

Helofytensloot Rapportage 3

Samenwerking Lectoraat Agrarisch

Waterbeheer en het Waterschap Zuiderzeeland



AERES
HOGESCHOOL
DRONTEN

Wolter van der Kooij
Lector Agrarisch Waterbeheer
Dronten
december 2021

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Onderzoeksresultaten van de sensoren	4
2.1.	Redoxpotentiaal	4
2.2.	Opgeloste zuurstof	8
2.3.	Elektrisch geleidingsvermogen	9
2.4.	Oppervlaktewaterpeil en temperatuur	11
2.5.	Grondwaterpeil en bodemvocht	13
3	Onderzoeksresultaten van de bemonstering	16
3.1.	Doorzicht	16
3.2.	Elektrisch geleidingsvermogen	17
3.3.	Zuurgraad	18
3.4.	Zuurstof	19
3.5.	Biochemisch zuurstofgebruik	20
3.6.	Ammonium- en organisch gebonden stikstof	21
3.7.	Nitraat en nitriet	22
3.8.	Fosfor	23
4	Slootonderhoud	24
5	Conclusies	27
6	Publiciteit	28
7	Toekomstplannen	29
	Bijlage 1: Sensoren	31
	Bijlage 2: Plaats van de sensoren	32
	Bijlage 3: Resultaten bemonstering	33

1 Inleiding

In mei 2020 is er door het Waterschap Zuiderzeeland subsidie verstrekt voor 2 jaar onderzoek naar de effecten van een helofytensloot op Aeres Farms (projectnaam, Aeres helofytensloot project, het zaaknummer: INKO-00774, het werkplanproduct: 392700 en het grootboeknummer: 42807). De hoofdvraag van het totale helofytenslootproject luidt: *“Wat is het effect van een helofytensloot op de oppervlaktewaterkwaliteit, het bedrijfswatermanagement, de waterberging en de biodiversiteit?”*. In dit project wordt met name ingegaan op het effect op de oppervlaktewaterkwaliteit.

Het project is nu ongeveer anderhalf jaar gevorderd en dit rapport betreft de derde rapportage waarin de stand van zaken wordt weergegeven. Dit rapport bevat de gegevens van voorgaande rapportages en vult dat aan met de nieuwste gegevens.

Samenvattend zijn de zaken als volgt verlopen:

- In april 2020 is de stuw geplaatst.
- Vanaf augustus 2020 worden er ook elke maand door het waterschap watermonsters genomen en geanalyseerd.
- De sensoren aan het begin en het einde van de sloot zijn eind september 2020 geplaatst. Op enkele storingen na leveren ze continu gegevens op.
- Gedurende het jaar zijn er ook regelmatig gegevens rondom de biodiversiteit vastgelegd.
- In april 2021 zijn 2 studentengroepen van Aeres Almere begonnen met het monitoren van de micro- en macrofauna in de sloot.
- In mei 2021 zijn er 2 vervuilingincidenten geweest, waardoor de sloot minder goed reinigde.
- In november 2021 is de sloot gemaaid en is het slootmateriaal uitgehaald.
- In november 2021 zijn er zonnepaneeltjes bij de sensoren geplaatst, zodat de batterijen niet meer vervangen hoeven te worden.

De volgende voorlopig conclusies kunnen worden getrokken:

1. De helofytensloot heeft een sterk zuiverend effect. De waterkwaliteit voldoet bovenstrooms zelden aan de normen, maar benedenstrooms meestal wel.
2. De helofytensloot kan niet elke vervuiling aan.

2 Onderzoeksresultaten van de sensoren

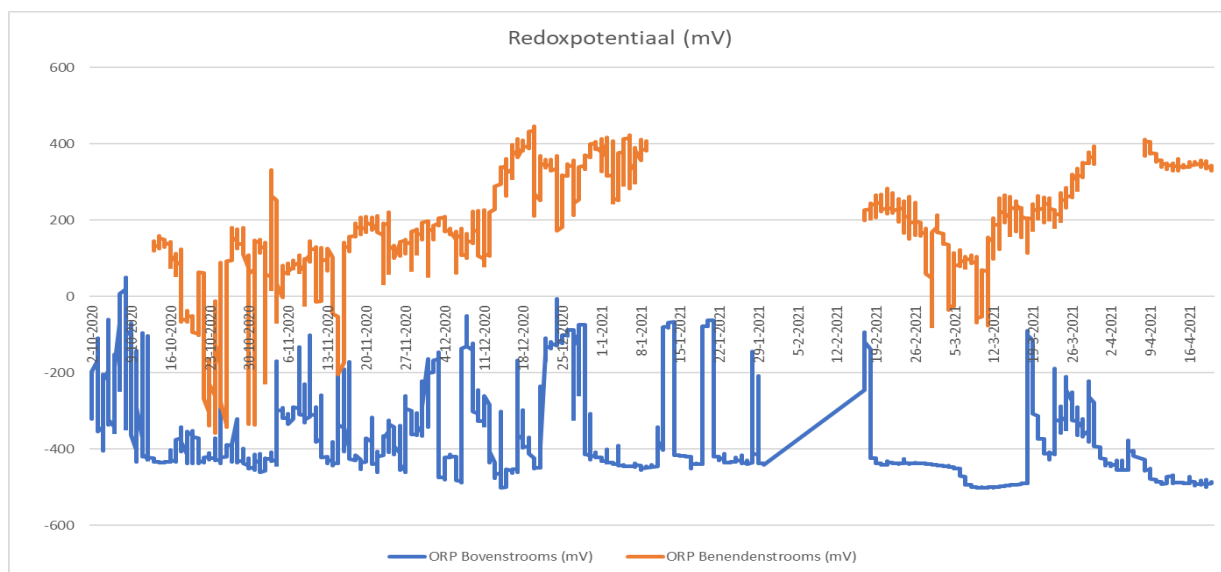
Bij het uitvoeren van het onderzoek wordt naar verschillende parameters gekeken die in het volgende zullen worden besproken. In [bijlage 1](#) wordt een overzicht gegeven van de verschillende sensoren en parameters die bijgehouden worden en in [bijlage 2](#) is de kaart met de plaats van de sensoren weergegeven. In dit hoofdstuk komen achtereenvolgens aan de orde: Redoxpotentiaal, opgeloste zuurstof, geleidbaarheid, oppervlaktewaterpeil, temperatuur, grondwaterpeil en bodemvocht. De andere parameters, zoals pH en troebelheid lijken tot op heden onvoldoende interessante informatie op te leveren.

2.1. Redoxpotentiaal

De redoxpotentiaal, in het Engels Oxidation-Reduction Potential (ORP), zegt iets over de zuiverheid van water en het vermogen om vervuiling af te breken. De redox wordt gemeten in mV en varieert van -2000 mV tot +2000 mV. De redoxwaarde wordt gemeten door een redoxsensor, deze sensor meet het oxiderend vermogen van water. De redoxwaarde geeft ook een indicatie voor het opgeloste zuurstof niveau in het water. Zwaarder vervuild water bevat minder opgelost zuurstof, omdat organische vervuiling zuurstof consumeert. Dit heeft als gevolg dat de redoxpotentiaal van vervuild water lager zal zijn dan van schoon water.

Volgens de WHO (World Health Organization) is de streefwaarde van de ORP van zwemwater en bronwater 650 mV. Een ORP-waarde van minder dan -550 mV kan worden gezien als ondrinkbaar. Voor visvijvers wordt gestreefd naar een waarde van tussen de 250 en 350 mV. Onder de 120 mV is de gezondheid van vissen in gevaar.

In figuur 2.1 wordt de grafiek getoond van de ORP-waarde vanaf begin oktober 2020. Zowel bovenstrooms als benedenstrooms zijn er periodes geweest dat de sensoren niet werkten. Dit werd veroorzaakt doordat de batterijen al vrij snel te weinig capaciteit hebben om de informatie te versturen. Inmiddels zijn de batterijen vervangen door zonnepanelen, zodat dit probleem zich niet meer zal voordoen.



Figuur 2.1: Redoxpotentiaal bovenstrooms (blauw) en benedenstrooms (oranje) vanaf begin oktober 2020 tot april 2021.

Het volgende kan opgemerkt worden:

1. De redoxpotentiaal is benedenstrooms altijd hoger dan bovenstrooms.
2. Door kalibratie en storingen kunnen er onnauwkeurigheden in de resultaten zitten.
3. De waterkwaliteit is bovenstrooms slecht en benedenstrooms meestal goed.
4. Opmerkelijk is dat de redoxpotentiaal in de tweede helft van november sterk stijgt. Het lijkt er op dat het systeem beter gaat zuiveren. Dat zou kunnen komen doordat mannagras niet afsterft in de winter (figuur 2.2).
5. De daling in februari zou verklaard kunnen worden doordat de sloot tot 15 februari bedekt is geweest met sneeuw (figuur 2.3).



Figuur 2.2: Mannagras blijft groen in de herfst en winter (foto van 26 december 2020).

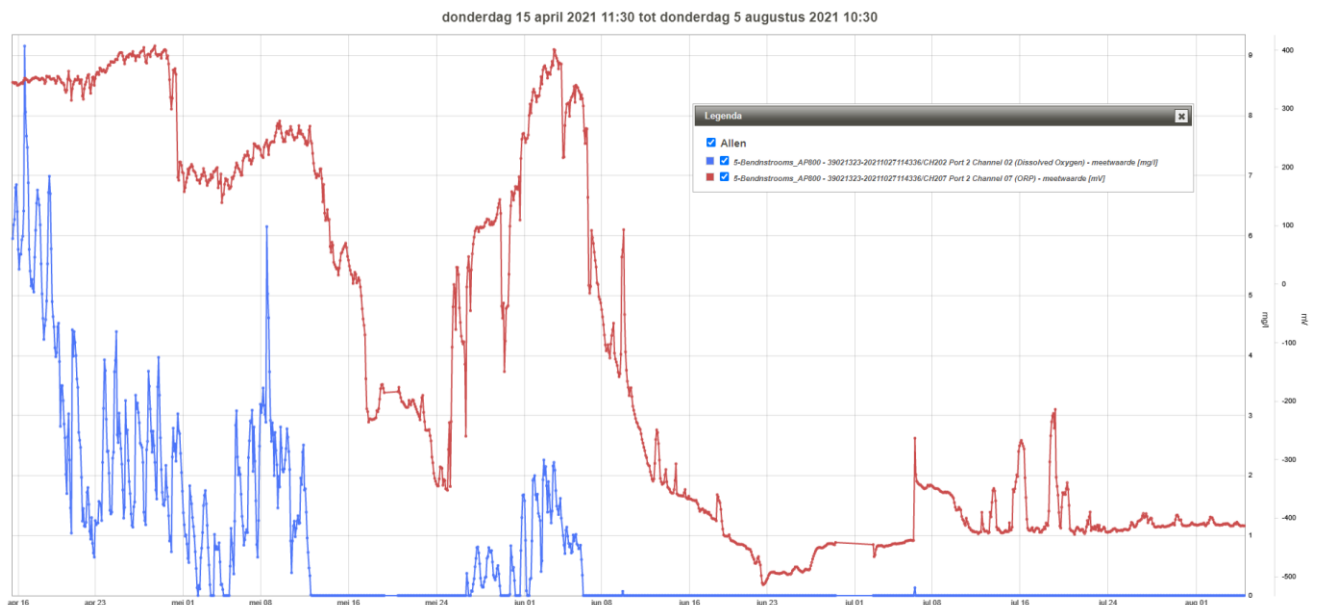


Figuur 2.3: Sneeuwdek van 7 tot 15 februari 2021.

In mei 2021 hebben zich twee incidenten voorgedaan die invloed hebben gehad op de redoxpotentiaal en de opgeloste zuurstof. Begin mei zijn perssappen van de sleufsilos met mais in de helofytensloot terecht gekomen. Dat had een verlaging van de redoxpotentiaal en de opgeloste zuurstof tot gevolg, maar die herstelden zich na enkele weken weer. Vervolgens is er naast het kavelpad ruige mest tijdelijk opgeslagen geweest (figuur 2.4). De afstand tot de sloot was wel 4 meter, maar het lijkt wel effect op de redoxpotentiaal te hebben gehad (figuur 2.5). Dit incident heeft zich niet meer herhaald. In het vervolg is de mestbult ruim in het land gelegd alvorens de mest verspreid werd.



Figuur 2.4: Tijdelijke mestopslag naast het kavelpad.



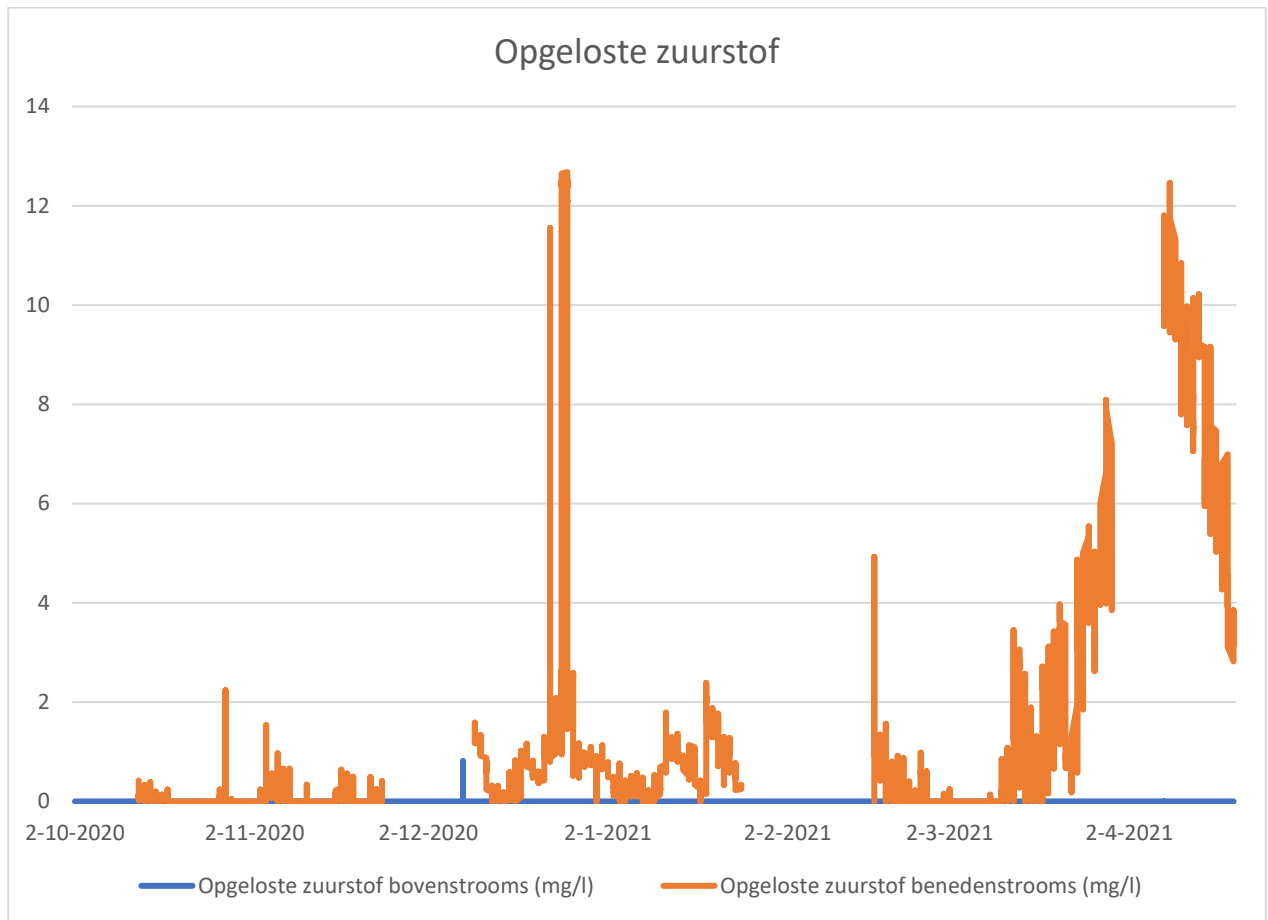
Figuur 2.5: Redoxpotential (rood) en opgeloste zuurstof (blauw) benedenstrooms gedurende het tijdvak van 15 april tot 8 augustus 2021.

Het volgende kan opgemerkt worden:

- Tijdelijke vervuiling met perssappen konden opgevangen worden door de helofytensloot. Waarschijnlijk werden de perssappen snel afgevoerd, maar kwamen dus wel in het oppervlaktewater terecht.
- De mestbult lijkt tot meer problemen te hebben geleid. Ook in het najaar is het effect daarvan terug te zien. Waarschijnlijk doordat meststoffen via de bodem nog lange tijd de sloot bereiken.
- Het effect op stikstof- en fosforgehaltes, die door het waterschap worden gemeten, is geringer. Dit wordt in hoofdstuk 3 verder toegelicht.

2.2. Opgeloste zuurstof

Ook de aanwezigheid van opgeloste zuurstof is een indicator voor waterkwaliteit. Het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) ligt op minimaal 5 mg/l. Planten produceren het overdag, maar verbruiken het 's-nachts. In de sloot komt, naast de helofyten lisdodde en mannagras ook veel eendenkroos voor. In figuur 2.6 wordt de aanwezigheid van opgeloste zuurstof weergegeven.

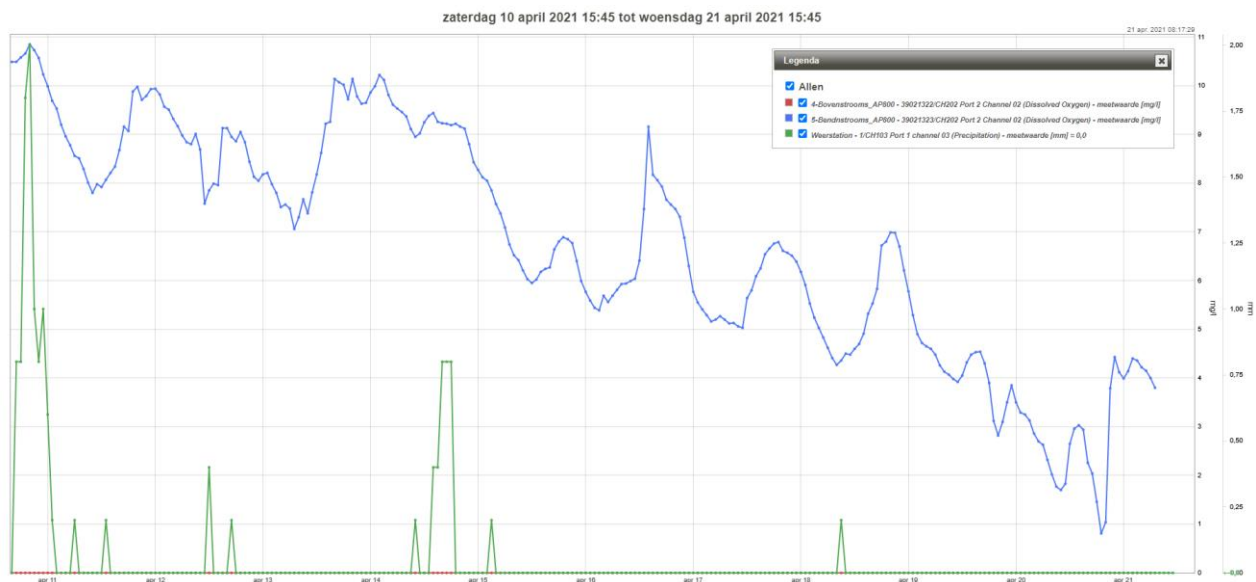


Figuur 2.6: Hoeveelheid opgeloste zuurstof bovenstrooms (blauw) en benedenstrooms (oranje) van begin oktober 2020 tot april 2021.

Het volgende kan opgemerkt worden:

- Bovenstrooms is de hoeveelheid opgeloste zuurstof vrijwel altijd 0.
- Benedenstrooms fluctueert de hoeveelheid opgeloste zuurstof sterk, maar is het grootste gedeelte van de tijd boven 0, maar wel de meeste tijd beneden de het MTR van 5 mg/l.
- De lage waarden tot december, benedenstrooms, komen overeen met de lage redoxpotentialen.

In figuur 2.7 is de hoeveelheid opgeloste zuurstof in de maand april afgezet tegen de neerslag.



Figuur 2.7: Hoeveelheid opgeloste zuurstof bovenstrooms (rood), benedenstrooms (blauw) en de neerslag (groen) in april 2021.

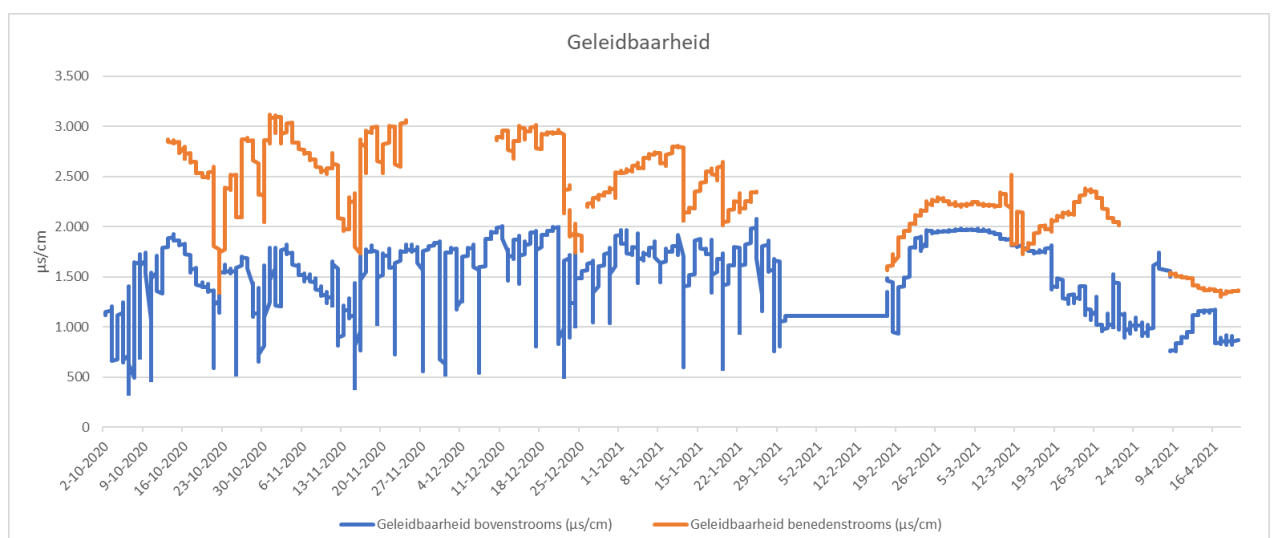
Het volgende kan opgemerkt worden:

- Bovenstrooms is de hoeveelheid opgeloste zuurstof altijd 0.
- Benedenstrooms fluctueert de hoeveelheid met het dag- en nachtritme, maar is wel altijd boven 0.
- Na neerslag is er een opwaarts effect in de zuurstofconcentratie te zien, waarbij er wel sprake is van een na-ijleffect van een halve tot een hele dag, omdat regenwater van het dak van de weidestal op de sloot wordt geloosd en dus regenwater een relatief sterk effect heeft, maar er enige tijd over doet, voordat het het benedenstroomse punt heeft bereikt.

Verder moet opgemerkt worden dat vanaf juni 2021 de opgeloste zuurstof ook benedenstrooms vrijwel constant 0 mg/l is geweest. Dit lijkt een gevolg van de mestbult te zijn.

2.3. Elektrisch geleidingsvermogen

Figuur 2.8 laat het verband zien tussen het elektrische geleidingsvermogen (bij 25 graden) bovenstrooms en benedenstrooms over de periode van begin oktober tot april.

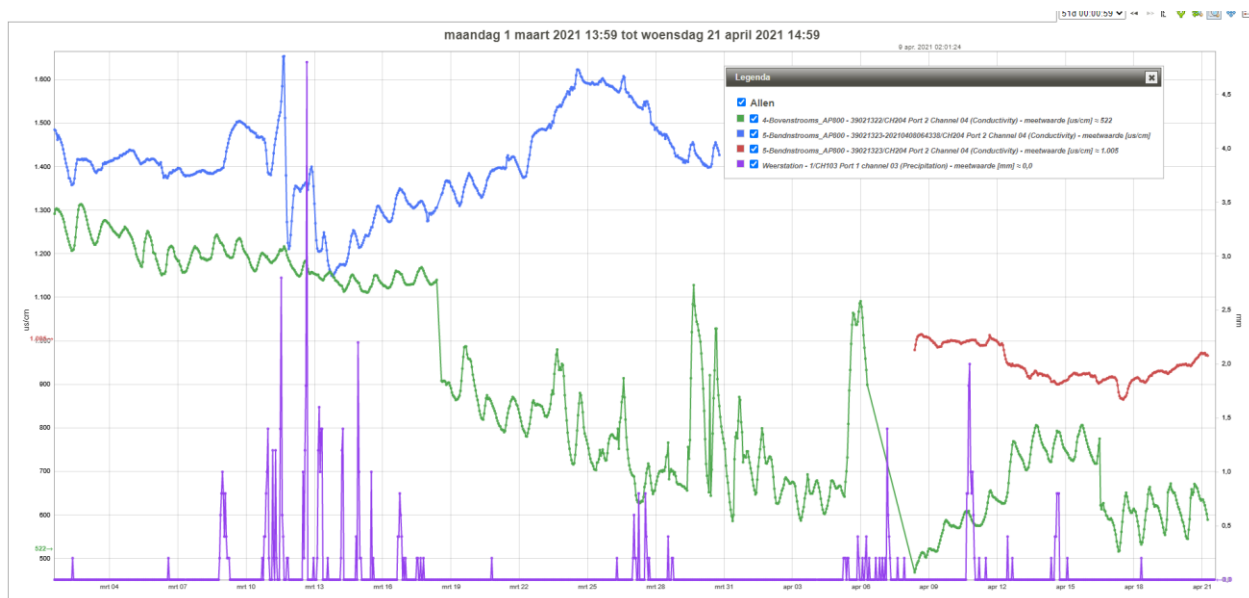


Figuur 2.8: Verloop van het elektrisch geleidingsvermogen bij 25 graden bovenstrooms (blauw) en benedenstrooms (bruin) in µS/cm.

Het volgende opmerkingen worden hierbij geplaatst:

- Het water is aan het eind van de sloot ongeveer 50% zouter dan aan het begin van de sloot. Bovenstrooms blijkt de geleidbaarheid namelijk gemiddeld 1.532 $\mu\text{S}/\text{cm}$ te zijn en benedenstrooms gemiddeld 2.354 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dit wordt veroorzaakt doordat het grondwater brak is en via de drains in de sloot komt. De waarden komen soms dicht in de buurt van de 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ wat de grens is voor gebruik voor gewassen.
- De sterke, korte dalingen worden veroorzaakt door regen (niet in de grafiek), waardoor sterke verdunning optreedt. Dat wordt waarschijnlijk versterkt doordat het regenwater van de weidestal door deze sloot wordt afgevoerd (regenwater heeft een geleidbaarheid van 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- Sommige schommelingen kunnen door kalibratie zijn veroorzaakt.
- De geleidbaarheid is benedenstrooms in het voorjaar lager dan in het najaar en de winter.

In figuur 2.9 is de geleidbaarheid bij 25 graden bovenstrooms en benedenstrooms voor de periode van 1 maart tot 21 april vergeleken.



Figuur 2.9: Verband tussen de geleidbaarheid bij 25 graden bovenstrooms (groen) en benedenstrooms (blauw en rood) en de neerslag (paars), waarbij voor de geleidbaarheid dezelfde schaalverdeling wordt gebruikt.

Het volgende valt op:

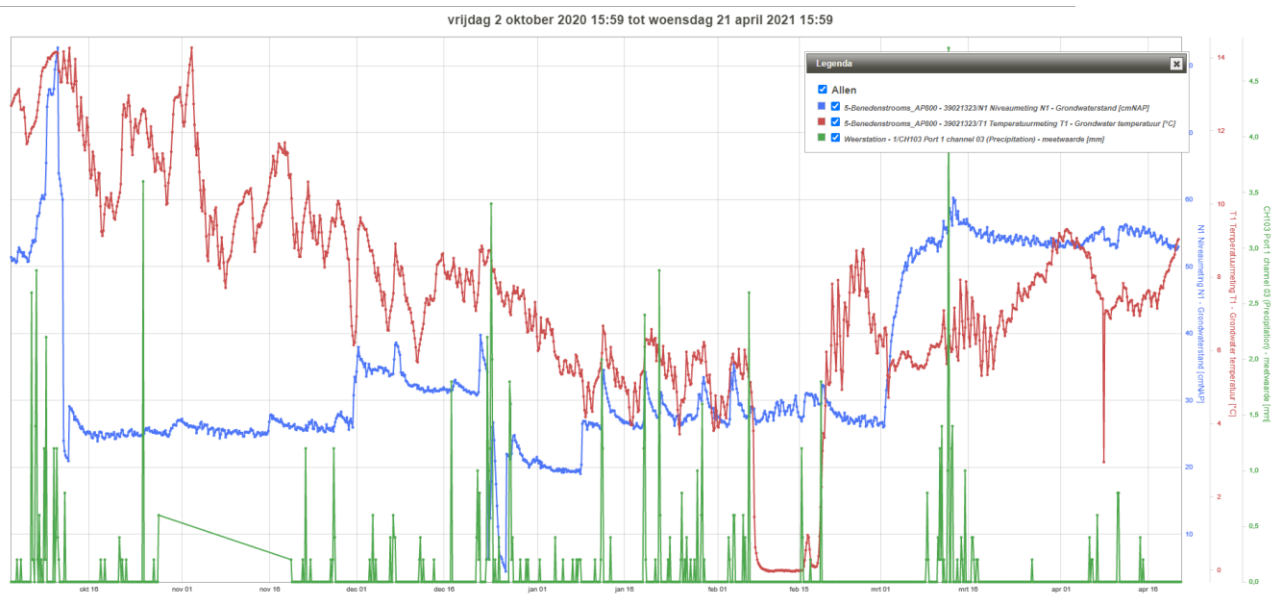
- Door een storing, begin april, zijn de sensoren uit het water geweest. Dat heeft tot lagere waarden geleid.
- De neerslag lijkt niet meer zoveel effect te hebben. Blijkbaar speelt dat meer in het najaar.

2.4. Oppervlaktewaterpeil en temperatuur

In figuur 2.10 is het slootpeil, de temperatuur van het slootwater en de neerslag vanaf begin oktober tot begin april weergegeven.

Het volgende valt op:

- Nadat de stuw de hele zomer omhoog had gestaan, heeft de bedrijfsleider 11 oktober, na veel neerslag, de stuw naar beneden gelaten. Vervolgens is de stuw weer iets hoger gezet.
- Eind december heeft de bedrijfsleider nogmaals de stuw verlaagd, waardoor de sensoren droog kwamen te staan. De stuw is weer enigszins omhoog gezet.
- De koudeperiode van begin februari is goed terug te zien in de grafiek. Het water is nooit helemaal bevroren geweest, maar bleef stromen.
- Eind februari is de ruige mest uitgereden en waren voorlopig geen veldwerkzaamheden noodzakelijk. De stuw is toen weer flink omhooggezet.

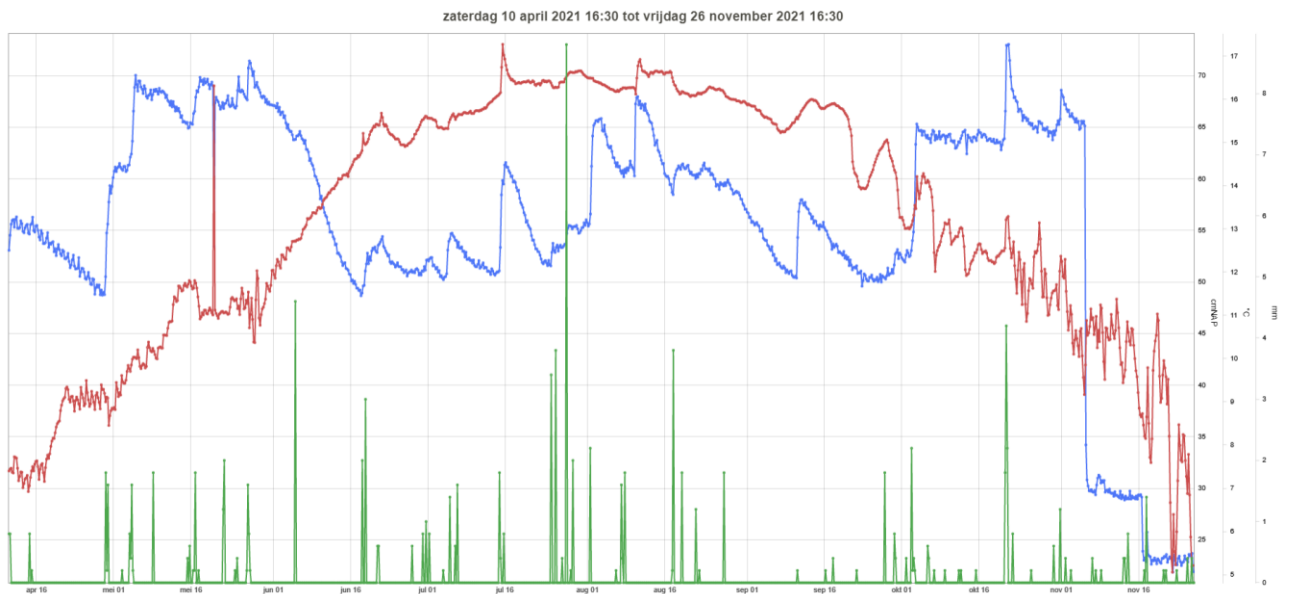


Figuur 2.10: Benedenstrooms slootpeil (blauw), temperatuur (rood) en neerslag (groen) van 2 oktober 2020 tot 21 april 2021.

In figuur 2.11 is het slootpeil, de temperatuur van het slootwater en de neerslag vanaf begin april tot eind november weergegeven.

Het volgende valt op:

- De slootwatertemperatuur (rood) is in april ongeveer 7 graden en loopt op tot ongeveer 17 graden in de zomer. Vervolgens daalt hij weer naar ongeveer 7 graden eind november.
- De peilstijgingen (blauw) treden niet altijd meteen op na neerslag (groen). Dat komt omdat de bodem vaak nog eerst water kan opnemen. Ook duurt het even voordat de neerslag bij het einde van de sloot is.
- In november is het peil 2 keer verlaagd om slootschoning mogelijk te maken.



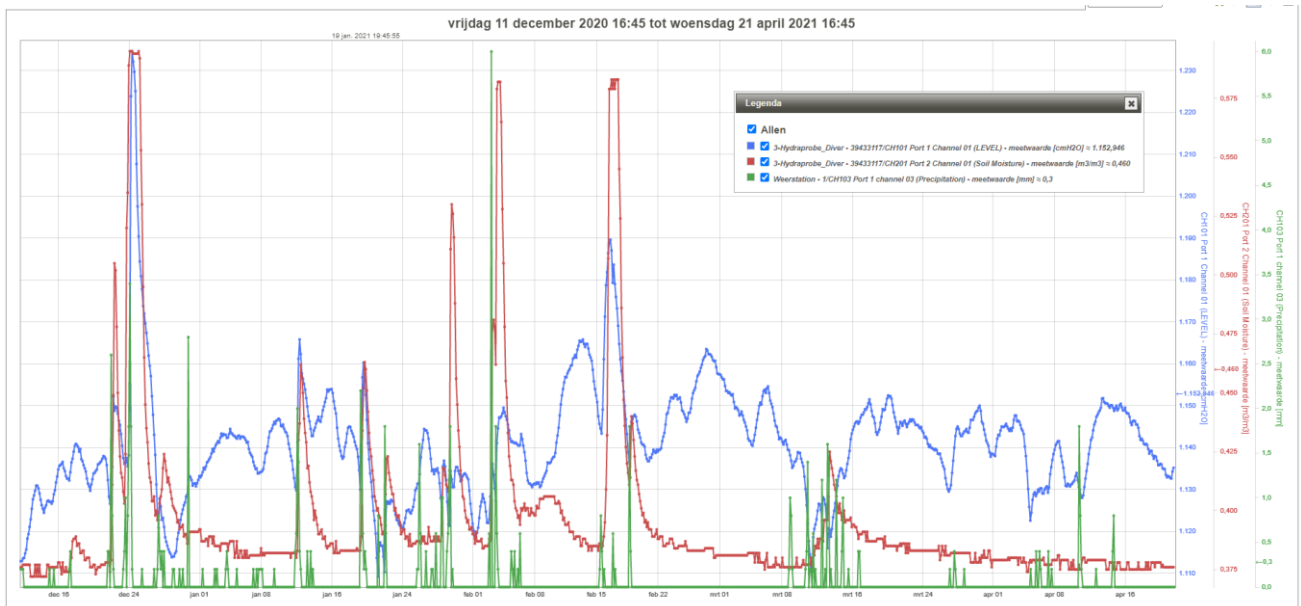
Figuur 2.11: Benedenstrooms slootpeil (blauw), temperatuur (rood) en neerslag (groen) van 10 april 2021 tot 26 november 2021.

2.5. Grondwaterpeil en bodemvocht

Op 75 meter van de helofytensloot zijn een peilbuis en een bodemvochtsensor geplaatst. Figuur 2.12 laat het verloop van de grondwaterstand, het bodemvochtgehalte en de neerslag zien.

Het volgende valt op:

- Grondwaterpeil en bodemvochtpercentage reageren op flinke neerslag (meer dan 10 mm).
- Het bodemvochtpercentage zakt, na de neerslag, snel weer terug naar 38%. De bergingsfactor lijkt ongeveer 20% te zijn. Volledige verzadiging treedt maar enkele keren op en ook dan zakt het weer snel weg.



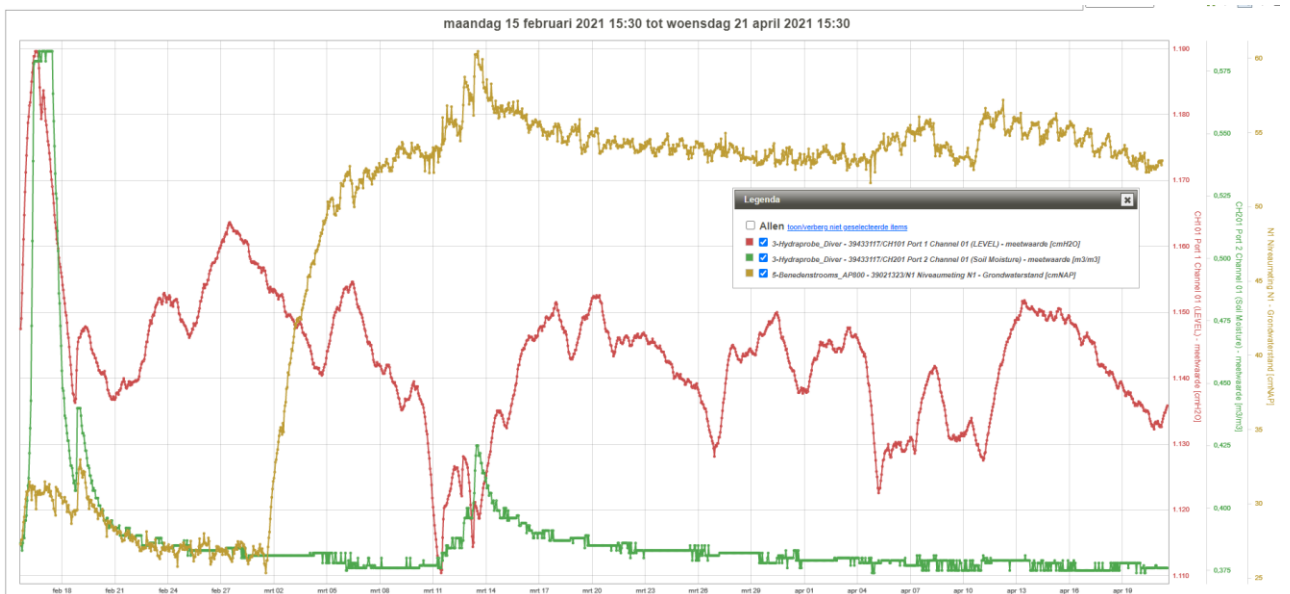
Figuur 2.12: Grondwaterpeil (blauw), bodemvochtpercentage (bruin) en neerslag (groen) op 75 meter van de helofytensloot.

In figuur 2.13 wordt het verband tussen slootpeil, bodemvocht en grondwaterpeil weergegeven. Het is opmerkelijk dat er geen enkel effect te zien is van de slootpeilverhoging in maart. Neerslag heeft wel effect op beiden, maar slootpeil niet. Dat kan twee oorzaken hebben:

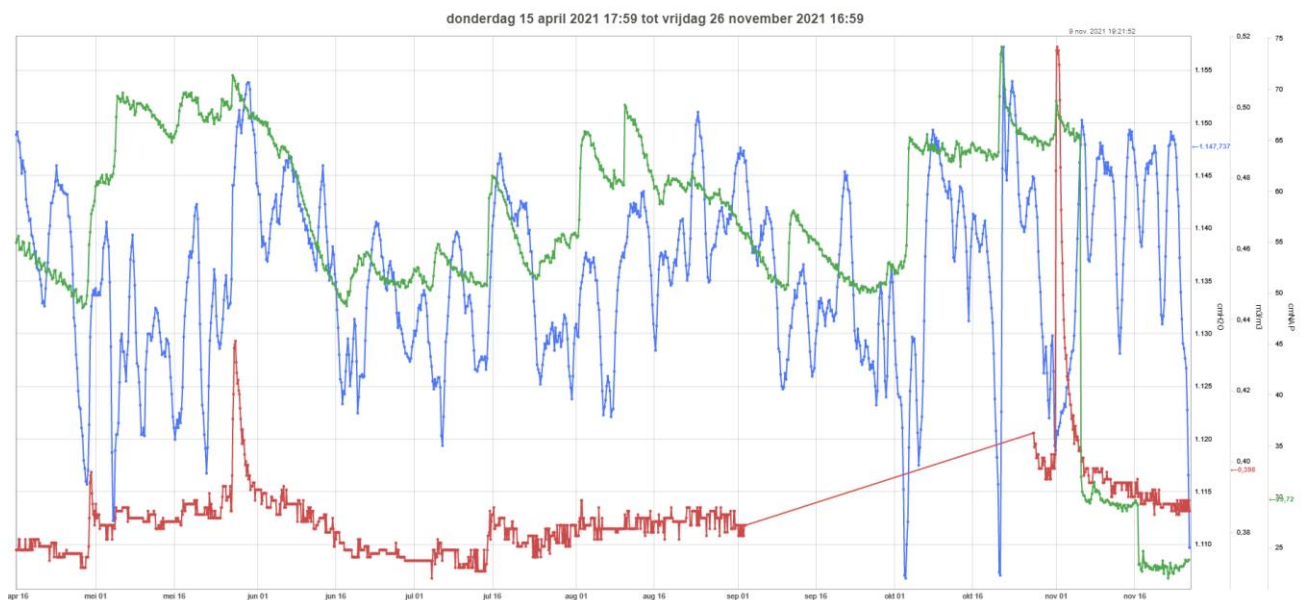
- De grond is dusdanig slecht doorlatend dat het water nauwelijks vanuit de sloot infiltreert.
- Het lijkt er op dat de drains van dat perceel niet op de helofytensloot afwateren en dat er dus ook geen infiltratie mogelijk is. Dit wordt nader onderzocht. Er zullen nu ook peilbuizen in het tegenoverliggende perceel worden gelegd (bijlage 2).

In figuur 2.14 is ook de periode van 16 april tot 26 november weergegeven. Het volgende valt op:

- Het grondwaterpeil (blauw) schommelt veel maar blijft wel redelijk constant. Waarschijnlijk als gevolg van de natte zomer.
- Het bodemvocht bereikt alleen eind oktober een hoog niveau. Verder weinig problemen met te natte omstandigheden.
- Eind november lijkt de grondwaterstand te reageren op de sterke peilverlaging in de sloot.



Figuur 2.13: Grondwaterpeil (rood), bodemvochtpercentage (groen) op 75 meter van de helofytensloot en slootpeil (groen) van 15 februari tot 21 april.



Figuur 2.14: Grondwaterpeil (blauw), bodemvochtpercentage (rood) op 75 meter van de helofytensloot en slootpeil (groen) van 16 april tot 26 november.

In figuur 2.15 zijn de resultaten van de peilbuis weergegeven die op 225 meter van de helofytensloot af staat (bijlage 2). Uiteraard zal daar de invloed van de helofytensloot nog minder zichtbaar zijn. De grafiek geeft de grondwaterstand en het slootpeil weer van 15 oktober 2020 tot eind november 2021.

Het volgende kan opgemerkt worden:

- De stuw is eind januari van 40 cm naar 3 cm gezet. Daardoor kwamen de sensoren droog te staan en om dat te voorkomen is de stuw weer snel omhoog gezet naar 20 en vervolgens 28 cm. Nadat in maart de ruige mest was uitgereden, is het peil verhoogt naar 55 cm. Tot november schommelde het slootpeil tussen 50 en 70 cm. Begin november is de stuw op 30 cm en vervolgens 24 cm gezet om de sloot te kunnen reinigen en de drains te lokaliseren.
- Er is inderdaad geen verband tussen het slootpeil en de grondwaterstand.



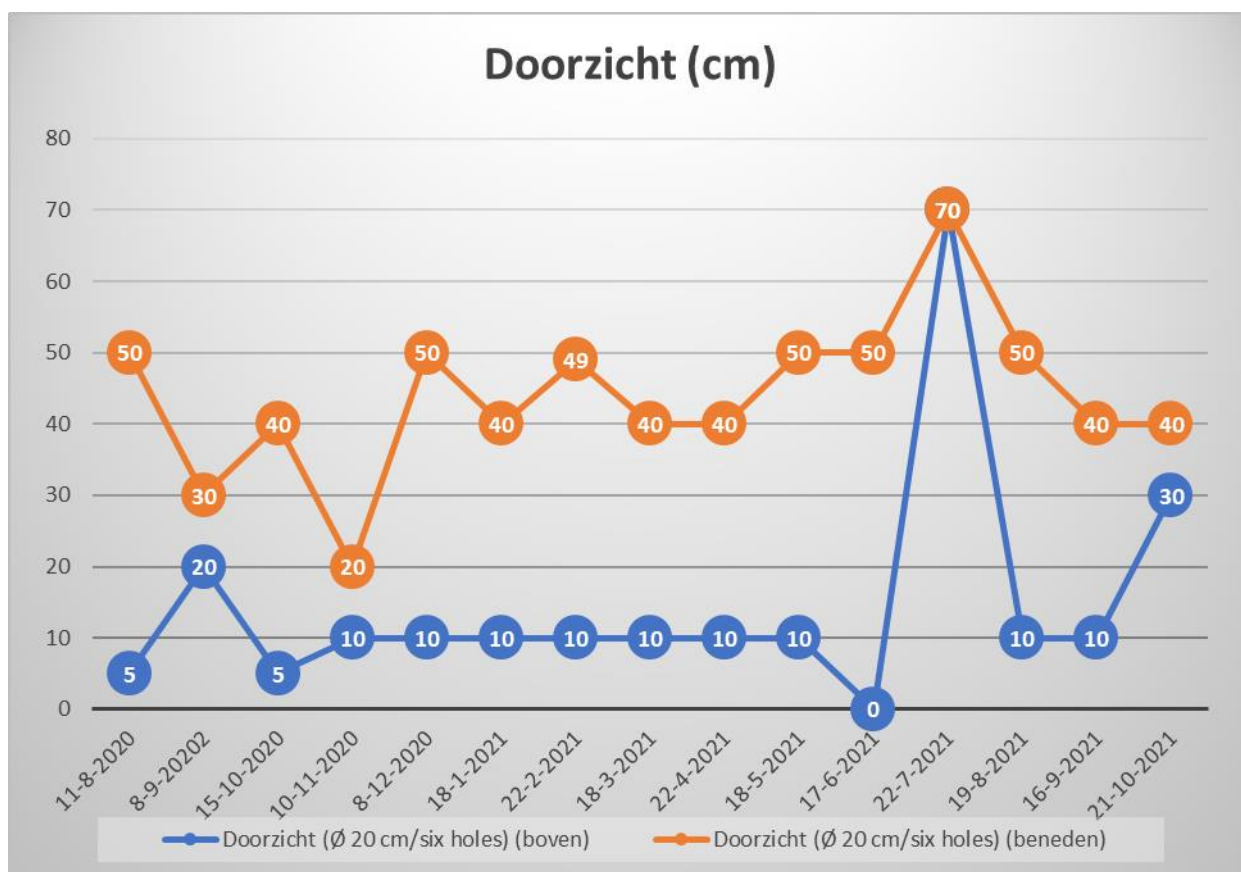
Figuur 2.15: Slootwaterpeil (bruin) en grondwaterstand (blauw) op 225 meter van de helofytensloot.

3 Onderzoeksresultaten van de bemonstering

Het waterschap heeft vanaf augustus 2020 maandelijks watermonsters genomen van het oppervlaktewater aan het begin van de sloot (bovenstrooms) en aan het eind van de sloot (benedenstrooms) en laten analyseren. De resultaten zijn weergegeven in [bijlage 3](#) en een aantal parameters zal in de volgende paragrafen worden besproken. Voor stikstof en fosfor worden de parameters besproken die een aantal parameters combineren (som ammonium- en organisch gebonden stikstof; som nitraat en nitriet; totaal fosfor). In de toekomst kan het interessant zijn om ook de overige parameters te analyseren.

3.1. Doorzicht

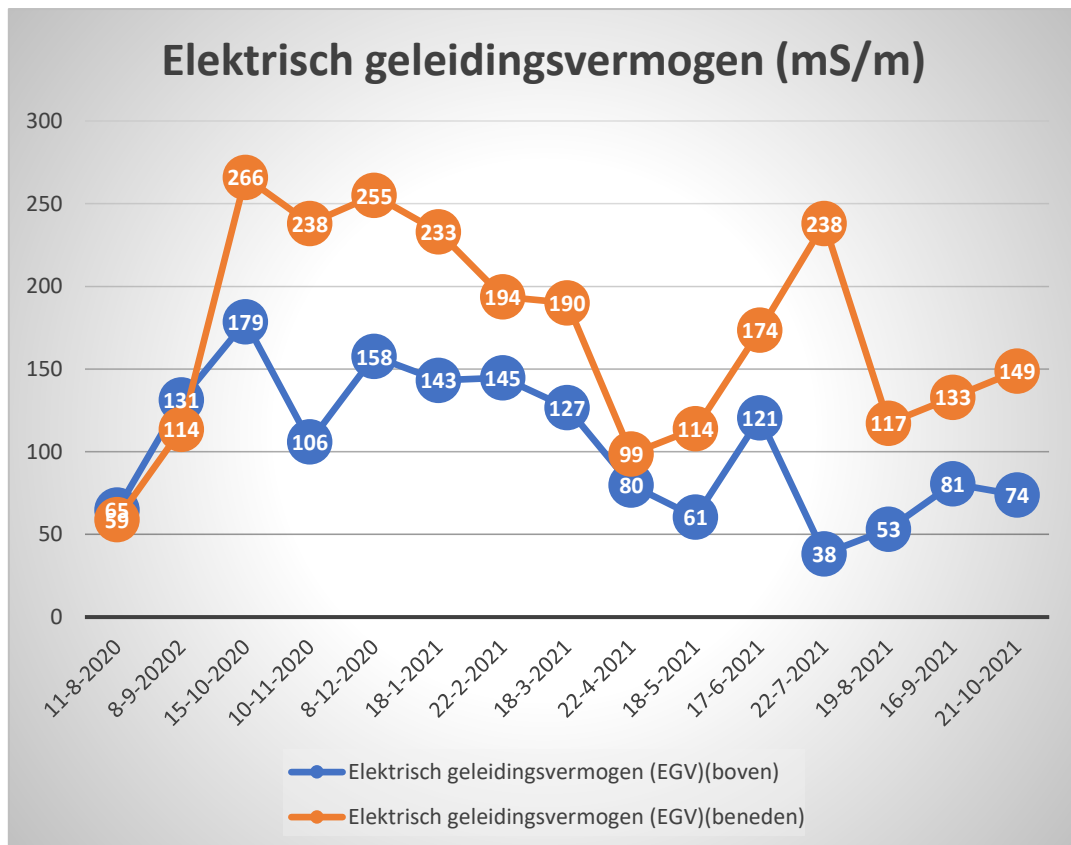
Zoals in figuur 2.14 te zien is, varieerde de waterdiepte benedenstrooms tussen 20 en 80 cm. Benedenstrooms was de bodem altijd wel te zien. In figuur 3.1 is te zien dat de doorzicht van de watermonsters benedenstrooms altijd veel beter is dan bovenstrooms. Opmerkelijk zijn de hoge uitslagen in juli. Ik vermoed dat er toen een fout is gemaakt bij de bemonstering, of de analyse. Opgemerkt moet worden dat het doorzicht nooit voldoet aan de norm van 65 cm.



Figuur 3.1: Doorzicht (in cm) bovenstrooms (blauw) en benedenstrooms (oranje).

3.2. Elektrisch geleidingsvermogen

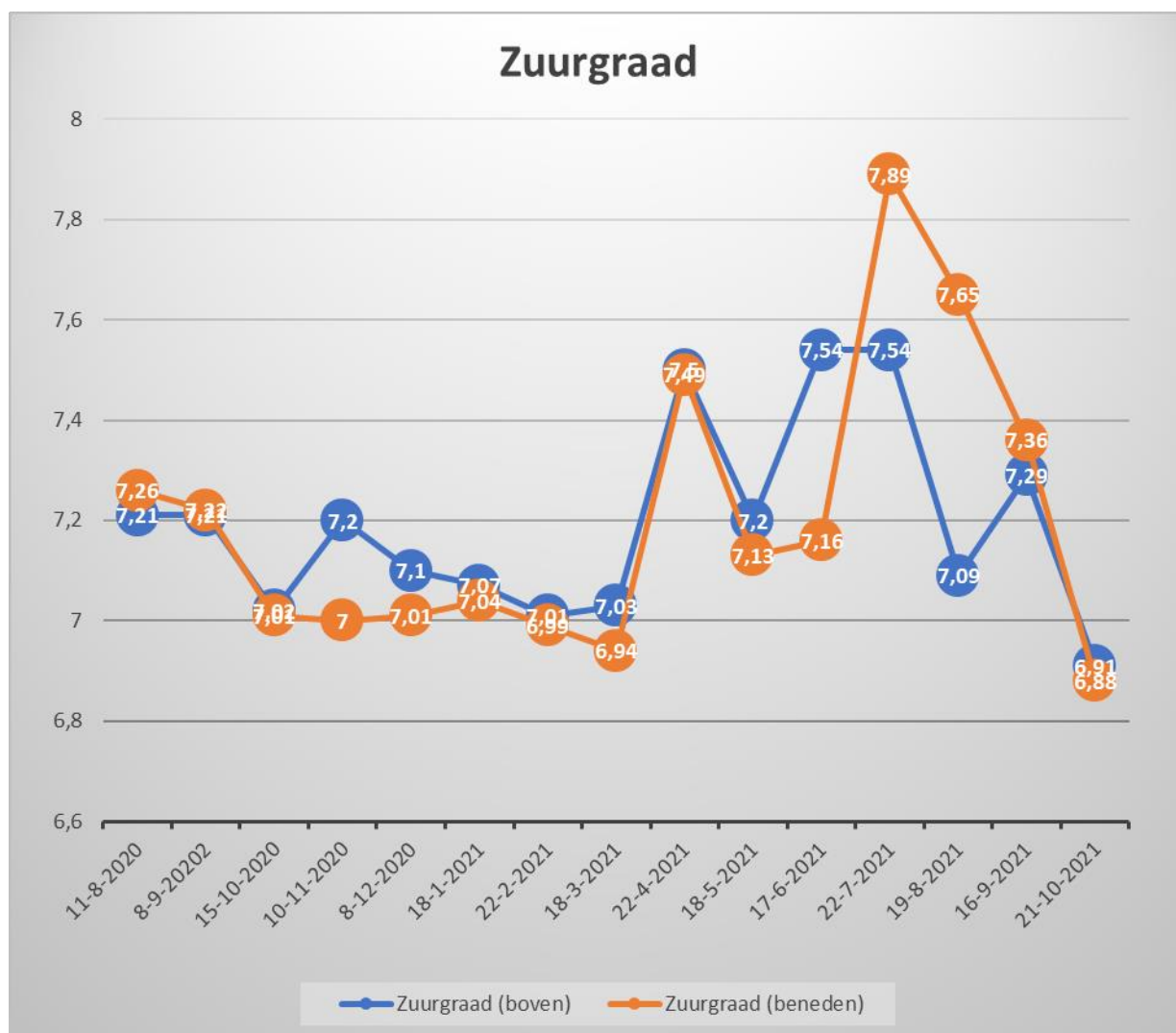
In figuur 3.2 is te zien dat het elektrisch geleidingsvermogen benedenstrooms vrijwel altijd hoger is dan bovenstrooms. Dat wordt veroorzaakt door het brakke grondwater. De waarden komen echter nergens boven de 300 mS/m wat de grens voor gebruik voor gewassen. Het resultaat is vergelijkbaar met, maar over het algemeen iets lager dan, het resultaat van de sensoren (mS/m is gelijk aan 10 μ S/cm). Opgemerkt moet worden dat de invloed van regenwater op het elektrisch geleidingsvermogen hoog is, omdat het dak van de weidestal op de sloot afwatert. Omdat de bemonstering 1 keer per maand plaatsvindt kan neerslag daar invloed op hebben gehad.



Figuur 3.2: Elektrisch geleidingsvermogen bovenstrooms (blauw) en benedenstrooms (oranje).

3.3. Zuurgraad

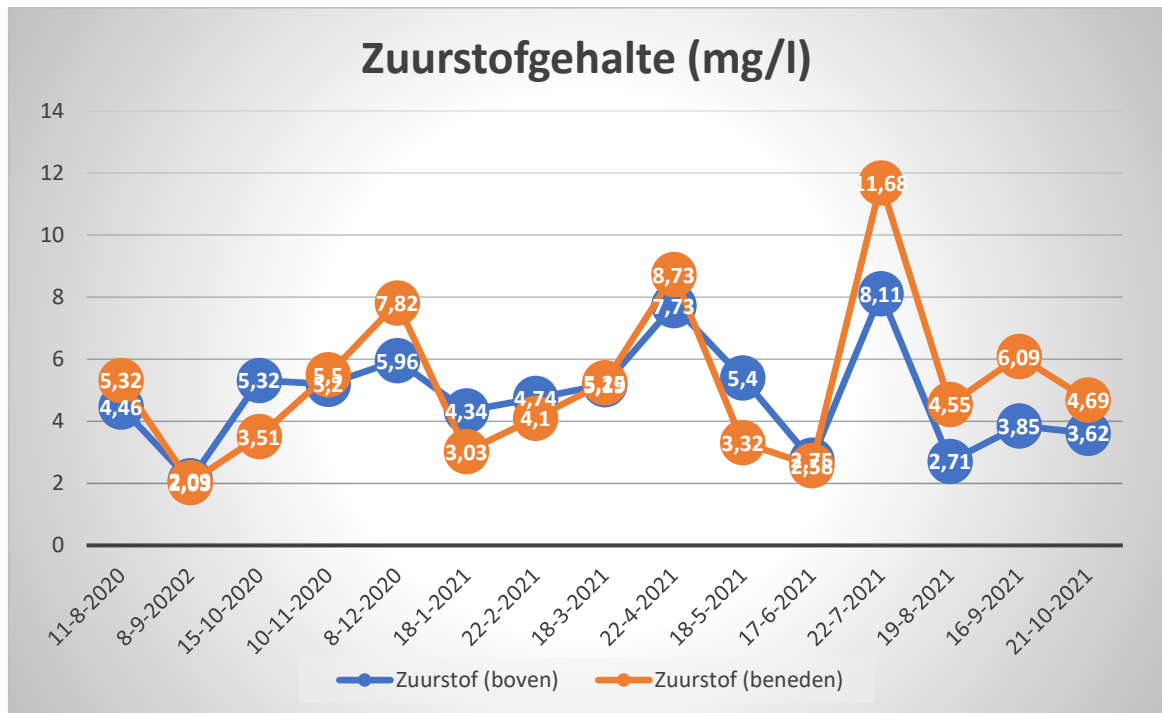
In figuur 3.3 is de variatie in de pH te zien. Er zijn weinig verschillen tussen boven- en benedenstrooms. De pieken in april en juli zijn opvallend en ook door de sensoren gesignaleerd (niet in dit rapport). Dit zou een gevolg van algenbloei kunnen zijn. Algen verbruiken, onder invloed van licht, kooldioxide. Dit verbruik laat de pH-waarde toenemen.



Figuur 3.3: Zuurgraad bovenstrooms (blauw) en benedenstrooms (oranje).

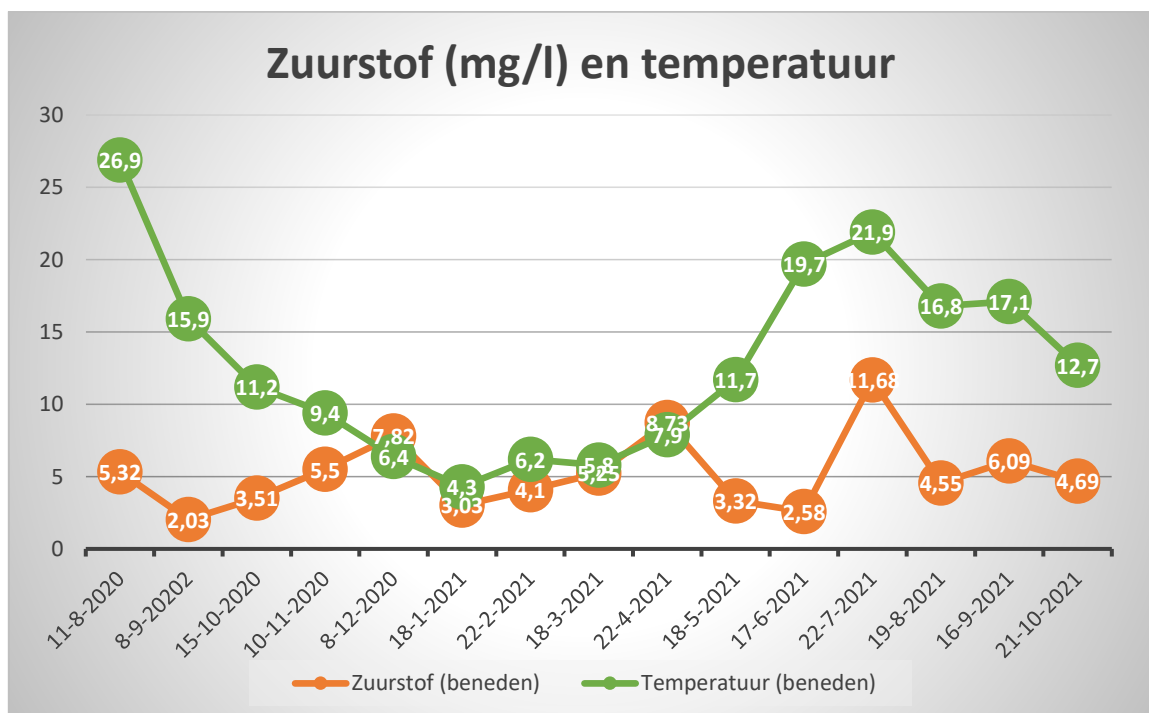
3.4. Zuurstof

In figuur 3.4 is het verloop van het zuurstofgehalte weergegeven. Er is geen duidelijk verschil tussen bovenstrooms (gemiddeld 4,8 mg/l) en benedenstrooms (gemiddeld 5,2 mg/l) te herkennen, terwijl dat bij de sensoren wel duidelijk het geval was. Verder moet geconstateerd worden dat ook benedenstrooms het gehalte bijna de helft van de tijd beneden de MTR-norm ligt.



Figuur 3.4: Zuurstofgehalten bovenstrooms (blauw) en benedenstrooms (oranje).

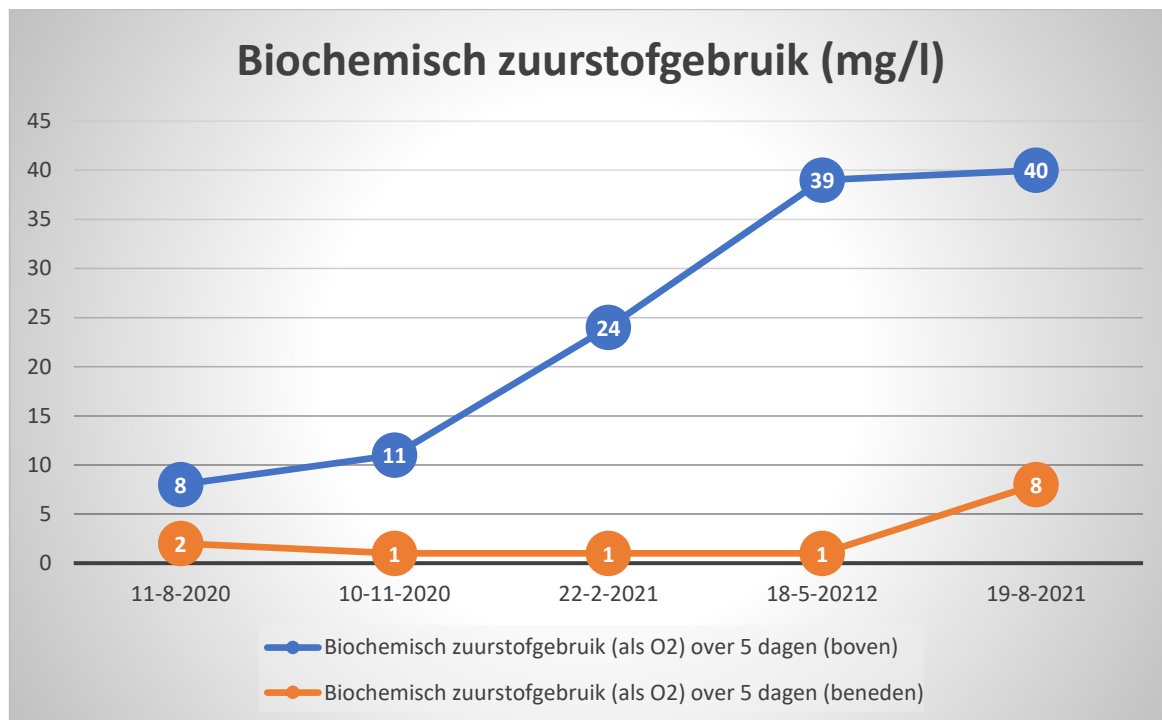
In figuur 3.5 is het zuurstofgehalte benedenstrooms afgezet tegen de temperatuur. Er is geen duidelijk verband te zien. Het zuurstofgehalte is ongeveer de hele periode constant met een uitschieter in de zomer van 2021.



Figuur 3.5: Zuurstofgehalten (oranje) en temperatuur (groen) benedenstrooms.

3.5. Biochemisch zuurstofgebruik

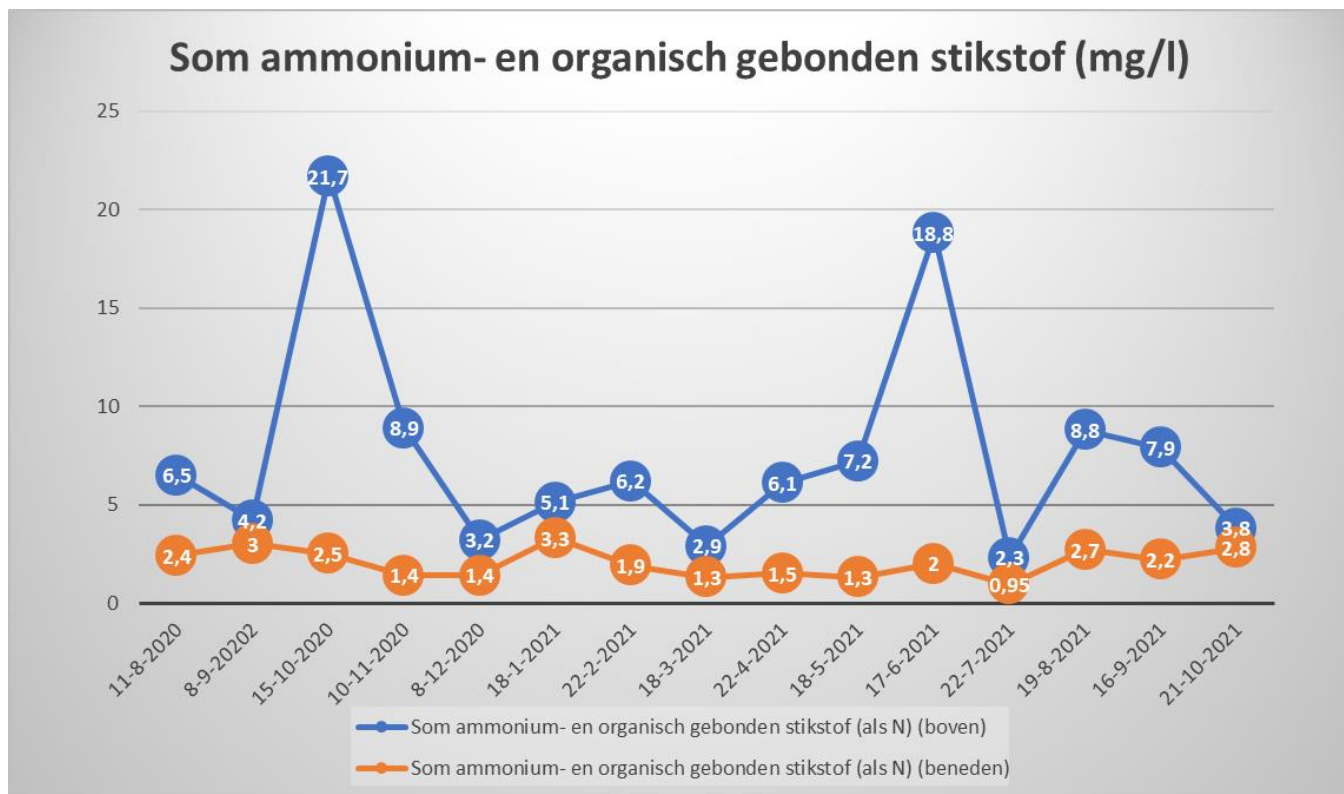
In figuur 3.6 is het verloop van het biochemisch zuurstofgebruik weergegeven. Het biochemisch zuurstofgebruik is de hoeveelheid zuurstof die nodig is voor de afbraak van organische stoffen in het water. Dit is een maat voor de vervuiling van het water. In alle 5 kwartalen is er sprake van slechte scores bovenstrooms en zeer goede scores benedenstrooms. De hogere waarde benedenstrooms in augustus zou verklaard kunnen worden door vervuiling die in mei is veroorzaakt doordat een mestbult niet ver genoeg van de sloot was gedeponeerd (zie ook paragraaf 2.1).



Figuur 3.6: Biochemisch zuurstofgebruik bovenstrooms (blauw) en benedenstrooms (oranje).

3.6. Ammonium- en organisch gebonden stikstof

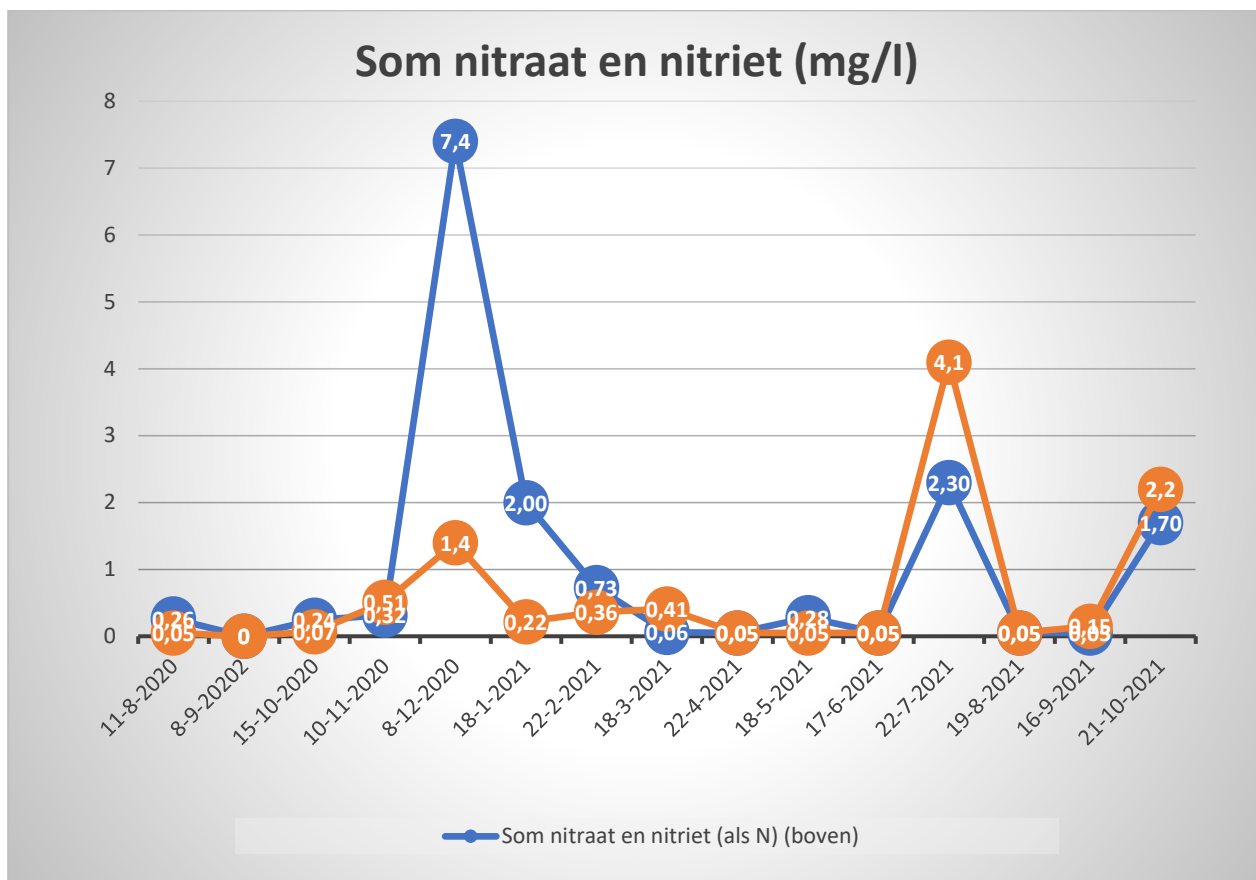
In figuur 3.7 is de som van ammonium- en organische gebonden stikstof (Kjeldahl-N) weergegeven. De gehalten bovenstrooms zijn meestal vele malen hoger dan benedenstrooms. Het waterschap hanteert voor de tochten een limiet van 2,4 mg/l. Bovenstrooms wordt hier vrijwel nooit aan voldaan, maar benedenstrooms meestal wel. De pieken bovenstrooms in oktober en juni zijn opvallend. Waarschijnlijk is dat een gevolg van neerslag en afspoeling van het erf. In oktober 2020 is er, na een droge zomer, veel neerslag gevallen en ook in juni 2021 was er sprake van enkele flinke buien.



Figuur 3.7: Som van ammonium- en organisch gebonden stikstof bovenstrooms (blauw) en benedenstrooms (oranje).

3.7. Nitraat en nitriet

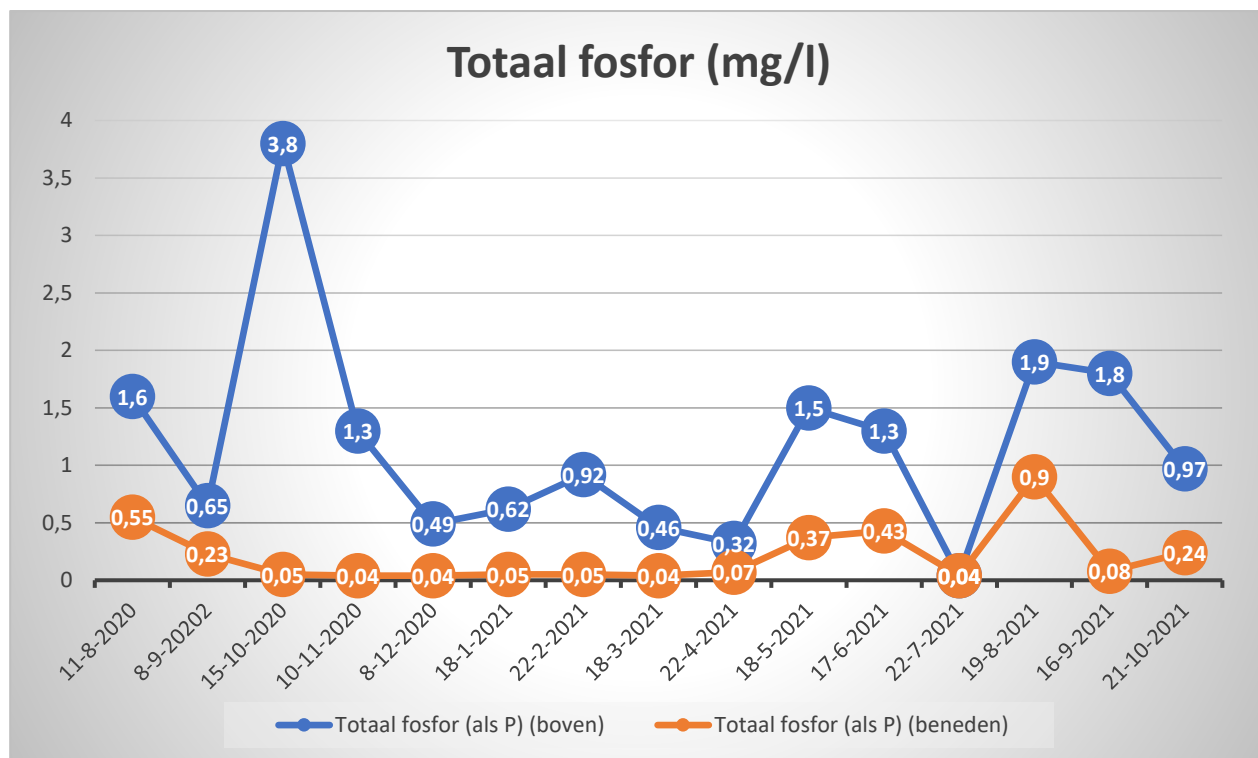
In figuur 3.8 is de som van nitraat en nitriet weergegeven, waarbij opgemerkt moet worden dat de gehalten nitriet te verwaarlozen zijn ten opzichte van de gehalten nitraat (bijlage 3). De verschillen tussen bovenstrooms en benedenstrooms zijn niet eenduidig. Vanaf juni 2021 zijn de gehalten benedenstrooms zelfs hoger dan bovenstrooms. Dit zou een gevolg kunnen zijn van de tijdelijke aanwezigheid van de mestbult. De gehalten zijn wel altijd ruim onder de norm van 50 mg/l.



Figuur 3.8: Som van nitraat en nitriet bovenstrooms (blauw) en benedenstrooms (oranje).

3.8. Fosfor

In figuur 3.9 zijn de totale fosforconcentraties weergegeven. De gehalten bovenstrooms zijn meestal vele malen hoger dan benedenstrooms. Het waterschap hanteert voor de tochten een limiet van 0,22 mg/l. Bovenstrooms wordt hier nooit aan voldaan, maar benedenstrooms wel bijna altijd. Ook hier is de piek bovenstrooms in oktober opvallend en waarschijnlijk ook veroorzaakt door neerslag. De hogere concentraties benedenstrooms, vanaf mei 2021, worden waarschijnlijk veroorzaakt door de mestbult die naast het kavelpad heeft gelegen.



Figuur 3.9: Totaal fosfor bovenstrooms (blauw) en benedenstrooms (oranje).

4 Slootonderhoud

Op 5 november is het slootpeil 35 cm en op 15 november nog eens 6 cm verlaagd om de reiniging van de sloot te vergemakkelijken. Op 17 november is de sloot gemaaid en uitgehaald (figuur 4.1). Het slootmateriaal is in eerste instantie op het kavelpad gedeponeerd (figuur 4.2) en een dag later naar de mestleufsilo getransporteerd (figuur 4.3). Eventuele dieren konden op deze manier terug naar de sloot. In de mestleufsilo kan het slootmateriaal composteren en volgend jaar weer over het grasland worden verspreid.



Figuur 4.1: Uitgehaalde sloot.



Figuur 4.2: Slootmateriaal op kavelpad.



Figuur 4.3: Slootmateriaal in mestleufsilo.

De sloot is om de volgende redenen gemaaid:

1. Voedingsstoffen, die door de helofyten zijn opgenomen, zijn in de planten opgeslagen en kunnen weer in het milieu terugkomen als de planten afsterven. Vorige winter stierven de lisdodden wel af, maar het mannagras bleef wel doorgroeien. Om te voorkomen dat de voedingsstoffen weer in het water terecht komen, moeten ze zo nu en dan afgevoerd worden.
2. De zuiveringsresultaten van de sloot blijven nog steeds achter bij de resultaten van vorige winter. Dat zou te maken kunnen hebben met de vervuiling die door de mestbult is veroorzaakt. Door de sloot uit te halen zou de sloot een soort reset kunnen ondergaan. De verwachting is dat na een nieuwe start de resultaten weer beter zullen worden.
3. Het is nog steeds niet duidelijk waar de drains precies zitten. Door de sloot te reinigen en het slootpeil tijdelijk te verlagen, kunnen de drains getraceerd worden en met oranje eindbuizen zichtbaar gemaakt worden.
4. Door de sloot te maaien, kan het effect van de helofyten zichtbaar gemaakt worden. In eerste instantie doordat er nu geen helofyten zijn en in tweede instantie als ze in het voorjaar weer opkomen.

Een nadeel van slootreiniging in het najaar is dat het een geruime tijd duurt voordat de vegetatie zich herstelt. Daardoor duurt het ook langer voordat het zuiveringseffect weer zichtbaar wordt. Dit gaat onderzocht worden. Bijvoorbeeld kan al wel gesteld worden dat het beter is om de sloot in het voorjaar te reinigen, omdat er dan kortere tijd geen zuiverende vegetatie is.

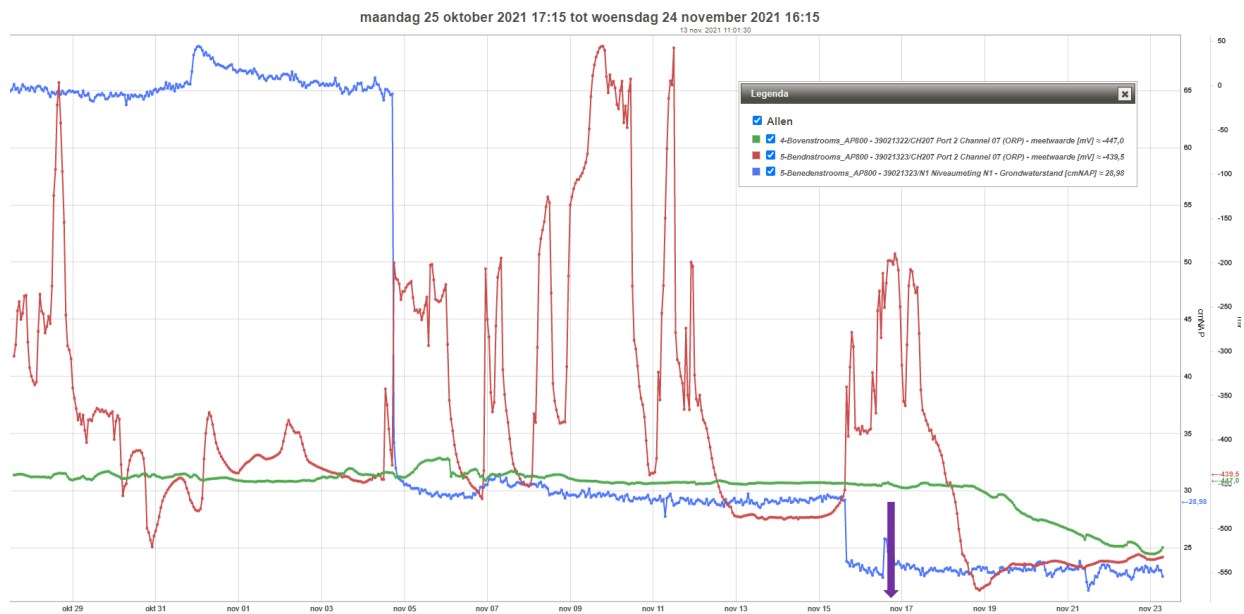
Een nadeel van het deponeren van het slootmateriaal op het kavelpad was dat er nu extra handelingen nodig waren om het slootmateriaal te verwijderen. Eerst moest het bijeen gehaald worden, toen in de keeper en vervolgens naar de mestopslag worden getransporteerd. Het zou handiger zijn geweest om het slootmateriaal meteen in de keeper te deponeren. De dieren hadden dan minder kans om terug te keren naar de sloot, maar dat is ook nog mogelijk vanuit de mestopslag.

De zuiveringsresultaten zijn in figuur 4.4 te zien. Het volgende kan geconcludeerd worden:

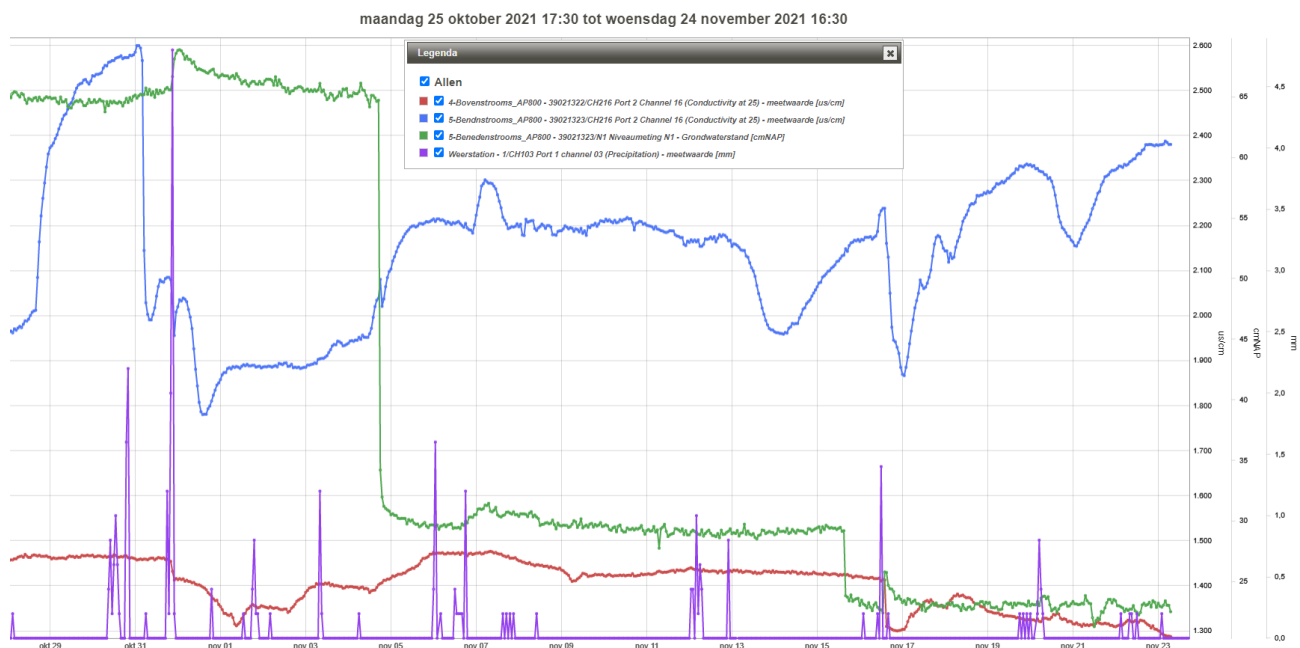
- De twee peilverlagingen veroorzaakten sterke schommelingen van de redoxpotential benedenstrooms. Het water lijkt tijdelijk schoner te worden (doorspoeleffect).
- Na de slootreiniging is er geen reinigingseffect meer te zien. De redoxpotential is benedenstrooms zelfs lager dan bovenstrooms. De verwijdering van de helofyten heeft blijkbaar tot gevolg dat de sloot niet meer reinigt. Andersom kan dus geredeneerd worden dat helofyten een reinigende werking hebben.

In figuur 4.5 zijn het elektrisch geleidingsvermogen boven- en benedenstrooms, de peilverlagingen en de neerslag weergegeven. Het volgende kan geconstateerd worden:

- De peilverlagingen hebben weinig effect op het elektrisch geleidingsvermogen.
- Na de slootreiniging op 17 november lijkt het elektrisch geleidingsvermogen wel heftiger op neerslag te reageren. Door de snellere doorstroming heeft het regenwater blijkbaar meer effect op het geleidingsvermogen.



Figuur 4.4: Redoxpotentialaal bovenstrooms (groen) en benedenstrooms (rood), voor en na peilverlagingen (blauw) en slootreiniging (paarse pijl).



Figuur 4.5: Geleidingsvermogen bovenstrooms (rood) en benedenstrooms (blauw), voor en na peilverlagingen (groen), neerslag (paars) en slootreiniging op 17 november.

5 Conclusies

Op basis van de onderzoeksresultaten van de sensoren en de monsterresultaten van het waterschap kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. De redoxpotentiaal is benedenstrooms bijna altijd hoger dan bovenstrooms. Omdat de redoxpotentiaal iets over de waterkwaliteit zegt, kan gesteld worden dat het water benedenstrooms vrijwel altijd schoner is dan bovenstrooms.
2. Tot het mestincident in mei 2021 was het zuurstofgehalte benedenstrooms regelmatig hoger dan de norm van 5 mg/l, terwijl het bovenstrooms altijd 0 mg/l is. De waterschapsmonsters laten minder verschil tussen bovenstrooms en benedenstrooms zien. Het mesteffect is wel enigszins zichtbaar.
3. De geleidbaarheid is bovenstrooms altijd lager dan benedenstrooms. Brak grondwater vermengt zich met het slootwater. De gehalten blijven echter onder de normen voor beregeningswater. Hetzelfde effect is bij de waterschapsmonsters te constateren.
4. Er is nog geen effect geconstateerd van het waterpeil in de sloot op de grondwaterstand in het perceel. Dit kan verklaard worden doordat de drains verstopt zijn, waardoor er onvoldoende infiltratie kan optreden.
5. Het biochemisch zuurstofgebruik ligt bovenstrooms veel hoger dan benedenstrooms. Na het mestincident is er benedenstrooms wel een toename geconstateerd.
6. De stikstofgehalten liggen bovenstrooms vaak vele malen hoger dan benedenstrooms. Bovenstrooms voldoet de waterkwaliteit nooit aan de norm, maar benedenstrooms meestal wel. Bij nitraat liggen, na het mestincident, de gehalten benedenstrooms juist hoger.
7. De fosforgehalten liggen bovenstrooms altijd vele malen hoger dan benedenstrooms. Bovenstrooms voldoet de waterkwaliteit nooit aan de norm, maar benedenstrooms meestal wel.
8. Door het verwijderen van de beplanting uit de sloot is het reinigend effect vrijwel nihil.

Samenvattend kan gesteld worden dat de helofytensloot een sterk zuiverend effect op het slootwater heeft. Er zijn echter grenzen aan de zuiverende werking.

6 Publiciteit

Het afgelopen jaar is de publiciteit rondom de helofytensoot minder geweest dan in 2020, maar er zijn wel veel bijeenkomsten geweest waar het concept is gepresenteerd. Het was meer een jaar van ervaring op doen en gegevens verzamelen. Het komende jaar kan naar buiten getreden worden met de resultaten. Het is onder andere de bedoeling om in vaktijdschriften te publiceren. Het valt wel op dat het bij de velerlei contacten en presentaties veel belangstelling oproept.

Bij de volgende gelegenheden is de helofytensoot gepresenteerd:

- Het hele jaar: Honderden tweedejaarsstudenten van de opleidingen veehouderij en akkerbouw krijgen het onderwerp in hun lessen over waterbeheer.
- Eerste helft van het jaar: Twaalf vierdejaarsstudenten hebben het onderwerp ruimschoots gepresenteerd gekregen in de minor agrarisch water beheer.
- Juni: Open dag van het deltaplan agrarisch waterbeheer (40 deelnemers)
- Juni: Online presentatie voor medewerkers van het kadaster.
- September: Personeel Aeres heeft tijdens de stafdag kennis kunnen nemen van de helofytensoot.
- November: Twintig bodemkundedocenten Aeres hbo.
- November: Dertig veehouderijdocenten uit het mbo.
- November: Derdejaarsstudenten van de opleiding Tuin- en Akkerbouw.

Er is ook een informatiebord bij de sloot geplaatst (figuur 6.1). Op het bord staat een QR-code die [linkt](#) naar een website waar steeds nieuwe informatie op gezet kan worden.



Figuur 6.1: Informatiebord bij helofytensoot.

7 Toekomstplannen

De volgende concrete zaken zijn relevant voor het vervolgonderzoek naar de helofytensloot:

- In december worden de resultaten van het onderzoek van studenten van Aeres Hogeschool Almere naar de microfauna in de sloot gepresenteerd.
- Er is inmiddels een vergunning voor het plaatsen van een overstortput op de duiker in een andere sloot van Aeres farms (figuur 7.1). Het is de bedoeling dat er met deze sloot infiltratieproeven gedaan kunnen worden. Later, als er middelen voor beschikbaar komen, worden er ook sensoren geplaatst om de waterkwaliteit te kunnen monitoren.
- Vier derdejaarsstudenten gaan het ontwateringssysteem van Aeres farms in kaart brengen. Drains worden opgespoord, gemarkeerd en gedigitaliseerd. Vervolgens zullen peilbuizen en bodemvochtsensoren worden geplaatst om de invloed van de helofytensloot en de overstortput te monitoren. Ook zullen verschillende irrigatiesystemen worden geanalyseerd.
- Parallel aan dit project wordt het project van Broos Water uitgevoerd waarin onderzoek wordt gedaan naar de mogelijkheden van het inzetten van sensoren in afspoeling vanuit voeropslagsilo's. Ook dit onderzoek levert interessante resultaten op.
- 20 december wordt bekend of de subsidie voor een groot onderzoeksproject wordt toegekend. Als dat het geval is, zal 5 jaar intensief onderzoek mogelijk worden.



Figuur 7.1: Plaats van de overstortput (gele trapezoïde).

Voor het komende cursusjaar is er een stagiair beschikbaar voor onderzoek. Er wordt aan de volgende activiteiten gedacht die door hem uitgevoerd zouden kunnen worden:

1. Systeem van bodemvochtsensoren opzetten. Welke bodemvochtsensoren, waar, hoe de resultaten inlezen. De huidige stagiair (Leon Dam) heeft daar vooronderzoek naar gedaan. De reden waarom we dit willen is om de invloed van verschillende watersystemen, waaronder de helofytensloot, op de waterhuishouding te kunnen volgen.
2. Onderzoeksresultaten analyseren.
3. Inrichting van verschillende irrigatiesystemen op de onderwijsleerkavel. Met name een druppelirrigatieproef moet opgezet gaan worden.
4. Allerlei onderzoeken met andere projecten.

Bijlage 1: Sensoren

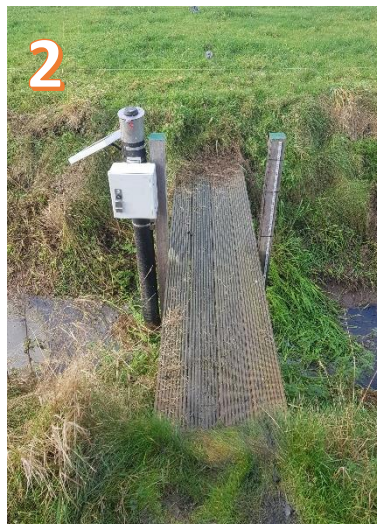
Item	Name	Naam	Eenheid	Opmerkingen
201	Temperature	Temperatuur	Celcius	Actief
202	Dissolved oxygen	Opgeloste zuurstof	mg/l	Actief, maar vaak 0
203	Oxygen saturation	Zuurstof verzadiging	%	Actief, maar identiek aan 202
204	Conductivity	Geleidbaarheid	micros/cm	Actief
205	pH	pH		Actief
206	pH	pH	Milivolts	Actief, en het tegenovergestelde van 205
207	Oxidation Reduction Potential (ORP)	Redoxpotentiaal	Milivolts	Actief
208	Pressure	Druk		Niet actief, wel bij weerstation
209	Turbidity	Troebelheid	NTU	Actief, maar soms rare uitslagen
216	Conductivity at 25	Geleidbaarheid	micros/cm	Omgerekend naar 25 graden
217	Conductivity at 20	Geleidbaarheid	micros/cm	Omgerekend naar 20 graden
218	Restivity	Weerstandsvormogen	Ohm	Actief
219	Salinity	Zoutgehalte	mg/l	Actief
220	Seawater Specific Gravity	Soortelijk gewicht zeewater		Berekend
221	Total Dissolved Solids (TDS)	Hoeveelheid opgeloste stoffen	mg/l	Actief, maar identiek aan 219
301	Pressure	Druk	cmH2O	Actief
302	Modem temperature	Modemtemperatuur		Actief

Bijlage 2: Plaats van de sensoren



Toelichting:

1. Weerstation
2. Sensor (Aquaread) bovenstrooms
3. TD-Diver en sensor (Aquaread) benedenstrooms
4. TD-Diver op 75 meter van de helofytensloot
5. TD-Diver en peilbuis op 225 meter van de helofytensloot



Bijlage 3: Resultaten bemonstering

Parameter	11-8-2020	8-9-2020	15-10-2020	10-11-2020	8-12-2020	18-1-2021	22-2-2021	18-3-2021	22-4-2021	18-5-2021	17-6-2021	22-7-2021	19-8-2021	16-9-2021	21-10-2021	Eenhed
Doorzicht (Ø 20 cm / six holes) (boven)	5	20	5	10	10	10	10	10	10	10	0	70	10	10	30	cm
Doorzicht (Ø 20 cm / six holes) (beneden)	50	30	40	20	50	40	49	40	40	50	50	70	50	40	40	cm
Elektrisch geleidingsvermogen (EGV)(boven)	65	131	179	106	158	143	145	127	80	61	121	38	53	81	74	mS/m
Elektrisch geleidingsvermogen (EGV)(beneden)	59	114	266	238	255	233	194	190	99	114	174	238	117	133	149	mS/m
Zuurgraad (boven)	7,21	7,21	7,02	7,2	7,1	7,07	7,01	6,99	7,49	7,13	7,16	7,89	7,65	7,36	6,91	
Zuurgraad (beneden)	7,26	7,22	7,01	7	7,01	7,04	6,99	6,94	7,49	7,13	7,16	7,89	7,65	7,36	6,88	
Zuurstof (boven)	4,46	2,09	5,32	5,2	5,96	4,34	4,74	5,19	7,73	5,4	2,75	8,11	2,71	3,85	3,62	mg/l
Zuurstof (beneden)	5,32	2,03	3,51	5,5	7,82	3,03	4,1	5,25	8,73	3,32	2,58	11,68	4,55	6,09	4,69	mg/l
Zuurstof (boven)	54,5	21	48,2	46	48	34	38,6	40,8	64,4	26,4	30,4	91,3	28,1	40,3	34,6	%
Zuurstof (beneden)	66	20	31,2	46	63,1	23	32,6	40,8	71,7	31	27,9	131,8	46,6	64,9	44,2	%
Temperatuur (boven)	25,1	17,1	11,6	10,7	6,9	4,9	6,8	6,6	8,4	11,9	19,1	21,6	17,3	17,7	12,6	C
Temperatuur (beneden)	26,9	15,9	11,2	9,4	6,4	4,3	6,2	5,8	7,9	11,7	19,7	21,9	16,8	17,1	12,7	C
Kleur (boven)	170	170	170	10	90	130	170	40	100	80	170	20	100	1	20	
Kleur (beneden)	40	100	100	90	100	100	100	100	100	80	60	80	100	50	100	
Biochemisch zuurstofgebruik (als O2) over 5 dagen (boven)	8			11			24			39			40			mg/l
Biochemisch zuurstofgebruik (als O2) over 5 dagen (beneden)	2			<1			<1			1			8			mg/l
Chloride (boven)	68	130	120	82	100	81	82	63	68	33	85	980	27	50	33	mg/l
Chloride (beneden)	48	120	290	240	280	210	160	150	86	71	120	440	71	630	81	mg/l
Sulfaat (boven)	41	140	300	62	240	200	200	190	60	38	48	130	21	43	70	mg/l
Sulfaat (beneden)	8,2	120	720	600	860	580	460	450	130	160	330	240	150	180	280	mg/l
Som ammonium- en organisch gebonden stikstof (als N) (boven)	6,5	4,2	21,7	8,9	3,2	5,1	6,2	2,9	6,1	7,2	18,8	2,3	8,8	7,9	3,8	mg/l
Som ammonium- en organisch gebonden suikstof (als N) (beneden)	2,4	3	2,5	1,4	1,4	3,3	1,9	1,3	1,5	1,3	2	0,95	2,7	2,2	2,8	mg/l
Ammonium (als N) (boven)	2,5	3,2	6,8	6,7	0,96	3,3	3,7	1,5	4,5	3,5	15,1	1,4	4,7	5,2	1,1	mg/l
Ammonium (als N) (beneden)	0,14	1,8	0,91	0,31	0,13	2,1	0,84	0,31	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,82	0,79	mg/l
Nitriet (als N) (boven)	0,07	< 0,02	< 0,02	0,04	0,22	0,12	0,05	0,03	0,02	0,05	0,02	0,33	0,02	0,02	0,12	mg/l
Nitriet (als N) (beneden)	0,02	< 0,02	0,03	0,11	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,1	0,02	0,03	0,11	mg/l
Som nitraat en nitriet (als N) (boven)	0,26	< 0,05	0,24	0,32	7,4	2,00	0,73	0,06	0,05	0,28	0,05	2,30	0,05	0,05	1,70	mg/l
Som nitraat en nitriet (als N) (beneden)	0,05	< 0,05	0,07	0,51	1,4	0,22	0,36	0,41	0,05	0,05	0,05	4,1	0,05	0,15	2,2	mg/l
Nitraat (als N) (boven)	0,19	0,05	0,23	0,27	7,2	1,87	0,68	0,05	0,05	0,23	0,05	2	0,05	0,05	1,6	mg/l
Nitraat (als N) (beneden)	0,05	0,05	0,05	0,4	1,36	0,19	0,33	0,39	0,05	0,05	0,05	4	0,05	0,12	2,1	mg/l
Orthofosfaat (als P) (boven)	0,11	0,52	0,93	0,97	0,06	0,13	0,28	0,24	0,15	0,7	0,96	0,01	1,1	1,4	0,31	mg/l
Orthofosfaat (als P) (beneden)	0,33	0,09	0,02	0,02	0,01	< 0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,14	0,01	0,61	0,01	0,08	mg/l
Totaal fosfor (als P) (boven)	1,6	0,65	3,8	1,3	0,49	0,62	0,92	0,46	0,32	1,5	1,3	0,04	1,9	1,8	0,97	mg/l
Totaal fosfor (als P) (beneden)	0,55	0,23	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,07	0,37	0,43	0,04	0,9	0,08	0,24	mg/l

Rood: boven de norm
Groen: onder de norm

© Copyright 2016, Stichting Aeres Groep. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, en/of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Aeres.



Postbus 374, 8250 AJ Dronten
De Drieslag 4, 8251 JZ Dronten
088 020 6000
www.areshogeschool.nl/dronten
info.hogeschool.dronten@aeres.nl