

Behoud en herstel van hoogveenbossen – Modellering van de effecten van een suppletiesloot in De Wieden en het Naardermeer

Marijke Ronduite
Paul Schot

mei 2021

Copernicus Institute of Sustainable Development
Universiteit Utrecht



Table of Contents

1. Inleiding	3
2. Modelopbouw	4
2.1. Geometrie.....	4
2.2. Bodemlagen en hydraulische parameters.....	5
2.3. Randvoorwaarden	6
2.4. Overige Instellingen HYDRUS-2D.....	8
2.5. Plaatsing Suppletiesloot	8
3. Resultaten Modelling - zonder suppletiesloot.....	9
3.1. Grondwaterspiegel	9
3.2. Water Fluxen	11
3.3. EGV Patroon	13
4. Resultaten Modelling - met Suppletiesloot I en II.....	14
4.1. Grondwaterspiegel	14
4.2. Water fluxen.....	17
4.3. EGV Patroon	18
5. Discussie	21
6. Bronnen	23

1. Inleiding

Behoud en herstel van de biodiversiteit behoort tot de belangrijkste doelen van de overheid. In het kader van Natura2000 worden in Europees perspectief zeldzame vegetatietypen en soorten beschermd, zo ook in Nederland. In het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN) ontwikkelen terreinbeheerders en onderzoekers daarvoor gezamenlijk kennis.

Door RoyalHaskoningDHV en Universiteit Utrecht wordt in dit kader onderzoek uitgevoerd naar *Behoud en herstel van hoogveenbossen (OBN-201785-LZ)*. Dat onderzoek richt zich op het identificeren van de sturende factoren van intacte en verdroogde/verruigde hoogveenbossen, en om op experimentele veldschaal na te gaan óf en onder welke randvoorwaarden het graven van watergangen kan bijdragen aan het behoud of herstel van hoogveenbossen. Onderhavig rapport houdt verband met het laatstgenoemde doel aangaande het graven van watergangen in natuurgebied De Wieden.

Ter inschatting van het potentiële effect van een suppletiesloot op het herstel van verdroogd hoogveenbos in De Wieden is een hydrologische modelstudie uitgevoerd. Het programma HYDRUS-2D (Simunek et al., 2012) (i.e. Hydrus) is gebruikt voor het opzetten van een model van De Wieden. Dit programma is gekozen omdat Hydrus zowel processen in de verzadigde als onverzadigde zone simuleert, welke beide van belang zijn bij het modelleren van veengebieden. De onverzadigde zone speelt een belangrijke rol in veengebieden omdat vegetatie, via transpiratie van water uit de onverzadigde zone, een cruciale rol speelt in het bepalen van water stromingen (Dekker et al., 2005). Naast een hydrologisch model van De Wieden is ook een model van het Naardermeer gebied opgezet. Dit om inzicht te krijgen in het hydrologisch systeem van een goed ontwikkeld Hoogveenbos zoals aanwezig in het Naardermeer, ter vergelijking met de situatie in De Wieden.

In eerste instantie was de planning om zeven verschillende modellen op te zetten, vier voor De Wieden en drie voor het Naardermeer. In deze planning zou van iedere onderzoeks-raai in beide gebieden een dwarsdoorsnede worden gemodelleerd. Van deze planning is echter afgezien gezien de grote gelijkenis tussen de raaien voor ieder onderzoeksgebied. Uit boringen genomen tijdens veldwerk in Maart 2020 bleek dat de vier verschillende raaien in De Wieden (raai W1, W2, W3, & W4) een soortgelijke ondergrond hebben, met vergelijkbare gelaagdheid van verschillende veensoorten. Daarnaast hebben de vier raaien vergelijkbaar contact met het oppervlaktewaterpeil en weersomstandigheden. Vanwege de grote overeenstemming tussen de vier raaien in geohydrologisch opzicht is de verwachting dat het maken van een model van alle vier raaien niet zou leiden tot noemenswaardig grote verschillen in resultaten uit de modellering. Er is dan ook besloten om voor De Wieden slechts één raai te modelleren, raai W4. Deze raai is gemodelleerd omdat er voor deze raai de meeste grondboringen bekend waren ten tijde van model opzet. Daarnaast wordt de geplande aanvoersloot dwars over deze raai geplaatst. De drie raaien in het Naardermeer (raai N1, N2, & N3) kennen wel enig verschil in bodemopbouw ten opzichte van De Wieden, maar zijn onderling weinig verschillend. Daarom is voor het Naardermeer ook gekozen om slechts één raai te modelleren. Raai N3 is gekozen omdat voor deze raai de meeste grondboringen beschikbaar waren ten tijde van de modellering.

In dit verslag wordt in hoofdstuk 2 de opbouw van de modellen van raai W4 (De Wieden) en N3 (Naardermeer) uitgelegd, met een nadruk op de grootste verschillen. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 en 4 de resultaten van de modellen besproken, resp. zonder en met suppletiesloot. Als laatst worden de effecten van het toevoegen van een suppletiesloot in de modellen besproken.

2. Modelopbouw

Allereerst is een verticaal 2D-model gemaakt van raai W4 in De Wieden, gebaseerd op een uitgebreide literatuur en veldwerk studie. De opzet van dit model is uitgevoerd in het kader van een MSc. Thesis onderzoek uitgevoerd aan de Universiteit Utrecht (Ronduite, 2020). In onderhavig verslag worden alleen de belangrijkste elementen van het model beschreven; voor een uitgebreider overzicht van de instellingen, inrichting van verschillende parameters en methoden voor de modelopzet wordt verwezen naar de MSc. Thesis.

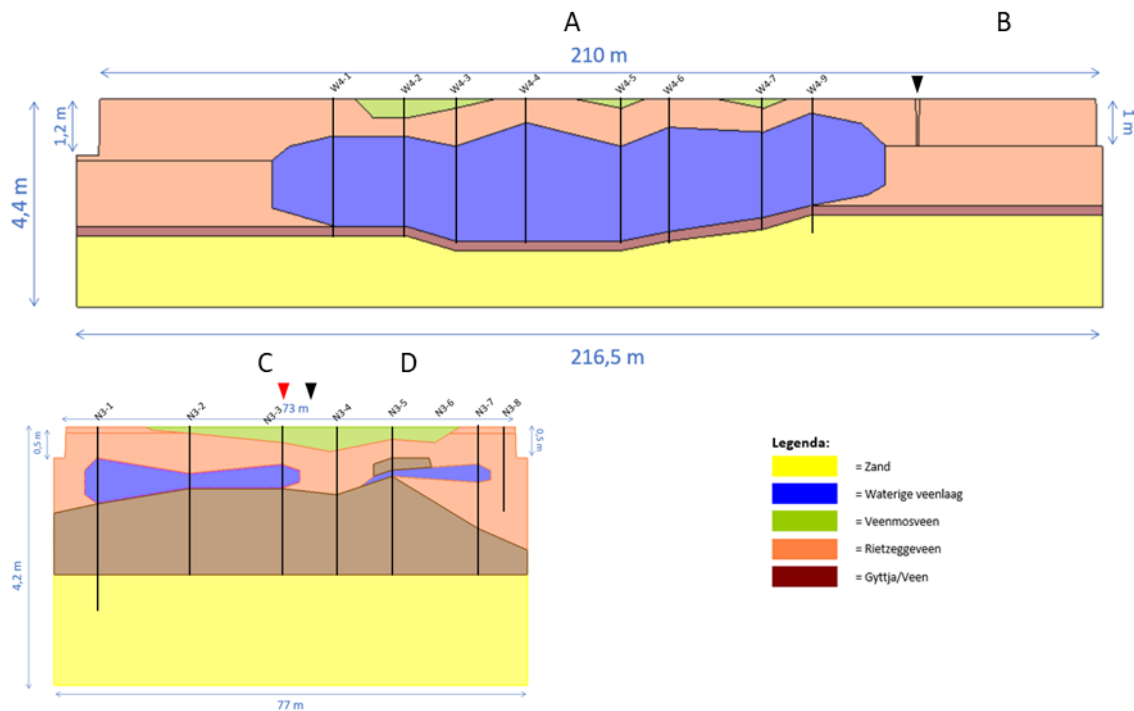
Gebaseerd op het model van W4 is het model van raai N3 in het Naardermeer opgezet. Hiervoor zijn waar zinnig de instellingen van het W4 model behouden, zoals de netto neerslag als invoer aan de bovenzijde van het model. Op deze wijze zijn de resultaten beter onderling vergelijkbaar, en worden verschillen in resulterende stromingspatronen met name veroorzaakt door verschillen in gebiedseigenschappen tussen het Naardermeer en De Wieden.

Hieronder worden de belangrijkste overeenkomsten en verschillen tussen het Naardermeer model en het model van De Wieden besproken.

2.1. Geometrie

Overeenkomsten

In **Figuur 1** is de gebruikte geometrie voor beide modellen zichtbaar.



Figuur 1: Model geometrie voor De Wieden (boven) en Naardermeer (onder).

De verticale schaal is 10 maal vergroot ten opzichte van horizontaal. NB: Beide figuren zijn niet op de zelfde schaal weergegeven. Zwarte lijnen geven locaties boringen veldwerk Maart en April 2020. Voor De Wieden worden de toekomstige suppletiesloten I en II met zwarte pijl weergegeven. Voor het Naardermeer suppletiesloot I (vast veen) met de zwarte pijl, suppletiesloot II (waterige veenlaag) met de rode pijl. Letters A-D verwijzen naar hoofdstuk 3 (fig.5).

- Voor beide modellen is de onderkant van het model op een hoogte van -5 m NAP gezet. De hoogte van maaiveld is gebaseerd op de gemiddelde maaiveld hoogte in het AHN-3 langs de raai. De maaiveld hoogte is -0,6 m NAP en -0,8 m NAP voor respectievelijk De Wieden en het Naardermeer.

- In beide gebieden werd een zandlaag onder het veen waargenomen in boringen op een diepte van ongeveer -2,5 tot -3 m onder het maaiveld tijdens veldwerk in Maart 2020 (Ronduite, 2020). Vanuit boringen aanwezig in de database van DINO Loket bleek dat een zandlaag van 10 tot 20 m diep aanwezig is onder het veen in De Wieden en het Naardermeer. In de model geometrie tot -5 m NAP wordt dus alleen de bovenste 2 m van het zandpakket meegenomen. Deze versimpeling is gemaakt omdat, naar verwachting, de stijghoogte weinig zal veranderen in het zandpakket als gevolg van de hoge doorlatendheid van zand ten opzichte van veen.

Verschillen

Het grootste verschil in geometrie tussen beide modellen is de lengte van het domein en de diepte van de sloten aan weerszijden:

- Raai W4 in De Wieden heeft een lengte van 210 m
- Raai N3 in het Naardermeer heeft een lengte van 73 m. Dit betekent een beduidend korter model voor het Naardermeer.

Beide raaien hebben aan de linker en rechterkant een sloot:

- Voor de raai in De Wieden representeert de sloot aan de linkerkant van het model de Belterwijde, welk op 1,2 m diep en 5 m breed is ingetekend. Aan de rechterkant van De Wieden is de sloot geschat op 1 m diep en 1,5 m breed. Deze breedte en diepte zijn geschat op basis van waarnemingen tijdens veldbezoek in Maart en Juli 2020.
- De sloten in De Wieden aan weerszijde van de raai zijn 0,5 m en 2 m breed voor het model N3 in het Naardermeer. Tijdens veldbezoek aan het Naardermeer bleek dat de greppels langs de raaien aan het verlanden waren, daarom zijn de greppels als ondiep (0,5 m) in het model getekend.

2.2. Bodemlagen en hydraulische parameters

Overeenkomsten

De gebruikte bodemlagen zijn gebaseerd op de verschillende bodem types geïdentificeerd in boringen tijdens veldwerk in Maart 2020. Voor beide modellen zijn dezelfde vijf bodemlagen gebruikt: zand en vier verschillende veen bodems; rietzeggeveen, veenmosveen, waterig-veen, en Gytjtja/veen. In de boringen zijn meer dan vier verschillende veen soorten en verschillende gradaties van veraarding gevonden. Echter, in verband met grote onzekerheid in het bepalen van hydraulische parameters voor verschillende veensoorten (Ronduite, 2020) is besloten om slechts 4 veensoorten te onderscheiden om schijnnaauwkeurigheid in het model te beperken.

De gebruikte hydraulische parameters per bodemsoort zijn voor beide modellen gelijk zodat de resultaten beter onderling vergeleken kunnen worden (zie Tabel 1). De waarden voor deze parameters zijn gebaseerd op literatuur en een kalibratie analyse met het model van De Wieden (Ronduite, 2020).

Tabel 1: Gebruikte hydraulische parameters in de Hydrus modellen

Bodem type	θ_r (-)	θ_s (-)	α (1/m)	n (-)	K_s (m/d)	I (-)
Zand	0,045	0,43	14,5	2,68	100	0,5
Waterige Veenlaag	0,045	0,9	14,5	2,68	500	0,5
Veenmosveen	0,045	0,88	0,3	1,2	2	0,5
Rietzeggeveen	0,045	0,891	0,3	1,2	15	0,5
Gytjtja/Veen	0,078	0,741	0,5	1,2	0,0017	0,5

θ_r = residual soil moisture content, θ_s (-) = saturated soil water content, α (1/m) & n (-) = empirical parameters in soil hydraulic function, K_s (m/d) = saturated hydraulic conductivity, I (-) = tortuosity in conductivity function (Šimůnek et al., 2012).

Verschillen

Het duidelijkste verschil tussen de twee modellen is in de bodem opbouw. Gebaseerd op 5-8 boringen genomen in ieder transect zijn de bodemlagen in het model getekend. De grootste verschillen in de bodem materialen tussen De Wieden en het Naardermeer zijn als volgt:

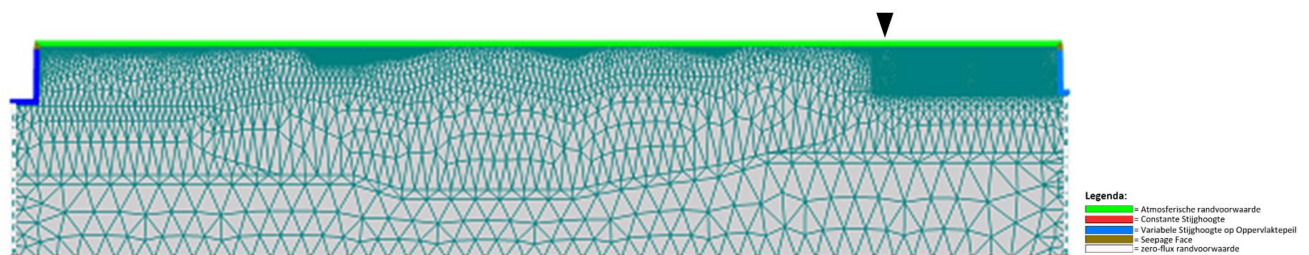
- In De Wieden is de waterige veenlaag dikker en meer aanwezig. Deze laag kan tot 1 m dik zijn in De Wieden en is in bijna iedere boring aangetroffen. Voor het Naardermeer is een waterige slurry laag alleen sporadisch aanwezig en maar tot enkele tientallen centimeters dik.
- In het Naardermeer is boven het zand een smerende, gyttja-achtige veenlaag aanwezig die tot 1 m dik kan zijn. Sporadisch heeft deze laag ook kleiige kenmerken. Een dergelijke laag is minder duidelijk aanwezig in De Wieden. Waar aanwezig is de gyttja-achtige laag in De Wieden minder smerend van karakter en aanzienlijk dunner (tot 10 cm dik).
- De bovenste laag veenmosveen in het Naardermeer is aanhoudender en dikker. In De Wieden is de bovenste veenmosveen laag meer afwisselend in dikte en aanwezigheid in de boringen.
- In het Naardermeer is sporadisch een kleilaag aanwezig in de boringen. Voor het model is besloten om dezelfde parameters te gebruiken voor kleilagen als voor de Gyttja/Veen laag. Dit gezien de geringe doorlatendheid van de Gyttja/Veen laag (0,0017 m/d) in dezelfde range valt als de doorlatendheid van klei (0,0001-0,01 m/d) ("doorlatendheid k.", n.d.)

2.3. Randvoorwaarden

Overeenkomsten

Voor het model van De Wieden en het Naardermeer zijn dezelfde typen randvoorwaarden toegepast (Figuur 2):

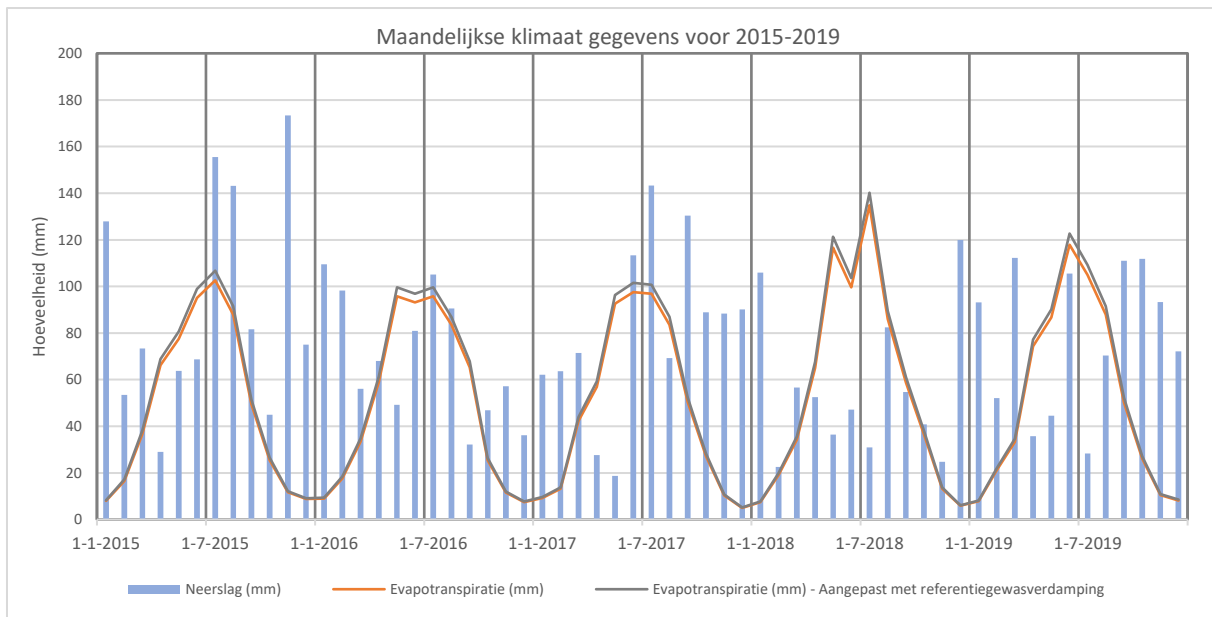
- een constante stijghoogte in de zand laag aan de onderkant van het model domein
- atmosferische randvoorwaarden aan het maaiveld
- variabele stijghoogte in de sloten ter hoogte van oppervlaktewaterpeil, met een *seepage face* vanaf het maximale waterpeil tot maaiveld
- aan beide zijkanten van het domein is een *zero-flux* randvoorwaarden toegepast.



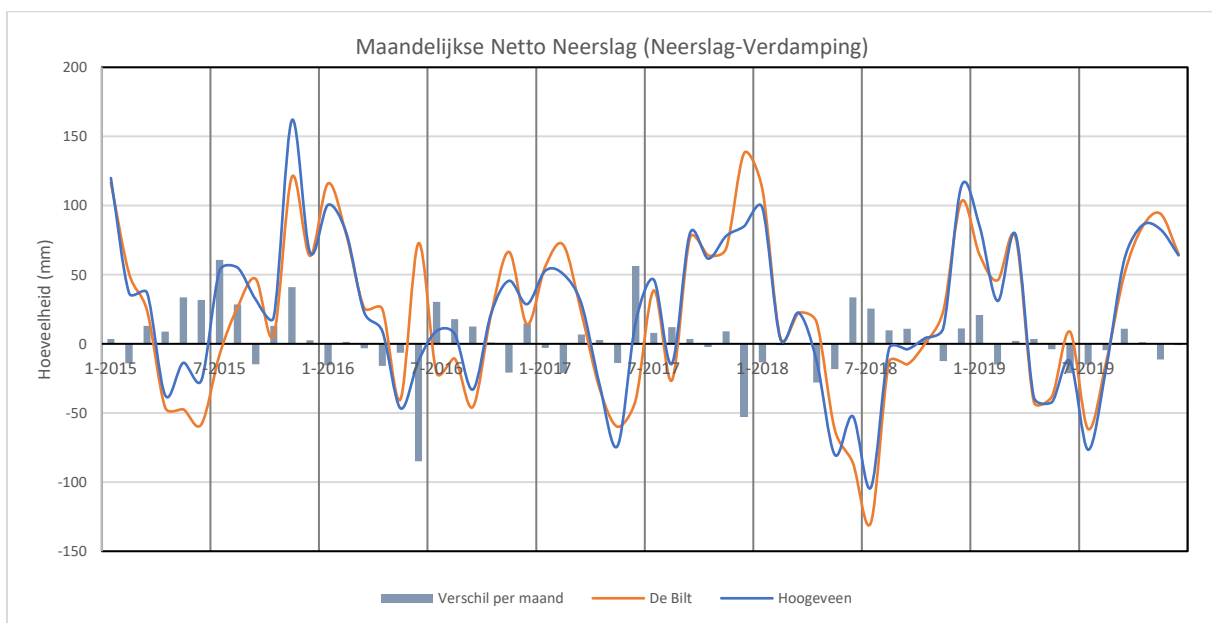
Figuur 2: Toegepaste randvoorwaarden in de modellen voor De Wieden en Naardermeer (weergegeven is raai W4). De figuur geeft een indicatie van de gebruikte FE-Mesh met grotere dichtheid nabij maaiveld en de gesimuleerde suppletiesloten. Met de zwarte pijl wordt de locatie van suppletiesloot I en II aangeduid.

Voor de atmosferische randvoorwaarde aan maaiveld is gebruik gemaakt van dagelijkse neerslag en evapotranspiratie van 2015-2019 van het KNMI meetstation Hoogeveen (Figuur 3). Voor beide modellen is dezelfde data gebruikt om onderlinge verschillen tussen de twee modellen te beperken ter vergelijking van de resultaten.

Een vergelijking van de data van meetstation Hoogeveen (nabij De Wieden) en De Bilt (nabij Naardermeer) is weergegeven in Figuur 4. Uit de figuur blijkt dat de netto neerslag nabij beide gebieden een vergelijkbaar patroon volgen. Afgezien van enkele uitzonderingen, zoals juni 2016 en december 2017, geeft de grafiek weer dat het verschil in netto neerslag in beide gebieden over het algemeen laag is. Gemiddeld is het verschil in netto neerslag tussen De Bilt en Hoogeveen 2,2 mm per dag voor de periode 2015-2019. De totale netto neerslag in De Bilt over 5 jaar is 1417,4 mm en in Hoogeveen 1285,8 mm, wat een totaal verschil over 5 jaar van 131,6 mm geeft (0,027 mm per dag). Vanwege deze geringe verschillen en de vergelijkbare patronen in netto neerslag is aangenomen dat de data van meetstation Hoogeveen ook als representatief gezien kan worden voor het Naardermeer.



Figuur 3: Gebruikte neerslag en verdampingsdata van KNMI meetstation Hoogeveen. (KNMI, n.d.-a, n.d.-b).



Figuur 4: Vergelijking tussen de maandelijkse neerslag over 2015-2019 voor KNMI meetstation De Bilt, nabij Naardermeer, en KNMI meetstation Hoogeveen, nabij De Wieden (KNMI, n.d.-a, n.d.-b). Het verschil tussen De Bilt en Hoogeveen blijkt uit deze figuur maximaal 85 mm te zijn en gemiddeld 2,2 mm.

Verschillen

Allereerst hebben beide gebieden een verschillend oppervlaktewaterpeil cq. polderpeil. Voor De Wieden is een zomerpeil toegepast van **-0,73 m NAP** (13 cm - mv) van April tot Oktober en een winterpeil van **-0,83 m NAP** (23 cm - mv) van September tot en met Maart (Waterschap Drents Overijsselse Delta, 2020). Voor het Naardermeer is een zomerpeil van **-1,1 m NAP** (30 cm - mv) van April tot September en een waterpeil van **-0,9 m NAP** (10 cm - mv) in de winter van Oktober tot Maart gebruikt (Cusell & van 't Veer, 2017; Diek et al, 2014; de Groot & de Weerd, 2019; Provincie Noord-Holland, 2019). In het Naardermeer is sprake van een hoger winterpeil dan zomerpeil. Ook heeft het Naardermeer een groter verschil tussen winterpeil en zomerpeil, namelijk 20 cm ten opzichte van 10 cm in De Wieden.

Daarnaast verschilt de toegepaste constante grondwater stijghoogte onderaan het model voor beide modellen. Voor De Wieden is een stijghoogte van -1,1 m NAP gebruikt gebaseerd op gemiddelde stijghoogtes rondom -5 m NAP diep in de zandlaag zoals gevonden in DINO Loket (Ronduite, 2020). Voor het Naardermeer is een stijghoogte van -1,36 m NAP gebruikt, gebaseerd op gemiddelde stijghoogtes in de zandlaag op -5 m NAP in DINO Loket (TNO-GDN, 2021). Het verticale drukverschil tussen het oppervlaktewater en de constante stijghoogte onderaan het model in De Wieden is 37 en 27 cm in resp. de zomer en winter. Voor het Naardermeer is dit drukverschil 26 en 46 cm in de zomer en de winter. Het drukverschil in De Wieden is in de zomer dus 11 cm hoger dan in het Naardermeer.

2.4. Overige Instellingen HYDRUS-2D

Voor beide modellen is een FE-Mesh grootte gebruikt van 5 cm aan maaiveld dat oploopt naar 4 m in de zandlaag (zie ter indicatie Figuur 2). De verfijning in de bovenste veenlaag is toegepast om de processen in de onverzadigde zone nauwkeurig te kunnen simuleren. Ook is de FE-mesh fijner gekozen ter plaatse van de geplande suppletiesloten.

Om inzicht te krijgen in de verspreiding van infiltrerend oppervlaktewater in de ondergrond is de elektrische geleidbaarheid (EGV) van het water meegenomen in de modellering als transport van een opgeloste stof. Voor neerslag is een EGV van 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gebruikt. Oppervlakte water EGV in De Wieden heeft een waarde van 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en in het Naardermeer 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, gebaseerd op waardes gevonden tijdens veldwerk. Voor het model van het Naardermeer is echter in dit verslag ook een waarde van 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ toegepast voor de vergelijkbaarheid van de resultaten.

2.5. Plaatsing Suppletiesloot

Beide modellen zijn eerst gedraaid zonder suppletiesloot, teneinde inzicht te krijgen in de huidige situatie. Om het effect van een suppletie sloot te onderzoeken is daarna in beide modellen een sloot van 1 m diep en 1 m breed toegevoegd (figuur 1). Voor De Wieden is deze sloot toegevoegd op 35 m van de rechter sloot, hierdoor is de afstand tussen de linker sloot en de suppletiesloot 175 m. Voor het Naardermeer is de sloot ook op 35 m van de rechter sloot geplaatst, echter gezien de kortere lengte van de raai geeft dit een afstand van 35 m naar de linker sloot.

Om het effect van een suppletiesloot op het hydrologisch systeem in De Wieden te onderzoeken zijn in het onderzoek van Ronduite (2020) vijf scenario's met verschillende variaties van de suppletiesloot onderzocht. Hieruit bleek dat de diepte of breedte van de suppletiesloot weinig invloed heeft op het effect van de sloot, maar dat de connectie van de sloot met de waterrijke veenlaag wel een positief effect kan brengen. Daarom worden in dit verslag twee variaties van de suppletiesloot besproken voor ieder gebied:

I) Plaatsing van de suppletiesloot in vast veen;

II) Plaatsing van de suppletiesloot in verbinding met de waterrijke veenlaag.

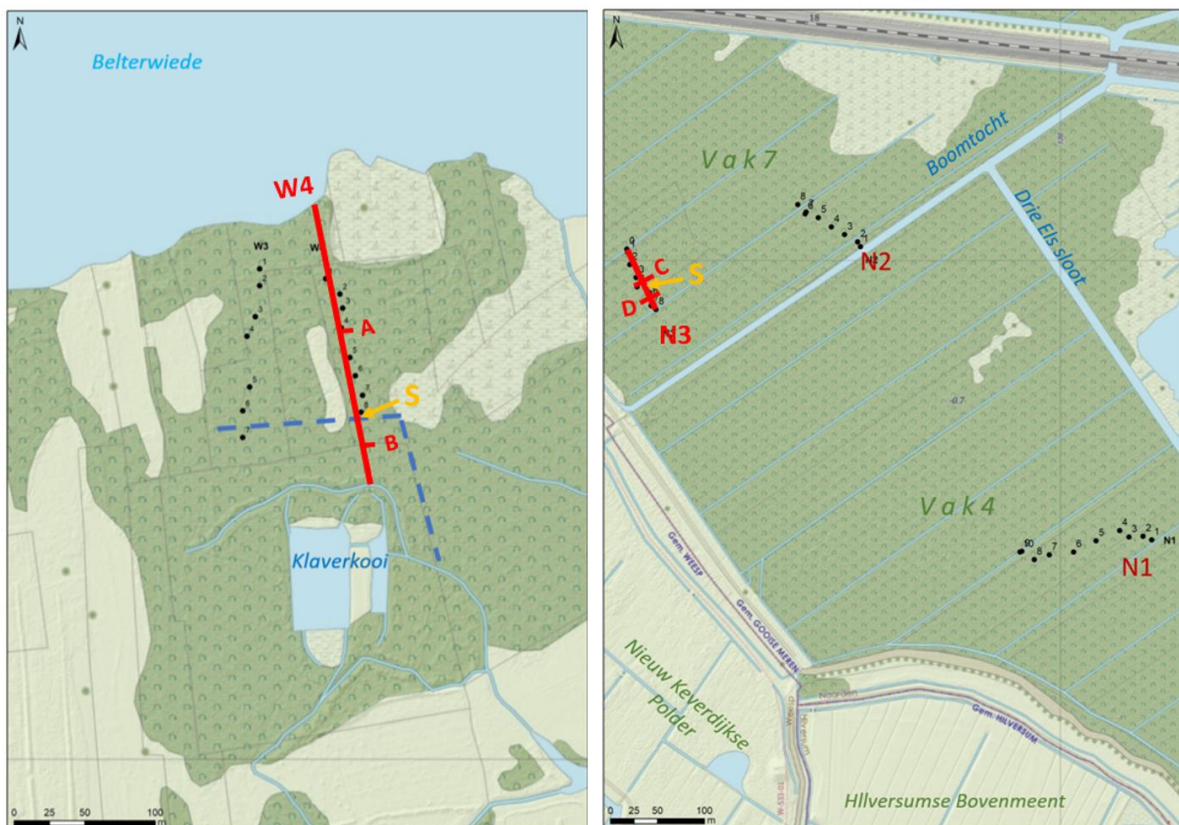
Voor De Wieden is in het model ter plaatse van de suppletiesloot (figuur 1) een simulatie gedaan met doorlatendheden die gelden voor resp. vast veen en voor een waterrijke veenlaag. Voor het Naardermeer is gebruik gemaakt van verschillende locaties van de (fictieve) suppletiesloot (figuur 1) welke danwel vast veen danwel waterrijk veen representeren.

3. Resultaten Modelling - zonder suppletiesloot

Om inzicht te krijgen in de hydrologische systemen van De Wieden en het Naardermeer is allereerst een basis situatie gemodelleerd zonder sloot. Dit hoofdstuk vergelijkt de basis situatie voor beide gebieden. Voor de vergelijking van EC patronen zijn twee maanden in 2019 gebruikt: Juli en Januari. Deze maanden zijn gekozen aangezien Juli de droogste maand van 2019 was in de gebruikte weer data. Januari is vervolgens precies zes maanden van Juli verwijderd en een van de natte maanden van 2019. De EC patronen kunnen dus representatief worden verondersteld voor resp. droge en natte weersomstandigheden.

Voor weergave van de model resultaten worden twee verschillende locaties per gebied gebruikt, aangegeven in Figuur 4:

- Locaties A en C zijn de middelpunten van de raaien in resp. De Wieden en het Naardermeer
- Locatie B is het middelste punt tussen de rechter(zuid)kant van de raai in De Wieden en de toekomstige suppletie sloot (I en II).
- Locatie D is het middelste punt tussen de rechter(zuid)kant van de raai in de Naardermeer en een theoretische suppletiesloot in de Naardermeer.



Figuur 5: Gemodelleerde raai W4 en N3 met ieder twee locaties (resp. A en B in Wieden, en C en D in Naardermeer) waarvan simulatie resultaten worden weergegeven.

Op W4 ligt locatie A op 105 vanaf de linker/noordkant van de raai en locatie B op 192 m.

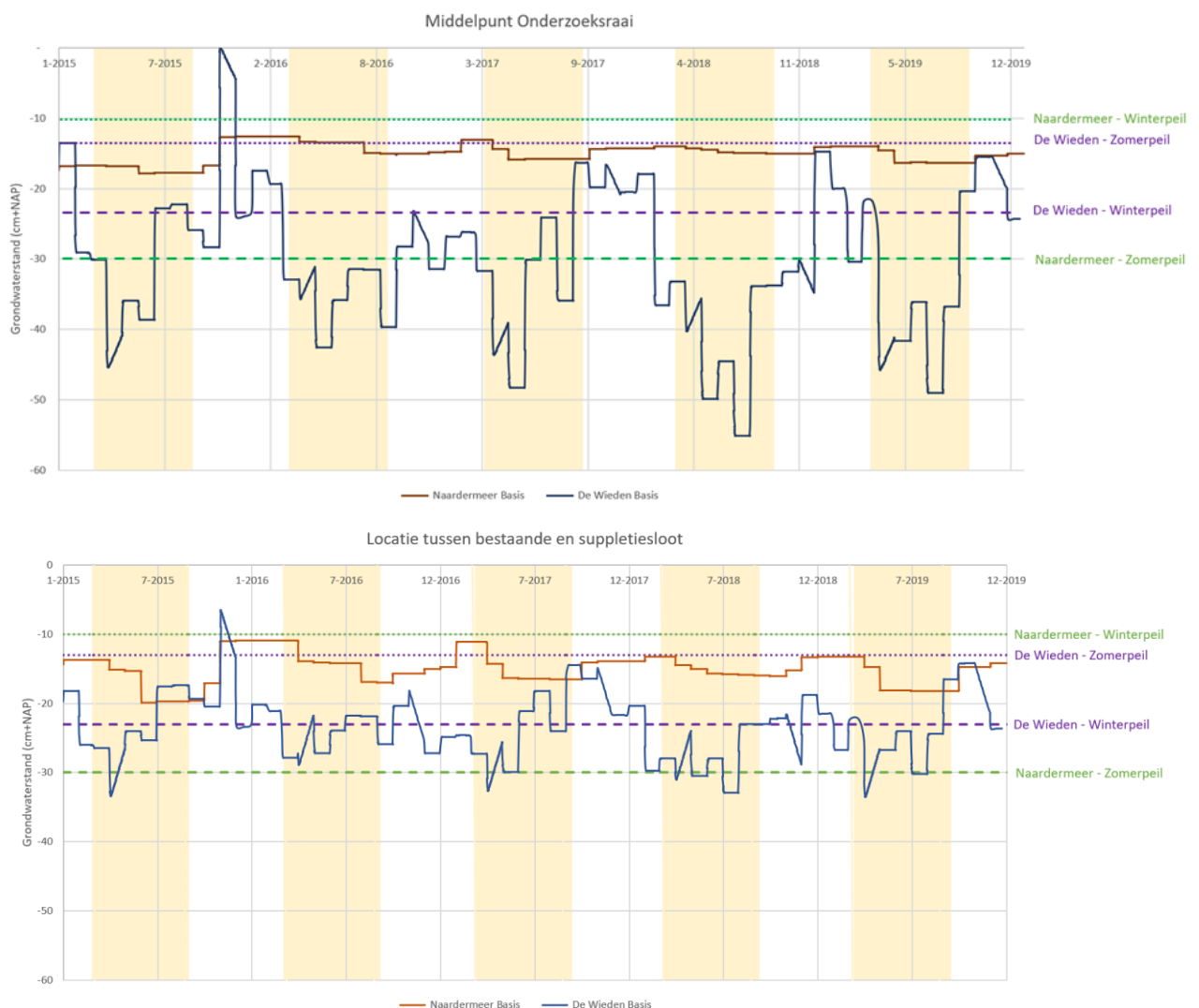
Op N3 ligt locatie C op 36 m vanaf de linker/noordkant van de raai en locatie D op 55 m.

3.1. Grondwaterspiegel

In Figuur 6a is te zien dat in het Naardermeer de grondwaterspiegel op het middelpunt van de raai fluctueert tussen maximaal -18 cm en minimaal -13 cm + mv (rode lijn). In de zomermaanden, wanneer de netto neerslag en het oppervlaktewater peil laag is, ligt het grondwater iets lager in vergelijking met

de winter. In De Wieden (blauwe lijn) is een grotere variatie zichtbaar in de grondwaterspiegel, van 0 tot -55 cm + mv. Afgezien van enkele wintermaanden (Jan., Feb. en Nov.) is de grondwaterspiegel in De Wieden altijd lager dan in het Naardermeer. Uit Figuur 6a is zichtbaar dat de grondwaterspiegel in De Wieden meer fluctueert, met grotere verschillen in grondwaterstand op maand basis en tussen de zomer en winterperiode.

Bij vergelijking van de netto neerslag van Figuur 4 en Figuur 6a is de invloed van het neerslagpatroon op de grondwaterspiegel duidelijk zichtbaar voor De Wieden. De grondwaterspiegel volgt nauwgezet de pieken en dalen in netto neerslag. Het lijkt erop dat de veranderingen in neerslag en verdamping voor een groot deel de ligging van de grondwaterspiegel bepalen in De Wieden. In het Naardermeer is een dergelijke invloed van het neerslagpatroon om de grondwaterspiegel niet duidelijk zichtbaar. Mogelijk speelt hier een grotere invloed van het oppervlaktewaterpeil die wellicht is toe te schrijven aan de kortere lengte van de raai, 73 m in vergelijking met de 210 m van De Wieden. Water dat verdampt in het midden van het transect kan hierdoor wellicht sneller worden aangevoerd met oppervlaktewater.



Figuur 6: Grondwaterspiegel ten opzichte van maaiveld bij uitgangssituatie (zonder suppletiesloot) voor De Wieden (blauw) en het Naardermeer (rood).

a) Middelpunt raai (locatie A in De Wieden; locatie C in Naardermeer)

b) Midden tussen suppletiesloot en rechtersloot (locatie B in De Wieden; locatie D in Naardermeer).

Stippellijnen geven winter- en zomerpeilen van het oppervlaktewater (polderpeilen).

Voor De Wieden is op locatie B, nabij de rechtersloot, in vergelijking met het middelpunt van het transect (locatie A) minder variatie in de grondwaterspiegel te zien (Figuur 6b). Hier blijft de grondwaterspiegel binnen een kleinere bandbreedte van -7 tot -33 cm + mv. Deze lager fluctuatie op locatie B is te koppelen aan de nabijheid van de sloot, die voor snellere aanvoer en afvoer van water zorgt. In het Naardermeer is een omgekeerd patroon zichtbaar, de grondwaterspiegel laat juist grotere fluctuatie zien op locatie D (-20 tot -12 cm + mv). De groter fluctuatie nabij de sloot is terug te voeren op het relatief diepe zomerpeil voor het Naardermeer. Met een diep zomerpeil in de sloten wordt de hydraulische gradiënt richting de sloot sterk en de afvoer van water groot, wat een diepere grondwaterspiegel oplevert nabij de sloot. Het hoge winterpeil in de winter zorgt juist voor het omgekeerde effect; een hoge aanvoer van water.

In het Naardermeer is er sprake van opbolling van de grondwaterspiegel over de raai in de zomer aangezien de grondwaterspiegel in het midden van de raai hoger ligt dan bij de sloten. De opbolling is echter minimaal, maximaal 2 cm). In de wintermaanden, met name in 2015 en 2019, is er juist sprake van een holle grondwaterspiegel, met een hoger grondwaterspiegel nabij de sloot die met een hoog waterpeil zorgt voor voeding vanuit de sloot. Voor De Wieden is een omgekeerd beeld zichtbaar; in het midden zakt de grondwaterspiegel het diepste weg in de zomer en stijgt het meest in de zomer; nabij de sloot zijn de fluctuaties geringer doordat de sloot daar in de zomer sneller water in het perceel aanvoert en in de winter sneller afvoert, dan in het midden van het perceel.

Gebaseerd op Figuur 6 is duidelijk dat de grondwaterspiegel in het Naardermeer constanter en hoger is dan in De Wieden. Een dergelijke situatie is positiever voor het veenmosveen en hoogveenbos. De hogere kwaliteit hoogveenbos in het Naardermeer in vergelijking met De Wieden is hier dan ook mogelijk aan gerelateerd.

3.2. Water Fluxen

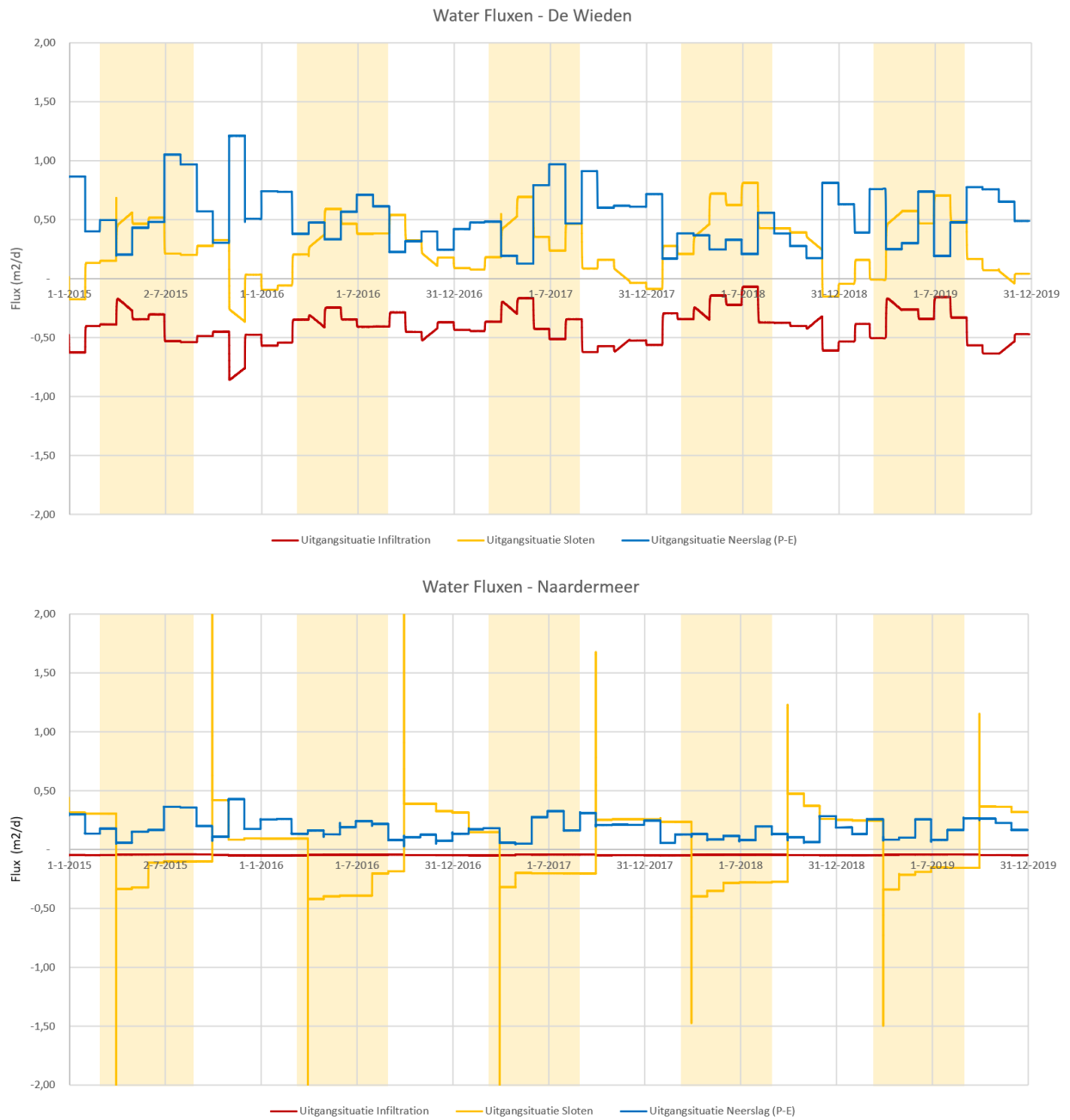
Voor beide modellen zijn drie verschillende dagelijkse water fluxen weergegeven in Figuur 7.

De netto neerslag flux geeft de hoeveelheid water die via de bovenste randvoorwaarde (atmosferisch) het gebied in komt. Dit betreft de neerslag min de verdamping en min eventuele oppervlakte afstroming. De infiltratie flux geeft de hoeveelheid water die via de onderste randvoorwaarde het gebied uittrekt. De sloten flux geeft weer hoeveel water via de sloten het gebied in of uitstroomt.

De Wieden laat ten alle tijden infiltratie zien (Figuur 7a), met in de zomer een minder sterke infiltratie flux. De infiltratie flux is variabel in tijd, en lijkt het patroon van netto neerslag sterk te volgen. Daarnaast werken de sloten in de winter drainerend, wanneer het oppervlaktewater niveau laag is, en voeren ze water aan in de zomer wanneer het waterpeil hoog ligt.

In het Naardermeer is de infiltratie flux constant en laag gedurende de vijf gemodelleerde jaren, met een fluctuatie tussen -0,04 en -0,05 m²/d. De aanvoer van water uit de sloten in het Naardermeer is ook stabiel in tijd, afgezien van duidelijke pieken aan het begin en eind van de zomer¹. In de winter is er een aanvoer van ongeveer 0,25 m²/d zichtbaar, deze aanvoer past bij het hoge winterpeil in het gebied. In de zomer is er vanwege het lage waterpeil een afvoer van gemiddeld 0,30 m²/d. In het Naardermeer is ook zichtbaar dat er minder instroom vanuit neerslag is in vergelijking met De Wieden. Een reden hiervoor zou de hogere grondwaterspiegel in het Naardermeer kunnen zijn, hierdoor kan minder regenwater infiltreren en is de hoeveelheid water die oppervlakkig afstroomt wellicht groter. Kijkend naar de totale hoeveelheid water flux na 5 jaar simulatie is het aandeel van infiltratie aan de totale water flux in het Naardermeer 20% en in De Wieden 29%.

¹ Deze pieken zijn toe te schrijven aan de instellingen in HYDRUS-2D. Het oppervlaktewaterpeil is ingesteld om per 6 maanden om te wisselen, er zit geen geleidelijke overgang van -30 cm naar -10 cm + mv in verwerkt.



Figuur 7: Water fluxen in m2/d voor a) De Wieden en b) het Naardermeer.

Infiltratie is de flux over de onderste randvoorwaarde.

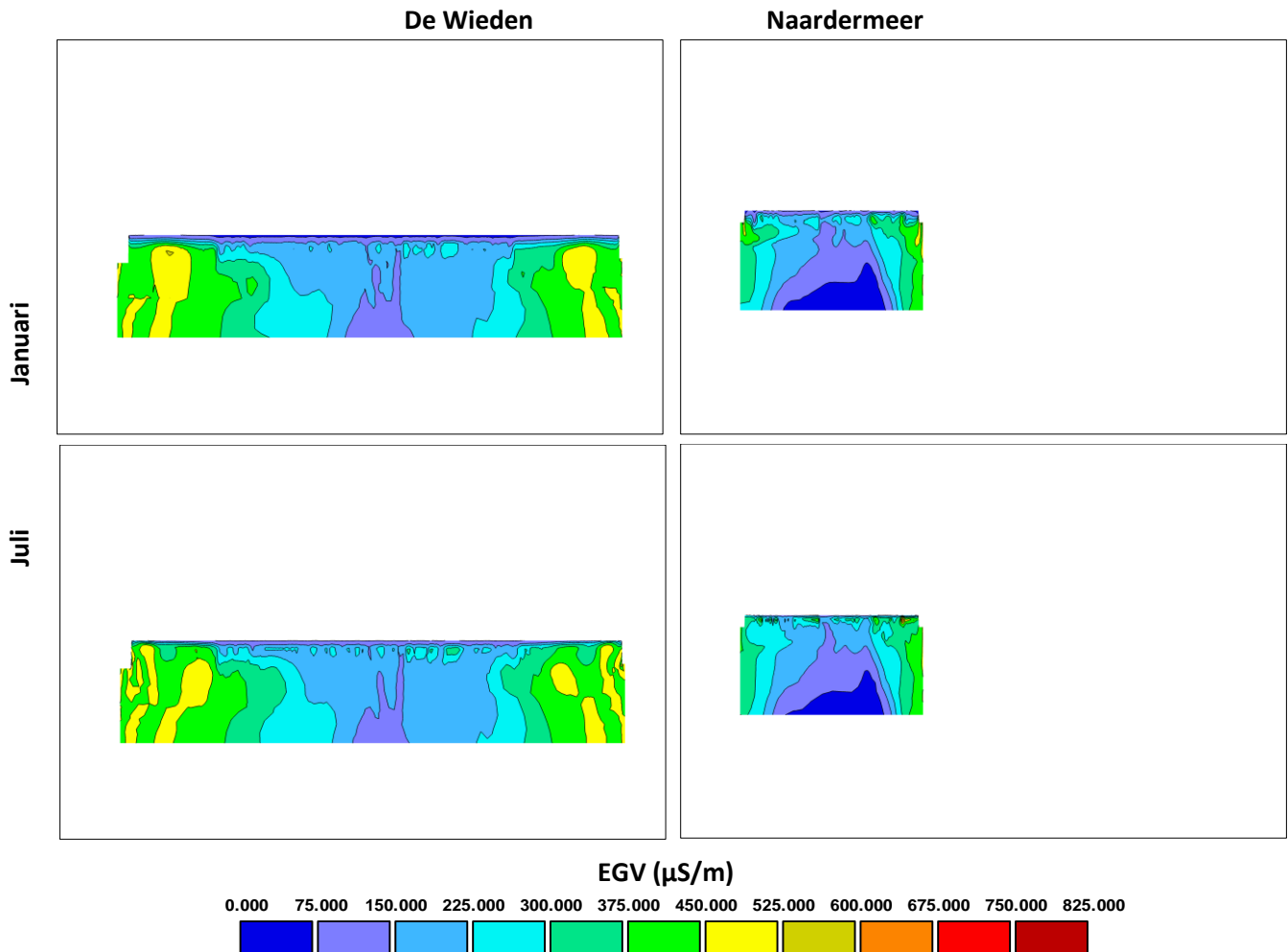
Sloten geeft de totale flux over de linker en rechter randsloot.

Neerslag geeft de nuttige neerslag die infiltreert aan de bovenzijde, bepaald door neerslag min verdamping en oppervlakte afstroming.

Negatieve flux geeft een flux die uit het modeldomein stroomt, positieve flux is instroom. Geel zijn de zomermaanden (Mar – Aug).

3.3. EGV Patroon

Voor beide modellen is een simulatie van stoftransport uitgevoerd om een indicatie te krijgen van hoe het oppervlaktewater in de sloten (met relatief hoog EC) interacteert met het grondwater langs de raaien. EC in de sloten is bij de start van de simulatie gesteld op 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$, neerslag op 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en het grondwater op 0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figuur 8: EGV patroon in model domein na 5 jaar simulatie voor De Wieden en het Naardermeer. Opname van januari 2019 en juli 2019.

In figuur 8 is voor Januari en Juli van 2019 het EGV patroon in De Wieden en het Naardermeer te zien. Voor beide gebieden geldt dat het EGV patroon een trechter vorm aanneemt, met hogere waarden nabij de sloten en lagere waarden in het midden van de raai en op diepte.

- De EGV nabij de sloten weerspiegelt de waarde voor oppervlakte water (450 $\mu\text{S}/\text{cm}$) met een waarde tussen de 375 en 525 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (waarden hoger dan 450 zijn theoretisch niet mogelijk, maar weerspiegelen onnauwkeurigheden van het transport model). In De Wieden is het oppervlakte water EGV tot een lengte van 40 m vanaf de sloot waarneembaar aan beide kanten. Voor het Naardermeer is de zone van hoge EGV (>375) in Januari enkel tot 5 m aan de linkerkant en 15 m aan de rechterkant waarneembaar. In Juli zijn hoge EGV waarden aan de rechterkant van de raai nauwelijks waarneembaar in het Naardermeer. Dit geeft aan dat bij De Wieden het slootwater verder doordringt in het veen, waarschijnlijk door de aanwezigheid van een goed doorlatende

waterige laag. Deze ontbreekt grotendeels bij het Naardermeer, waar dan ook minder diepe doordringing van sloot water waarneembaar is.

- Aan de bovenkant van de raai is een zone van lage EGV waarden ($<150 \mu\text{S}/\text{cm}$) zichtbaar. Deze waarden representeren het regenwater dat niet wordt beïnvloed door slootwater. Voor De Wieden is deze zone 30 cm dik in de winter en 15 cm dik in de zomer. In het Naardermeer is deze zone van lage EGV waarden dunner, met een dikte van 20 cm in de winter en nauwelijks waarneembaar in de zomer. In het Naardermeer zijn lage EGV ($<75 \mu\text{S}/\text{cm}$) waarden midden onderin het domein zichtbaar welke duiden op restanten van de begin waarde van de simulatie, namelijk $0 \mu\text{S}/\text{cm}$. Door de dikkere Gyttja/Veen laag in het Naardermeer is er in het middendeel minder infiltratie van water met hogere EGV naar de zandlaag. In De Wieden heeft deze aanvoer beter kunnen plaats vinden door de waterige veen laag, waardoor geen lage EGV waarden onderin het domein zichtbaar zijn.

4. Resultaten Modelling - met Suppletiesloot I en II

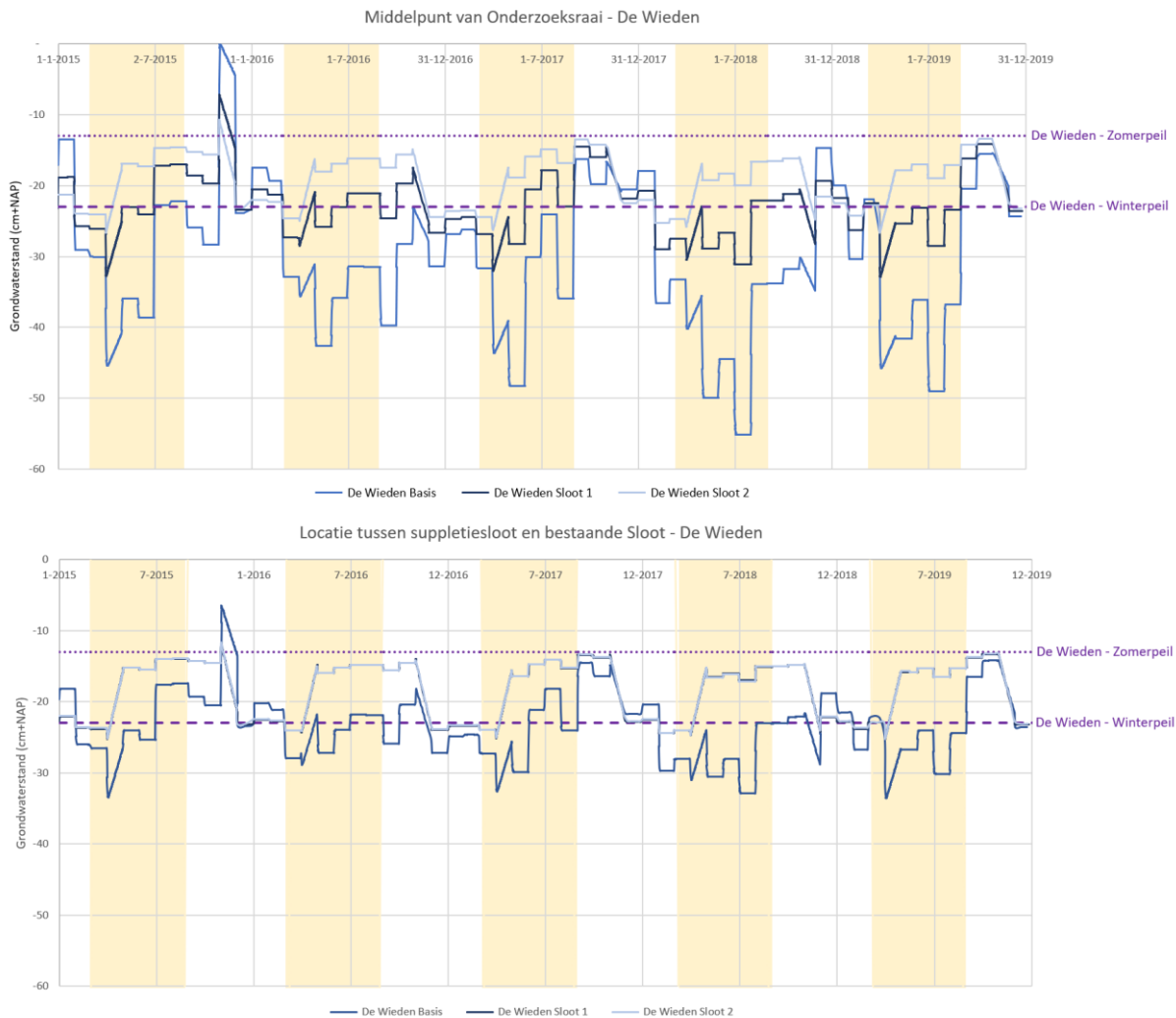
Om inzicht te krijgen in het effect van een suppletiesloot op het hydrologisch systeem zijn 2 sloten (ieder afzonderlijk) toegevoegd in de gemaakte modellen: 1 sloot 1 in een vaste veenlaag, en 1 sloot in een waterrijke veenlaag.

4.1. Grondwaterspiegel

In De Wieden zorgt de toevoeging van een suppletiesloot voor een stabielere en hogere grondwaterspiegel op het middelpunt van de raai (fig. 9a). De directe invloed van neerslag op de grondwaterspiegel, zichtbaar in de grillige pieken en dalen, neemt af.

- Voor Sloot 1, zonder verbinding met de waterige veenlaag, fluctueert de grondwaterspiegel tussen -18 en -30 cm + mv.
- Voor Sloot 2, in verbinding met de in het veld aangetroffen waterige veenlaag, fluctueert de grondwaterspiegel tussen -15 en -25 cm, en volgt daarmee duidelijk de verandering in zomer en winterpeil in de sloten. Het contact met een waterige veenlaag zorgt dus voor een iets stabielere en hoger grondwaterpeil, dat sterk wordt beïnvloed door de gehanteerde oppervlaktewaterpeilen.

Op locatie B in De Wieden, tussen de nieuwe suppletiesloot en de bestaande zuidelijke/rechtersloot in, zorgt de plaatsing van een suppletiesloot voor een grondwaterspiegel die fluctueert tussen -15 en -25 cm + mv (fig. 9b). Op deze locatie is geen verschil tussen suppletiesloot I of II waarneembaar. De grondwaterspiegel voor beide sloten volgt nadrukkelijk de veranderingen in oppervlaktewaterpeil, zij het ietwat vertraagd na de verandering in oppervlaktewaterpeil. Op locatie B is de afstand tussen de suppletiesloot en de rechtersloot slechts 35 m. De invloed van oppervlaktewater instroom vanuit twee sloten op een relatief klein deel van de raai is hier dus groot. De invloed van neerslag en verdamping op de grondwaterspiegel wordt minimaal.



Figuur 9: Grondwaterspiegel ten opzichte van maaiveld met suppletiesloot I en II, voor De Wieden.
 a) Boven: Middelpunt raai; b) Onder: Midden tussen suppletiesloot en rechtersloot.
 Stippellijnen geven winter- en zomerpeilen van het oppervlaktewater (polderpeilen).
 Suppletiesloot 1 is geplaatst in vaste veenlaag; Suppletiesloot 2 is verbonden met een waterige veenlaag.
 Geel zijn de zomermaanden (Mar – Aug).

In het Naardermeer zorgt toevoeging van een suppletiesloot, in tegenstelling tot De Wieden, juist voor meer fluctuatie in de grondwaterspiegel ten opzichte van de uitgangssituatie zonder sloot (fig. 10a). Specifiek met Sloot 2, waarbij de sloot verbonden is met een waterige veenlaag, wordt de variatie tussen winter en zomer grondwaterstand groter. Voor Sloot 2 fluctueert de grondwaterspiegel tussen -10 en -20 cm + mv in respectievelijk de winter en zomer. Voor het Naardermeer is een lager zomer grondwaterspiegel zichtbaar voor Sloot 1 en 2 ten gevolge van het lage oppervlaktepeil voor het Naardermeer in de zomer. De toevoeging van een suppletiesloot zorgt dan voor meer afvoer van water, en vervolgens een lager grondwaterpeil. In de winter is het omgekeerde zichtbaar; een hogere grondwaterspiegel door meer toevoer van oppervlaktewater. Voor het Naardermeer is het verschil tussen de uitgangssituatie en Sloot 1 en 2 kleiner dan in De Wieden, +/- 5 cm maximaal vs. ong. 10 cm gemiddeld in De Wieden.

Op locatie D, tussen de suppletiesloot en rechtersloot in, is een vergelijkbaar patroon zichtbaar als op locatie C. In de wintermaanden stijgt de grondwaterspiegel met de plaatsing van een suppletiesloot, terwijl in de zomermaanden de grondwaterspiegel daalt. Het verschil tussen de uitgangssituatie en de suppletiesloot scenario's is kleiner op locatie D dan op locatie C.

Voor beide locaties in het Naardermeer is zichtbaar dat suppletiesloot 2 een grotere verandering in grondwaterspiegel teweeg brengt. De directe verbinding van Sloot 2 met de waterige veen laag zorgt hier wellicht voor grotere veranderingen in grondwaterstanden door sneller transport van water uit de sloot naar het veen.

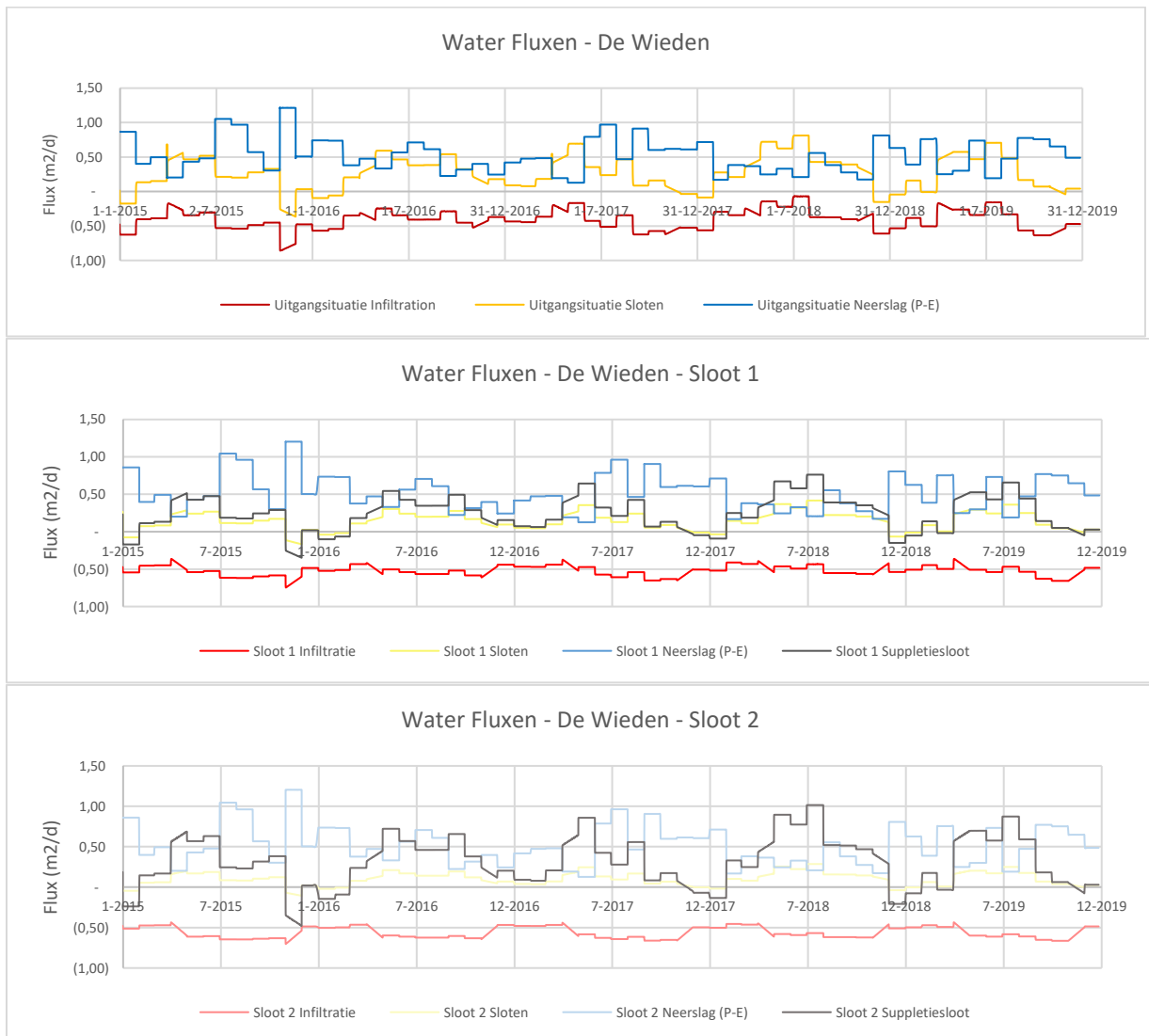


Figuur 10: Grondwaterspiegel ten opzichte van maaiveld met suppletiesloot I en II, voor het Naardermeer.
 a) Boven: Middelpunt raai; b) Onder: Midden tussen suppletiesloot en rechtersloot.
 Stippelijnen geven winter- en zomerpeilen van het oppervlaktewater (polderpeilen).
 Suppletiesloot 1 is niet verbonden met een waterige veenlaag, Suppletiesloot 2 is geplaatst in verbinding met een waterige veenlaag. Geel zijn de zomermaanden (Mar – Aug).

Uit de analyse van de grondwaterspiegel bij toevoeging van een suppletiesloot blijkt dat een sloot in De Wieden een positief effect (verhoging grondwaterspiegel) kan hebben in de zomer, met name in de omgeving van de sloot en als de sloot geplaatst wordt in de waterige veenlaag. Dit kan worden verklaard door instroom van oppervlaktewater uit de suppletiesloot die een hoger peil heeft dan de grondwaterstand. Daarmee zal de grondwaterstand stijgen. De hoeveelheid getransporteerd water uit de sloot naar het grondwater is groter en sneller als er contact is met een waterrijke veenlaag die een hogere doorlatendheid heeft dan vast veen. Deze waterrijke veenlaag komt ook op veel plaatsen voor in De Wieden. In de winter, wanneer het oppervlaktewaterpeil laag is, werkt een suppletiesloot juist drainerend en verlaagt de grondwaterspiegel. Doordat in het Naardermeer een tegenovergesteld

oppervlaktewaterpeil regime heerst (hoog in winter, laag in zomer) geeft een suppletiesloot in dit gebied juist in de zomer een lager grondwaterspiegel en in de winter een hogere.

4.2. Water fluxen

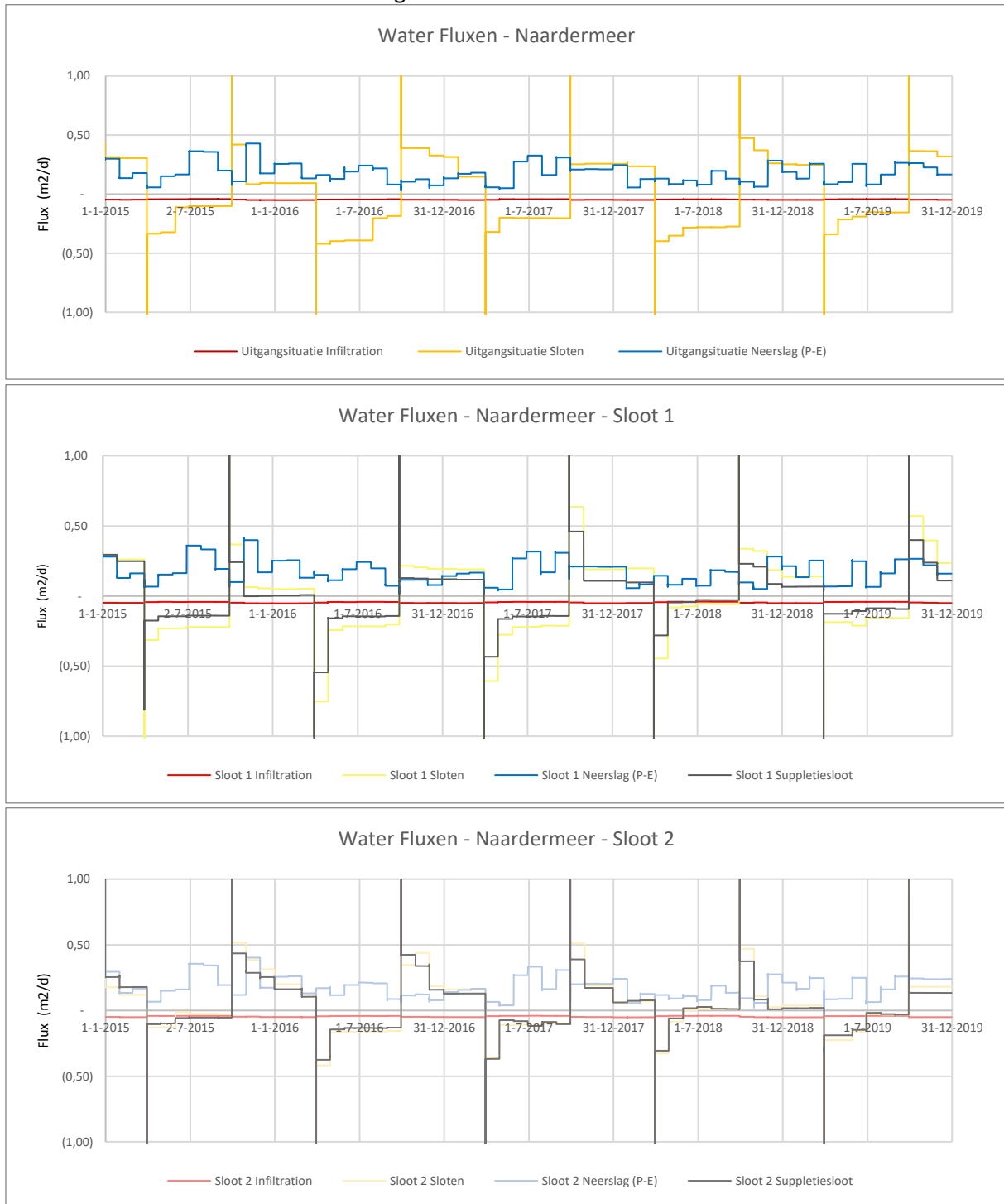


Figuur 11: Water fluxen in m²/d in De Wieden voor a) Uitgangssituatie, b) Suppletiesloot 1, c) Suppletiesloot 2. Infiltratie is de flux over de onderste randvoorwaarde. Sloten geeft de totale flux over de linker en rechter randsloot. Neerslag geeft de netto neerslag via de bovenste randvoorwaarde weer, bepaald door neerslag min verdamping en oppervlakte afstroming. Suppletiesloot geeft de totale flux over de geplaatste suppletiesloot. Negatieve flux geeft een flux die uit het gebied stroomt, positieve flux is instroom.

In Figuur 11 is zichtbaar dat in De Wieden bij toevoeging van een suppletiesloot (1 of 2) de infiltratie flux stabielier wordt. De flux laat minder grillige pieken zien die veranderingen in netto neerslag weerspiegelen. In plaats daarvan begint de infiltratie de verandering in oppervlakte waterpeil te volgen. Dit is het duidelijkste zichtbaar bij de infiltratieflux voor Sloot 2. De infiltratie flux ligt tussen -0,5 en -0,65 m²/d voor Sloot 1 en 2. Dit is een toename ten opzichte van de uitgangssituatie. Deze toename komt waarschijnlijk door een hogere inkomende water flux met de plaatsing van een extra suppletiesloot.

Met de plaatsing van een suppletiesloot neemt het percentage aandeel van infiltratie aan de totale flux toe naar 33% voor Sloot 1 en 35% voor Sloot 2 ten opzichte van 29% in de uitgangssituatie.

Voor het Naardermeer is de verandering in infiltratie minimaal.



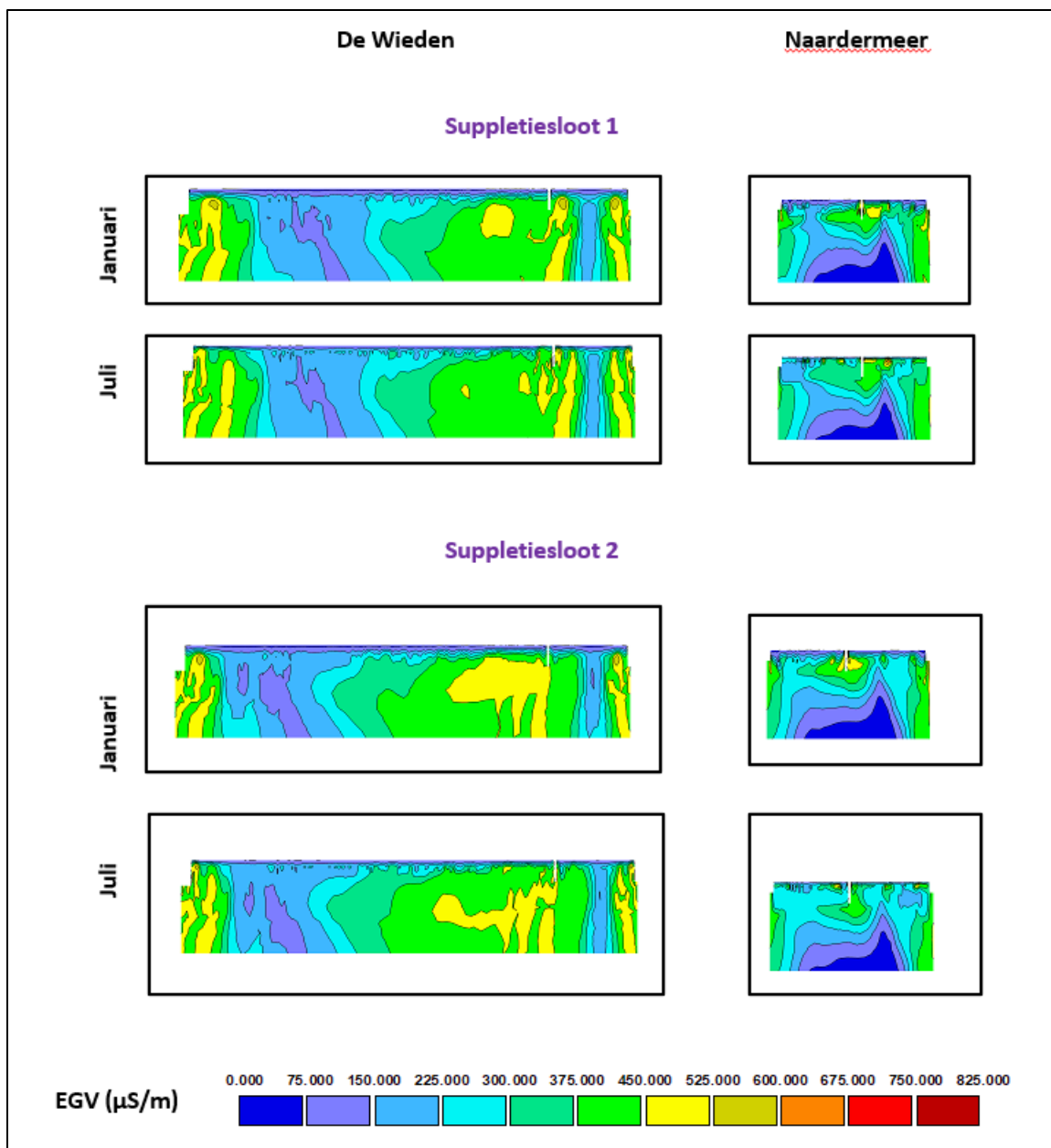
Figuur 10: Water fluxen in m²/d in het Naardermeer voor a) Uitgangssituatie, b) Suppletiesloot, c) Suppletiesloot 2. Infiltratie is de flux over de onderste randvoorwaarde. Sloten geeft de totale flux over de linker en rechter randslot. Neerslag geeft de netto neerslag via de bovenste randvoorwaarde weer, bepaald door neerslag min verdamping en oppervlakte afstroming. Suppletiesloot geeft de totale flux over de geplaatste suppletiesloot. Negatieve flux geeft een flux die uit het gebied stroomt, positieve flux is instroom.

4.3. EGV Patroon

Toevoeging van een suppletiesloot in het model van De Wieden zorgt voor hogere EGV waarden in het midden van de raai door instroom van oppervlaktewater vanuit de sloot (figuur 13). Voor suppletiesloot 1 is oppervlaktewater EGV waarneembaar tot een afstand van 60 m links van de sloot, en 80 m voor suppletiesloot II. De plaatsing van de suppletiesloot in verbinding met de waterige veen laag zorgt dus voor verdere laterale infiltratie van oppervlaktewater in het veen. Aan de rechterkant van de suppletiesloot is oppervlaktewater invloed in de EGV waarden zichtbaar tot een afstand van 15 m van de sloot.

De zichtbare invloed van oppervlaktewater EGV uit de bestaande sloten neemt voor beide suppletiesloot scenario's af. Uit de linker sloot is de laterale infiltratie verminderd tot 30 m voor scenario I en 15 m voor scenario II. Voor de linker sloot is de infiltratie enkel 15 m breed voor beide scenario's. Eenzelfde vermindering van EGV invloed uit de bestaande sloten is niet duidelijk zichtbaar voor het Naardermeer. De grotere aanwezigheid van de waterrijke veenlaag in De Wieden zorgt waarschijnlijk voor makkelijkere aanvoer van slootwater uit de suppletiesloot, hierdoor raakt de bodem al sneller verzadigd en kan minder water uit de bestaande sloten instromen.

Voor het Naardermeer blijft zelfs met toevoeging van een suppletiesloot lage EGV waarneembaar onderaan het domein. De dikke Gyttja/Veen laag limiteert duidelijk de hoeveelheid oppervlakte water dat tot diepte kan infiltreren. Voor sloot scenario I is oppervlaktewater waarneembaar tot een afstand van 7 m aan de rechterzijde van de suppletiesloot en 2 m aan de linkerzijde. Voor suppletiesloot II is de invloed van oppervlaktewater waarneembaar over een langere afstand, met respectievelijk 14 en 10 m aan de rechter en linkerzijde, hier is de invloed van de waterrijke veenlaag zichtbaar. Oppervlaktewater uit de suppletiesloot verspreid zich minder ver in het Naardermeer dan in De Wieden. De aanwezigheid van de waterrijke veenlaag, met hoge doorlatendheid, zorgt duidelijk in De Wieden voor meer instromend oppervlaktewater.



Figuur 13: EGV patroon in model na plaatsen van suppletiesloten na 5 jaar simulatie voor De Wieden en het Naardermeer. Opname van januari 2019 en juli 2019.

5. Discussie

Uit de modellerings-analyse komt naar voren dat de plaatsing van een suppletiesloot in De Wieden zorgt voor een hoger grondwaterspiegel in de zomer en een lagere grondwaterspiegel in de winter. Hier infiltreert de sloot in de zomer en draineert in winter. In het Naardermeer is het omgekeerde patroon zichtbaar, met een lager freatisch niveau in de zomer en hoger in de winter. Hier draineert de sloot in de zomer en infiltreert water vanuit de sloot in de winter.

De verandering in grondwaterstand is gerelateerd aan het oppervlaktewaterpeil of polderpeil:

- Wanneer het oppervlaktewaterpeil hoog staat zorgt een suppletiesloot voor hogere grondwaterstanden, dit is in de zomer voor De Wieden en in de winter voor het Naardermeer. De hydraulische gradiënt is dan georiënteerd vanuit de sloot richting in het veen.
- Met een laag oppervlaktewaterpeil stroomt water vanuit het veen naar de sloten, de plaatsing van een suppletiesloot zorgt in periodes van laag waterpeil dan ook voor extra afvoer van water uit het veen. Dit gebeurt in de winter voor De Wieden en in de zomer voor het Naardermeer. Voor de plaatsing van een suppletiesloot is het dan ook verstandig om, in het geval van De Wieden, afvoer uit deze sloot te blokkeren in periodes van laag waterpeil. Voor een sloot in het Naardermeer zou de sloot in de zomer periode, van maart tot augustus, geblokkeerd kunnen worden om afvoer en verlaging van de grondwaterspiegel te beperken.

De verandering in grondwaterspiegel is in De Wieden groter voor suppletiesloot 2, welk een verbinding heeft met de aanwezige waterige veenlaag. Deze verbinding zorgt waarschijnlijk voor snellere en gemakkelijke instroom van water uit de sloot richting het veen. Aanwezigheid van waterig veen nabij de suppletiesloot is dan ook gewenst als men wil vernatten. Dit effect van het waterig veen op oppervlaktewater instroom is ook zichtbaar in het EGV patroon dat in januari en juli 2019 voor suppletiesloot I en II hoge EGV waarden (beïnvloed door oppervlaktewater EC van 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$) laat zien tot bijna 100 m afstand van de suppletiesloot. De hogere EGV waarden rijken het verste voor suppletiesloot II.

In het Naardermeer lijkt uit het EGV patroon naar voren te komen dat de infiltratie van oppervlakte water uit de suppletiesloot beperkt blijft. Voor dit model wordt bij suppletiesloot I en II nog steeds lage waardes (<150 $\mu\text{S}/\text{cm}$) van EGV waargenomen in het midden van de raai beneden -3 m NAP. In dit gebied beperkt de dikke Gyttja/Veen laag waarschijnlijk de infiltratie van oppervlaktewater naar de diepere zandlagen.

De grondwaterspiegel en de infiltratie wordt met de plaatsing van een suppletiesloot stabiel in De Wieden. Effecten van hoge neerslag of verdamping zijn minder zichtbaar in de grondwaterspiegel met de plaatsing van een suppletiesloot. Met name voor suppletiesloot II, met de verbinding met de waterige veenlaag, begint de grondwaterspiegel grotendeels de veranderingen in oppervlaktewaterpeil te volgen. Ook op de locatie tussen de suppletiesloot en bestaande sloot volgt de grondwaterspiegel duidelijker het waterpeil voor suppletiesloot I en II. Voor het Naardermeer is een stabiel grondwaterspiegel niet terug te vinden met de plaatsing van een suppletiesloot. In dit model zorgt de plaatsing van de sloot juist voor meer verschil in zomer en winter niveau van de grondwaterspiegel, hoewel het patroon van de grondwaterspiegel duidelijk de verandering van waterpeil volgt.

Op hoofdlijnen komt het beeld naar voren dat:

- In de uitgangssituatie de inflltratieflux in het Naardermeer kleiner is dan in De Wieden ten gevolge van a) een lager drukverschil van maaiveld naar de onderliggende aquifer en b) de hogere weerstand van de bodem lagen in het Naardermeer. Dit verklaart mogelijk waarom de condities voor hoogveenbossen in het Naardermeer beter lijken dan in De Wieden;
- Ter bestrijding van te droge situaties voor hoogveenbossen in De Wieden kan een suppletiesloot gunstige effecten hebben op de grondwaterstanden in de zomer. Met name bij plaatsen van een

suppletiesloot in hydraulisch contact met de veelal aanwezige waterige veenlaag in de Wieden kan water uit de suppletiesloot effectief infiltreren en de grondwaterstand verhogen;

- In de winter zal de suppletiesloot in De Wieden echter drainerend werken doordat in de winter het polderpeil omlaag gaat. Het verdient aanbeveling de suppletiesloot dan af te dammen opdat de drainerende werking stopt.

6. Bronnen

Cusell, C. & Van 't Veer, R. (2017). Potentiele effecten van de invoering van een meer flexibel peilbeheer op de Natura 2000-doelstellin in het Naardermeer. *Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)*.

Diek, R., Schep, S., & Pelsma, T. (2014). Flexibeler peil Naardermeer beter voor hoogveenbossen. *H20-Online*;

Grondwaterformules.nl (2020). "doorlatendheid k." Retrieved June 5, 2020, from <http://www.grondwaterformules.nl/index.php/vuistregels/ondergrond/doorlatendheid-per-grondsoort>

Groot, M. de & de Weerd, P.C. (2019). *Peilopzet Naardermeer*. Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V., Deventer.

KNMI. (n.d.-a). *Hoogeveen, langjarige gemiddelden, tijdvak 1981-2010*. http://www.klimaatatlas.nl/tabel/stationsdata/klimtab_8110_279.pdf

KNMI. (n.d.-b). *Meetstation Hoogeveen, Maandoverzicht Neerslag en Verdamping in Nederland 2015-2019*. Retrieved November 3, 2020, from <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/gegevens/monv>

Provincie Noord-Holland (2019). *Natura 2000-beheerplan Naardermeer 2019-2025*. Provincie Noord-Holland, Haarlem.

Ronduite, M. (2020). *Potential of a Suppletion Ditch for Restoration of Bog Woodland in De Wieden*. Master's Thesis, Utrecht University.

Šimůnek, J., van Genuchten, M. Th., & Šejna, M. (2012). *The HYDRUS Software Package for Simulating the Two- and Three-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Porous Media*.

TNO Geologische Dienst Nederland. (2021). *Ondergrondgegevens*. DINOLoket. Data En Informatie van de Nederlandse Ondergrond. <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>

Waterschap Drents Overijsselse Delta. (2020). *Toelichting herziening Peilbesluit Boezem van Noordwest Overijssel*.