledig werd afgevoerd door een gebrekkige afwatering. De EDV is ontstaan uit laagveen, dat werd gevoed vanuit de stuwwalsystemen Sibculo, Geesteren-Delden en Twente.

Figuur 4

Schematische
dwarsdoorsnede van de
werking van de EDV
(Bron: Stap
Engbertsdijkswenen, WRD,
2006)



Het veen in de EDV is grotendeels vergraven. Een kleine kern (ca. 15 ha) is niet verveend en heeft een veendikte van ca. 4 tot 6 meter. Over een oppervlakte van ca. 480 ha is alleen het witveen (weinig vergaen veenmosveen) afgegraven en is het zwartveen (sterk vergaen

veenmosveen) als restant blijven liggen. De dikte van dit veenpakket is gemiddeld 2 meter. Het overige oppervlakte is afgegraven tot even boven de minerale ondergrond, de resterende veenlaag varieert tussen 0 en 0,50 m en is soms als bonkaarde teruggestort. Door de ingrepen is de acrotelm vernietigd en is de catotelm sterk aangetast. De basis van het veen bestaat lokaal uit een gyttja (meerbodem) en/of een dunne laag rietveen en zeggeveen (Buro Bakker, 1997). Daarboven bevindt zich een dikke laag veenmosveen. Op de overgang van de veenlaag naar het onderliggende zandpakket is lokaal een gliedelaag aanwezig. De werking van het huidige systeem EDV is weergegeven in Figuur 4.

Er zijn twee bronnen beschikbaar voor de dikte van het huidige veendek:

- Een veendiktekaart waarbij veendiktes zijn geïnterpoleerd (Maris en Roelofsen, 1978). De analoge kaart (de hoogtelijnen van de zandondergrond) is gedigitaliseerd tot een digitale hoogtelijnenkaart. Vervolgens is deze kaart omgezet in een raster via interpolatie met GIS. De rasterkaart is bijgesneden tot de begrenzing van de EDV. Het resultaat is vervolgens geprojecteerd op het AHN-raster en op grond van verschillen tussen de rand van het AHN-raster en de rand van het vervaardigde raster binnen de begrenzing gecorrigeerd met +30 cm, zodat een goed aansluitend raster verkregen wordt. Verschillende correcties, telkens met 5 cm verschil, zijn getest en de visueel best passende oplossing is gekozen. Uitgangspunt van deze correctie is dat de diepte van de zandondergrond op de rand van het natuurgebied geen grote verschillen met de zandondergrond net buiten het natuurgebied kent en dat de correctie overal even groot is. De foutenmarge van de correctie bedraagt door de gekozen werkwijze maximaal 5 cm. In de oorspronkelijke veendiktekaart ligt in een aantal gevallen (vooral in het noordwesten) de onderkant van de veenlaag boven het maaiveld. Dit is gecorrigeerd door op deze plekken de veenbasis gelijk te stellen aan maaiveld (geen veen).
- Veendiktes gemeten in het veld ter plaatse van de aanwezige peilbuizen.

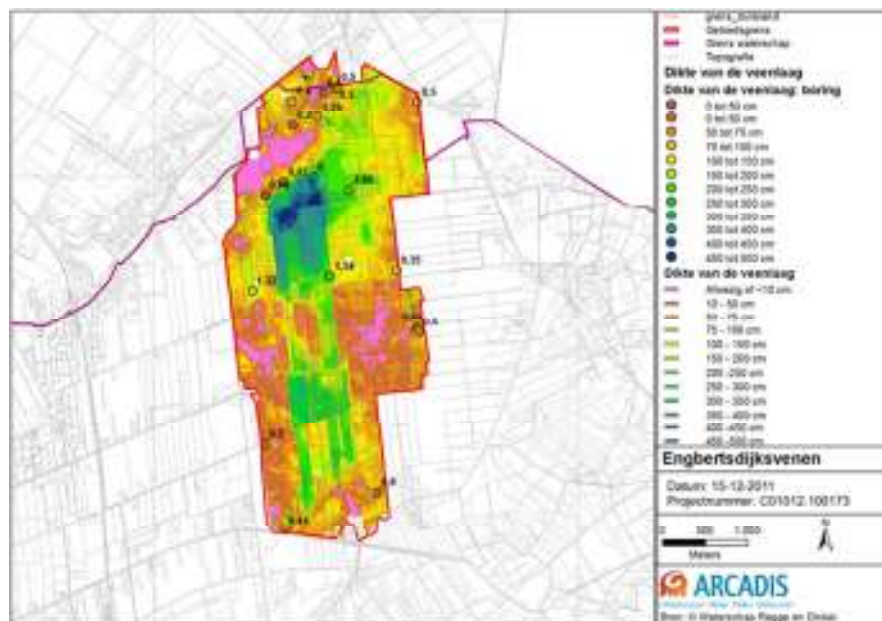
In Figuur 5 is de veendikte volgens beide bronnen weergegeven. In de figuur zijn alleen de gebieden met de habitattypen herstellend of actief hoogveen opgenomen. De plaatsen waar restveen afwezig is, of dunner dan 10 cm is, zijn in paars weergegeven. De dikte van de veenlaag ter plaatse van de peilbuizen is weergegeven met zwarte labels.

Globaal gezien is er vanaf het noorden tot het zuiden een strook van ongeveer 500m in het midden van het gebied waar een redelijke laag (dikker dan 1,5 m) restveen aanwezig is. Langs de oost en west rand van het gebied is het restveen dunner tot geheel afwezig.

Aan de oostzijde van Engbertsdijkswen ligt langs de noordelijk helft het hoogveen t.o.v. het naastgelegen gebied dusdanig dat hier sprake is van een overgangszone. Een zone waar sprake is van een overgang naar een gebied met een minerale bodem wordt ook wel een 'lagg zone' genoemd. Voor een lagg zone geldt dat het aangrenzende gebied met minerale bodem niet ontwatert wordt zodat grondwater in contact kan komen met veenwater, en dat de belasting van de bodem en het grondwater met nutriënten en sulfaat laag is. Verder gelden nog enkele biotische en abiotische eisen voor een goede overgangszone.

Figuur 5

Restveendikte ter plaatse van de veen habitattypen in de EDV. De weergegeven waarden zijn de gemeten veendiktes bij de peilbuizen (Bron: Maris en Roelofsen, 1978)
In bijlage 1 is de figuur op A4 formaat opgenomen



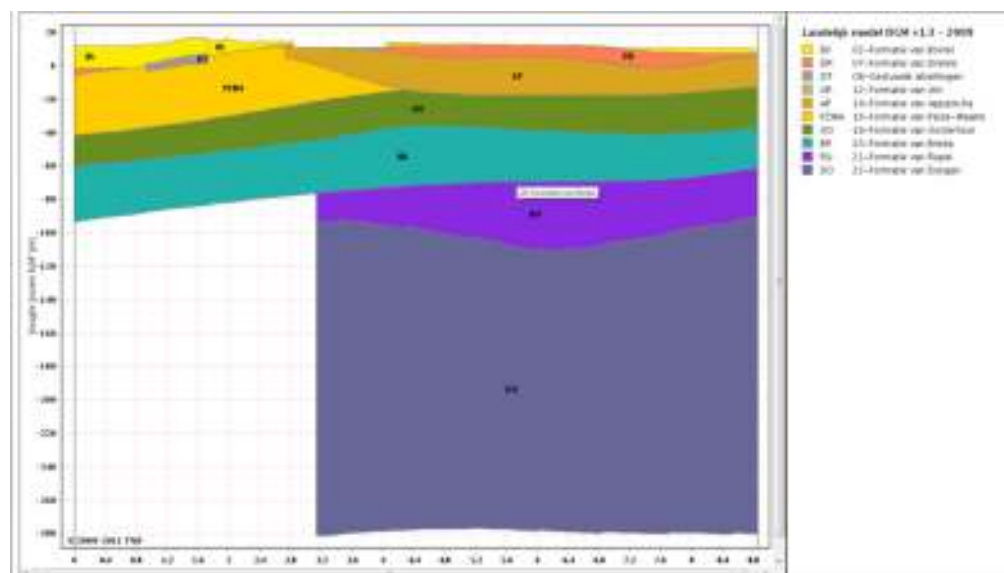
2.2.2

GEOLOGIE ONDERGROND

In Figuur 6 is een geologische doorsnede van de ondergrond ter plaatse van de EDV weergegeven. De ligging van deze doorsnede is weergegeven in Figuur 1 op pagina 3. Deze paragraaf beschrijft de formaties die in het gebied onder het holocene veendek gevonden worden op volgorde van diepte.

Figuur 6

Geologische doorsnede van de ondergrond van de EDV. De locatie van de weergegeven doorsnede staat in Figuur1



beekafzettingen). Door periglaciale processen zijn de lagen soms sterk vervormd, waardoor op zeer korte afstand grote lithologische variabiliteit kan bestaan.

Formatie van Drente

De Formatie van Drente bestaat uit 3 soorten afzettingen: keileemdek, bekkenopvulling en de opvulling van de glaciale dalen. De keileem behoort tot het Laagpakket van Gieten en komt veel aan de oppervlakte voor. De keileem in Twente is vaak zeer heterogeen van samenstelling, met name ten zuiden en ten oosten van Enschede. Soms is slechts een dunne zand, grind- en stenenlaag aanwezig (erosierest). De bekkenopvulling en de opvulling van glaciale dalen behoren tot het Laagpakket van Schaarsbergen en bestaan uit fijne tot grove, vaak slibhoudende, fluvioglaciale afzettingen.

Formatie van Appelscha (formatie van Enschede)

De formatie van Appelscha bestaat uit fluviale afzettingen die vanuit oostelijke richting zijn aangevoerd. De dominante matrix bestaat uit matig fijn zand tot uiterst grof zand en fijn tot zeer grof grind. Deze formatie ontbreekt in het noorden van de doorsnede en ligt in het noorden van de gebiedsbegrenzing van de EDV vrij dicht onder het maaiveld. Nog zuidelijker wordt de formatie van Appelscha bedekt door de formatie van Drente.

Formatie van Peize

De formatie van Peize bestaat uit fluviaal zand uit het Vroeg-Pleistoceen en is voor een deel gestuwd. De dominante lithologie bestaat uit matig grof tot uiterst grof zand. Plaatselijk kunnen klei en lemlagen voorkomen. Deze formatie wordt gevonden in het noordelijk deel van de doorsnede waar de formatie van Appelscha ontbreekt.

Formatie van Oosterhout

Deze formatie is een mariene formatie gevormd in het Pliocene. De dominante lithologie bestaat uit zeer fijn tot zeer grof zand, klei en zandige klei en lokale schelpenbalken.

Formatie van Breda

In het kader van het geohydrologisch onderzoek wordt niet dieper gekeken dan tot aan de tertiaire marine afzettingen. Deze afzettingen vormen de geohydrologische basis. Meest westelijk wordt de geohydrologische basis gevormd door de Formatie van Breda.

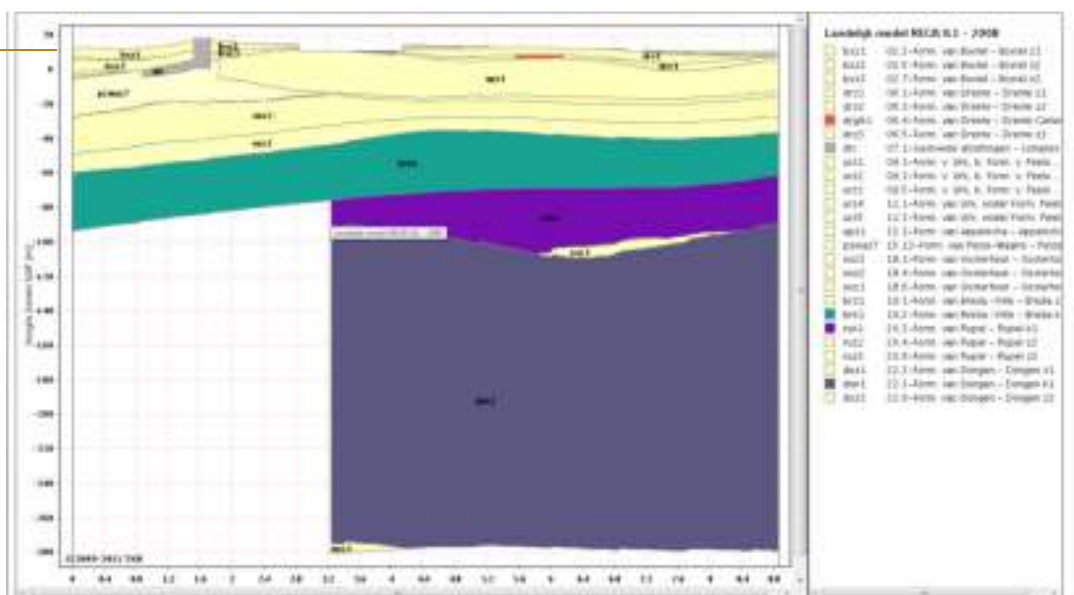
2.2.3

GEOHYDROLOGIE

De geohydrologische schematisering van het studiegebied is gebaseerd op REGIS II van TNO. In Figuur 7 is een dwarsdoorsnede van de ondergrond weergegeven waarbij elke afzonderlijk gedefinieerde geologische bodemformatie is aangeduid aan de hand van kleur en naam. In de bijgevoegde legenda zijn de afkortingen en volledige namen van de geologische formaties, in volgorde van voorkomen vanaf het maaiveld, weergegeven. De lichtgekleurde lagen (geel) hebben watervoerende eigenschappen, de donker gekleurde lagen hebben juist scheidende eigenschappen. Een complex heeft zowel watervoerende als scheidende eigenschappen. De ligging van de dwarsdoorsnede is weergegeven in Figuur 1.

Figuur 7

Geohydrologische
doorsnede van de
EDV



In Figuur 7 is te zien dat tot op de geohydrologische basis (ongeveer 50m – NAP) vrijwel alleen watervoerende lagen aanwezig zijn. Wat meer zuidelijk in het gebied is lokaal een dunne laag Drente Gieten klei aanwezig. Door het ontbreken van scheidende lagen wordt het freatische grondwater in het vrijwel het gehele gebied begrensd door de geohydrologische basis op een diepte van ongeveer 60 tot 70 m – mv.

2.3

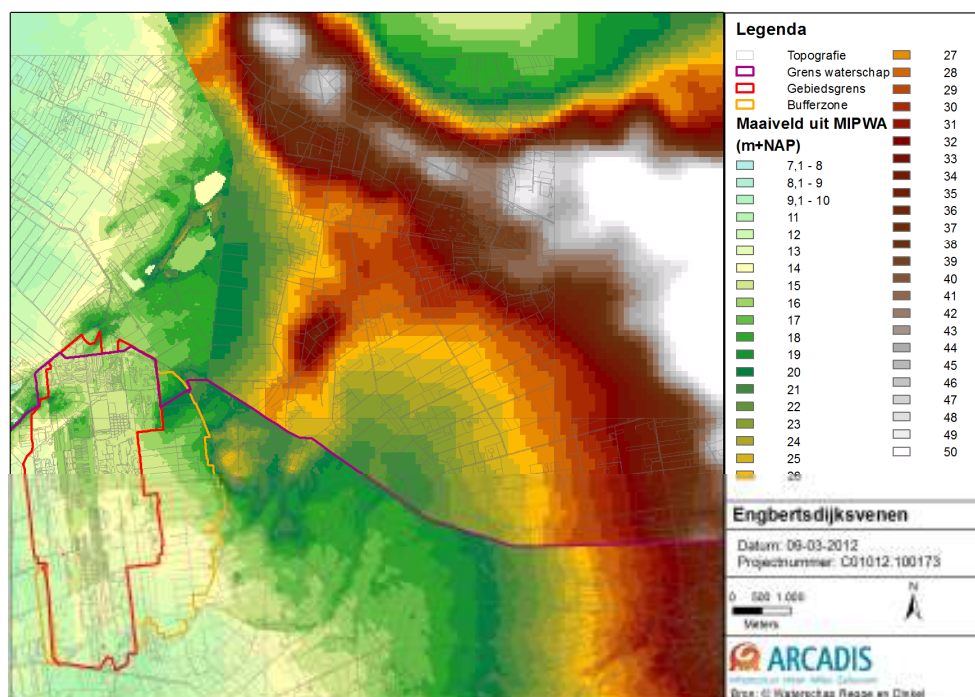
GRONDWATERSTROMING

Op het stuwwalcomplex ten noordoosten van het reservaat (Bruinehaar) vindt infiltratie plaats waarna het grondwater in zuidwestelijke richting stroomt. In Figuur 8 is het maaiveldverloop weergegeven, met het stuwwalcomplex in Duitsland. In Figuur 9 is de gemiddelde grondwaterstroming in de omgeving van de EDV weergegeven. Voor een deel kwelt dit water op in het landbouwgebied ten oosten van het veengebied. Uit historische kaarten en hydrologisch modelonderzoek blijkt dat in het gebied tussen Bruinehaar en het reservaat twee potentiële kwelzones aanwezig zijn. Eén ligt meteen ten westen van Bruinehaar, de ander aan de zuidostrand van het huidige reservaat. In de referentiesituatie (vóór de veenaftgravingen) was het maaiveld hoger en voorkwam de tegendruk dat de kwel tot aan maaiveld kwam (Provincie Drenthe, maart 2008).

Op basis van een indicatie van historische grondwatertrappen (naar schatting in de periode 1850-1950) wordt geconcludeerd dat zowel aan de westzijde als oostzijde van het huidige reservaat zeer hoge grondwaterstanden voorkwamen (Runhaar et al., 2003). Door de afgraving van het veen en de ontwatering van de omgeving is de hydrologie sterk veranderd. De ontwateringsmiddelen en de waterlopen de Dooze en het Geesters Stroomkanaal, gelegen respectievelijk aan de noordzijde en ten zuidwesten van het reservaat, hadden een grote drainerende werking op het gebied. Door de peilen in de waterlopen de Dooze en het Geesters Stroomkanaal op te zetten, hebben deze waterlopen in de huidige situatie een infiltrerende werking gekregen. Uit peilbuiswaarnemingen blijkt dat de grondwaterstanden een ruimtelijke variatie vertonen waarbij zowel natte omstandigheden (GT II) als droge omstandigheden (GT IV en VI) voorkomen. Voor hoogveenvorming is de grondwaterstand veelal te laag.

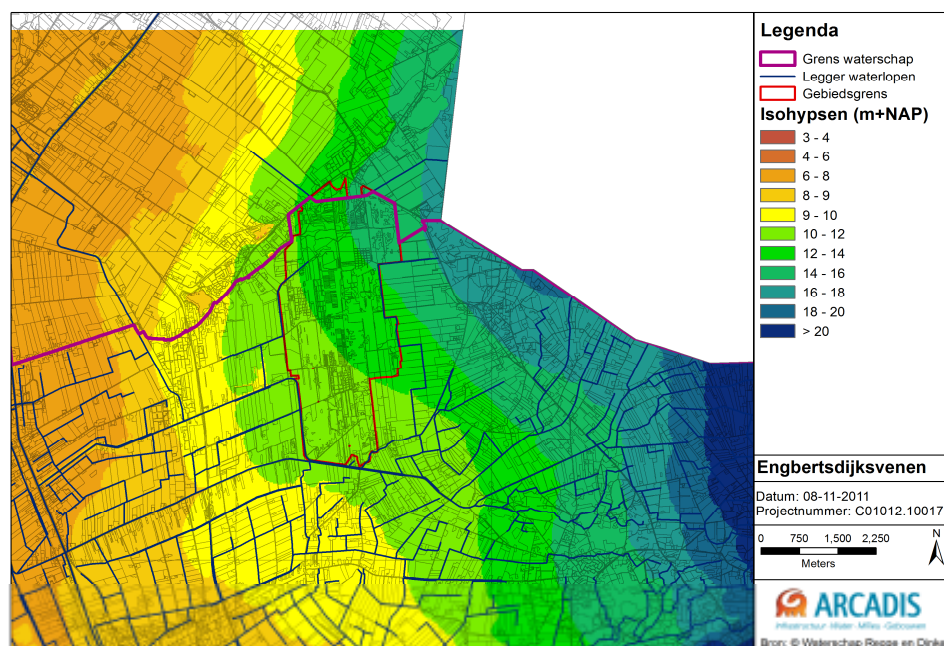
Figuur 8

Maaiveld verloop (bron
MIPWA)



Figuur 9

Isohypsens (gemiddelde
situatie) in de omgeving
van de EDV



Uit peilbuiswaarnemingen blijkt verder dat er een constant potentiaalverschil aanwezig is tussen de grondwaterstand in de veenlaag en de zandondergrond. Als gevolg van dit potentiaalverschil is er het hele jaar sprake van infiltratie naar de ondergrond. Naast verticale wegzijging is er horizontale wegzijging naar de omgeving, omdat de drainagebasis van de omliggende landbouwgronden lager liggen.

De mate van infiltratie hangt af van de doorlatendheid van de veenlaag en vooral van de gliedelaag. Daardoor treedt in de huidige situatie een groot waterverlies op naar de ondergrond. Vermoedelijk was in de ongestoorde situatie het potentiaalverschil gering of

HOOFDSTUK

3

Grondwatermodel

In dit hoofdstuk is het grondwatermodel beschreven waarmee de verschillende scenario's met inrichtingsmaatregelen zijn doorgerekend. Het model is gebaseerd op een bestaand model. Dit bestaande model is in samenspraak met een werkgroep hydrologie gecontroleerd met behulp van beschikbare gegevens en vervolgens gekalibreerd. De kalibratie en de kwaliteit van het definitieve model worden besproken in paragraaf 3.3. In paragraaf 3.4 is tenslotte de discrepantie tussen de werking van het Geesters Stroomkanaal in het model en in de werkelijkheid besproken.

3.1**MODELKEUZE EN MODELGEBIED***Basismodel*

Voor het uitvoeren van de berekeningen ten behoeve van het Natura2000 gebied de EDV is gebruik gemaakt van het regionale grondwatermodel van waterschap Regge en Dinkel. Dit model was reeds beschikbaar en toepasbaar voor het interessegebied. Het inzetten van het MIPWA model is in beschouwing genomen, maar in het Regge en Dinkel model ter hoogte van de EDV waren al de nodige verfijningen aangebracht, waardoor dit model ter plaatse beter presteerde dan het MIPWA-model.

Het gehanteerde model is ontwikkeld door TNO voor het beheersgebied van Waterschap Regge en Dinkel. Het model bestaat uit de toepassingsomgeving i-MOD (interactief modelleren) en een grondwatermodel database. De database heeft een ruimtelijke resolutie van 100 x 100 m. Het model is gekalibreerd op basis van de geactualiseerde grondwatertrappen op puntlocaties en de dynamiek van geselecteerd 10-jaarreeksen (TNO rapport NITG04-02-B). De basis van de opbouw en parametrisatie van de ondergrond is REGIS. Deze basis is verder verfijnd met recente boringen en karteringen.

Het bovenbeschreven TNO model is later verfijnd naar een ruimtelijke resolutie van 25x25 meter. Voor deze studie is gebruik gemaakt van een niet-stationaire modelvariant, die is gebaseerd op een representatief weerjaarmodel met 14- daagse tijdstappen (dit representatieve jaar is representatief voor een periode van 30 jaar, 1970 t/m 2000).

Duits deel van het modelgebied

In TNO-rapport NITG 04-020-B staat het volgende toegelicht over het Duitse deel: Uitgaande van het ondergrondmodel voor het Nederlandse deel is in REGIS-Vechte bekeken welke Duitse lagen corresponderen met de Nederlandse schematisatie. Binnen REGIS-Vechte is informatie verzameld met betrekking tot geohydrologie en grondwater uit het Duits-Nederlandse grensgebied en opgenomen in een geografische database. Binnen dit project is het echter nog niet mogelijk geworden volledig consistente ondergrondlagen voor het grensgebied te definiëren.

Figuur 11
Modelgebied



Modeluitsnede

Om interessegebied rond de EDV in beeld te brengen is gebruik gemaakt van de modeluitsnede weergegeven in Figuur 11. Het totale gemodelleerd gebied is ongeveer 21x18 km groot. Het noorden van het modelgebied wordt begrensd door de feitelijke modelgrens van het Regge en Dinkel model. De overige grenzen zijn in verband met mogelijke randeffecten ruim om het interessegebied gekozen.

3.2

GEOHYDROLOGISCHE SCHEMATISATIE

Bij de schematisering van de ondergrond van de EDV in het grondwatermodel zijn zowel het veenpakket als het onderliggend zandpakket van belang. In de twee volgende alinea's is beschreven hoe de ondergrond in verschillende modellen is opgedeeld en geschematiseerd.

Modellering van het veenpakket

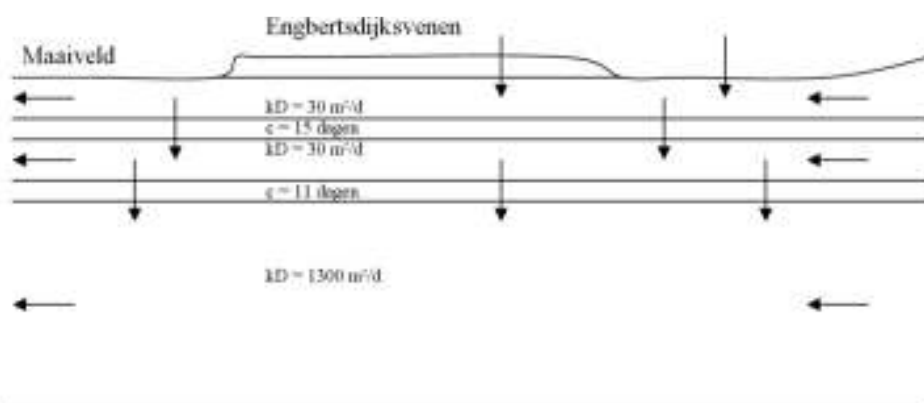
Het holocene veenpakket EDV (formatie van Nieuwkoop) is vanwege te grote onzekerheden in dikte en doorlatendheden uit het model gehaald en niet is opgenomen in de weerstand van de toplaag. Om dit te compenseren is een constante grondwateraanvulling gebruikt van 0,05 mm/d, als een soort lekfactor van het bovenliggende veensysteem (Ganzevles en Janmaat, 1987). Doordat het veenpakket niet is opgenomen in de modelschematisatie is voor de weerstand van de eerste modellaag de extreem lage waarde van 15 dagen gekozen. Deze 15 dagen is de verdisconteerde weerstandswaarde van het 1^e watervoerende pakket.

Tabel 1Schematisatie van de
modellagen

Laag	Formatie	Dikte	K (m ²)	KD (m ² /d)
KD1	Formatie van Bortel	±10m	3	30
C1	-	-		
KD2	Formatie van Drente	±10m	3	30
C2	Drente Gieten klei 1	±2m		
KD3	Formatie van Peize- Waalre Formatie van Appelscha Formatie van Oosterhout	±60m	22	1300

Modellering van het zandpakket

Het zandpakket is in het model gemodelleerd als drie watervoerende lagen, die een KD-waarde van circa 30, 30 en 1300 m²/dag hebben (van boven naar beneden). In Figuur 12 is een schematisatie van deze geohydrologische bodemopbouw weergegeven. De weerstandswaarde (c) van de lagen hiertussen bedraagt van boven naar beneden circa 15 en 11 dagen. Deze weerstandswaarden geven aan dat er geen scheidende lagen aanwezig zijn, maar dat de minimale weerstand van de watervoerende pakketten is verdisconteerd in de lagen ertussen. Dit beeld van een zandpakket zonder scheidende lagen komt overeen met de bodemgegevens die Mark Jalink (SBB) heeft verzameld. Wat uit de boorgegevens van Mark echter wel blijkt is dat verspreid in het gebied wel sterk of uiterst siltig zand voor komt, ook in relatief ondiepe (2-5 m) boringen. Hoewel dit in net zoveel boorstaten niet benoemd wordt, kan dit een aanwijzing zijn dat de weerstandswaarde c1 tussen de twee bovenste KD lagen van het model mogelijk te laag is. Met een hogere weerstandswaarde zou de, door het grondwatermodel, berekende opbolling groter worden.

Figuur 12Modellering van het
zandpakket**3.3****MODEL KALIBRATIE**

Deze paragraaf beschrijft de kalibratie van het grondwatermodel. In paragraaf 3.3.1. wordt door middel van de verschillen tussen de berekende en de gemeten grondwaterstanden inzicht gegeven in de kwaliteit van het oorspronkelijke model. In paragraaf 3.3.2 wordt beschreven welke modelparameters zijn gecontroleerd en of (en zo ja, hoe) deze zijn aangepast. Tenslotte worden de gemeten grondwaterstanden in paragraaf 3.3.3 opnieuw vergeleken met de berekende grondwaterstanden, waarna een conclusie wordt getrokken over de kwaliteit van het definitieve grondwatermodel.

3.3.1

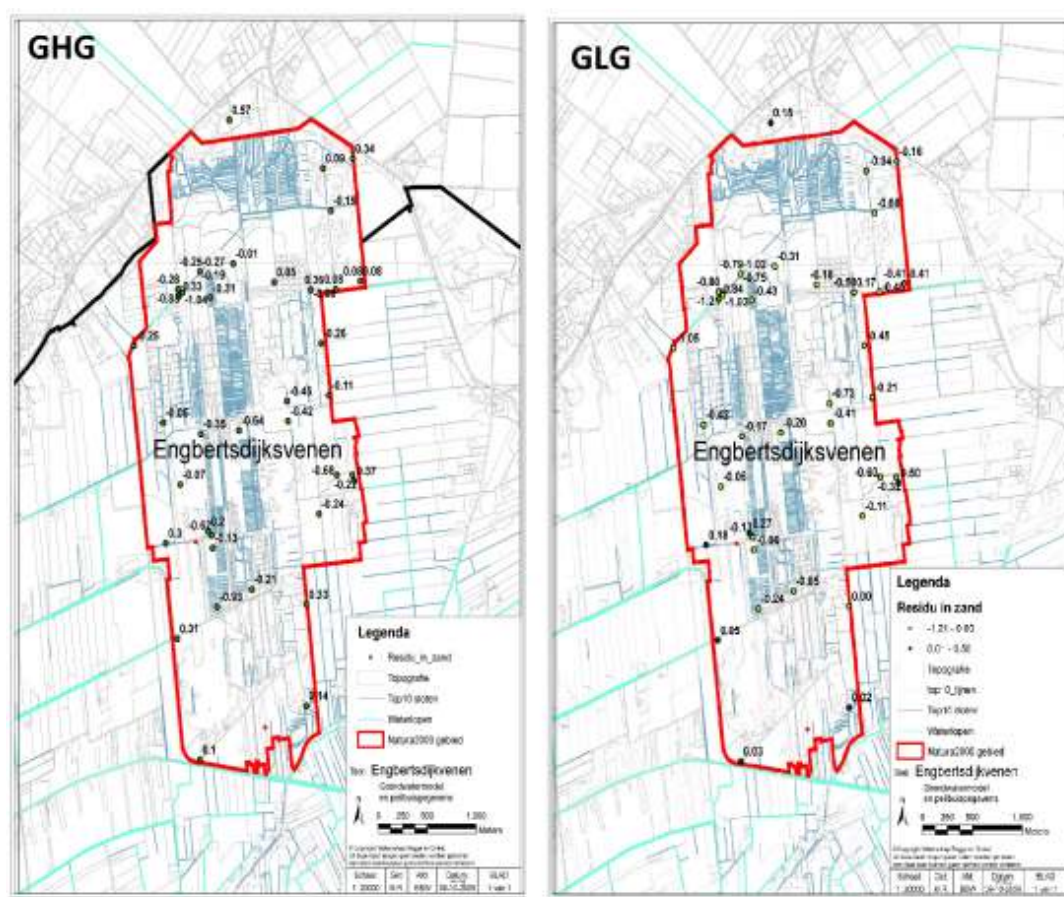
VERSCHIL GEMETEN / GEMODELLEERDE GRONDWATERSTANDEN ORIGINELE MODEL

In Figuur 13 zijn de verschillen weergegeven tussen de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) op basis van gemeten stijghoogte en de berekende stijghoogte met het originele model. Kanttekening hierbij is dat in deze analyse gebruik is gemaakt van een andere peilbuizenset dan de peilbuizenset die verder gebruikt en beschreven wordt in deze rapportage.

Uit de verschillen in de GHG blijkt dat het model wisselend te natte (+ teken) en te droge (- teken) stijghoogtes berekent. De verschillen liggen tussen 1,04 m te droog berekend en 0,57 m te nat berekend. Het model heeft een systematisch negatieve afwijking, waardoor het model over het algemeen te lage grondwaterstanden berekent. Langs de rand van de EDV berekent het model juist een te hoge grondwaterstand. Dit betekent dat het model mogelijk in het midden van het gebied te weinig opbolling berekent. Grote en kleine afwijkingen liggen op relatief kleine afstand van elkaar. Het is niet waarschijnlijk dat het onderliggende zandpakket dermate heterogeen is dat het deze afwijkingen verklaart.

Figuur 13

Afwijking (GHG en GLG) tussen de resultaten van het oorspronkelijke model en de peilbuizenset



Wanneer de berekende GLG vergeleken wordt met de GLG op basis van de peilbuismetingen is ook te zien dat in het midden van het gebied veel grotere verschillen bestaan dan aan de rand (zie Figuur 13). In het zuiden van het gebied zijn de verschillen kleiner ten opzichte van de verschillen in de GHG. In het noordwesten zijn de verschillen juist groter ten opzichte van de verschillen in de GHG.

3.3.2

KALIBRATIE

In de voorgaande paragraaf is geconstateerd dat in het veengebied de berekende stijghoogtes lager zijn dan de gemeten stijghoogtes. Deze afwijking heeft twee mogelijke oorzaken:

- De filters van de peilbuizen zijn geplaatst in het veenpakket, waardoor er geen stijghoogte wordt gemeten maar een schijngrondwaterstand;
- De opbolling die in het model wordt berekend is te laag.

Om de oorzaak van de afwijking te achterhalen worden de volgende punten gecontroleerd:

- De weerstand van de modellagen;
- De watergangen in het model;
- De initiële grondwaterstanden;
- De grondwateraanvulling in het model;
- De gebruikte peilbuizenset.

Hieronder worden de gecontroleerde parameters kort beschreven.

Weerstand van de modellagen

In het model bedraagt de weerstand voor het 1^e watervoerende pakket circa 15 dagen. Dit is een realistische waarde omdat er geen slechtdoorlatende lagen aanwezig zijn. Om te onderzoeken hoe gevoelig de opbolling is voor deze weerstand is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Hieruit volgt dat om de opbolling in het 1^e watervoerende pakket toe te laten nemen tot maximaal 1,5 m, de weerstand met een factor 300 vermenigvuldigd moet worden. Op basis van de beschikbare gegevens is het niet verantwoord om de weerstand van het 1^e watervoerende pakket te verhogen, laat staan met een factor 300. Dit betekent dat het uitgesloten is dat het verschil tussen de gemeten en berekende opbolling in het veengebied, te wijten is aan de weerstand van het 1^e watervoerende pakket.

Controle watergangen

Uit de controle van de watergangen in het model blijken geen afwijkingen. Als gevolg van een wijziging in het watersysteem is een aanpassing gedaan aan de peilen in het grondwatermodel. Ter hoogte van de kruising van de Sluiskade NZ en de Paterswal (Figuur 14) buigt het Geesters Stroomkanaal af in westelijke richting. Direct ten oosten van deze kruising is in april 2008 een technische voorziening (met vistrap) aangelegd met als doel het peil in het kanaal te verhogen van 9.85 m +NAP naar 10.35 m +NAP (45 cm + 5 cm overstorthoogte). De doel van deze peilverhoging is het verhogen van de grondwaterstanden in de EDV. De beschreven peilen zijn opgenomen in het model.

Figuur 14

Ligging van de stuw Paterswal. Het peil van het Geesters Stroomkanaal is tussen de rode punten opgezet (Bron: Friso Koop, 2010)



Initiële grondwaterstand

Het model berekent grondwaterstanden en fluxen per dag op basis van een initiële grondwaterstand die bepaald is voor het gehele modelgebied (op basis van het originele model). In het originele model was deze initiële grondwaterstand bepaald door het model éénmalig een jaar niet-stationair door te rekenen. Controle laat echter zien dat het model na 1 jaar nog niet in evenwicht is gekomen. Door het model 20 jaar door te rekenen en de resulterende grondwaterstanden te gebruiken als initiële grondwaterstand worden de afwijkingen tussen de gemeten en de berekende grondwaterstanden een stuk kleiner. De initiële grondwaterstand ten oosten van de EDV is op sommige punten 2 m hoger geworden dan de initiële grondwaterstand in het originele model.

Grondwateraanvulling vanuit het veen

Zoals beschreven in paragraaf 3.2 is het veenpakket niet opgenomen in het model. In plaats daarvan is een constante grondwateraanvulling aangenomen die wegzijgt uit het veen.

De grondwateraanvulling ter plaatse van de EDV is in het originele (TNO) model vastgesteld op waarden van circa 1 mm/dag en 0.05 mm/dag. De 1 mm/d werd gebruikt in het originele stationaire model. De 0.05 mm/d werd gebruikt in het Representatief Weerjaarmodel, dat is gebaseerd op het originele stationaire model. Er is gekozen voor 0.05 mm per dag op basis van de verwachting dat relatief veel water uit het hoogveen verdampt. Interessant is dat 1mm/d goed overeen komt met gemeten waarden uit een onderzoek naar afvoermetingen door studenten van de Landbouwuniversiteit van eind jaren tachtig (Maris, A. & T. Roelofzen, 1978).

Om tot een beter onderbouwde waarde van de grondwateraanvulling ter plaatse van de EDV te komen is de volgende redenering gevolgd: De neerslag die in het EDV terecht komt kan op 2 manieren worden afgevoerd, namelijk verdamping en wegzijging naar de ondergrond. De perifere afstroming naar de omgeving door de veenlaag is redelijkerwijs

verwaarloosbaar klein en vrijwel alle waterlopen die water afvoerden uit het veengebied zijn in de loop van de jaren negentig gedempt. Hoewel dit niet met zekerheid te stellen is, wordt er vanuit gegaan dat er geen afvoer via het oppervlaktewater uit het veen bestaat. Dat betekent dat voor het gebied de wegzijging volgt uit het verschil tussen de werkelijke neerslag en de werkelijke verdamping.

Om de neerslag en de verdamping te bepalen zijn de normalen van de neerslag op station Twente en de verdamping van De Bilt gebruikt (bron: Klimaatatlas KNMI). Ook zijn er gewasfactoren voor natuurlijke vegetaties uit het cultuurtechnisch vademecum gebruikt (nieuwe versie uit 2000, bladzijde 158). Uit de brochure "het waterverbruik van bossen in Nederland" is de gewasfactor van gemengd loofbos gehaald. Met deze gegevens is berekend dat de wegzijging uit het hoogveen ongeveer 0.59 mm/dag bedraagt. Als onderscheid wordt gemaakt naar winterhalfjaar en zomerhalfjaar dan wordt een wegzijging berekend van respectievelijk 1.6 mm/dag en -0.4 mm/dag.

De berekende waarde voor de verdamping tijdens het zomerhalfjaar is mogelijk een overschatting omdat in de berekening geen verdampingreductie is meegenomen. De berekende waarde voor het winterhalfjaar is mogelijk een overschatting van de grondwateraanvulling omdat de afvoer naar buiten het gebied weggelaten wordt. Met de berekende waarden voor de wegzijging is het model doorgerekend en zijn de gemiddelde modelafwijkingen bepaald. Deze afwijkingen zijn opgenomen in Tabel 2.

Tabel 2

Gemiddelde
modelafwijking (m) per
scenario van de
grondwateraanvulling.

	Winter : 1.8 mm/d Zomer -0.4 mm/d	0.59 mm/d	1 mm/d (oude berekening) ¹
GHG	+ 0.24 m	+0.09 m	+0.07 m
GVG	+ 0.11 m	+0.03 m	+ 0.01 m
GLG	-0.27 m	-0.07 m	-0.09 m

Wanneer het scenario met constante grondwateraanvulling van 0.59 mm/d vergeleken wordt met het scenario met 1.6 wintergrondwateraanvulling/-0.4 zomergrondwateraanvulling, blijkt dat zowel de GHG, de GVG als de GLG beter berekend wordt wanneer uitgegaan wordt van een constante grondwateraanvulling van 0.59 mm/dag. Op basis hiervan wordt de conclusie getrokken dat 1.6 te hoog en -0.4 te laag is voor de grondwateraanvulling van respectievelijk het winterhalfjaar en het zomerhalfjaar. Gekozen wordt om een stationaire grondwateraanvulling van 0.59 mm/dag te gebruiken.

Gekozen Peilbuizen

Er is niet voor alle peilbuizen bekend of het filter zich in of onder het veenpakket bevindt. De stijghoogte in het veenpakket zal behoorlijk afwijken van de stijghoogte in het onderliggende zandpakket. Dit betekent dat filters die zich in het veenpakket bevinden niet gebruikt kunnen worden voor de kalibratie van het model. Voor de geselecteerde peilbuizen is niet altijd bekend of een filter zich in een veenpakket bevindt. Het tot stand komen van de gehele set is niet goed gedocumenteerd. Er is daarom besloten een nieuwe peilbuizen set op te stellen. Deze set is gebaseerd op TNO peilbuizen, peilbuizen van

¹ In de oude berekening is de initiële grondwaterstand nog niet verbeterd waardoor vooral een te lage GLG is berekend

waterschap Regge en Dinkel en peilbuizen van waterschap Velt en Vecht. Alle beschikbare peilbuizen zijn samengevoegd waarna een selectie is gemaakt op de volgende kenmerken:

- Meetreeksen die korter zijn dan een jaar zijn niet meegenomen;
- Meetreeksen waarbij de laatste meting voor 1960 is uitgevoerd zijn niet meegenomen;
- Meetreeksen waarbij de filterdiepte niet bekend is zijn niet meegenomen;
- Meetreeksen met een meetinterval groter dan 30 dagen zijn niet meegenomen;
- Omdat we voornamelijk geïnteresseerd zijn in de grondwaterstanden in het freatische grondwater zijn alleen de bovenste filters geselecteerd.

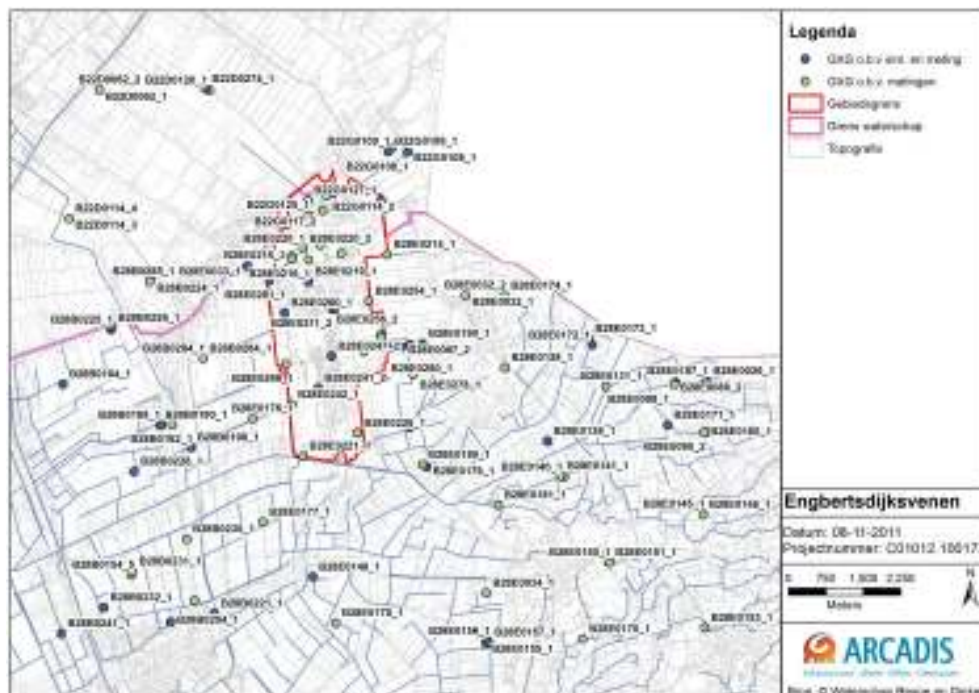
Voor alle overblijvende meetreeksen is een tijdreeksmodel opgesteld op basis van gemeten neerslag en verdamping en verdampingwaarden.

Met het tijdreeksanalysepakket Menyanthes is het mogelijk de verandering in grondwaterstand in de nieuw geplaatste peilbuizen te correleren met de bekende jaarlijkse verandering van beschikbare verklarende reeksen. Verklarende reeksen kunnen bestaan uit nabijgelegen DINO-peilbuizen, neerslag en verdampingsgegevens of oppervlaktewaterstanden. Voor iedere peilbuis wordt een model gemaakt, dat de bijdragen van de verschillende verklarende reeksen kwantificeert en splitst. De sterkte van de gevonden correlatie wordt uitgedrukt in een verklaarde variantie: in hoeverre wordt de spreiding van de gemeten waarden verklaard door de spreiding van de verklarende reeksen. Bij een waarde lager dan 70% wordt de correlatie als onvoldoende betrouwbaar voor het maken van een simulatie geacht.

Alleen peilbuizen met een verklaarde variantie hoger dan 70% zijn opgenomen in het definitieve peilbuizen bestand. Hierbij is zowel de gesimuleerde GXG als de gemeten GXG opgenomen. Uit het resulterende bestand blijkt dat de overblijvende peilbuizen niet evenredig verdeeld zijn. Voornamelijk in de EDV zelf vallen behoorlijke gaten waar geen gemeten grondwaterstanden beschikbaar zijn. Om een evenredig verdeelde peilbuizen set te krijgen is daarom besloten de geselecteerde peilbuizen die niet voldoende te verklaren zijn door neerslag en verdamping nogmaals te bekijken. Op basis van expert judgement is een aantal aanvullende peilbuizen opgenomen met logische lange reeksen die het bestaande bestand complementeren. Van deze later toegevoegde peilbuizen is alleen gebruik gemaakt van de daadwerkelijk gemeten GXG's. Waterschap Regge en Dinkel heeft ter plaatse van alle geselecteerde peilbuizen binnen de EDV boringen uitgevoerd om de veendikte ter plaatse te bepalen. Hierdoor is precies bekend welke filters zich in het veen bevinden en welke filters zich in de zandondergrond bevinden. Omdat de grondwaterstand ter plaatse van de filters in het veen zal afwijken van de gemodelleerde grondwaterstanden onder het veen zijn alleen peilbuizen met filters onder veen opgenomen in de uiteindelijke set peilbuizen. In Figuur 15 zijn alle geselecteerde peilbuizen weergegeven. Deze set met peilbuizen is gebruikt voor de validatie en kalibratie van het model.

Figuur 15

Geselecteerde peilbuizen



Subset peilbuizen scenario's

Daarnaast is een subset van de totale peilbuizen set gebruikt voor de beoordeling van de scenario's. Voor de beoordeling van de scenario's zijn alleen de peilbuizen in de EDV relevant, alle peilbuizen buiten de begrenzing van de EDV zijn buiten beschouwing gelaten. Daarnaast zijn alleen de peilbuizen waar veen aanwezig is opgenomen in de subset voor de beoordeling van de scenario's (immers, op deze locatie is een doelgat te bepalen).

3.3.3

VERSCHIL GEMETEN / GEMODELLEERDE GRONDWATERSTANDEN

In Figuur 16, Figuur 17 en Figuur 18 is het kalibratieresultaat van het uiteindelijke model weergegeven voor de GXG. Het resultaat is uitgesplitst naar peilbuizen binnen de EDV en peilbuizen buiten de EDV. De GVG en de GHG worden gemiddeld te nat berekend (respectievelijk 2 en 5 cm) en de GLG wordt gemiddeld te droog berekend (14 cm). Het model benadert de hoge grondwaterstanden beter dan de lage waterstanden. Daarnaast valt op dat het model zowel de GHG, de GLG als de GVG in de EDV te droog berekent (respectievelijk 7, 6 en 11 cm).

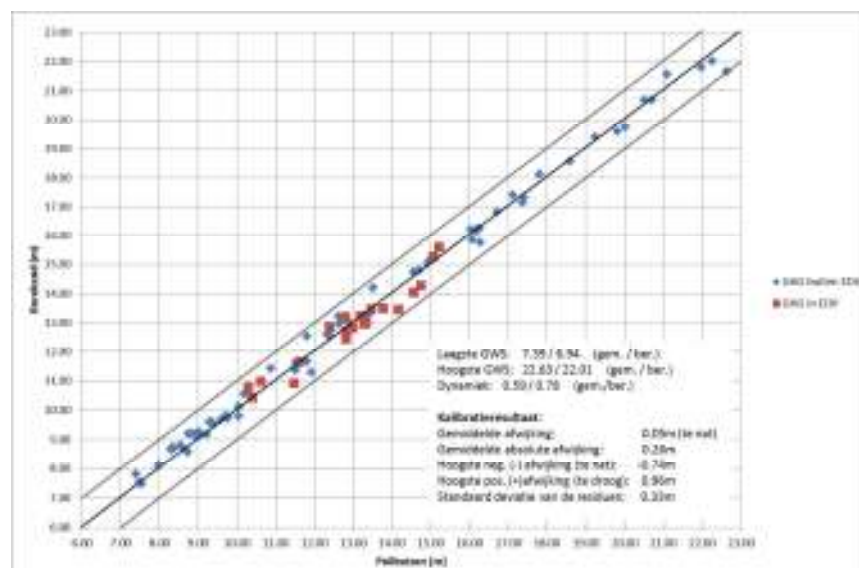
Een veel gebruikt kalibratienorm is dat afwijking tussen de berekende en de gemeten grondwaterstand niet groter mag zijn dan 10% van de totale variatie in grondwaterstand binnen het gemodelleerde gebied. Het verschil in grondwaterstand in de EDV (interessegebied) bedraagt ongeveer 5 m, wat betekent dat de afwijking ongeveer 0.5 m mag zijn. Uit Figuur 16, Figuur 17 en Figuur 18 blijkt dat de afwijking van de GHG en GVG voor alle peilbuizen binnen de gestelde marge valt. Voor de GLG vallen 2 peilbuizen net buiten de marge. Omdat beide peilbuizen buiten de EDV vallen wordt deze afwijking geaccepteerd. De gemiddelde absolute afwijking is ongeveer 0.25 tot 0.30 m.

De GLG wordt gemiddeld te droog berekend en de GHG wordt gemiddeld te nat berekend. Dit betekent dat de dynamiek (het verschil tussen GHG en GLG) die berekend wordt in het

model hoger is dan de gemeten dynamiek. Dit blijkt ook uit de figuren; de gemiddelde gemeten dynamiek bedraagt 0.59 m terwijl de berekende dynamiek 0.78 bedraagt. Als de dynamiek uitgesplitst wordt naar peilbuizen binnen en buiten de EDV blijkt de dynamiek in de EDV kleiner te zijn dan in de omgeving van de EDV (de gemeten dynamiek in de EDV is gemiddeld 0.53 m). Daarnaast blijkt het model de dynamiek in het gebied ook veel beter te voorspellen; deze is namelijk 0.52 m (de afwijking bedraagt dus 1 cm).

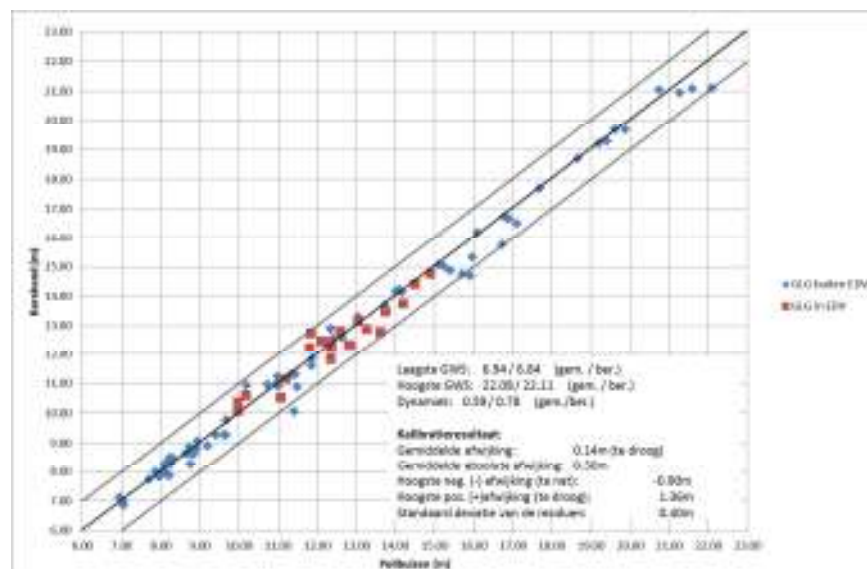
Figuur 16

Kalibratieresultaat GHG



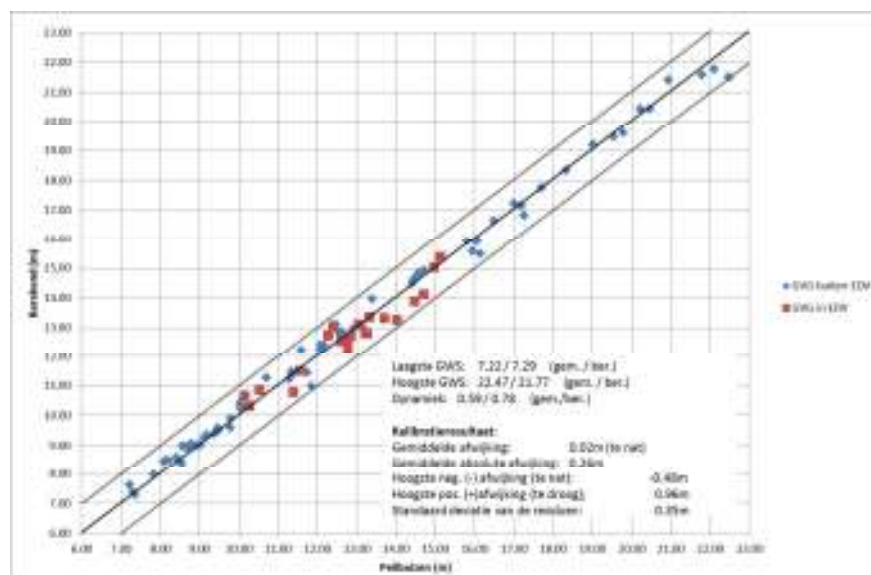
Figuur 17

Kalibratieresultaat GLG



Figuur 18

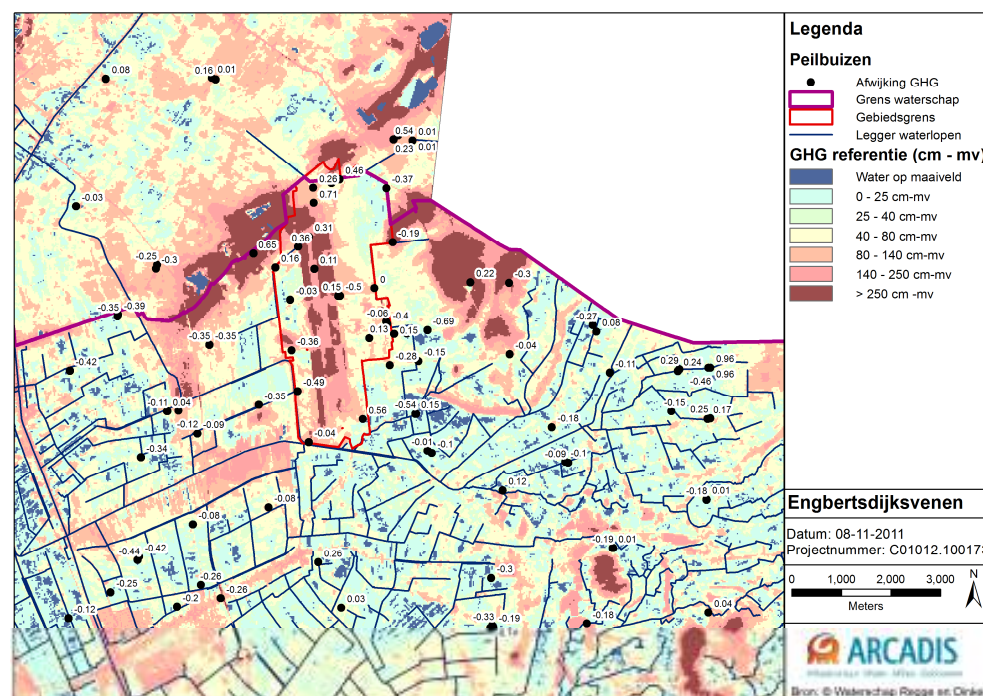
Kalibratieresultaat GVG



In Figuur 19, Figuur 20 en Figuur 21 is het kalibratieresultaat in grafiekvorm te zien. Per peilbuis is de afwijking tussen de gemeten GXG en de berekende GXG weergegeven. Een negatief getal betekent dat het model te hoge grondwaterstanden berekent. Een positief getal betekent dat het model te lage grondwaterstanden berekent. Uit de figuren blijkt dat de afwijkingen ten opzichte van de gemeten waarden niet zijn geclusterd maar ruimtelijk zijn verspreid. Wel blijkt dat de grondwaterstanden langs de rand van de EDV nog steeds afwijken van de metingen. Deze afwijking is echter niet structureel te nat of te droog.

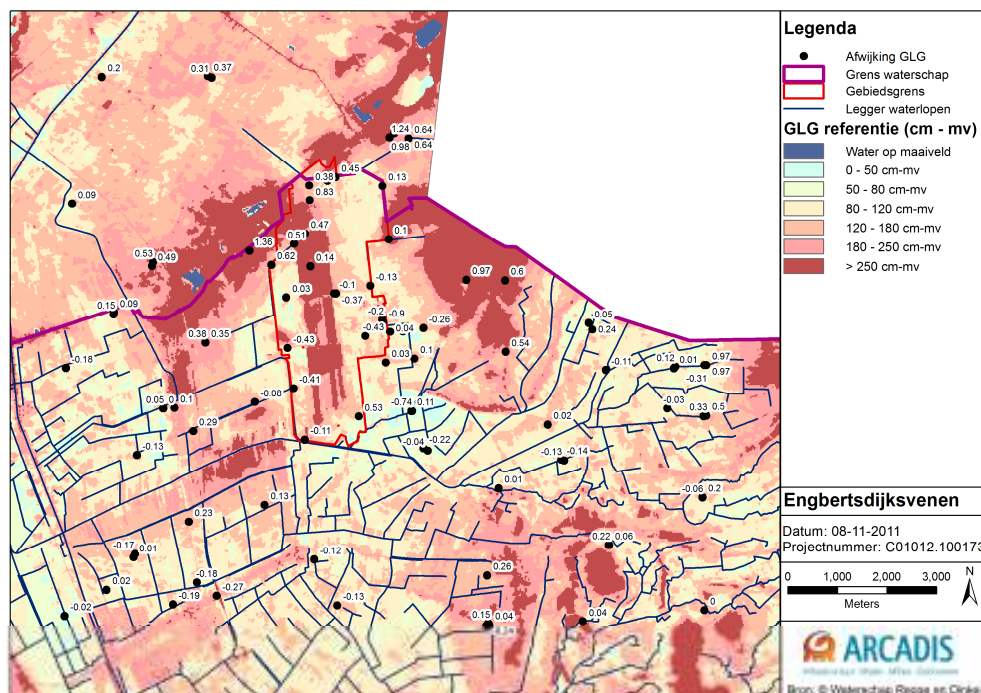
Figuur 19

Afwijking tussen peilbuismetingen en berekende waarden (GHG). Een negatief getal betekent dat het model de grondwaterstanden overschat (te nat), een positief getal betekent een onderschatting (te droog)



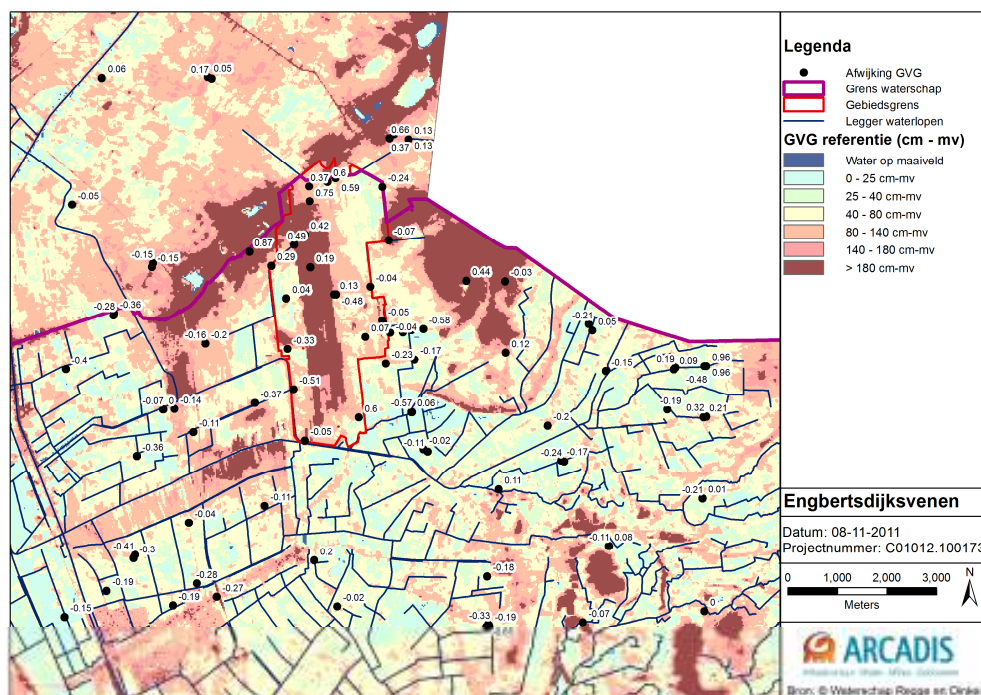
Figuur 20

Afwijking tussen peilbuismetingen en berekende waarden (GLG)
Een negatief getal betekent dat het model de grondwaterstanden overschat (te nat), een positief getal betekent een onderschatting (te droog)



Figuur 21

Afwijking tussen peilbuismetingen en berekende waarden (GVG)
Een negatief getal betekent dat het model de grondwaterstanden overschat (te nat), een positief getal betekent een onderschatting (te droog)



Voor de landbouwgebieden ten oosten en ten westen van de EDV is de berekende dynamiek groter dan de gemeten dynamiek. Namelijk 0,78 m tegenover 0,59 m. Het model berekent te hoge en te lage stijghoogten in de omgeving van EDV, maar gemiddeld worden deze te nat berekend.

Er kan gesteld worden dat het model de werkelijkheid goed representeert. Een gemiddelde afwijking van ± 10 cm bij het gebruik van een niet-stationair model is behoorlijk klein. Ook de berekende dynamiek in de EDV ligt heel dicht bij de werkelijke dynamiek (de afwijking

is 1 cm). De absolute afwijking van het model is groter (± 30 cm). Omdat een verbetering van de grondwaterstanden binnen het gebied waarschijnlijk een verslechtering betekent buiten het gebied is besloten het model niet verder te optimaliseren. Daarnaast zijn verdere aanpassingen aan het model niet te onderbouwen. Er is gekozen om het model te optimaliseren op basis van de werkelijke beschikbare gegevens zodat alle gekozen parameterwaarden te onderbouwen zijn. Bij een automatische kalibratie is het mogelijk dat de afwijkingen ten opzichte van de metingen kleiner worden. Omdat de onderbouwing van de gekozen parameterwaarden dan ontbreekt, is besloten niet verder (automatisch) te kalibreren.

NB ten oosten van het Geesters Stroomkanaal worden door het model plaatselijk te hoge grondwaterstanden berekend waardoor het kanaal in het model ten onrechte jaarrond een drainerende werking heeft ter plaatse van de EDV. Uit een vergelijking met peilbuizen blijkt dat in werkelijkheid het kanaal in de zomer infiltreert en in de winter draineert.

HOOFDSTUK

4 Scenario berekeningen

In dit hoofdstuk worden de verschillende inrichtingsscenario's besproken, die in de loop van de tijd zijn doorgerekend. Het doel van deze inrichtingsscenario's is het verhogen van de grondwaterstanden tot boven de veenbasis waardoor de instandhoudingsdoelen van het Natura2000 gebied EDV behaald kunnen worden. Per scenario wordt besproken op welke manier de effecten op de grondwaterstand berekend zijn, wat de resultaten zijn en in hoeverre de maatregelen leiden tot een verhoging van de grondwaterstanden.

4.1

DOEL SCENARIOS

Met behulp van het grondwatermodel zijn de effecten van verschillende scenario's bepaald. Deze scenario's bevatten verschillende inrichtingsmaatregelen waarvan wordt onderzocht of ze de hydrologische omstandigheden dermate veranderen zodat voldaan kan worden aan één van onderstaande gestelde hydrologische randvoorwaarden voor herstellend hoogveen en actief hoogveen:

- De grondwaterdruk in het zandpakket onder het veengebied reikt permanent tot boven de veenbasis;
- Het veen wordt permanent nat gehouden door regenwater vast te houden in het veen en aan de randen van het gebied.

In de volgende paragrafen zijn alle berekende scenario's toegelicht.

4.2

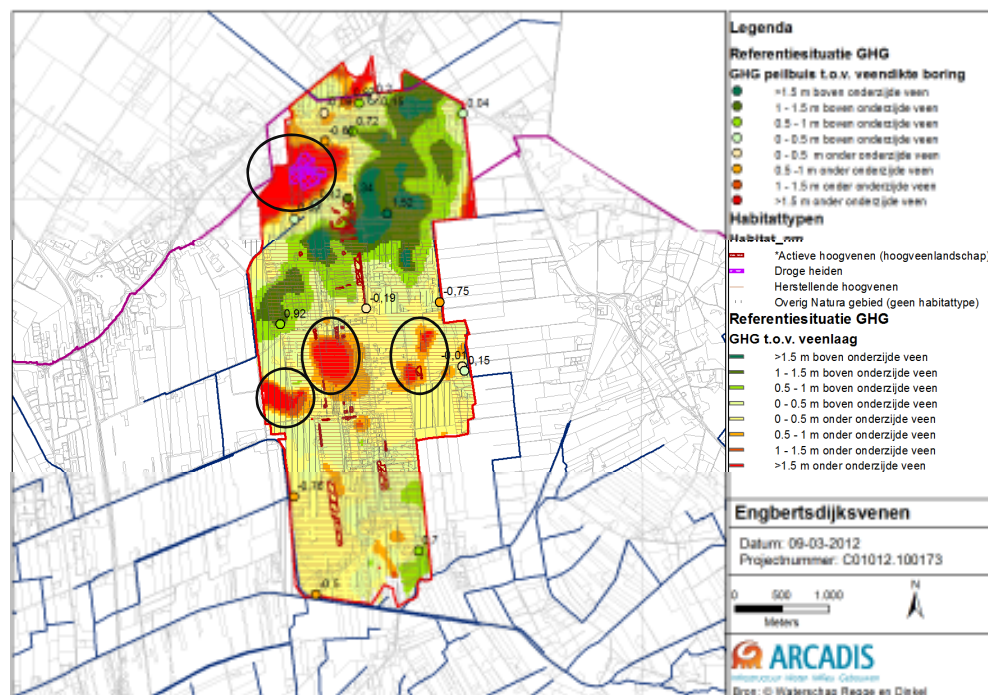
DOELGAT HUIDIGE SITUATIE

Om te kunnen voldoen aan de gestelde randvoorwaarden is het belangrijk te weten hoe diep de veenbasis zich onder het maaiveld bevindt. De grondwaterstanden liggen immers idealiter op of boven deze veenbasis.

In Figuur 22 en Figuur 23 is daarom het *doelgat* weergegeven in de huidige GLG en GHG situatie. Het doelgat is het verschil tussen de stijghoogte ten opzichte van maaiveld en de dikte van de veenlaag. Met andere woorden; dit is het verschil tussen de gewenste en de werkelijke grondwaterstand. In Figuur 22 en Figuur 23 is het doelgat gegeven ten opzichte van de vlakdekkende veendiktekaart en ten opzichte van de gemeten veendikte bij de peilbuizen (de weergegeven waarden in de figuren).

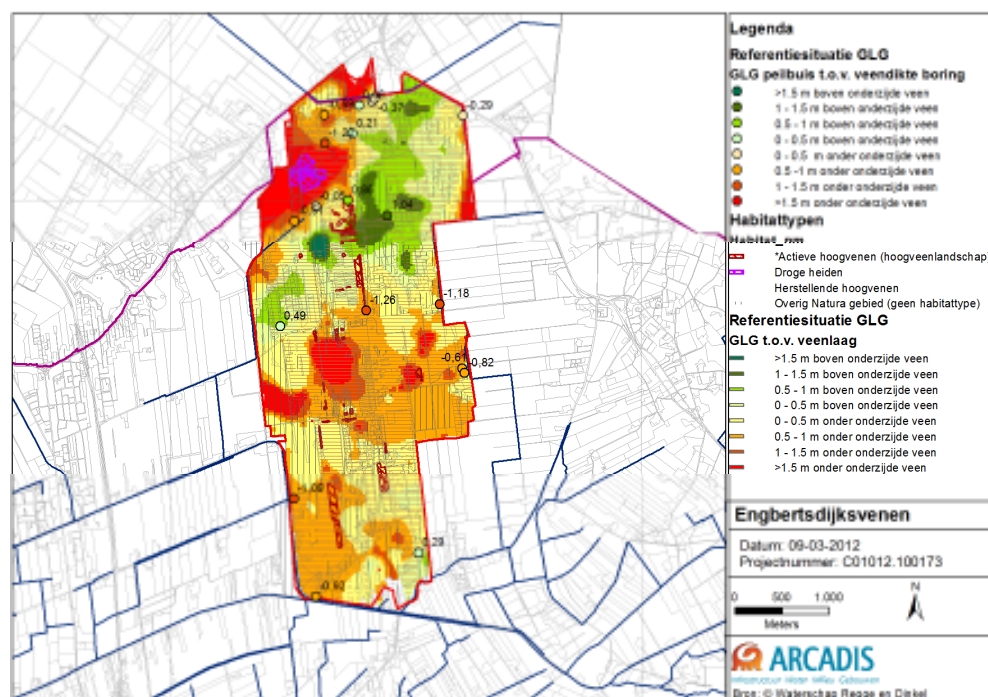
Figuur 22

Stijghoogte (GHG) ten opzichte van de veenbasis in de huidige situatie. De zwarte cirkels geven de gebieden aan waar veen nagenoeg afwezig is.



Figuur 23

Stijghoogte (GLG) ten opzichte van de veenbasis in de huidige situatie



De figuren laten zien dat het doelgat het grootst is aan de randen en in het midden van het gebied. Dit zijn juist ook de gebieden waar de veendikte zeer gering is en op plaatsen (vrijwel) afwezig is (zie Figuur 5 en bijlage 2). Uit de vergelijking met Figuur 5 blijkt dat de rode vlekken in het noordwesten en het midden van het gebied (zie zwarte cirkels in Figuur 22) nagenoeg geen veen bevatten en dat het daarom niet realistisch en zinvol is hier de grondwaterstanden te verhogen (tot aan maaiveld). Een deel van de twee meest oostelijk cirkels hebben geen veen als natuurdoeltypen. Het gepresenteerde doelgat is hier dan ook

niet van toepassing (zie ook Figuur 3). In de GHG situatie is het doelgat in het grootste deel van het gebied minder dan een halve meter. In de GLG situatie is dit voor een groot deel van het gebied meer dan 1 meter.

4.3

SCENARIOS

Deze paragraaf beschrijft de scenario's die met het grondwatermodel zijn beoordeeld. Hierbij is een fasering gehanteerd. De resultaten van de scenarioberekeningen zijn te vinden in paragraaf 4.4.

4.3.1

VOORVERKENNING

Als voorverkenning op (realistische) scenario's om de grondwaterstand in de EDV te verhogen tot boven de veenbasis is met behulp van een aantal verkenningen onderzocht in welk deel van het gebied maatregelen het grootste effect hebben op de grondwaterstanden. In deze verkenningsfase zijn 4 verschillende scenario's doorgerekend:

- Noord: in het voorstadium is onderzocht wat het effect is van maatregelen aan de noordzijde (beheergebied Waterschap Velt en Vecht). Hieruit volgt dat maatregelen in dit gebied niet zinvol zijn.
- Oost: alle ontwateringsmiddelen binnen de 500m zone oostelijk langs de Natura2000 grens zijn verwijderd. Daarnaast zijn alle ontwateringsmiddelen in de EDV verwijderd.
- Zuid: alle ontwateringsmiddelen binnen de 500m zone zuidelijk langs de Natura2000 grens zijn verwijderd. Daarnaast zijn alle ontwateringsmiddelen in de EDV verwijderd.
- West: alle ontwateringsmiddelen binnen de 500m zone westelijk langs de Natura2000 grens zijn verwijderd. Daarnaast zijn alle ontwateringsmiddelen in de EDV verwijderd.
- Totaal: alle ontwateringsmiddelen binnen een straal van 1500m (spreidingslengte) rond de begrenzing van het Natura2000 gebied EDV zijn verwijderd.

4.3.2

WERKGROEP SCENARIOS

Na de voorverkenning zijn nieuwe scenario's vastgesteld in overleg met de werkgroep.

Randvoorwaarden

Zoals gesteld in paragraaf 4.1 zijn er twee typen maatregelen mogelijk om te voldoen aan één van de twee gestelde hydrologische randvoorwaarden voor herstellend hoogveen en actief hoogveen:

1. De grondwaterdruk in het zandpakket onder het veengebied reikt permanent tot boven de veenbasis;
2. Het veen wordt permanent nat gehouden door regenwater vast te houden in het veen en aan de randen van het gebied.

Ad 1

De eerste strategie is het meest duurzaam, omdat hiermee het oorspronkelijke hydrologische systeem wordt hersteld. Modelberekeningen hebben uitgewezen dat strategie 1 niet voor het gehele Natura2000 gebied EDV te realiseren is met gangbare hydrologische maatregelen (zoals bijvoorbeeld het dempen van ontwateringsmiddelen). Alleen in de noordzijde van het gebied (ten noorden van de Engbertsdijk) is het mogelijk om de

grondwaterstand in het zandpakket permanent boven de veenbasis in stand te houden. Ten zuiden van de Engbertsdijk komt de grondwaterstand niet in de veenbasis, ook niet in een maximaal scenario waarbij alle ontwateringsmiddelen binnen 1500 m (spreidingslengte, maat voor ruimtelijke inwerking van hydrologische ingrepen) van het natuurgebied worden verwijderd.

Ad 2

Permanente vernatting van het veen is mogelijk door water op maaiveld te zetten. Dit kan door zoveel mogelijk regenwater in het gebied vast te houden en zo nodig water aan te voeren. Om te voorkomen dat water weglekt via de randen van het veen moeten kades om het veen worden aangelegd. Deze kades worden aangelegd op de rand van het veengebied, zodat voorkomen wordt dat water uit het veen weglekt en dat water over maaiveld afstroomt naar het landbouwgebied. Met de kades is de verticale wegzijging niet tegen te houden, terwijl juist verticale wegzijging voor het grootste 'waterverlies' zorgt. Er zal voornamelijk verticale wegzijging plaatsvinden op de plekken waar geen of slechts een dun veenpakket aanwezig is. Dit is het geval langs de randen met scheuren (bijvoorbeeld ter plaatse van de vergraven NBL-gronden) en ter plaatse van de veenputten. Door middel van de permanente vernatting slibt de bodem na verloop van tijd dicht waardoor de weerstand toeneemt en er minder water zal wegzijgen.

Beschrijving scenario's

Op basis van de bevindingen in de voorverkenning zijn in de werkgroep hydrologie de maatregelen bepaald om definitief door te rekenen in een 7-tal scenario's en 1 gecombineerd scenario. In Tabel 3 zijn de verschillende scenario's kort beschreven.

Tabel 3

Scenario's: naam en kenmerken

Naam	Kenmerken
1	Maximaal vasthouden gebiedseigen water Dit scenario gaat uit van een optimale interne inrichting van de EDV. Binnen de EDV worden de nog aanwezige ontwaterende sloten gedempt. Het gebiedseigen water wordt zoveel mogelijk vastgehouden in het gebied zelf. De volgende modelwijzigingen zijn doorgevoerd, zowel in de zomer- als in de wintersituatie: ▪ De drainerende leggerwatergang in het noordwesten van de EDV zijn verwijderd; ▪ De top10 watergangen binnen de begrenzing van de NBL gronden en de EDV zijn gedempt; ▪ De drainage op de begrenzing van de EDV is verwijderd (langs de randen van het gebied liggen kleine eenheden met een drainage basis op ca. 80cm onder maaiveld);

	Landbouwvriendelijke maatregelen en dempen randsloten In dit scenario wordt alle ontwatering aan de randen van de EDV en de omliggende natuurgebieden verwijderd. Daarnaast worden de maatregelen die zijn aangedragen door de agrariërs uit het gebied (versimpeld) ingevoerd. Het effect is een stijging van de grondwaterstanden. De volgende modelwijzigingen zijn doorgevoerd: - De drainerende leggerwatergangen die op de begrenzing van de EDV liggen, aan de oost- en westzijde van het gebied, zijn gedempt (winter en zomer); - De drainage op de begrenzing van de EDV is verwijderd (langs de randen van het gebied liggen kleine eenheden met een drainage basis op ca. 80cm onder maaiveld); - Het zomerpeil van alle overblijvende watergangen binnen een aantal vakken rondom de EDV is verhoogd, met 20 tot 100 cm (zie bijlage 3). De aanname hierbij is dat de watergangen pas bij een veel hogere grondwaterstand gaan draineren. De onderbemaling in westen van het gebied is buiten beschouwing gelaten; - Het waterpeil van de Dooze (infiltrerende leggerwatergang) is de zomersituatie met 20 cm verhoogd; - Het waterpeil van het Geesters Stroomkanaal (infiltrerende leggerwatergang) is in de zomersituatie met 20 cm verhoogd (vanaf stuw Paterswal tot verdeelwerk Geesters Stroomkanaal – Verbindingsleiding).
3	Realiseren kade Aan de west- en zuidzijde van de EDV wordt een kade aangelegd op de grens tussen natuurgronden en het landbouwgebied. De kade ligt langs de Paterswal en Oude leidijkje. Op de strook grond tussen de kade en het veengebied wordt zoveel mogelijk gebiedseigen water vastgehouden, waardoor het grootste deel van het jaar water op het maaiveld staat. Het invoeren van een dam in het model is modelmatig niet mogelijk. Om toch een effect te krijgen is besloten om een deel van het gebied onder water te zetten, door middel van een watergang met een peil van 30 cm boven maaiveld. Bij het beoordelen van de resultaten dient rekening gehouden te worden met deze kanttekening.
4	Bufferzone oostzijde Aan de oostzijde van de EDV, tussen de N343 Driehoeksweg, de Gravenlandweg en het natuurgebied worden bestaande landbouwgronden ingericht als hydrologische bufferzone. Eerdere berekeningen hebben aangetoond dat het dempen van de detailontwatering niet voldoende is om voldoende water in het gebied vast te houden. Dit leidt weliswaar tot een stijging van het grondwater met enkele tientallen centimeters, maar dat is niet voldoende om het grondwater tot in de veenbasis te krijgen. Daarom wordt als extra maatregel in de bufferzone water permanent tot op het maaiveld gezet. Hierdoor vindt horizontale infiltratie van water naar het veen plaats. Het gebied wordt in compartimenten verdeeld door oost-west gelegen dammen zodat het water naar de westzijde over maaiveld wordt geleid.
5	Verticale infiltratie van water aan de oostzijde Een bufferzone aan de oostzijde van de EDV is een ingreep met aanzienlijke effecten voor de omgeving. Hydrologisch gezien is verticale infiltratie van water op de grens van de EDV en het landbouwgebied een mogelijk alternatief. Ook hierdoor wordt het grondwater onder het veen extra gevoed. Technisch is deze maatregel te realiseren door een rij verticale infiltratieputten te slaan van enkele meters diep met een onderlinge afstand van 100 meter. Voor deze maatregel is aanvoer van water nodig.
6	Bufferzone aan de noordoostzijde Dit scenario omvat de aanleg van een bufferzone aan de noordoostzijde van het gebied, tussen de Dooze, de Groenedijk en de Rijksgrens (ter plaatse van de toekomstige zandwinning). In dit gebied wordt het peil opgezet tot aan het niveau van het oorspronkelijke maaiveld. Ook hier zal naar verwachting extra (gebiedsvreemd) water moeten worden aangevoerd.

7	Inrichten van een bufferzone aan de westzijde In dit scenario wordt het water ten westen van de EDV vastgehouden. Hiertoe zijn de watergangen binnen de bufferzone gedempt (onderbemaling) en is het peil in het Geesters Stroomkanaal opgezet om de drainerende werking tegen te gaan (zie onder scenario 2). De volgende modelwijzigingen zijn doorgevoerd: - De drainerende leggerwatergang binnen de bufferzone zijn gedempt; - In de bufferzone zijn alle top10 watergangen gedempt; - Het peil in het Geesters Stroomkanaal is opgezet tot 5 cm onder maaiveld; - De drainage binnen de begrenzing van de EDV is verwijderd (langs de randen van het gebied liggen kleine eenheden met een drainage basis op ca. 80cm onder maaiveld) en de drainage binnen de westelijke bufferzone is verwijderd.
8	Combinatie scenario In scenario 8 zijn de maatregelen van scenario's 1, 2, 4 en 7 gecombineerd waarbij: voor het Geesters Stroomkanaal de peilverhoging gehanteerd is uit scenario 7, waarbij het peil op 5 cm onder maaiveld is gezet.

Van deze scenario's is, na een berekening van de effecten, een tweede selectie gemaakt, waarbij de scenario's zijn geoptimaliseerd en met het verbeterde peilbuizenbestand zijn vergeleken. Bij deze tweede selectie zijn de kade aan de westzijde (scenario 3), de verticale infiltratie (scenario 5) en de bufferzone aan de noordzijde (scenario 6) afgefallen. Voor de bufferzone oost (scenario 4) is het modelmatig niet mogelijk om met behulp van een waterbalans uit het model de benodigde hoeveelheid water voor het vasthouden van gebiedseigen water door te rekenen. Daarom is dit scenario in een aangepaste vorm analytisch doorgekeurd (zie kader). De resultaten van de afgefallen scenario's zijn ten behoeve van de volledigheid kort beschreven in paragraaf 4.4.2. Daarna zijn de geoptimaliseerde 'kansrijke' scenario's beschreven. Ten behoeve van de navolgbaarheid is de nummering van de scenario's bij de uiteindelijke modelberekening gelijk gehouden. In bijlage 3 zijn de maatregelen per scenario op kaart weergegeven.

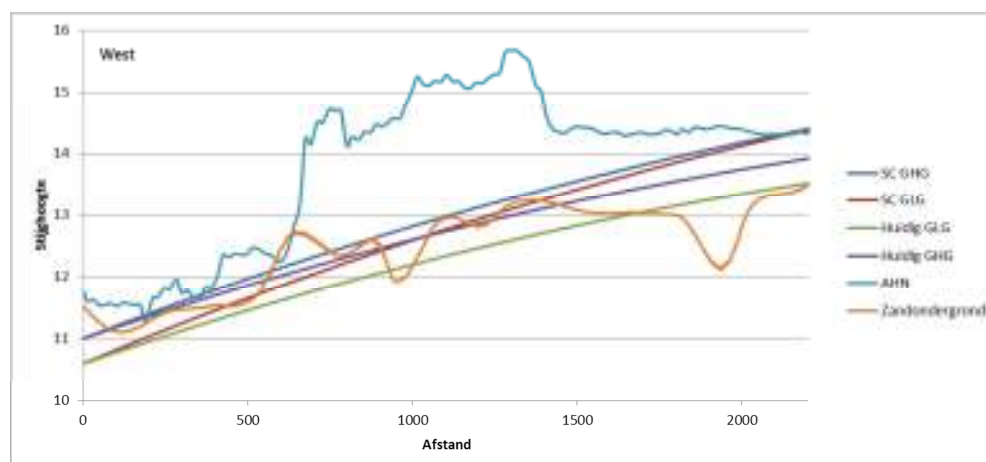
ANALYTISCHE BEREKENING SCENARIO BUFFER OOST

In dit scenario wordt aan de oostzijde van de EDV een bufferzone aangelegd waarin gebiedseigen water (grondwateraanvulling en eventueel kwel) wordt benut voor vernatting van het veenpakket. De bufferzone moet zo worden gecompartmenteerd dat het water maximaal wordt vastgehouden in de zone direct grenzend aan het veenpakket. Voor de uitwerking van dit scenario zijn een aantal uitgangspunten en analytische formules gebruikt:

- De grondwaterstand langs de oostelijke rand van de EDV wordt in zowel de GHG als de GLG situatie opgezet tot aan maaiveld.
- Op basis van doorsnedes door de EDV waarin de gebiedsdekkende zandondergrond, het maaiveld en de gemodelleerde GLG en GHG zijn geplott is bepaald in welke gebieden een peilopzet zinvol is (doorsnedes zijn weergegeven in bijlage 6).
- In het gebied zijn 4 raaien (loodrecht op het isohypsenpatroon) gemaakt waarin met behulp van twee analytische formules van Bruggeman (1999) de opbolling in de referentiesituatie in een GLG en GHG situatie is bepaald. Hierbij zijn de gemodelleerde GHG en GLG aan de oost en westzijde van het EDV als randvoorwaarden gebruikt. Vervolgens is op dezelfde wijze de opbolling bepaald in een situatie met een bufferzone met een peil tot aan maaiveld (gelijk peil in winter- en zomersituatie). In Figuur 24 is de uitwerking hiervan weergegeven voor raai 3.
- De berekende toename in grondwaterstand als gevolg van de bufferzone (verschil in opbolling) is per raai ruimtelijk geprojecteerd op de gemodelleerde referentiesituatie zodat een gebiedsdekkend beeld ontstaat voor de EDV.
- Als laatste is dit effect ook ruimtelijk geprojecteerd op het combinatiescenario (8). Kanttekening hierbij is dat het effect en de bijbehorende benodigde extra flux van het combinatiescenario op deze wijze wordt overschat. Immers door de hogere grondwaterstanden als gevolg van de overige inrichtingsscenario's is het werkelijke verhang kleiner en zullen de opbolling en de bijbehorende flux ook kleiner zijn.

Figuur 24

Uitwerking van de opbolling in het scenario bufferzone Oost raai 3.



4.4

RESULTATEN SCENARIOS

Om een evenwichtssituatie te creëren is voor alle scenario's een periode van 4 jaar (op basis van het representatief weerjaar) doorgerekend met het grondwatermodel. Daarbij is het vierde jaar gebruikt om de GxG's te bepalen. Voor alle scenario's zijn in bijlage 4 en 5 de volgende kaarten opgenomen:

- Het verschil in GHG en GLG t.o.v. de referentiesituatie: in de kaarten is het modelmatige berekende verschil van de GxG per scenario t.o.v. de referentiesituatie weergegeven. De peilbuizen zijn niet opgenomen in de figuren.
- Het doelgat bij de GHG en GLG: in de kaarten is verschil tussen de bovenkant van de zandlaag (i.e. de veendikte) en de modelmatig berekende GxG weergegeven. Daarnaast is voor de peilbuizen het verschil tussen de veendikte volgens de boring en de gecorrigeerde GxG in de peilbuis weergegeven.

Voor de referentiesituatie zijn de GHG en GLG opgenomen: in de kaarten is de modelmatige berekende GxG weergegeven en de GxG in de peilbuizen.

4.4.1

RESULTATEN VOORVERKENNING

De ruimtelijke effecten van deze scenario's op de GLG zijn weergegeven in bijlage 2. Op deze kaarten zijn de verschillen tussen de huidige situatie en de verschillende scenario's weergegeven. Uit de berekende scenario's blijkt dat het verwijderen van de ontwateringsmiddelen rondom de EDV een vernattend effect heeft. Omdat de watergangen met name in de winter een sterk drainerend effect hebben wordt de grootste vernatting gerealiseerd in de wintersituatie. Terwijl juist de verhoging in de GLG situatie belangrijk is; het doelgat in de GLG situatie is immers het grootst. Met name het verwijderen van de watergangen ten zuidwesten (Geesters Stoomkanaal) en ten oosten heeft een groot effect op de grondwaterstand in de EDV (zie ook paragraaf 3.4).

Het verwijderen van detailontwatering in het invloedsgebied rondom de EDV is in verschillende scenario's doorgerekend. De conclusie is dat het verwijderen van de

detailontwatering een onvoldoende groot vernattend effect heeft om het doelgat voor het gehele gebied de EDV in de GLG situatie op te heffen.

4.4.2

RESULTATEN SCENARIOS WERKGROEP

Op basis van de voorverkenning is in overleg met de werkgroep een aantal scenario's vastgesteld. Deze paragraaf beschrijft de effecten van deze scenario's op de grondwaterstanden en het doelgat.

"AfgevalLEN" scenario's (bijlage 4)

Scenario 3

Omdat het technisch gezien niet mogelijk is de kade in het model in te bouwen is het effect van de dit scenario ter plaatse van de EDV beoordeeld op basis van een model met een watergang met peil boven maaiveld (zie Tabel 3). Het berekende effect op de grondwaterstand blijkt klein te zijn. De extra fluxen die vastgehouden worden in de EDV veroorzaken waarschijnlijk geen omslag in het doelgat. De werkgroep heeft daarom besloten dit scenario te laten vervallen

Scenario 5

De aanleg van een reeks infiltratieputten aan de oostzijde van de EDV heeft een vernattend effect op zowel de GLG als de GHG situatie; het GLG effect is 10 – 20 cm in bijna het gehele gebied. Het scenario heeft echter onvoldoende effect op de grondwaterstanden om een positief doelgat in het gehele gebied te veroorzaken. De werkgroep hydrologie heeft besloten dit scenario te laten vervallen omdat de benodigde inspanning van het realiseren van dit scenario niet in verhouding staat tot het effect.

Scenario 6

Uit de resultaten van scenario 6 blijkt dat het aanleggen van een bufferzone ten noordoosten van de EDV voornamelijk effect heeft op het landbouwgebied ten noorden van de EDV. Het effect in het Natura2000 gebied is relatief erg klein. De werkgroep heeft besloten dit scenario te laten vervallen omdat de negatieve effecten in omgeving groter zijn dan vernattende effecten in de EDV.

Kansrijke scenario's (bijlage 5)

NB door de plaatselijke modelafwijking langs het Geesters Stroomkanaal (zie paragraaf 3.3.3) draineert het kanaal in de zomersituatie ten onrechte. Maatregelenscenario's waarbij aanpassingen worden gedaan aan het Geesters Stroomkanaal geven daardoor een overschatting van het werkelijke effect. Immers, in de huidige situatie wordt de werking van het kanaal te "negatief" ingeschat waardoor een scenario een overschatting geeft van het werkelijk optredende effect. Deze kanttekening dient meegenomen te worden bij het beoordelen van de effecten van de verschillende scenario's.

Scenario 1

Scenario 1 heeft een minimaal effect op de GHG en GLG ten opzichte van de referentiesituatie. Alleen aan de westelijke rand van het gebied en in het zuiden stijgt de GHG plaatselijk met maximaal 20 centimeter. Bij de GLG is er nagenoeg geen effect. Het doelgat blijft even groot als in de referentiesituatie.

Scenario 2

Scenario 2 leidt aan de oost- en westgrens van het gebied, met het dempen van de drainerende watergangen, tot een vernatting aan de randen. De vernatting strekt zich in de GHG situatie tot in het midden van het gebied uit over de hele breedte. De maatregel versterkt hier het reeds aanwezige 'positieve doelgat' in de referentiesituatie. Het gebied met een "positief doelgat" wordt niet groter dan in de referentiesituatie, door de vrij abrupte overgang van een dik naar een zeer dun veenpakket. Het GLG effect is zelfs groter doordat de peilen voornamelijk in de zomer worden aangepast. In de GLG situatie strekt het effect zich in lengte richting uit langs de oostgrens tot aan het zuiden van het gebied. Hier is sprake van een verkleining van het doelgat aan de oostzijde van het gebied, in een zeer klein gebied is sprake van een omslag naar een "positief doelgat".

Scenario 4

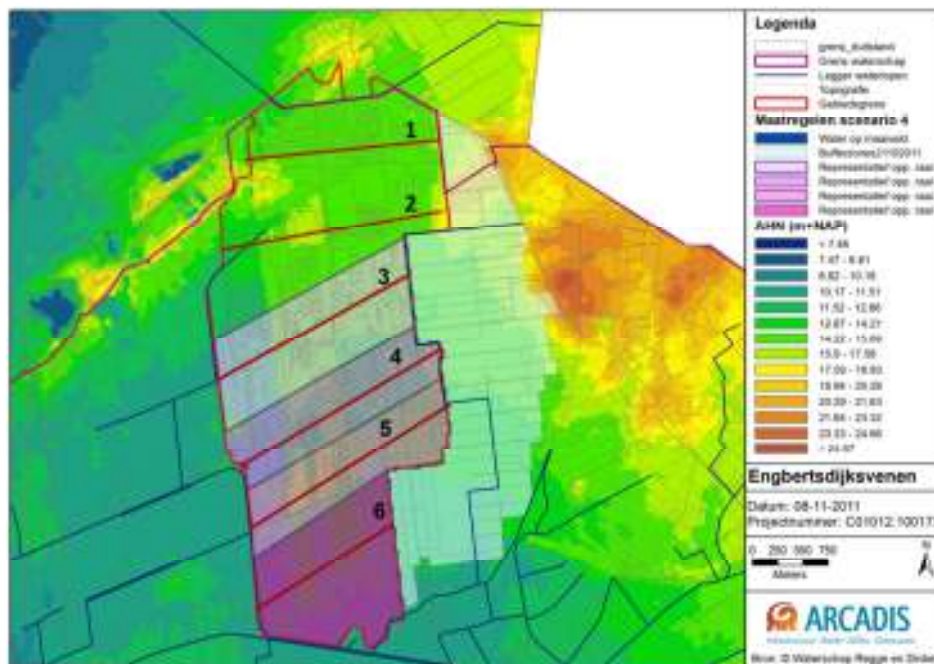
Uit de doorsneden weergegeven in bijlage 6 blijkt dat het niet zinvol is om water op maaiveld te zetten ter plaatse van de noordelijkste twee raaien (raai 1 en raai 2). Aan de oostelijke zijde van de EDV zijn de grondwaterstanden veelal hoger dan de veenondergrond (positief doelgat). Aan de westzijde van raai 1 is het doelgat nog erg groot (3,5 m). Omdat in deze gebieden niet overal habitatype herstellend of actief hoogveen gevraagd wordt is het opzetten van water tot aan maaiveld in de noordoostelijke grens van de bufferzone niet heel zinvol. Voor de overige raaien (3 tot en met 6) is het wel zinvol water aan maaiveld te zetten ter plaatse van de oostelijke rand van de EDV. In bijlage 3 is voor dit scenario weergegeven hoe het gebied is ingedeeld in "representatieve raaien" en hoe de bufferzone is verdeeld in compartimenten.

Scenario 4 leidt in zowel de GLG als de GHG situatie in een groot gebied in het zuidelijk deel van de EDV tot een omslag naar een "positief doelgat". Alleen aan de westzijde van de EDV blijft een gebied bestaan met een negatief doelgat, met een GHG die nog een halve meter onder de veenbasis ligt (de instandhoudingsdoelen in dit gebied zijn deels herstellend hoogveen). Daarnaast blijft het doelgat in de gebieden waarin het veendek nagenoeg afwezig is en gebiedje in het midden van de EDV aanwezig (negatief). Uit de doorsneden blijkt dat het op deze locaties niet reëel is om de grondwaterstanden boven de veenbasis te krijgen.

Om het water aan de oostrand van het natuurgebied permanent boven de onderzijde van het veen te krijgen, moet het gebied dat is aangewezen als bufferzone (zie Figuur 25) een andere inrichting krijgen. Uit de hoogtekaart (Figuur 25) blijkt dat er behoorlijk verhang (3 - 4 m) bestaat in de bufferzone richting de EDV. Daarnaast laten de isohypsen zien dat het diepere grondwater vanuit het noordelijk deel van deze bufferzone rechtstreeks de EDV instroomt met opnieuw een behoorlijk verschil in de stijghoogten. Tenslotte zijn er ten noordoosten van de EDV buiten de bufferzone geen grote watergangen die de toestroom van grondwater afvangen. Met andere woorden, de aanvulling van grondwater naar de bufferzone en vanuit het noordelijk deel van de bufferzone naar het natuurgebied is groot. In het zuidelijk deel van de bufferzone zijgt mogelijk een deel van het water weg richting het zuiden.

Figuur 25

Inrichting scenario 4 en het
hoogteverloop in de
omgeving van de EDV



Door de aanwezige detailontwatering in de bufferzone te dempen en de zone op een logische wijze in te delen in compartimenten kan waarschijnlijk een groot deel van het aanwezige neerslagoverschot vastgehouden worden ten gunste van de EDV. Daarnaast draagt de natuurlijke afstroming van grondwater vanuit de stuwwal bij aan de watertoevoer die benodigd is om het water aan de westrand van de bufferzone tot aan maaiveld te krijgen. De verwachting is dat door een logische indeling van de bufferzone genoeg water vastgehouden kan worden om langs de oostrand van het natuurgebied het water permanent boven de onderzijde van het veen te krijgen.

NB door de gekozen berekeningsmethode zijn grondwaterstandsveranderingen buiten de EDV niet meegenomen.

Scenario 7

Scenario 7 heeft in de GHG situatie in de bufferzone een vernattend effect tot 1 meter ten opzichte van de referentiesituatie. Dit effect strekt zich uit tot aan bijna de oostgrens van het gebied. In de GLG situatie zijn de invloed en de omvang van het invloedsgebied geringer (in de huidige situatie infiltreert het kanaal deels in de huidige situatie). In beide situaties is sprake van een flinke verkleining van het doelgat ten opzichte van de referentiesituatie. Vanwege de omvang van het doelgat is er geen sprake van een omslag naar een “positief doelgat”, met uitzondering van zeer kleine oppervlaktes (in zowel de GHG als de GLG situatie). Uit de vergelijking met de referentiesituatie blijkt dat dit scenario met name zinvol is in het zuidelijk deel van de EDV vanaf ongeveer de instroom van het Geesters Stroomkanaal. Wat meer noordelijk ontstaat wel een vernatting. Deze noordelijke vernatting heeft echter nagenoeg geen omslag van het doelgat tot gevolg.

Scenario 8

Dit scenario vormt een combinatie van alle doorgerekende “zinvolle” scenario’s. Door alle maatregelen in dit scenario door te voeren wordt in vrijwel het gehele EDV een positief

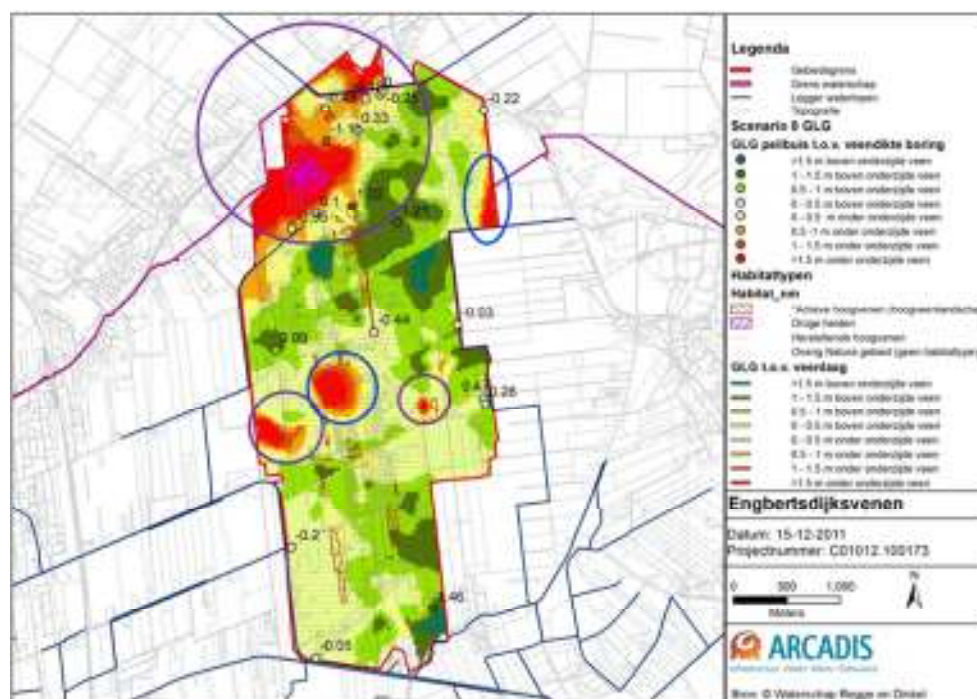
doelgat gecreëerd in zowel de GLG als de GHG situatie. Uitzonderingen zijn de gebieden die omcirkeld zijn in Figuur 26. Deze gebieden zijn in te delen in twee klassen:

- Gebieden waar veen nagenoeg afwezig is; het blijkt hier niet mogelijk grondwaterstanden tot aan maaiveld op te zetten (paars omcirkeld in Figuur 26). NB de twee oostelijke gebieden hebben geen veen doelstelling in de habitattypenkaart. Het doelgat is in deze gebieden niet relevant;
- Lokale hoge ruggen in de EDV. Deze gebieden zijn te klein om met de voorgestelde maatregelen grondwaterstanden boven de veenbasis te krijgen. Om deze gebieden permanent nat te houden moeten zeer lokale maatregelen genomen worden (bijvoorbeeld het plaatsen van kades in het gebied rondom de ruggen) (deze gebieden zijn blauw omcirkeld in Figuur 26). NB het meest westelijke gebied heeft geen veen doelstelling in de habitattypenkaart. Het doelgat is in dit gebied niet relevant

Figuur 26

Het doelgat bij de GLG in scenario 8.

Omcirkeld zijn de gebieden waarin een positief doelgat niet haalbaar is.



Samenvatting

Tabel 4 en Tabel 5 geven voor de GLG en GHG situatie een overzicht van de conclusies per scenario. In de tabellen is een “positief doelgat” in hectares en percentages per scenario weergegeven. In Tabel 4 is dit gedaan voor de verschillende habitattypen, in Tabel 5 voor de potentiële habitattypen. Te zien is dat geen van de scenario's leidt tot een doelrealisatie van 100%. Het combinatiescenario 8 komt voor beide hoogveentypes in zowel de GHG als de GLG situatie tot een doelrealisatie van minimaal 79%. De toename aan doelrealisatie is in dit scenario minimaal 24%. Qua potentie liggen de doelrealisaties iets lager, dit komt vooral doordat in een groter gebied veenontwikkeling gewenst is.

Tabel 4

Effect van de verschillende scenario's op het oppervlak met een positief doelgat - habitattypen in GHG en GLG situatie

Scenario	Habitatype	GHG opp		GLG opp	
		ha	% (+t.o.v. ref)	ha	% (+t.o.v. ref)
Totaal	Herstellend hoogveen	628	100	628	100
	Actief hoogveen	14	100	14	100
Ref	Herstellend hoogveen	334	53	193	31
	Actief hoogveen	9	62	4	29
1	Herstellend hoogveen	340	54 (+1)	197	31 (+0)
	Actief hoogveen	9	63 (+1)	4	31 (+2)
2	Herstellend hoogveen	356	57 (+4)	214	34 (+3)
	Actief hoogveen	9	63 (+1)	5	38 (+9)
4	Herstellend hoogveen	482	77 (+24)	396	63 (+32)
	Actief hoogveen	11	81 (+19)	9	69 (+40)
7	Herstellend hoogveen	399	63 (+10)	219	35 (+6)
	Actief hoogveen	11	77 (+15)	5	39 (+10)
8	Herstellend hoogveen	540	86 (+24)	493	79 (+48)
	Actief hoogveen	14	100 (+38)	13	94 (+65)

Tabel 5

Effect van de verschillende scenario's op het oppervlak met een positief doelgat - potenties habitattypen in GHG en GLG situatie

Scenario	Potentie	GHG opp		GLG opp	
		ha	% (+t.o.v. ref)	ha	% (+t.o.v. ref)
Totaal	Hoogveen	852	100	852	100
Ref	Hoogveen	461	54	252	30
1	Hoogveen	464	55 (+1)	268	31 (+1)
2	Hoogveen	488	57 (+3)	286	34 (+4)
4	Hoogveen	646	76 (+22)	519	61 (+31)
7	Hoogveen	551	65 (+11)	284	33 (+3)
8	Hoogveen	718	84 (+30)	648	76 (+46)

HOOFDSTUK 5

Optimalisatie maatregelenpakket

5.1

OPTIMALISATIE

Uit de resultaten van de scenarioberekeningen in hoofdstuk 4 blijkt dat een aantal scenario's, ook het gecombineerde optimale scenario (8), geoptimaliseerd kan worden. Deze optimalisatieslag is in samenwerking met de werkgroep hydrologie uitgewerkt en wordt kort in dit hoofdstuk besproken. De geoptimaliseerde scenario's zijn niet opnieuw doorgerekend in het model. Dit is wel gewenst in een latere fase van het onderzoek. Daarbij moet nadrukkelijk aandacht worden besteed aan het doorrekenen van de waterbalans, wat met het huidige modelconcept niet mogelijk is.

In de werkgroep hydrologie is besloten dat het optimale maatregelen pakket bestaat uit een combinatie van de scenario's 1, 4 en 7:

- Scenario 1: maximaal vasthouden van gebiedseigen water. Dit scenario is licht gewijzigd ten opzichte van de uitwerkingen in hoofdstuk 4. De watergang langs de westelijke begrenzing van de EDV wordt volledig gedempt, daar waar deze ten oosten van de Paterswal ligt.
- Scenario 4: Bufferzone oost. De begrenzing van de bufferzone is gewijzigd ten opzichte van de uitwerkingen in hoofdstuk 4. De wijziging wordt hieronder toegelicht.
- Scenario 7: Bufferzone West. De begrenzing van de bufferzone is gewijzigd ten opzichte van de uitwerkingen in hoofdstuk 4. De wijziging wordt hieronder toegelicht.

Scenario 2 vervalt volledig. Immers de maatregelen van dit scenario aan de oostzijde van dit gebied vallen met de bufferzijde aan de oostzijde. Het dempen van de watergang bij de Paterswal is opgenomen in scenario 1. Uit de scenarioberekeningen blijkt dat de overige maatregelen in dit scenario geen toegevoegd effect hebben op het verkleinen of opheffen van het doelgat. Meer informatie over de begrenzing van de bufferzones staat weergegeven in onderstaande tekst.

5.2

UITSTRALEND EFFECT

Door de werkgroep hydrologie is ingeschat dat de bufferzones een beperkt uitstralend vernattingseffect hebben op de naastgelegen landbouwgronden. Een uitstralend effect is alleen te verwachten wanneer de naastgelegen landbouwgronden op dezelfde hoogte of lager liggen dan de bufferzone. Dit is ten zuiden van de oostelijke bufferzone en ten westen van de westelijke bufferzone het geval. Verwacht wordt dat het uitstralende effect zich beperkt tot een afstand van maximaal 100 m ten zuiden van de oostelijke bufferzone en ten westen van de westelijke bufferzone. De effecten kunnen gecompenseerd worden door

reguliere kavelaanvaardingswerkzaamheden (zoals het aanleggen/intensiveren van drainage of ophogen van de percelen). Bij het opstellen van een inrichtingsplan voor de bufferzones moeten de effecten van de bufferzones nader onderzocht worden met behulp van een modelstudie en de inbreng van kennis over de lokale bodemopbouw.

5.3

BUFFERZONE OOST

Deze bufferzone is bedoeld om grondwaterstroming van het brongebied (de stuwwal) en het neerslagoverschot in de bufferzone te benutten voor het vernatten van de rand van het natuurgebied (en het verhogen van de grondwaterstanden onder het natuurgebied). Hiertoe wordt zoveel mogelijk water in de bufferzone vastgehouden, zodat het water aan de rand van het natuurgebied in de zomer minimaal rond maaiveld staat en in de winter minimaal 15 cm boven maaiveld.

De best beschikbare technieken (waaronder het bestuurlijk geacordeerde grondwatermodel) zijn gebruikt om het effect van de bufferzones in te schatten. Het is met de momenteel beschikbare technieken niet te onderbouwen of de bufferzone verkleind kan worden, zonder de instandhoudingsdoelen in gevaar te brengen. Onderzoek met nog te ontwikkelen technieken is nodig om de inrichting en begrenzing van de bufferzone nader te verfijnen. Daarbij moet nadrukkelijk aandacht besteed worden aan het doorrekenen van de waterbalans, om te bepalen of er voldoende gebiedseigen water voorhanden is om de instandhoudingsdoelen te behalen. De aanname is dat het neerslagoverschot in de bufferzone en de toestroom van grondwater voldoende is om de doelen te behalen. Als na doorrekening blijkt dat dit toch niet zo is kan overwogen worden om gebiedsvreemd water in te laten. Hierbij is de waterkwaliteit wel een aandachtspunt, de kwaliteit van het aangevoerde water moet zodanig zijn dat er geen (verdere) eutrofiering van het hoogveen plaatsvindt.

Directe vermesting kan optreden als gevolg van toestroom van grondwater dat belast is met meststoffen (voornamelijk nitraat, maar ook fosfaat) uit aangrenzende landbouwgronden. Nitraat kan onder zuurstofloze omstandigheden de rol van zuurstof overnemen en daarmee de afbraak van het veen stimuleren, waarbij nutriënten versneld worden gemobiliseerd (Lamers et al. 2010). Daarnaast kan onder dunnere veenpakketten het met nutriënten belaste water bereikbaar worden voor vegetatie die dieper wortelt, bv pitrus, pijpestro en berk. De combinatie van een hoge stikstofbeschikbaarheid als gevolg van atmosferische depositie en hoge fosforbeschikbaarheid via guanotrofiëring levert gunstige groeiomstandigheden op voor bijvoorbeeld berk (Tomassen et al. 2003; Limpens 2009), ten koste van veenmossen. Afname van de veenmosgroei leidt tot een lagere stikstofopname, waardoor de stikstofbeschikbaarheid voor vaatplanten verder toeneemt. Zo treedt een zichzelf versterkend proces op. Het strooisel van vaatplanten breekt bovendien gemakkelijker af dan dat van veenmossen, waardoor de hierin vastgelegde nutriënten weer sneller beschikbaar komen. Op deze manier ontstaat een terugkoppeling, die leidt tot een nog grotere dominantie van ongewenste vaatplanten. Vervolgens zijn er ook negatieve effecten op fauna (zie herstelstrategie herstellende hoogvenen, Stichting Bargerveen 2011).

Het maaiveld in de bufferzone kent een sterk verloop van noordoost naar zuidwest. Hierdoor is het mogelijk om een deel van de bufferzone te voorzien van ontwatering, zodat er een bepaalde mate van drooglegging aanwezig is. Deze ontwatering dient af te wateren naar het westen, zodat het neerslagoverschot in de bufferzone benut kan worden. Hierbij mogen geen meststoffen/nutriënten afstromen naar de bufferzone, aangezien deze stoffen via het grondwater kunnen zorgen voor eutrofiering van het hoogveen. Het gebied met een verwachte drooglegging groter dan 80 cm is aangegeven in Figuur 28. Vanwege de beperking op het gebruik van meststoffen is regulier agrarisch gebruik van de bufferzone niet mogelijk. Wel is in de eerste jaren na aanleg aangepast agrarisch gebruik mogelijk (in de vorm van uitmijnen zonder meststoffen toe te voegen). Door afnemende opbrengsten als gevolg van de beperkingen zal aangepast agrarisch gebruik op lange termijn ook niet rendabel zijn. Wel kan de bufferzone gebruikt worden voor andere economische functiedragers die passen binnen de mogelijkheden die de Natuurbeschermingswet biedt en waarbij geen meststoffen uitstromen. Daarbij kan gedacht worden aan recreatief gebruik of gebruik voor energieopwekking.

Het noordelijk deel van de oostelijke bufferzone is bedoeld als Laggzone (overgangszone), deze zone is ook op onderstaande kaart aangegeven.

Gelet op bovenstaande zal verreweg het grootste deel van de bufferzone Oost verworven moeten worden of een andere gebruiksfunctie moeten krijgen. De precieze begrenzing is nog niet duidelijk. Een kwalitatieve begrenzing zou neerkomen op het volgende:

- begrenzing is zeker op percelen waarvoor geldt dat ze noodzakelijk zijn om de grondwaterstand aan de veenbasis te krijgen (met gebiedseigen water);
- begrenzing is tevens noodzakelijk op percelen waarvoor geldt dat niet uitgesloten kan worden dat uitspoeling van nutriënten door bemesting, kan leiden tot eutrofiëring:
 - A: via het oppervlaktewater naar de buffer;
 - B: van het grondwater onder een dunner veenpakket (waar actief of herstellend hoogveen aanwezig is).

Ad A

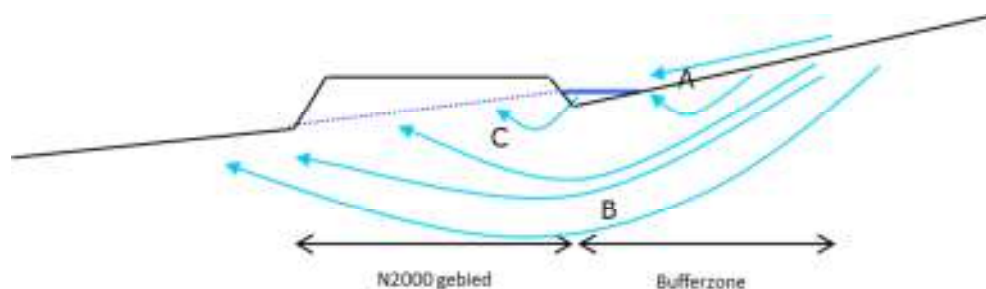
Het oppervlaktewater wordt voornamelijk vervuild door oppervlakkige bodemafvoer (zie stroomschema (A) in figuur 27). Anders dan in de huidige situatie wordt de af-/ontwatering in het oostelijk gebied van de bufferzone niet om de Engbertsdijkswenen gelegd, maar wordt het water gebruikt om de oostelijk bufferzone te vullen. Percelen die, direct of indirect, afwateren op de bufferzone moeten dus zowel vanwege de toevoer van water naar de bufferzone als om verrijking met nutriënten tegen te gaan worden verworven of van functie wijzigen.

Ad B

Het grondwater wordt vervuild door infiltratie van nutriënten in de bodem die met het grondwater worden afgevoerd. Met name deze begrenzing zou met grondwaterkwaliteit berekeningen in combinatie met stroombanenonderzoek uitgezocht moeten worden. Het betreft hier met name de zuid-oostelijk gelegen hectares. De verwachting is echter dat deze begrenzing kleiner is dan de bufferzone die noodzakelijk is voor de watervoorraad, doordat vanuit de bufferzone ook water infiltreert (zie stroomschema (C) in figuur 27). Het grondwater van grotere afstand wordt dan als het ware weggedrukt bij de randen van Engbertsdijkswenen.

Figuur 27

Uitspoeling van nutriënten



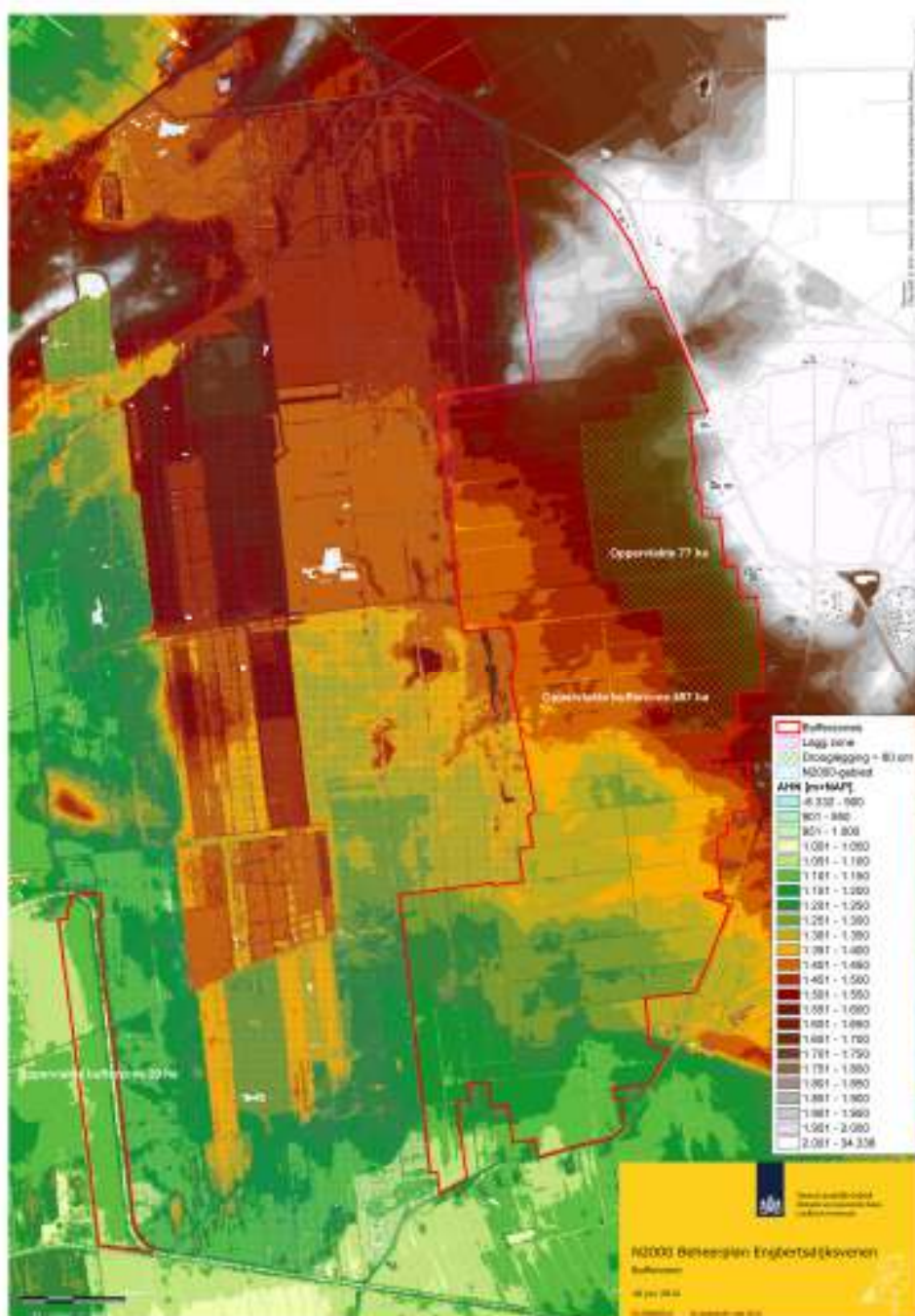
5.4

BUFFERZONE WEST

In eerdere berekeningen strekte de bufferzone west (scenario 7) zich uit langs een groot deel van de westelijke begrenzing van de EDV. Naast de maatregelen voor het Geesters Stroomkanaal is het dempen van de onderbemaling noordelijk van het Geesters Stroomkanaal opgenomen. Uit de scenario berekening blijkt echter dat de maatregelen ten noorden van het Geesterens stroomkanaal een nagenoeg verwaarloosbaar effect hebben op het verkleinen van het doelgat. Om deze reden is besloten de bufferzone te beperken tot het zuidelijk deel (langs het Geesters Stroomkanaal). Verder is één van de gewenste maatregelen het opzetten van het peil in het Geesters Stroomkanaal tot aan maaiveld (dit betekent een zomer- en winterpeil van ongeveer 11.5 m+NAP). Dit leidt tot vernatting in de omgeving en om die reden wordt er een bufferzone langs het kanaal aangelegd. Deze bufferzone kan in verband met een zeer beperkte drooglegging niet agrarisch gebruikt worden.

Figuur 28

Voorstel bufferzones met
oppervlaktes



HOOFDSTUK

6 Conclusie

6.1**DE ENGBERTSDIJKSVENEN**

De EDV is een restant van een groter hoogveencomplex. Het veen in het gebied is grotendeels vergraven. Lokaal is nog een kleine niet vergraven veenkern aanwezig, met daar omheen een zone gedeeltelijk vergraven hoogveen waar veendiktes variëren van enkele centimeters tot maximaal 5 meter. Voor groei en instandhouding van het hoogveen is het nodig dat water zoveel mogelijk vastgehouden wordt in het gebied en niet wegzijgt naar de ondergrond. Doordat het omliggende veencomplex is weggegraven en veel detailontwatering is aangelegd zijn de grondwaterstanden rondom het resterende complex dermate gezakt dat ze lokaal niet meer tot in de veenbasis komen. Hierdoor kan de groei en instandhouding van het veen niet meer gegarandeerd worden. Om de instandhoudingsdoelen te behalen voor de EDV is het nodig de grondwaterstanden in het gebied te verhogen tot aan de veenbasis.

Met behulp van een grondwatermodel zijn verschillende scenario's doorerekend. Deze scenario's bevatten verschillende inrichtingsmaatregelen welke naar verwachting een verhoging van de lokale grondwaterstanden realiseren.

6.2**GRONDWATERMODEL**

Er kan gesteld worden dat het model de werkelijkheid goed representeert. Het model heeft een gemiddelde afwijking van ± 5 en 14 cm in respectievelijk de GHG en GLG situatie. Dit betekent dat het model de grondwaterstand systematisch met 5 cm overschat in de GHG situatie en de GLG onderschat met gemiddeld 14 cm. Een gemiddelde afwijking van 10 cm is voor een niet-stationair model relatief klein. Ook de berekende dynamiek (verschil tussen gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstanden) in de EDV ligt dicht bij de werkelijke dynamiek (de afwijking is 1 cm). De absolute afwijking van het model is groter (± 30 cm). Dat betekent dat het gemiddelde verschil tussen de berekende en de gemeten grondwaterstanden in de zandondergrond 30 cm is. Lokaal kunnen grotere (en ook kleinere) afwijkingen bestaan. Omdat een verbetering van de benadering van de grondwaterstanden binnen de EDV waarschijnlijk een verslechtering betekent buiten de EDV is besloten het model niet verder te optimaliseren. Daarnaast zijn aanpassingen aan het model niet te onderbouwen. Er is gekozen om het model te optimaliseren op basis van de werkelijke beschikbare gegevens zodat alle gekozen parameterwaarden te onderbouwen zijn. Het is belangrijk te vermelden dat het model de stijghoogte in de zandondergrond berekent. In werkelijkheid kunnen grondwaterstanden aan maaiveld afwijking door heterogeniteit van de bodem (lokale veen en leem laagjes).

6.3

INRICHTINGSSCENARIOS

Om de grondwaterstand in de EDV te verhogen is een aantal maatregelen opgesteld. Deze zijn verwerkt in 4 inrichtingsscenario's. Deze scenario's, en een combinatie van alle scenario's, zijn doorgerekend. Op basis van de resultaten van deze scenario's kan afgewogen worden welke maatregelen het meest effectief zijn zonder dat er te grote nadelige effecten op de omliggende landbouwpercelen ontstaan. Op basis van de resultaten is een optimalisatieslag doorgevoerd op de precieze uitwerking van de maatregelen en begrenzing van de bufferzone in de scenario's.

In de huidige situatie is er een brede band in de noordelijke helft van het gebied met een dikke veenlaag, waarbij de GHG en GLG tot boven de veenbasis komen. Dit resulteert in een "positief doelgat". De grondwaterstanden in het zuidelijke deel van de EDV komen nergens tot aan de veenbasis; het doelgat is hier groot, met name in de GLG situatie.

Een aantal scenario's versterkt het positieve doelgat, echter geen enkel losstaand scenario verkleint het negatieve doelgat dermate dat een positief doelgat in het gehele gebied ontstaat. Uit de resultaten van de verschillende scenario's blijkt dat twee maatregelen relatief het grootste effect hebben:

- Het opzetten van het peil in het Geesters Stroomkanaal tot aan maaiveld;
- Het aanleggen van een bufferzone langs de (zuid)oostelijke rand van de EDV.

Wanneer alle inrichtingsmaatregelen gecombineerd worden blijkt dat in bijna het gehele gebied het mogelijk is een omslag te creëren naar een positief doelgat; in de GHG situatie wordt in respectievelijk 86% en 100% van het totale oppervlak aan herstellend en actief hoogveen een positief doelgat bereikt. In de GLG situatie is dit respectievelijk 79% en 94%. Dit is een aanzienlijke verbetering ten opzichte van de referentiesituatie.

De volgende aanbeveling verdient daarbij wel de aandacht: mocht na onderzoek of monitoring blijken dat met realisatie van de bufferzone Oost de hoeveelheid gebiedseigen water toch nog onvoldoende is om de instandhoudingsdoelen te halen er wordt ingezet op een verdere aanvulling met gebiedsvreemd water van een juiste kwaliteit. Dit om er voor te zorgen dat investeringen zich vertalen in het behalen van de instandhoudingsdoelen.

Een combinatie van de maatregelen leidt tot grondwaterstanden boven de veenbasis, waardoor de instandhoudingsdoelen voor een heel groot deel behaald kunnen worden. Uitzondering zijn een 3 locaties (zie Figuur 26) waar:

- veen nagenoeg afwezig is. Het blijkt hier niet mogelijk grondwaterstanden tot aan maaiveld op te zetten;
- lokale hoge ruggen aanwezig zijn. Deze gebieden zijn te klein om met de voorgestelde maatregelen grondwaterstanden boven de veenbasis te krijgen. Om deze gebieden permanent nat te houden zouden zeer lokale maatregelen genomen moeten worden.

Op deze locaties binnen het N2000-gebied is op basis van de inrichtingsmaatregelen niet mogelijk de instandhoudingsdoelen te behalen. Gelet op de lokale situatie en de huidige veendiktes is het mogelijk niet reëel vast te houden aan de huidige instandhoudingsdoelen.

HOOFDSTUK

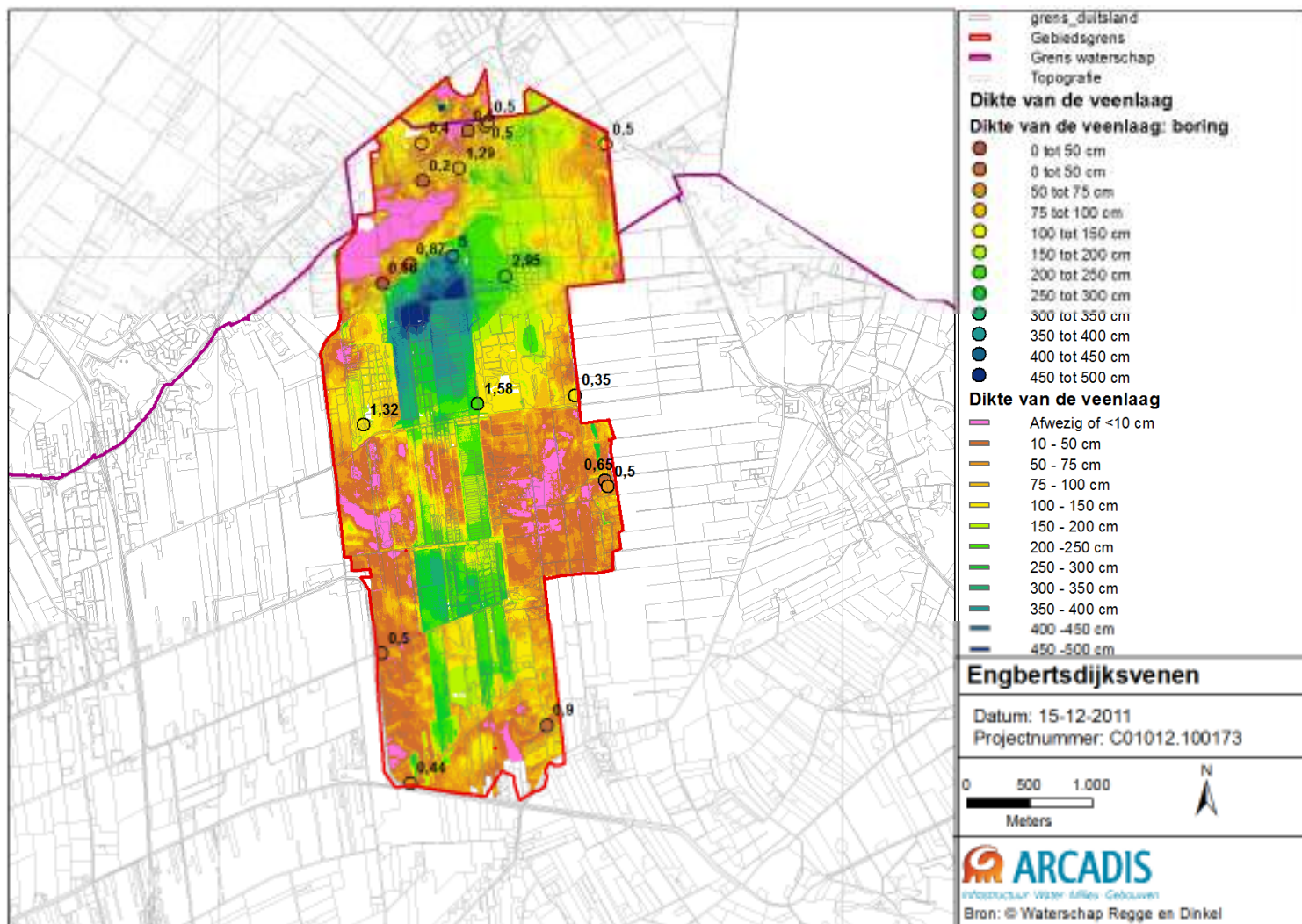
7

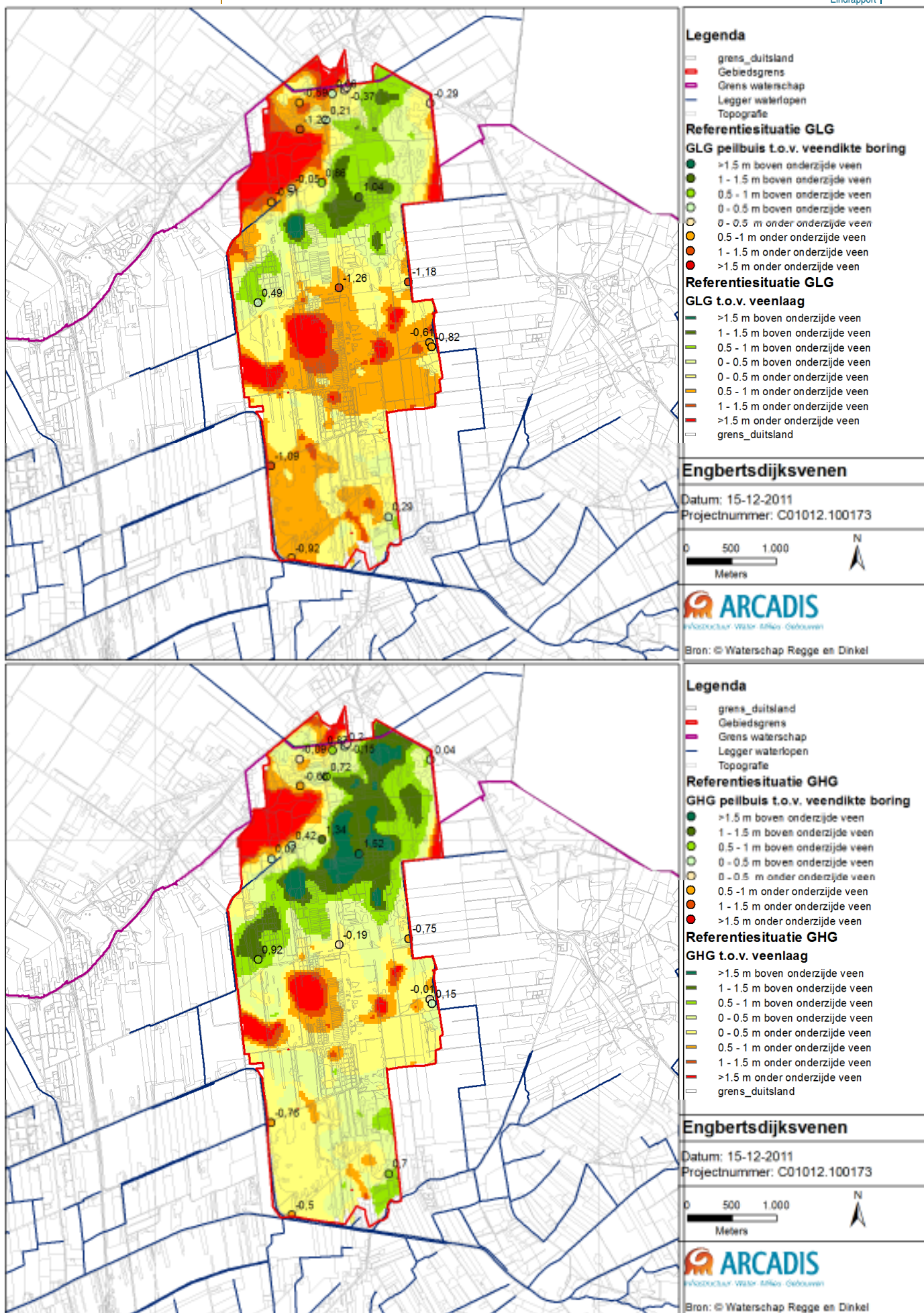
Referenties

- Alterra, Wageningen. Minnema, B & Snepvangers, J.J.J.C. 2004. TNO rapport NITG04-02-B Waterschap Regge en Dinkel Grondwatermodel en IR-database ter ondersteuning van waterbeheer in Twente;
- Bruggeman, G.A., 1999. Analytical solutions of geohydrological problems. Elsevier Science, Amsterdam;
- Grondwaterformules.nl. Geraadpleegd op 16 januari 2012.
http://versie03.grondwaterformules.nl/pages_praktijk/praktijk_toepassing_Engbertsdijks_venen.html;
- Jalink, M. 2009. Memo Dinoloket-gegevens geologie Engbertsdijkvenen.
- KNMI.nl. Geraadpleegd op 16 januari 2012;
http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php?wel=neerslag&ws=kaart&wom=Gemiddelde_hoeveelheid_neerslagoverschot;
- Koop, F., 2010. Effecten peilverhoging Geesters Stroomkanaal op gronden Leus. Interne memo waterschap Regge en Dinkel;
- Lamers, L. P. M., Sarneel, J., Geurts, J., Dionisio Pirez, Remke, E., van Kleef, H. H. Christianen, M., Bakker, L., Mulderij, G., Schouwenaars, J., Klinge, M., Jaarsma, N., Van der Wielen, S., Verhoeven, J., Verberk, W. C. E. P., Esselink, H., Ibelings, B., Van Donk, E. & Roelofs, J. (2010). Onderzoek ten behoeve van het herstel van Nederlandse laagveenwateren. Eindrapportage 2006-2009 (Fase 2). Ministerie van LNV, Expertisecentrum LNV, Ede. 192 p;
- Limpens, J. (2009). De rol van de berk bij herstel en beheer van hoogveen. Rapport EC-LNV, Ede. 40 p.;
- Maris, A. & T. Roelofzen. 1978. Een bodemkundig onderzoek in het natuureservaat Engbertsdijkvenen. Studentenrapport Regionale Bodemkunde, Landbouwhogeschool Wageningen;
- Provincie Drenthe, 17 maart 2008. Meetnet Verdroging Noord – Oost Nederland. Meetnet Engbertsdijkvenen;
- Runhaar, J., P.C. Jansen, H. Timmermans, F.P. Sival en W.C. Knol, 2003. Historische waterhuishouding en historisch grondgebruik in het waterschap Regge en Dinkel. Rapport 801;
- Stichting Bargerveen, 2011. Herstelstrategieën voor Nederlandse ecosystemen op basis van landschapsprocessen: Een verkenning. I.o.v. Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie;
Tomassen, H., Smolders, A. J. P., Limpens, J., Van Duinen, G. A., Van der Schaaf, S. Roelofs J., Berendse, F., Esselink, H. Van Wirdum G. (2003). Onderzoek herstel en beheer van Nederlandse hoogvenen. Eindrapportage 1998-2001. Rapport Ministerie van LNV, Expertisecentrum LNV, Ede. 186 p.

BIJLAGE 1

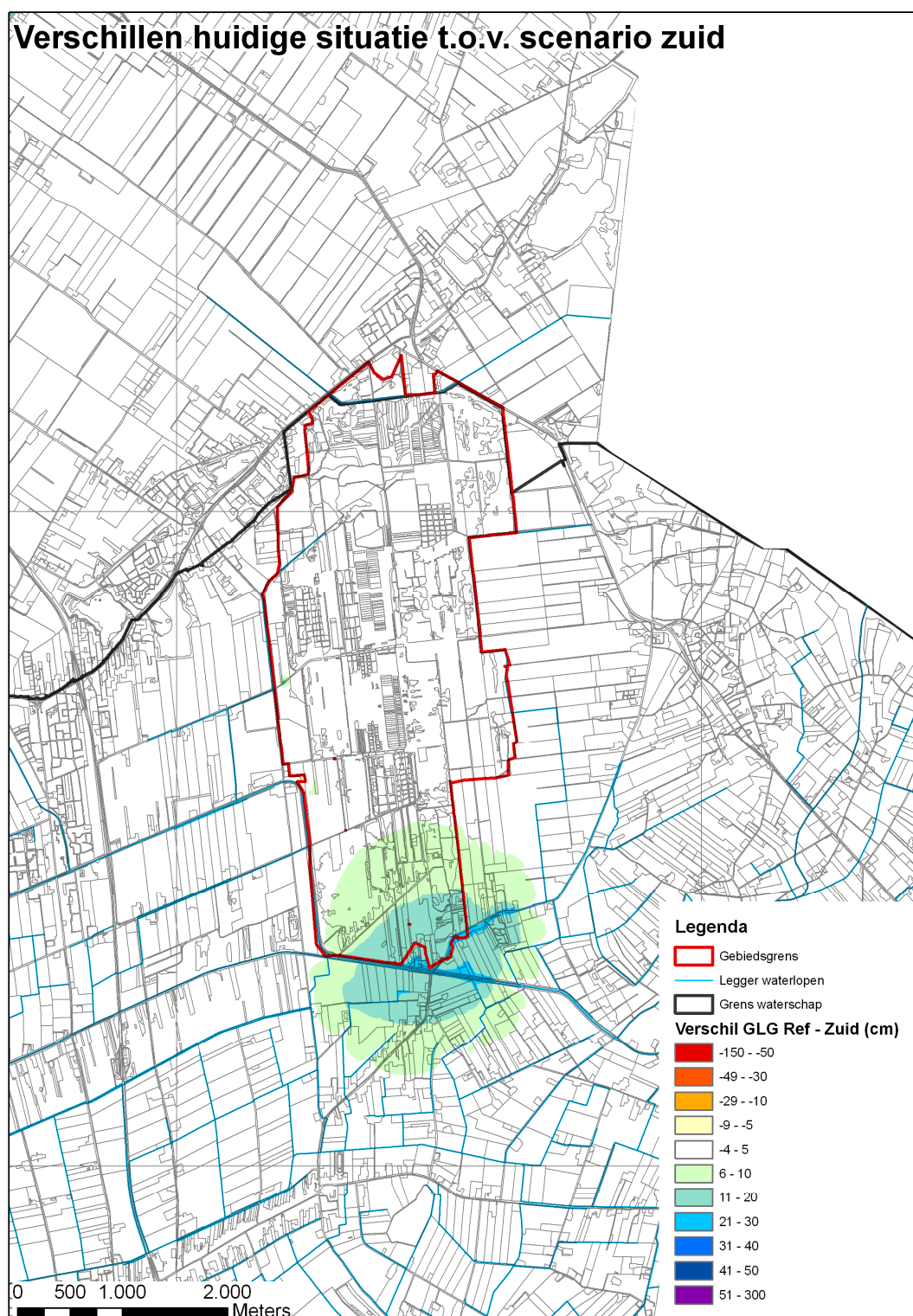
Veendikte kaart en doelgat referentiesituatie

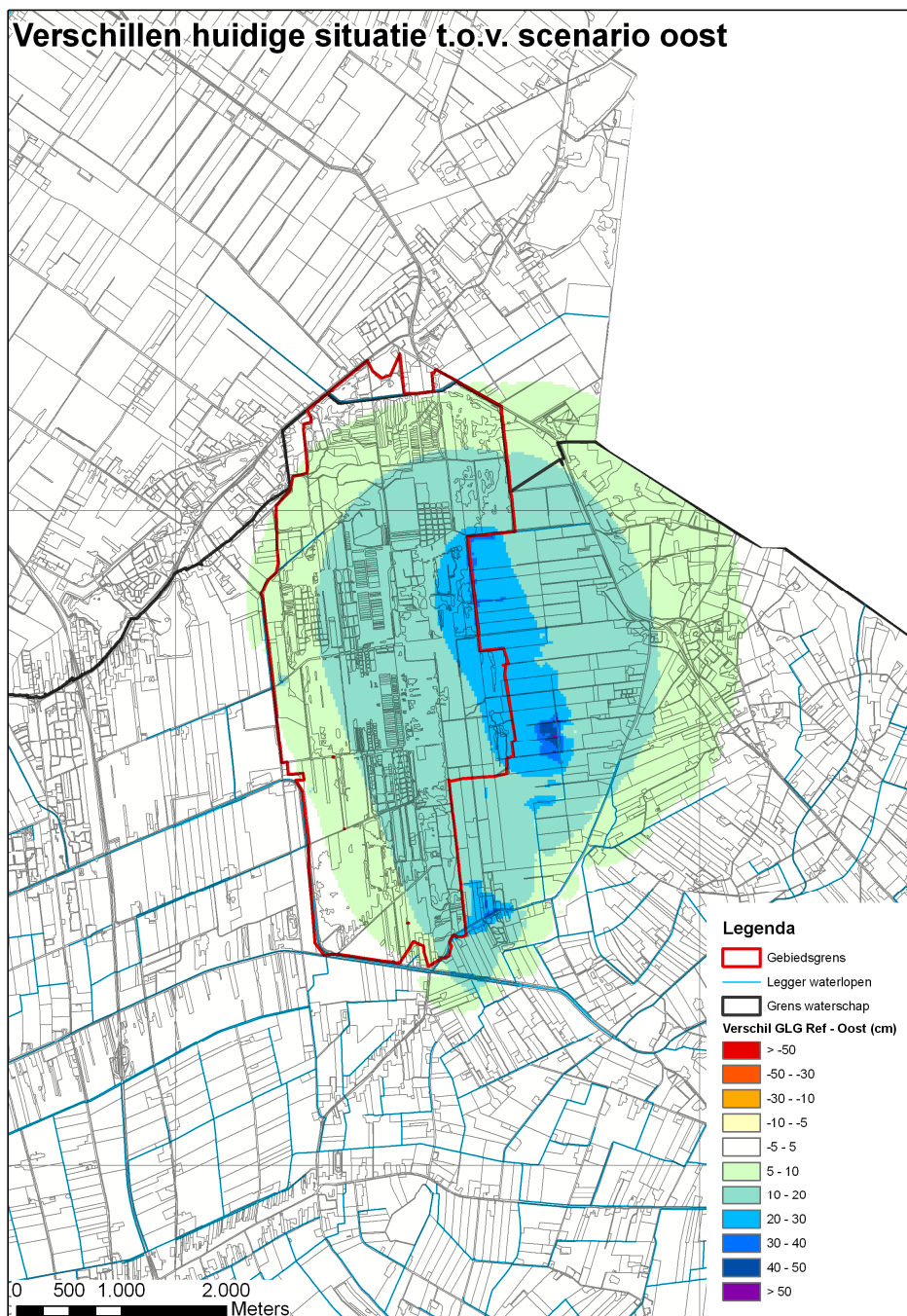


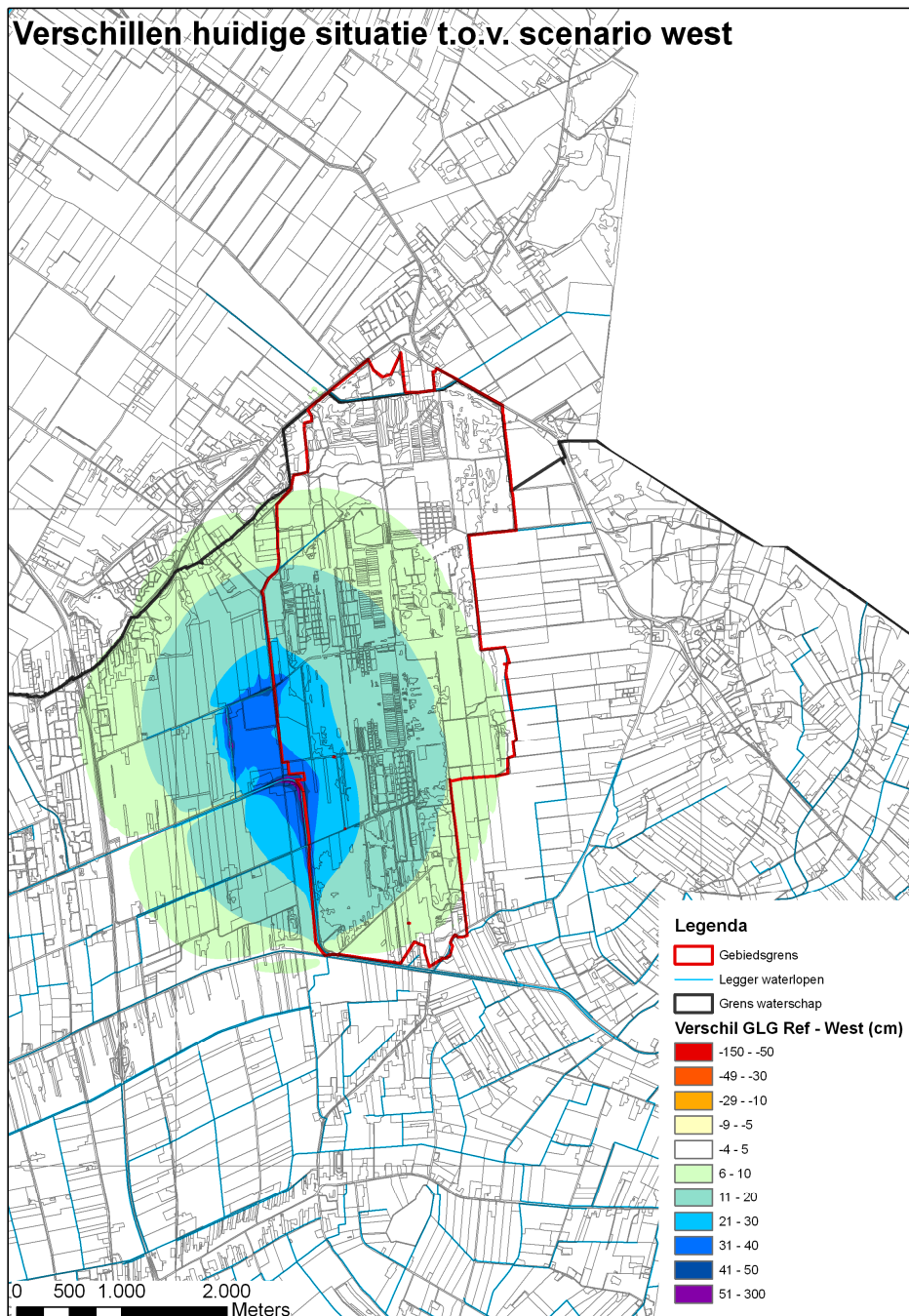


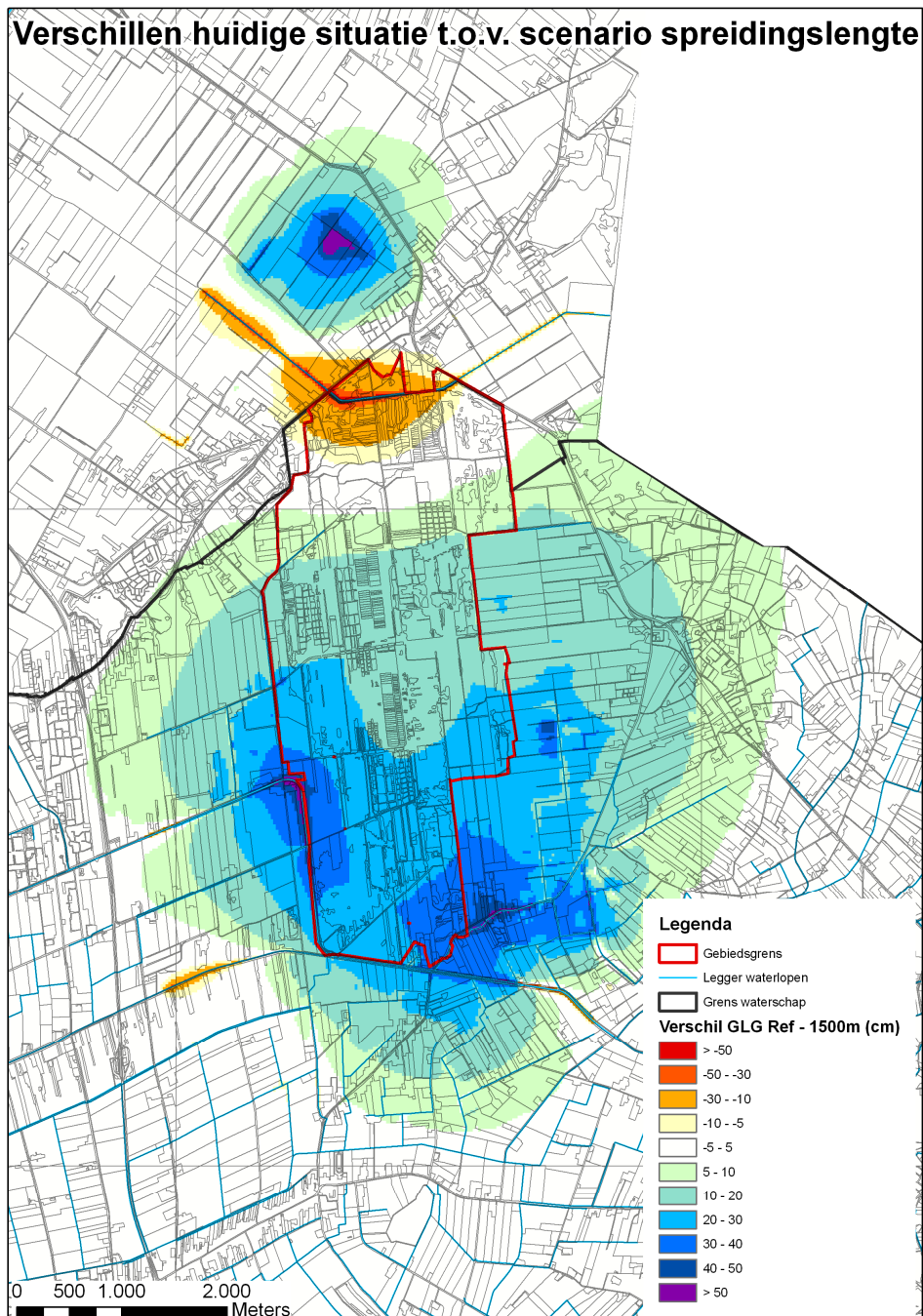
BIJLAGE 2

Maximaal scenario's: verschil GLG t.o.v. referentie



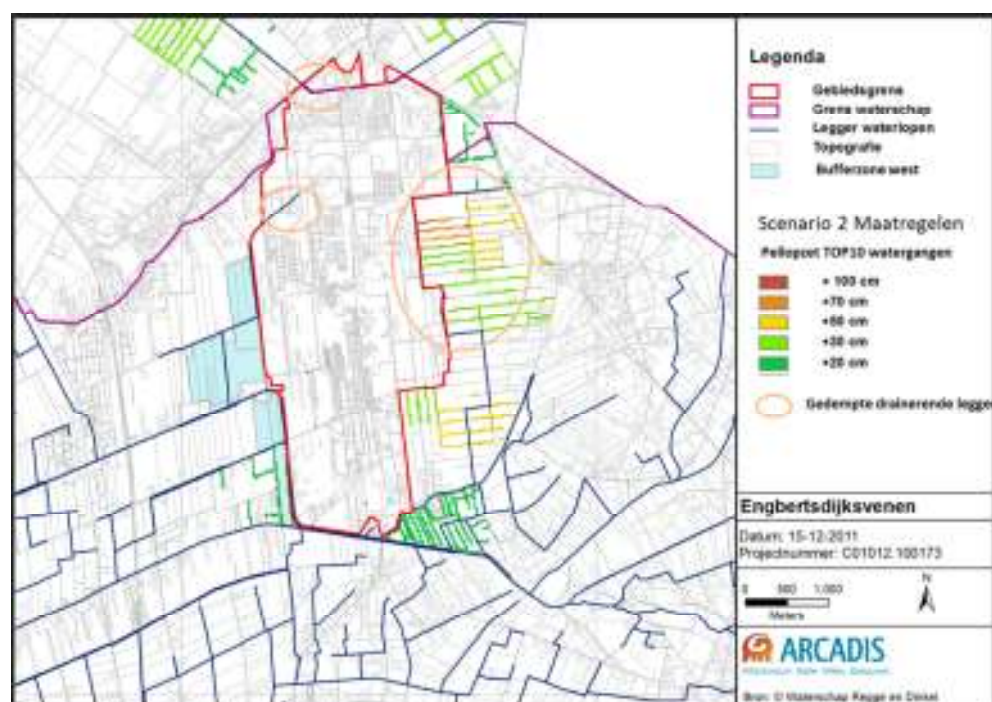
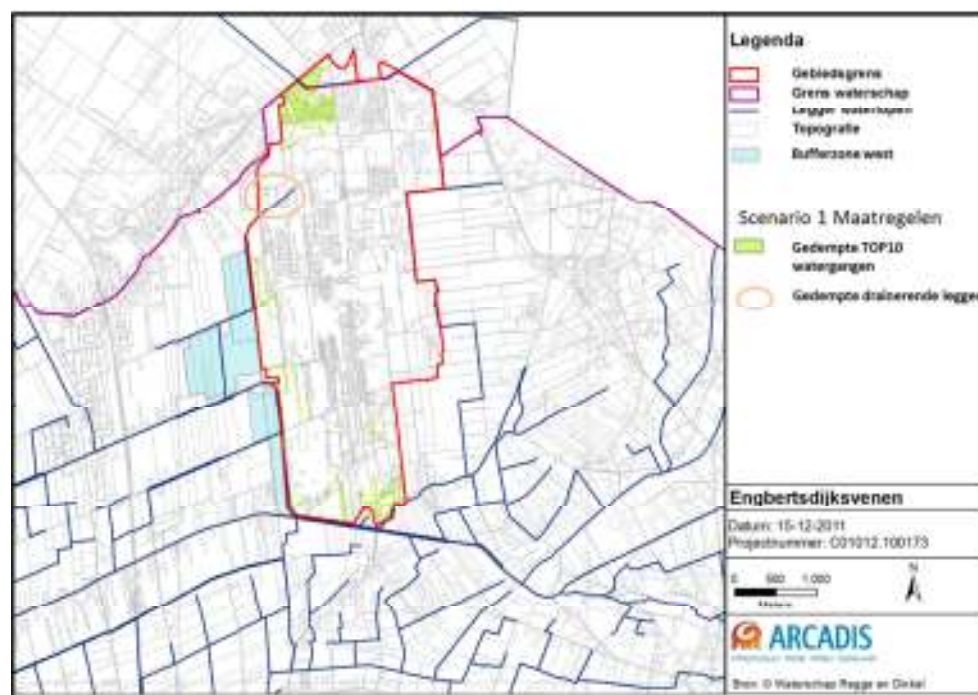


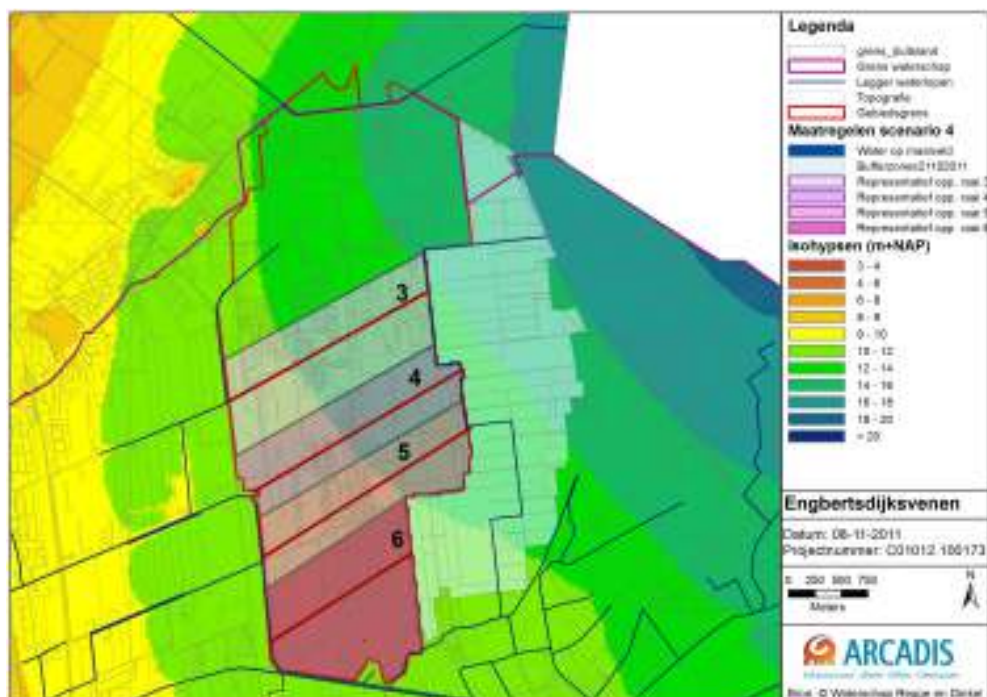


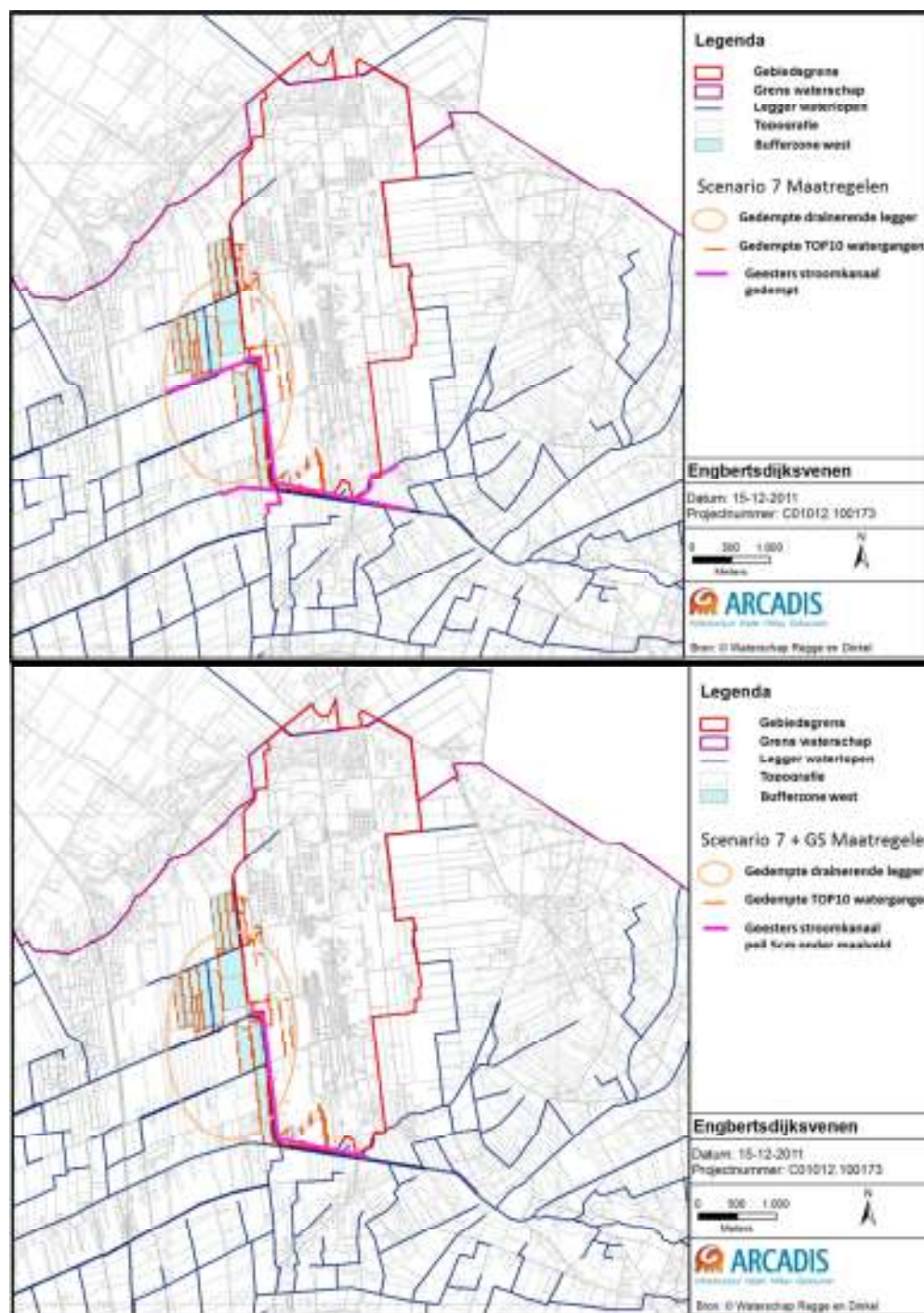


BIJLAGE 3

Maatregelen definitieve scenario's







BIJLAGE 4

Effecten vervallen scenario's

Voor elk scenario zijn 2 kaarten opgenomen:

- Absoluut verschil GHG t.o.v. referentiesituatie. De effecten op het doelgat zijn ter plaatse van de peilbuizen weergegeven in de gekleurde bolletjes.
- Absoluut verschil GLG t.o.v. referentiesituatie. De effecten op het doelgat zijn ter plaatse van de peilbuizen weergegeven in de gekleurde bolletjes.

