

Eindrapport

Zand, Water en Toekomst

Een nieuwe visie op de Amstelveense Poel

—

Opdrachtgever: Damoiseaux, Marie Janke van het Rijkswaterstaat (RWS)

Door: Jay Amahorseya, Amine Azzouz, Safa Isik en Laura de Niet



Informatie

Auteur

[Safa Isik](#), klas 6V1, teamleider

[Laura de Niet](#), klas 6V1

[Amine Azzouz](#), klas 6V2

[Jay Amahorseya](#), klas 6V1

Groepswebsite: <https://oo-meesterproef2.webnode.nl/>

Docenten

Petter, H. (Henk), Docent O&O

lhpetter@calandlyceum.nl

Schaad, X.M. (Xaripha), docent O&O en natuurkunde

xschaad@calandlyceum.nl

Opdrachtgever

RWS,

Damoiseaux, Marie Janke

mariejanke.damoiseaux@rws.nl

Expert

Gemeente Amstelveen,

Riechelman, Carl

c.riechelman@amstelveen.nl

Data

Dit project loopt van 1 september 2024 tot en met 4 april 2025. Het definitieve verslag wordt 14 maart 2025 ingeleverd.

Voorwoord

In ons zesde en laatste jaar O&O werken we aan één project: de meesterproef. Dit project loopt van september tot maart, in samenwerking met een opdrachtgever en het bijbehorende bedrijf. Toen er binnen de groep werd gesproken over een mogelijke opdrachtgever voor dit project kwamen we uit bij Marie Janke Damoiseaux van RWS, vanwege ons eerdere contact met het bedrijf.

Samenvatting

Rijkswaterstaat heeft besloten om de rijstroken van de A9 te verbreden van 2x3 naar 2x4. Daarvoor moet er grond ontgraven worden bij de snelweg. Tijdens dit proces komt er veel zand en klei vrij en er is gekeken hoe deze grondstoffen gerecycled kunnen worden. Uiteindelijk kwam het idee dat ze gebruikt kunnen worden voor het verbeteren van de waterkwaliteit van de Amstelveense Poel.



Figuur 1: Luchtfoto van de verbreding vande A9 (Duncker, 2022)

De Amstelveense Poel kent veel belanghebbenden. Zo wil de gemeente ten behoeve van recreatie de zwemwaterkwaliteit verbeteren door middel van baggeren en wil het Amsterdamse Bos dat er rekening wordt gehouden met de natuur in en rondom de Grote Poel. Na een gesprek met de opdrachtgeefster zijn we tot de volgende hoofdvraag gekomen: *Welke methoden kunnen worden toegepast om de constructie rondom de afdamming en landschapsaanpassingen van de Poel te optimaliseren om zowel praktische als recreatieve doelen te bereiken?*

Om de hoofdvraag te beantwoorden hebben we literatuuronderzoek gedaan en een experiment waarbij we keken in hoeverre de landschap en omgeving invloed hadden op de waterkwaliteit. Dit experiment is te vinden in de bijlagen.

In het literatuuronderzoek is gekeken naar wat voor effect de zandlaag heeft op de waterkwaliteit. Hieruit is gebleken dat een zandondergrond veel minder nutriënten vasthoudt die eutrofiëring veroorzaken en zo helpt bij het verbeteren van de waterkwaliteit. Vervolgens is gekeken hoe voorkomen kan worden dat deze zandlaag wegspoelt. Er zijn diverse technieken onderzocht en beschreven, zoals natuurlijke begroeiing, aanleg geotextiel en breuksteen barrières. Daarnaast hebben we gekeken naar de mogelijkheid om drijvende eilanden te realiseren in de Amstelveense Poel. Uit diverse onderzoeken is namelijk gebleken dat drijvende eilanden met vegetatie gunstig effect hebben op de waterkwaliteit en positief effect heeft op de biodiversiteit en recreatieve waarde. Naast het verbeteren van de waterkwaliteit hebben we ook gekeken naar extra maatregelen die goed zijn voor de natuur en de recreatie in de Amstelveense Poel. De aanleg van een vlonder pad en drijvende eilanden kan niet alleen helpen bij een schoner ecosysteem, maar ook het gebied aantrekkelijker maken voor bezoekers. Als laatst is ook onderzocht in hoeverre de waterkwaliteit verbeterd moest worden om de Amstelveense Poel te verbeteren tot zwemwaterniveau. Hier konden we concluderen dat bij het beheeren van factoren zoals de pH-graad en fosfaatgehaltes, de Amstelveense Poel gereed kunnen maken om in te kunnen zwemmen. Door al deze inzichten samen te brengen, laat dit onderzoek zien welke oplossingen kunnen helpen om de Amstelveense Poel zowel ecologisch als recreatief te verbeteren.

Inhoudsopgave

Informatie	1
Voorwoord	2
Samenvatting	3
Inhoudsopgave	4
§1. Inleiding	6
§1.1 Opdracht	6
§1.2 Hypothese	7
§1.3 Opdrachtgever	9
§1.4 Amstelveen Inzicht	9
§1.5 Expert	10
2. Theoretische kader	11
§2.1 Oriënterend literatuuronderzoek	11
§2.1.1 Welke soorten drijvende eilanden bestaan er al?	11
§2.1.2 Welke damsystemen zijn er en welke elementen kunnen we toepassen voor de Amstelveense Poel?	13
§2.1.3 Wat voor invloed heeft algenbloei op waterlichamen?	16
§2.1.4 Welke chemische en biologische factoren bepalen goede waterkwaliteit?	18
§2.1.5 Wat voor invloed heeft algenbloei op waterlichamen?	22
§2.2.6 In hoeverre hebben abiotische factoren invloed op waterlichamen?	23
§2.2.7 Wat zijn verschillende technieken die gebruikt worden om algengroei tegen te gaan in meren?	26
§2.2 Verdiepend Literatuuronderzoek	32
§2.2.1 Hoe zal het water van de Amstelveense Poel reageren als we daar een pakket zand op aanbrengen?	32
§2.2.2 Met welke constructie kan de noordzijde van de Amstelveense Poel worden afgedamd zodat het zand niet wegspoelt?	35
§2.2.3 Welke diepte en kwaliteit van water is nodig om te kunnen zwemmen in de Amstelveense Poel?	38
§2.2.4 Op welke manier kan een vlonder pad worden ontworpen in de Amstelveense Poel met een loop- en fietspad bovenop?	40
§2.2.5 Welke ecologische en technische aspecten zijn essentieel voor het creëren van drijvende eilanden voor in de Amstelveense Poel om een natuurlijke uitstraling te behouden?	43
§2.2.6 Wat zijn de huidige natuurwaardes van de Amstelveense Poel en wat zijn de gewenste natuurwaardes van het Amsterdamse bos?	47
Conclusie	58
Discussie	59

Aanbevelingen	59
Literatuurlijst	61
Bijlagen	72
Experiment	72
Hoofdvraag	72
Doel	72
Vooronderzoek	72
De Sloterplas en de Nieuwe Meer	72
Spectrofotometrie	73
Reactievergelijkingen.....	73
Nitraat experiment	74
Materialenlijst.....	74
Stappenplan.....	76
Fosfaat experiment.....	79
Materialenlijst.....	79
Stappenplan.....	79
Resultaten.....	82
Nitraat experiment	82
Fosfaat experiment.....	84
Pasco resultaten	86
PASCO-software Nitraatmetingen voor ijkreeks.....	88
PASCO-software Fosfaatmetingen ijkreeks	95

\$1. Inleiding

U kent het vast wel, die rijenlange files die maar niet lijken op te houden. Op de A9 in Amstelveen is dit vaak het geval. In dit project werken we daarom samen met Marie Janke Damoiseaux om dit probleem tegen te gaan. Zij werkt voor RWS en samen met Amstelveen Inzicht, een initiatief van de Rijkswaterstaat en de Gemeente Amstelveen, die verantwoordelijk is voor het vernieuwen van deze snelweg.

De A9 werd geopend in 1969 toen er gemiddeld nog maar 56.500 auto's reden op de weg, maar inmiddels is voorspeld dat dit aantal zal oplopen tot bijna 160.000 voertuigen in 2030. De snelweg moest daarom snel uitgebreid worden, zodat mensen in de toekomst vlot en soepel heen en weer kunnen rijden. De uitbreiding van de A9 is om deze reden al officieel begonnen in 2020. Het RWS beweert dat de verbouwing klaar is in 2027.

Deze oplossing leidt echter weer tot een probleem: grond dat vrijkomt bij het graven moet ergens heen. Er wordt onderzocht hoe deze grond kan worden hergebruikt. Een van de mogelijkheden is om het vrijgekomen zand te gebruiken om de waterkwaliteit van de Amstelveense Poel te verbeteren.

\$1.1 Opdracht

Rijkswaterstaat houdt zich momenteel bezig met het verbreden van de A9, deze gaat van 2x3 naar 2x4 rijstroken. Over de afstand van 1,6 km wordt de weg verdiept aangelegd. Er komt hierbij veel zand, klei en veen vrij. Hiervoor wordt gezocht naar een bestemming. Een mogelijkheid is naar de Amstelveense Poel, een waterpartij iets ten westen van het Oude dorp Amstelveen. Het is een gebied met veel Stakeholders onder wie, de gemeente Amstelveen.

Er is vanuit de gemeente Amstelveen een ambitie ontstaan om de recreatieve functies van de Amstelveense Poel te verbeteren. Een van die ambities is om de Amstelveense Poel geschikt te maken om in te zwemmen. Dit brengt een aantal eisen met zich mee. Ten eerste zou het water in de Amstelveense Poel moeten voldoen aan de eisen over de kwaliteit van zwemwater. De vraag is of het zand hierbij een rol kan spelen. Dit zou bijvoorbeeld kunnen door het gebruik van zand om de bodem van De Amstelveense Poel af te dekken, waardoor voedingsstoffen worden afgedekt. Dit zou de groei van algen kunnen verminderen en de waterkwaliteit verbeteren.

Nu is er wel al een watersysteemanalyse gemaakt voor de Amstelveense Poel en is er bij de Nieuwe Meer een defosfatering installatie geplaatst, om een toename aan fosfaat vanaf die kant te voorkomen. Ook zijn er al onderzoeken uitgevoerd naar o.a. zandkwaliteit, waterkwaliteit en wat er gaat gebeuren met de soort grond van de Amstelveense Poel als er eenmaal zand op wordt aangebracht.

Daarnaast zou het aanleggen van dit recreatiegebied in overeenkomst moeten zijn met de andere stakeholders, zoals het Amsterdamse bos. Zij willen de natuurwaarden van de oeverlanden aan de zuid- en westzijde van de Amstelveense Poel behouden en dus geen schade of grote storingen in de natuur.

Uiteindelijk wordt er dus gekeken naar een situatie waar een plan is ontstaan om een recreatiegebied bij de Amstelveense Poel mogelijk te maken terwijl er aan alle wensen voldaan wordt terwijl er gebruik gemaakt wordt van de producten van die vrijkomen bij de verbreding van de a9.

§1.1.1 Hoofdvraag:

Welke methode kunnen worden toegepast om de constructie rondom de afdamming en landschapsaanpassing van de Amstelveense Poel te optimaliseren om zowel praktische als recreatieve doelen te bereiken?

§1.1.2 Deelvragen

1. Met welke constructie kan de noordzijde van de Amstelveense Poel worden afgedamd zodat het zand niet wegspoelt?
2. Op welke manier kan een vlonder pad worden ontworpen in de Amstelveense Poel met een loop- en fietspad bovenop?
3. Welke ecologische en technische overwegingen zijn essentieel voor het creëren van kunstmatige eilanden bij een afdamming in de Amstelveense Poel om een natuurlijke uitstraling te behouden?
4. Hoe zal het water van de Amstelveense Poel reageren als we daar een pakket zand op aanbrengen?
5. Welke diepte en kwaliteit van water is nodig om te kunnen zwemmen in de Amstelveense Poel?

§1.2 Hypothese

Hoofdvraag

- Welke methoden kunnen worden toegepast om de constructie rondom de afdamming en landschapsaanpassing van de Amstelveense Poel te optimaliseren om zowel praktische als recreatieve doelen te bereiken?

Door ecologische waarden te combineren met moderne ontwerp- en constructietechnieken, kan de afdamming en aanpassing van het landschap van de Amstelveense Poel worden verbeterd om zowel praktische als recreatieve doelstellingen te bereiken.

1. Hoe zal de bodem van de Amstelveense Poel inklinken als we daar een pakket zand op aanbrengen?

De bodem van de Amstelveense Poel zal door de lage toegang tot water en hoge druk van het zand inklinken tot hoeverre dit gebeurt is afhankelijk van het volume zand wat erop terecht komt. De verwachting is 10-20% inklinking. (Hoeveelheid Straatzand | Zand, n.d.)

2. Met welke constructie kan de noordzijde van de Amstelveense Poel worden afgedamd zodat het zand niet wegspoelt?

De Amstelveense Poel is te groot om volledig te baggeren en de hele bodem voorzien van een zandlaag is erg kostbaar. Daarom is besloten om alleen een deel ervan te baggeren en een zandlaag erover heen te plaatsen. Om te voorkomen dat deze zandlaag zicht verplaatst naar de rest van de Poel kan er een kleine dam gemaakt worden. Waar gebruik wordt gemaakt van compacte grondlagen en stenen, eventueel met het gebruik van geotextiel of houten palen voor verdere stevigheid. Deze constructie zorgt voor stabiliteit doordat de grond goed wordt vastgehouden en de stenen helpen om druk van het water op te vangen. Het geotextiel zou kunnen voorkomen dat de grond wegspoelt. (Geotextiel | Bodemrichtlijn, n.d.)

3. Welke diepte en kwaliteit van water is nodig om te kunnen zwemmen in de Amstelveense Poel?

Om te kunnen zwemmen in de Amstelveense Poel is er een ongeveer minimale diepte van 1,5 tot 2 meter nodig. Dit loopt dan geleidelijk aan, zodat je niet ineens gelijk kopje onder gaat. Ook moet de waterkwaliteit onschadelijk zijn voor ons lichaam (Mannaerts, 2024).

4. Op welke manier kan een vlonder pad worden ontworpen in de Amstelveense Poel met een loop- en fietspad bovenop?

Een loop/fiets pad constructie op de Amstelveense Poel kan op verschillende manieren gemaakt worden. Een verhoogde loopconstructie, zoals een houten vlonder op palen, zorgt ervoor dat bewoners en bezoekers over de afdamming kunnen lopen en fietsen zonder de onderliggende natuur te verstoren. Een andere manier is een dam te bouwen vergelijkbaar met de afsluitdijk.

5. Welke ecologische en technische overwegingen zijn essentieel voor het creëren van kunstmatige eilanden bij een afdamming in de Amstelveense Poel om een natuurlijke uitstraling te behouden?

Het eiland kan opgebouwd worden door aarde, zand of andere bouwmaterialen te storten totdat het wateroppervlak is doordrongen en een eilandoppervlak is gecreëerd. Hiernaast kan er gebruik gemaakt worden van planten zoals rieten om de overgang van de oever richting de natuur goed te laten verlopen.

Op deze manier ontstaat er een stabiele basis met een natuurlijke afronding.

§1.3 Opdrachtgever

De opdrachtgever voor dit project is Marie Janke Damoiseaux van Rijkswaterstaat. Ze werkt momenteel mee aan het A9 project door te kijken naar alle verschillende belangen van bedrijven en stichtingen om een win-win situatie voor iedereen te creëren.

Marie Janke heeft vele verschillende beroepen gehad, zo werkt ze sinds 2020 als Projectleider en Social Designer bij Buurbouw, waar ze zich bezighoudt met de samenwerking tussen buurt en project. Daarnaast is ze Adviseur Omgeving voor het A9-project, waar ze betrokken is bij de uitbreiding van de snelweg. Ook werkt ze als Omgevingsmanager bij Balance, met de focus op gebiedsontwikkeling en energietransitie.



Figuur 2: Marie Janke Damoiseaux

Eerder had ze functies zoals Contractadviseur bij de Provincie Noord-Holland, waar ze verantwoordelijk was voor contracten en aanbestedingen. Daarnaast werkte ze als Art Director bij Stichting White Rabbit, waar ze culturele projecten met een maatschappelijke impact ontwikkelde.

Ook heeft ze al wat opleidingen achter de rug. Eerst heeft ze een propedeuse audiovisuele vormgeving aan de kunstacademie Sint Joost gedaan. Vervolgens heeft ze een bachelor's opleiding Production Design aan Filmacademie Amsterdam gedaan. Later haalde ze haar bachelor's degree herbologie aan De Sprenk. Daarbij heeft ze nog vijf jaar taaltraining gedaan voor in Marokkaans Arabisch (Darija). Als laatste rondde ze in 2022 een collegereeks af in Psychologie van Leiderschap aan de Nyenrode Business Universiteit.

Naast haar werk is ze ook actief geweest in vrijwilligersprojecten. Zo was ze oprichter van het Haarlems Groente Collectief, waarmee ze duurzame voedselproductie stimuleerde. Daarnaast ontwierp ze een kruidentuin voor het Spaarne Gasthuis, wat bijdroeg aan het gebruik van verse kruiden in de keuken van het ziekenhuis. Ze gaf ook workshops om voedselverspilling tegen te gaan en hoe hierbij kruiden kunnen worden ingezet.

(Marie Janke Damoiseaux | LinkedIn, n.d.)

§1.4 Amstelveen Inzicht

Amstelveen Inzicht helpt met het beeldgeven van de toekomst van Amstelveen. Het is een bezoekerscentrum waarin je kan zien met welke projecten Amstelveen en het RWS bezig zijn en hoe ze het willen aanpakken. In het bezoekerscentrum kun je m.b.v. verschillende foto's, filmpjes en presentaties allerlei informatie vinden over de werkzaamheden van de Stadshart en de A9. De verschillende projecten vallen onder 2 categorieën, namelijk Stadshart en A9. Onder stadshart vallen alle projecten die te maken hebben met de stad zelf, bijvoorbeeld het herinrichten van het stadsplein op een natuurlijke, actieve en afwisselende sfeer. Onder A9



Figuur 3: Amstelveen Inzicht (Amstelveen Inzicht – Amstelveen Inzicht, n.d.)

vallen alle projecten die te maken hebben met de verbouwing van de A9, bijvoorbeeld waar wij in dit project nu mee bezig zijn. (*Amstelveen Inzicht – Amstelveen Inzicht*, n.d.)

\$1.5 Expert

Voor de meesterproef moesten we een expert vinden die ons begeleid tijdens de loop van het project. Wij hebben daarom hulp ingeschakeld van de heer Riechelman. Ongeveer 10 jaar geleden heeft hij voor twee gemeentes in Aalsmeer gewerkt aan allerlei ruimtelijke beleidsvelden. Dit houdt in dat hij allerlei taken heeft uitgevoerd voor het Queenpark en dat hij zich bezig heeft gehouden met de bouw van huizen. Dit laatste doet hij nu nog



Figuur 4: Carl Riechelman (Procesmanager Bouw en Infra Carl Riechelman: “Vernieuwing Straks Geslaagd Als Iedereen Er Begrip Voor Heeft.”, z.d.)

steeds: Hij speelt een grote rol in de woningbouwprojecten voor de gemeente Amstelveen. Naast dit alles, is de heer Riechelman ook druk met een onderneming om twee hoogspanningsstations te plaatsen om voor een goede energietoevoer te zorgen in het gebied. Hij doet mee aan het A9-project omdat dit, net zoals de bouwopdrachten, aan hem is opgedragen door de Gemeente Amsterdam.

2. Theoretische kader

§2.1 Oriënterend literatuuronderzoek

§2.1.1 Welke soorten drijvende eilanden bestaan er al?

In dit vooronderzoek zal er gekeken worden naar bestaande drijvende eilanden. Er is onderscheid gemaakt tussen natuurlijke en mens gemaakte drijvende eilanden. In dit onderzoek zal er eerst gekeken worden naar natuurlijke drijvende eilanden en hoe die worden gevormd. Daarna zal er worden gekeken hoe mensen vroeger drijvende eilanden maakte en waarom.

§2.1.1.1 Natuurlijke drijvende eilanden

In het Braziliaanse Amazonegebied drijven matupás rond. Dat zijn drijvende eilanden met vegetatie die tot 3 meter dik kunnen zijn. Het oppervlak kan verschillen van paar vierkante meter tot meerdere hectaren. De eilanden ondersteunen verschillende plantengemeenschappen van wilde kruiden tot hele struiken en bomen. Deze eilanden komen voor in het Amazonegebied (De Freitas et al, 2015).



Figuur 5: matupás in groot meer (Laskow, 2015)

De matupás doorlopen verschillende fases.

Eerst hopen waterplanten en andere organische materialen op. Vervolgens groeien er kruiden, struiken en uiteindelijk zelfs bomen erop. De lokale bevolking gebruikt de eilanden om te vissen en de aarde wordt gebruikt als mest voor de landbouw. Wanneer de matupás groot en dik genoeg zijn, kan men er zelfs oplopen. Er wordt dan ook weleens op het eiland zelf gewassen verbouwd (De Freitas et al., 2015).

Een ander voorbeeld voor een natuurlijk drijvend eiland is een puimsteenvlot. In figuur 6 is een puimsteenvlot te zien, die in 2019 was ontstaan. Puimsteen ontstaat wanneer lava snel afkoelt, waardoor de gassen, die in lava zitten, geen tijd hebben om te ontsnappen. Hierdoor ontstaat een gesteente met veel kleine holletjes, waardoor veel soorten puimsteen kunnen drijven. In 2019 was er een



Figuur 6: Ruimte zicht op puimsteenvlot (NOS, 2019)

onderzeevulkaanuitbarsting in de buurt

van Tonga, een eilandengroep in de Stille Oceaan. Hierdoor koelde de lava snel af en ontstond er een groot puimsteenvlot met een oppervlakte van 150 kilometer. (NOS, 2019) Op een puimsteenvlot varen veel organismen mee, zoals verschillende soorten algen, baby diertjes en koraallarven. Hierdoor kunnen organismen wel honderden kilometers meevaren naar plekken die ze anders nooit hadden bezocht. (McKenna, 2019)

§2.1.1.2 Menselijk gemaakte drijvende eilanden

Op een hoogte van 3820 m in het Andesgebergte ligt het Titikaka Meer met een oppervlakte van 8340 m². Het meer ligt tussen Peru en Bolivia en wordt bewoond door de Uros bevolking. Ongeveer 1500 v.C. leefde de Uros al langs de oevers van het meer. Ze leefden van visvangst, jagen en Totora riet.



Figuur 7: Totora rieten boot (Treks, 2022)

Vooraf het riet was belangrijk, want ze aten het niet alleen, maar maakten daarnaast hun huizen en boten van het riet. Op een gegeven moment moesten ze hun burens, de Inca's ontvluchten en besloten ze om op het meer te wonen door hun boten aan elkaar te binden (Martijn & Martijn, 2024).

Later kwamen ze erachter dat de wortels van het Totora riet een groot drijfvermogen heeft wanneer het wordt losgesneden van de bodem. Daardoor konden ze rieten eilanden bouwen, die bestonden uit gebonden blokken Totora wortels. Deze blokken werden kruisgewijs bedekt met verse lagen rietstengels totdat het eiland hoog genoeg het water uitstak. D.m.v. kortere rietstengels werden verhogingen gebouwd waarop huisjes werden gebouwd. Het nadeel was dat het riet langzaam weggrotte en er elke 2 tot 4 maanden nieuwe lagen riet moesten worden aangebracht. In het heden zijn er nog rond de 87 eilanden waarop gemiddeld 3 tot 6 families op leven. (Martijn & Martijn, 2024)

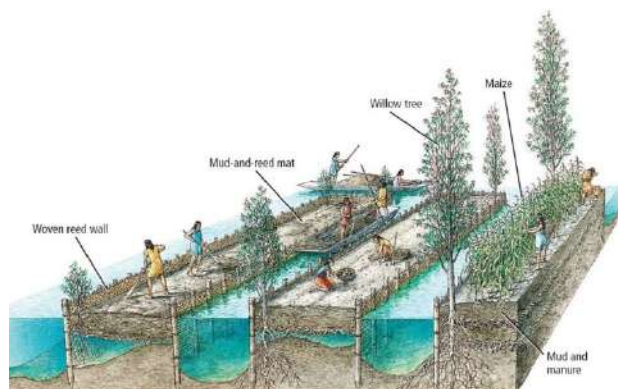


Figuur 8: Drijvend eiland

Een ander voorbeeld voor drijvende eilanden die door mensen zijn gemaakt zijn chinampas, gelocaliseerd in de Azteekse hoofdstad Tenochtitlan. Dit zijn kleine kunstmatige eilanden die



Figuur 10: Chinampas (Aztecs: Gardens in the Lake, 2018)



Figuur 9: Chinampas (Archaeologist, 2024)

werden gebruikt voor landbouw. Boeren in ondiepe wateren stapelden modder en rottende planten op elkaar totdat er kleine eilanden werden gevormd. Om de eilandjes te stabiliseren vlochten ze stevige rietenstengels samen en omwentelde ze daarmee de eilandjes waardoor ze aan de grond verankerden. Door het uitbaggeren van de modder maakte ze weg vrij voor kanalen, wat transportatie en irrigatie makkelijk maakte. Bovendien zorgde het ook voor een natuurlijke herstelling van voedingsstoffen in de grond wat goed was voor de gewassen. Het eindresultaat van eilanden, kanalen en voedingsstoffen creëerde een goede leefomgeving voor vissen en vogels, die het lokale ecosysteem hielpen en ook nog eens als voedselbron diende (Admin, 2021).

§2.1.2 Welke damsystemen zijn er en welke elementen kunnen we toepassen voor de Amstelveense Poel?

Wanneer het zand en klei daadwerkelijk gelost kan worden in de Amstelveense Poel, moet er dus ook rekening gehouden worden met allerlei eisen. Zo moet ervoor gezorgd worden dat het water van de afgesloten noordzijde niet in aanraking komt met het andere gedeelte van de Amstelveense Poel, want dit zou leiden tot een verstoring van het ecologische evenwicht. Ook moet het damstelsysteem veilig en toegankelijk zijn. Er moet bijvoorbeeld geen lek ontstaan, want je wil natuurlijk niet dat voetgangers en zwemmers gewond raken. Daarnaast moet er gekeken worden naar hoe recreatie in het ontwerp verwerkt kan worden en hoe het zo min mogelijk geld kan gaan kosten. Hieronder zijn enkele damsystemen geanalyseerd en gekeken naar welke aspecten het best toegepast kunnen worden in de Amstelveense Poel.

§2.1.2.1 Stuwdammen

Een stuwdam wordt meestal in een rivier gebouwd, omdat zo'n dam een groot gedeelte van de stroming kan tegenhouden. Hierdoor ontstaat er een groot stuwmeer achter de dam. In het geval van de Amstelveense Poel is dit niet zo relevant, maar het is wel handig om te weten wat dit damstelsysteem kan opleveren en wat de eisen zijn om het te bouwen. Een stuwdam kan bijvoorbeeld water opslaan, overstromingen voorkomen, maar ook elektriciteit opwekken (Sebas, 2010). Dit laatste komt doordat het water aan de ene kant



Figuur 11: Algemeen voorbeeld van een stuwdam (Van Der Gaag, 2021)

hoger staat dan aan de andere kant. Binnenin deze dam zit namelijk vaak een dynamo dat door dit stromende water gaat bewegen en zo voor stroom kan zorgen (Dit is echter niet van toepassing voor de Amstelveense Poel, want er is geen hoogteverschil van water). Een eis is wel dat dit soort damsystemen stevig worden gebouwd, vaak van steen/beton, en dat gaat dus veel geld kosten. Als laatste is er nog een risico dat materiaal, zoals bijvoorbeeld modder, deze noordzijde van de Amstelveense Poel kan opvullen, omdat die dus is afgesloten. Het onderhouden van deze recreatieve kant zal uiteindelijk dus duurder zijn (Miller, 2020).

§2.1.2.2 Afsluitdijk

De afsluitdijk is ook een van de belangrijkste ‘damsystemen’ waar we inspiratie uit op kunnen doen. Deze dijk is eigenlijk een soort waterkering met diverse sluizen en het zorgt ervoor dat het IJsselmeer wordt afgesloten van de Waddenzee. Dit moet omdat het IJsselmeer een van de belangrijkste zoetwatervoorzieningen is van Nederland en niet aangetast mag worden door het zoute zeewater. Zo is er dus genoeg drinkwater en blijft ook het ecologisch evenwicht onverstoorde (2008, M.Sandburg, L. De Hoop). Dit is handig om te weten, aangezien er eigenlijk ook verschillende ‘types’ water ontstaan als de noordzijde van de Amstelveense Poel wordt gescheiden van de rest. Deze moeten uiteraard ook gescheiden blijven, want we willen de biodiversiteit van het Amsterdamse Bos niet aantasten met het andere soort water van de noordzijde van de Amstelveense Poel.



Figuur 12: De Afsluitdijk (Toegankelijkheid - de Afsluitdijk, 2024)

Om zo’n systeem te creëren is veel geld nodig, maar het voordeel is wel dat het al bekend is hoe zoiets gebouwd moet worden, dus dat kan tijd besparen. Bovendien is de afsluitdijk een groot recreatief voorbeeld: de A7 zit erboven en mensen kunnen dus gewoon op de dijk rijden, er is een ‘Wadden Center’ (soort museum over de afsluitdijk) en er is zelfs ‘futuristische’ lichtkunst op geplaatst waarvan de bezoekers kunnen genieten (*Afsluitdijk – Holland – Land van Water*, z.d.). Voor de Amstelveense Poel hoeft het uiteraard allemaal niet zo groot, maar een goed idee is bijvoorbeeld om een voet/fietspad met dit soort lichtkunst boven op het uiteindelijke concept te plaatsen, zodat omliggende bewoners ook daadwerkelijk gebruik kunnen maken van de dam.



Figuur 13: Lichtkunst op de Afsluitdijk (Afsluitdijk en Vismigratierivier, z.d.)

§2.1.2.3 Boogdammen

Boogdammen zijn ontworpen om met hun vorm voor stabiliteit te zorgen. Ze zijn dan ook een van de sterkste soort dammen die erg hoge waterstromen kunnen weerstaan. Om deze echter goed te kunnen maken, is veel (kennis van) engineering nodig, wat veel arbeidskosten met zich meebrengt (Mat, 2023). Vooraf moet er bijvoorbeeld bepaald worden hoe zo’n boog gecreëerd moet worden en hoe die vorm impact heeft op de omgeving. Een voordeel is dan wel weer dat het minder materiaal hoeft te kosten, want door de structuur stuurt het de waterstromen naar de zijkanten, wat leidt tot een efficiëntere krachtverdeling (Admin, 2021).

Helaas zijn dit soort dammen zeer effectief in berggebieden met steile rotswanden en niet op een plat oppervlak, wat hem dus ongeschikt zou maken voor de Amstelveense Poel. Het is echter wel mogelijk om een concept met dezelfde vorm te creëren, maar dan moet er wel een andere scheidingsmethode voor water in het idee verwerkt worden.



Figuur 14: Voorbeeld van een boogdam (Mat, 2023)

§2.1.3 Wat voor invloed heeft algenbloei op waterlichamen?

Bij algenbloei groeien er veel algen in stilstaand oppervlaktewater in de zomer (te zien in figuur 15). Algenbloei geeft water een groenige laag.

Een van de soorten die veel groeit tijdens algenbloei is blauwalg (cyanobacteriën) met blauwwier *Planktothrix agardhii* als een van de meest voorkomende soort blauwalg. Dit wordt vaak veroorzaakt door nutriënten die een half jaar eerder (herfst/winter) in het water terecht zijn gekomen.

Na een bepaalde tijd sterven de algen af. Deze worden afgebroken door bacteriën. Een gezonde hoeveelheid algen zorgt niet voor problemen, het kan zelfs goed zijn voor het ecosysteem. Het kan bijvoorbeeld zorgen voor een toename in bepaalde vis soorten. De algen dienen dan als voedselbron voor bijvoorbeeld de baarsachtigen die zich ook in Nederlandse wateren bevindt.



Figuur 15: Algenbloei in meer

Een overmaat aan algen zal wel zorgen voor problemen. Al deze algen moeten namelijk afgebroken worden door bacteriën. Deze bacteriën gebruiken bij dit proces zuurstof. In het geval van een overmaat aan algen sterfte kan het water zuurstofarm of zuurstofloos worden (hypoxie). Een overmaat van (blauw)algen komt door eutrofiëring, dit is een te hoge hoeveelheid voedingsstoffen. Algenbloei is een effect van eutrofiëring. En veel algenbloei zorgt er weer voor dat het water zuurstofarm of zuurstofloos wordt. Dit zorgt voor een sterfte van organismes die zuurstof nodig hebben in het water. Bijvoorbeeld vissen. Dit betekent een daling van biodiversiteit en vaak ook een verkeerde geur en kleur in het water. Daarnaast zijn sommige fytoplankton & algen giftig en/of schadelijk voor beide de mens en de natuur met voorbeelden zoals symptomen zoals diarree, braken, geheugenverlies, verlamming en in zeer ernstige gevallen de dood (Knockaert, 2012).

§2.1.3.1 Veengrond

Nitraat een vorm van stikstof is een van de voedingsstoffen voor planten die ook voorkomt in de grondoppervlakte van vruchtbare grond. Nitraat wordt in het grondwater bij klei- en veengrond sterker afgebroken dan bij zand- en lössgronden. De grondwaterstanden zijn hoger en de bodems zijn rijker aan organische stof. Hierdoor zijn de omstandigheden voor afbraak zeer gunstig. Hieruit valt te concluderen dat veen en klei gronden een groter risico lopen op eutrofiëring. (Stikstof in Bodem En Water, RIVM, n.d.)

Daarnaast kunnen veen gronden interne eutrofiëring uitvoeren. Interne eutrofiëring houdt in dat het systeem er zelf voor zorgt dat de hoeveelheid fosfor en stikstof in het water toeneemt. Dit is voornamelijk een probleem bij veengronden. Dit kan als er verdroging plaats vindt. Veen kan mineraliseren door extra zuurstof en er komen voedingsstoffen vrij. Ook als zure bodems worden bekalkt is vrijstellen van voedingsstoffen mogelijk. (Interne Eutrofiëring, n.d.).

Bestrijding van algen

Er zijn nog meer dingen die invloed hebben op algengroei. Een belangrijke factor is de hoeveelheid licht en warmte die de algen op zich krijgen. Hoe warmer, des te meer algen. Daarom zien we algenbloei in de zomer. Ook voeden algen zich met bezinksel en slib. Dit zijn

bodemvoedingsstoffen. Door de voedingsbron van de algen weg te nemen zul je ervoor zorgen dat algen niet meer verder kunnen ontwikkelen. Ook zorgt de stilheid van het water ook voor de ontwikkeling van de algen. Stilstaand water is een gunstige factor voor ze. Door beweging in het water, zorg je ervoor dat de algen niet meer kunnen ontwikkelen. Het hebben van een hoog waterniveau is het minst gunstig voor algen. De voedingsstoffen die zich verzamelen onder in het waterlichaam, vallen dan minder goed op.

Er zijn daarnaast nog een aantal manieren om de algen te bestrijden. Een pH-waarde lager dan 6 zorgt in de meeste gevallen ervoor dat je geen last meer hebt van algen. Je kunt hier gebruik maken van verschillende zuren, zoals zwavelzuur, om de pH-waarde te verminderen. Ook zorgt waterstofperoxide voor de vermindering van organische verontreinigingen. Nadat het waterstofperoxide zijn werk heeft gedaan zal het ook meteen verdwijnen, omdat het snel reageert (Verhoeven, 2021).

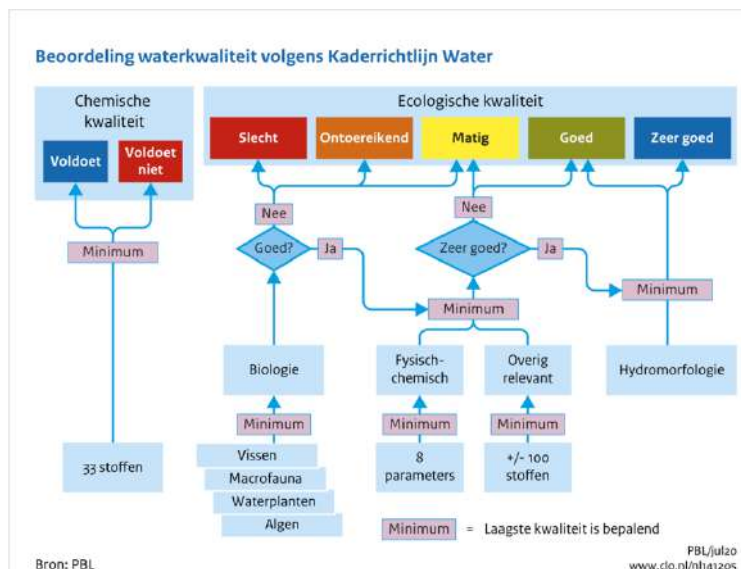
§2.1.4 Welke chemische en biologische factoren bepalen goede waterkwaliteit?

Waterkwaliteit is van levensbelang voor alle organismen op aarde. Wanneer je de waterkwaliteit van een waterlichaam wilt beoordelen, kun je dit vanuit verschillende perspectieven benaderen. Er bestaat een optimale waterkwaliteit voor waterdieren, planten en mensen. Om een win-winsituatie voor alle groepen te creëren, moet je per groep de nodige aspecten zorgvuldig afwegen.

§2.1.4.1 Kaderrichtlijn water

De Kaderrichtlijn Water is een manier van het meten van de waterkwaliteit, wat door de Europese Unie is opgesteld. Het is gebaseerd op de hoeveelheid planten- en diersoorten en het gehalte van toxische stoffen in water.

Om dit nog nauwkeuriger in beeld te brengen is de waterkwaliteit verdeeld in twee kenmerken. Dit zijn ecologische en chemische waterkwaliteit. Bij ecologische waterkwaliteit wordt er gekeken of planten en dieren in het water optimaal kunnen leven. Bij chemische waterkwaliteit wordt gekeken naar de concentratie van vervuilende stoffen in water en of het een bron kan zijn voor drinkwater (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2024).



Figuur 16: Beoordeling waterkwaliteit volgens Kaderrichtlijn Water

In figuur 16 is een beslisboom weergegeven waarin de hoeveelheden stoffen en/of organismen worden weergegeven die in een waterlichaam aanwezig moeten zijn om de waterkwaliteit als (zeer) goed te kwalificeren (Waterkwaliteit KRW, 2022). In de KRW-beoordeling (Kaderrichtlijn Water) worden toxische stoffen, wat onder chemische waterkwaliteit valt, onderverdeeld in twee soorten. Het eerste soort zijn stoffen die in heel Europa-breed worden gevonden. Die worden prioritaire stoffen genoemd. Het tweede soort zijn andere stoffen die op regionale schaal worden gevonden. In de lijst van de Europees vastgestelde chemische stoffen zijn ruim 50 stoffen inbegrepen. Deze worden niet allemaal getest bij alle waterlichamen in Nederland, dit is afhankelijk van specifieke teelten en locatie. Waterlichamen in de buurt van landbouwgrond waar veel wordt verbouwd, moeten worden getest op pesticiden, meststoffen of herbiciden die in het water terechtkomen. Ecologische kwaliteit is onderbouwd uit 'Biologische kwaliteit', de 'Algemene Fysisch-chemisch kwaliteit', de 'Overig relevante verontreinigende stoffen' en 'Hydromorfologie' (Chemische Waterkwaliteit KRW, 2021, 2022).

§2.1.4.2 Biologische waterkwaliteit

Als Nederland wordt vergeleken met andere Europese-lidstaten, wordt er in Nederland slecht gescoord op waterkwaliteit. De oorzaken voor dit probleem variëren. In Nederland is er een onnatuurlijke inrichting van watersystemen, waarvan de watergangen in de afgelopen eeuw zijn gekanaliseerd. Ze zijn vervormd tot perfecte oevers, waar weinig overlevingskansen zijn voor planten en dieren. Het oeverecosysteem komt hierdoor nauwelijks tot ontwikkeling. Een ander punt is dat minder vissen migreren door de aanwezigheid van gemalen en stuwen die voor versnippering (beperking van vrije beweging en overlevingskansen) zorgen. Tot slot zorgen in Nederland bestrijdingsmiddelen ook voor veel grote problemen qua het waterleven (*Het Nationaal Dashboard Biodiversiteit*, n.d.).

Een zwaarwegend aspect voor ecologische kwaliteit is de biologische kwaliteit. Een goede biologische kwaliteit is niet alleen belangrijk voor dieren in het water, maar ook van belang voor dieren en planten die op het oppervlak leven. Biologische kwaliteit is onderverdeeld in 4 groepen waarvoor een minimumeis voor is gesteld. Deze groepen zijn o.a. vissen, macrofauna, waterplanten en algen. Hier wordt gekeken naar de aantallen van deze groepen in het water. Dit kenmerk is een handige maat voor onderzoekers om indirect iets te zeggen over verschillende kenmerken van het water zoals het pH-grad, nutriëntenbalans en de aanwezigheid van chemische verontreinigingen, waar PFAS, resten van chemische bestrijdingsmiddelen en medicijnen onder vallen. Voorbeelden van deze indicatoren zijn de aantallen en diversiteit van vissen. Vissen zijn kwetsbaar voor een te hoge concentratie ammoniak of een laag zuurstofgehalte in een waterlichaam (*Tropischevissengids*, n.d.).

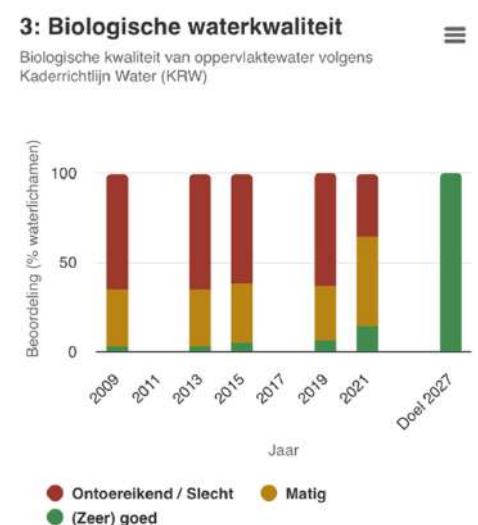
§2.1.4.3 Waterkwaliteit en ecosystemen

De biologische waterkwaliteit is essentieel voor een waterlichaam, omdat deze een belangrijke rol speelt bij het in stand houden van verschillende ecosystemen in oppervlaktewater. Wanneer een waterlichaam een diverse hoeveelheid organismen bevat die een goede balans vormen en een ecologische rol spelen bij het in stand houden van het voedselweb, wordt het waterlichaam geclassificeerd als van goede waterkwaliteit. Wanneer de biologische kwaliteit afneemt, kunnen er negatieve effecten optreden voor de omgeving van het specifieke waterlichaam. Bovendien kan dit ook gevolgen hebben voor de menselijke gezondheid.

Als er een afname van aquatische organismen in een waterlichaam plaatsvindt, veroorzaakt dit een verstoring van het voedselweb. Wanneer er een afname van algeneters optreedt in een specifiek waterlichaam, kan dit leiden tot overgroei van algen. Een voorbeeld hiervan zijn watervlooien die functioneren als algeneters. Als deze algeneters door planktivore vissen worden opgegeten en hierdoor de populatie van de watervlooien drastisch vermindert, kunnen de algen het water overheersen (*Waterkwaliteit: Helderheid En Nutriënten*, n.d.).

§2.1.4.4 Biologische waterkwaliteit in Nederland

In figuur 17 staat een diagram afgebeeld waar afgelezen kan worden in hoeverre de biologische waterkwaliteit in Nederland op pijl is. Tussen het jaar 2009 en 2019 is te zien dat de



Figuur 17: Biologische waterkwaliteit in Nederland

biologische waterkwaliteit in Nederland voor meer dan 60% van de waterlichamen slecht was gescoord en dat maar een heel klein percentage “zeer goed” had behaald. Volgens de EU-wetgeving moeten alle oppervlaktewateren in Nederland aan de KRW-normen voldoen voor ecologische en chemische waterkwaliteit (ecologische kwaliteit) in 2027. Uit het diagram blijkt wel dat de biologische waterkwaliteit is toegenomen de afgelopen jaren. Er is wel meer inspanning nodig om het KRW-doel te behalen voor biologische waterkwaliteit als we het op zijn optimaal willen hebben in 2027 (*Het Nationaal Dashboard Biodiversiteit*, n.d.).

§2.1.4.5 Fysisch-evenwicht waterkwaliteit

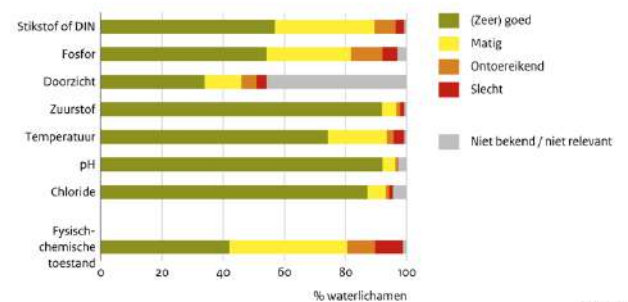
Een ander variabele voor de waterkwaliteit onder ecologische waterkwaliteit is het fysisch-evenwicht van de waterkwaliteit. De stoffen die bij fysische-evenwicht van belang zijn o.a. stikstof, fosfor, zuurstof, temperatuur, pH en chloride zoals in figuur 19 te zien. Ruim 41% van de waterlichamen in Nederland hebben een goed fysisch evenwicht blijkt uit de ecologische beoordeling van de KRW.

In figuur 19 is af te lezen dat de stoffen stikstof, of DIN en fosfor voornamelijk nog zorgen voor een slechte score van het fysisch evenwicht in waterlichamen. Deze stoffen worden hierdoor het belangrijkste indicatie of een fysisch evenwicht in een waterlichaam in orde is. Deze stoffen worden gemeten in het zomerhalfjaar. In zoute wateren wordt het stof fosfor niet gemeten en beoordeeld, omdat het niet relevant is. Dit komt doordat deze twee stoffen in verhouding tot zoete wateren geen tot weinig oorzaak zijn voor eutrofiering in zoute wateren. Ook worden in zoute wateren niet de totale hoeveelheid aan stikstof gemeten, maar naar het gemiddelde van de wintermaanden van opgelost anorganisch stof, oftewel DIN.

Belangrijkste oorzaken slechte fysisch evenwicht

Nutriënten verslechteren de waterkwaliteit. De belangrijkste voedingsstoffen zijn stikstof en fosfor. De herkomst van deze stoffen is door uit- en afspoeling van landbouwgronden. Die kunnen direct afkomstig zijn uit kunstmest of dierlijk mest. Een ander herkomst van deze stoffen in oppervlaktewateren is ‘in laag Nederland kwel’, wat zorgt voor meer nutriënten in water. Dit is wanneer grondwater uit diepere lagen naar boven komt. Dit grondwater kan opgeloste nutriënten bevatten, zoals stikstof en fosfor. Ook emissies van rwzi’s (rioolwaterzuiveringsinstallaties), uit- en afspoeling van natuurgonden, aanvoer via andere wateren uit andere regio’s en stikstofdepositie dragen bij de nutriëntenbelasting (*Fysisch-chemische Waterkwaliteit KRW, 2021, 2022*).

Fysisch-chemische kwaliteit van oppervlaktewater volgens Kaderrichtlijn Water, 2021



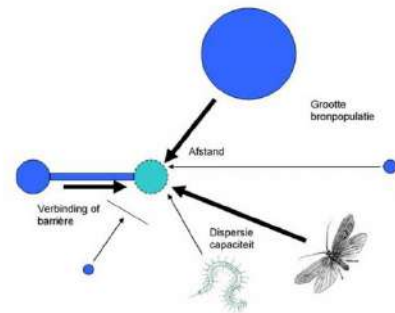
Bron: IHW (Waterschappen, RWS); bewerking PBL

PBL/meis: www.don/mia25217

Figuur 18: Fysisch-chemische waterkwaliteit KRW, 2021

S2.1.4.6 Hydromorfologie

Hydromorfologische kenmerken van waterlichamen worden ook meegenomen bij het beoordelen van de ecologische waterkwaliteit, zoals te zien is in figuur 16. Hydromorfologie betekent in hoeverre een waterlichaam een natuurlijk waterloop heeft. Een waterlichaam met een natuurlijk hydromorfologie of bouw zorgt voor verschillende biotopen. Dit kan leiden tot een verbetering van de biodiversiteit in het gebied. Het zuiveringssysteem van wateren met goede hydromorfologische kenmerken hebben een goede waterkwaliteit, vanwege het zelf zuiverend vermogen. Om een waterlichaam te beoordelen voor zijn hydromorfologie wordt gekeken naar o.a., diepte en breedte, kwantiteit en dynamiek van de waterstroom, structuur en materiaal van de bedding en oevers, aanwezigheid van (eventuele) obstakels en mate van meanderen. (*Hydromorfologische Kwaliteit — Vlaamse Milieumaatschappij, n.d.*). In figuur 20 is een schema weergegeven van enkele factoren die van belang zijn bij hydromorfologie.



Figuur 19: Kenmerken waar een waterlichaam op wordt beoordeeld voor de hydromorfologische kwaliteit (Hydromorfologie En Connectiviteit, n.d.).

§2.1.5 Wat voor invloed heeft algenbloei op waterlichamen?

§2.1.5.1 Nitraat en Fosfaat in waterlichamen

Nitraat (NO_3^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) worden beschouwd als essentiële voedingsstoffen die een directe oorzaak zijn voor Eutrofiëring in waterlichamen. Dit betekent dat er een grote concentratie van voedselrijke stoffen in een waterlichaam is opgelost. Dit kan leiden tot een overgroei van algen. Nitraat levert stikstof, wat een belangrijk element is voor de synthese van eiwitten en chlorofyl. Voor fotosynthese is chlorofyl erg belangrijk, omdat die voor de omzetting van zonlicht in energie zorgt. Fosfaat is de bron van fosfor, wat ook belangrijk is voor ATP (adenosinetrifosfaat, energie). ATP transporteert energie binnen de cel. Bij een overmaat van deze twee stoffen kunnen algen explosief groeien (“Sturen Op Fosfor of Stikstof Voor Verbetering Ecologische Kwaliteit Van Zoete Wateren?,” 2009). Hierdoor kan de biologische waterkwaliteit en de drinkwaterproductie in gevaar worden gebracht (*Nutriënten in Oppervlaktewater — Vlaamse Milieumaatschappij*, n.d.).

Nitraat zelf is niet gevaarlijk voor de menselijke gezondheid. Het door het menselijk lichaam uit nitraat gemaakte nitriet is wel gevaarlijk. Nitriet kan ervoor zorgen dat het zuurstofgehalte in het bloed verminderd wordt. Ook kan dit worden omgezet in mogelijk kankerverwekkende nitrosamines (chemische stoffen). Waterlichamen met een hoge concentratie nitraat, die als bron voor drinkwater dienen, kunnen ervoor zorgen dat mensen aanzienlijke hoeveelheden nitraat binnenkrijgen. Ongeveer 25% van het nitraat wat je opneemt, komt in het speeksel terecht en 20% van het nitraat hiervan worden door bacteriën omgezet naar de stof nitriet (nitraatreductie). Eiwitten die je inneemt d.m.v. andere voedingsstoffen kunnen samen met nitriet, nitrosamines vormen. Dit gebeurt in een zuur milieu, zoals de maag of in de dikke darm. Nitrosamines (N-nitrosoverbindingen) zijn ingedeeld door International Agency for Research on Cancer (IARC) als ‘waarschijnlijk kankerverwekkend voor de mens’. Door het RIVM wordt daarentegen vermeld dat dit onwaarschijnlijk is (Voedingscentrum, n.d.).

§2.1.5.2 De Redfield Ratio theorie

Zoals eerder al verteld, zijn concentraties van nitraten en fosfaten in wateren een duidelijke indicatie van hoe voedselrijk een waterlichaam is. Nitraten bestaan uit stikstof (N) en fosfaten uit fosfor (P). De Redfield-ratio is een theorie wat is ontwikkeld door de oceanograaf Alfred C. Redfield in 1934. Hierin beschrijft hij hoe er een verhouding van koolstof (C) stikstof (N) en fosfor (P) in waterlichamen bestaat. De verhouding hiervan is 106:16:1. De Redfield-ratio is volgens hem nodig voor het stabiel houden van ecosystemen en de koolstofcyclus. Als de verhouding afwijkt, bijvoorbeeld bij een tekort van fosfor of stikstof, kan dit de groei van fytoplankton beperken. Deze theorie is voornamelijk gebaseerd op observaties in zeewater. Zoetwatersystemen, zoals meren, krijgen vaak nutriënten uit andere bronnen, zoals landbouwfvoer, wat de verhouding kan verstoren. Hierdoor is in zoetwaterlichamen de verhouding vaak niet gelijk aan 106:16:1 (They et al., 2017).

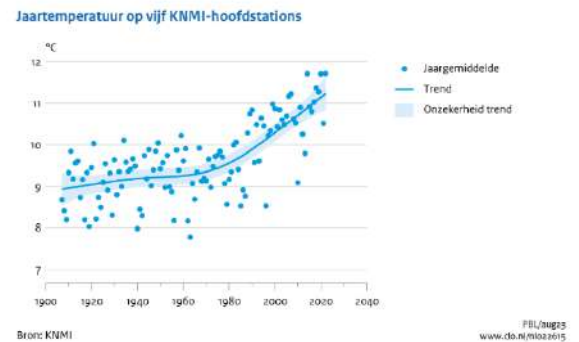
§2.2.6 In hoeverre hebben abiotische factoren invloed op waterlichamen?

Als er gesproken wordt over abiotische factoren en de invloed die het heeft op water wordt er voornamelijk gekeken naar regen en de temperatuur. Dit zijn dan ook de twee factoren die de grootste invloed hebben op de waterkwaliteit.

§2.2.6.1 Temperatuur

De wereldgemiddelde temperatuur is over de periode van 1907 tot 2020 met ongeveer 1,1 °C gestegen (*Temperatuur in Nederland En Mondiaal, 1907 - 2022, 2023*).

In Nederland heeft het onder andere als effect een langer groeiseizoen. Dit betekent dat planten zoals fytoplanktonsoorten en algen langer voor overlast kunnen zorgen en eerder beginnen (voor en na jaar). Daarnaast zijn de winters over de jaren heen veel zachter geworden. Dit betekent dat de kans voor overleving van planten tijdens de winter groter is geworden. De verhoogde temperatuur zorgt voor fysische of chemische veranderingen van het water zelf (*Een Frisse Blik Op Warmer Water, 2011*).



Figuur 20: Stijging gemiddelde tempratuur gemeten door knmi

De concentratie zuurstof hangt af van de tempratuur van het water. Als de watertemperatuur stijgt, neemt de concentratie zuurstof in het water af. Bij een hogere tempratuur gebruiken organismes een grotere hoeveelheid zuurstof. Dit zorgt voor een lagere zuurstofconcentratie en bij hittegolven soms voor zuurstofloosheid. Het laatste gebeurt voornamelijk in ondiepe wateren (*Hoe Kan Klimaatverandering Het Water Zelf Veranderen?, n.d.*).

§2.2.6.2 Verzilting door klimaatverandering

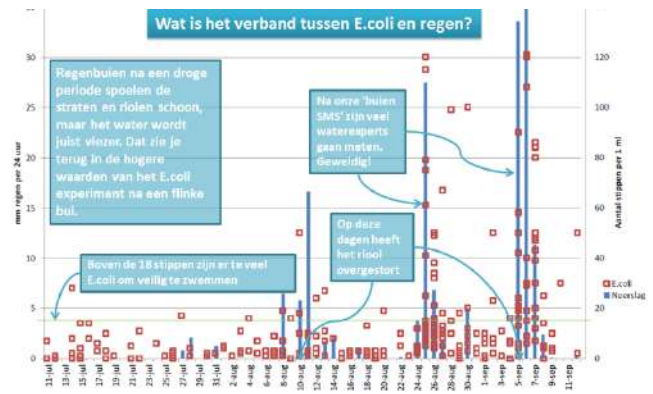
Door klimaatverandering kan de hoeveelheid zout in het oppervlaktewater toe nemen. Dit noemt men verzilting. Als water niet goed doorstroomt en het warm is, zorgt het voor veel problemen. Als er weinig water doorstroomt kan het zorgen voor verzilting. Het betekent namelijk dat water uit de zee makkelijker het land binnen dringt; het water wordt dus zouter. Dit gebeurt voornamelijk in kustgebieden. Naast stilstaand water zorgen hitte en droogte ook voor verzilting. Dit komt doordat we dan soms gebiedsvreemd water toelaten om een grote droogte te voorkomen. Dit water is vaak extreem zout. Ook verdampt veel water, ook hierdoor neemt het zout gehalte toe (*Salt Farm Foundation, 2019*).



Figuur 21: verzilting op landbouwgrond

§2.2.6.3 Effecten heftige regenval op oppervlaktewater

Heftige regenval is ook een effect van het verslechterde milieu. Vaak volg het op heftige droogte op. In een steekproef met 500 mensen in Amsterdam werd vastgesteld dat een heftige bui veel vuil van buitenaf in het water toevoegt. Als het rioolstelsel de hoeveelheid regen niet aan kan komt verdund afvalwater uit huizen en bedrijfspanden in het oppervlaktewateroppervlaktewater. Er werd door deze 2 aspecten bij de test een extreem verhoogde waarde van E-coli bacteriën gemeten. Er kwam de grafiek in figuur 23 uit (*De Invloed Van Regen Op De Waterkwaliteit - Weerproof, 2023*).



Figuur 22: grafiek E. coli in water na regenval.

De groene horizontale lijn in figuur 23 laat de norm voor zwemlocaties zien (rond het 4 mm regen punt). De hoeveelheid is dan veilig genoeg om in te zwemmen.

Deze metingen zijn genomen op plekken waar men niet mag zwemmen. Zwemlocaties zoals de Gaasperplas, Diemerpark en de Nieuwe Meer bleven wel constant ver onder de maximale norm.

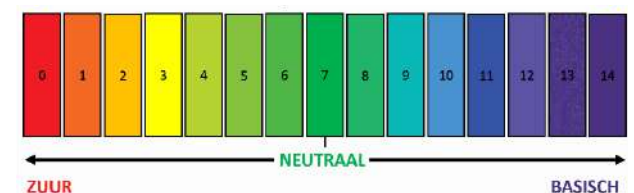
§2.2.6.4 De pH graad

De volgende elementen zorgen voor het verlagen van de pH-graad. Zure regen kan de pH-waarde van grondwater verlagen door zure verbindingen te produceren die op de bodem terecht komen en uiteindelijk in het grondwater sijpelen (*Ocean Acidification, n.d.*).

Verontreinigende stoffen zoals zwavel- en stikstofoxiden kunnen de pH-waarde van grondwater verlagen. Als laatste sommige organismen, zoals schimmels en bacteriën Zij gedijen in een zure omgeving en kunnen zure verbindingen produceren die de pH-waarde van het grondwater verlagen (*Waterdoctor, 2023*).

De effecten van een lage ph graad.

Recentelijke metingen laten zien dat de zuurtegraad van de oceaan met 0,1 gedaald (zuurder geworden). 0,1 lijkt misschien weinig maar de zuurtegraad is logaritmisch. Het is in andere woorden 30% zuurder geworden (KNMI - Verzuring Van Arctische Oceaan Beïnvloedt Zeeleven, n.d.). Gevolgen van het zuurder wordende water is onder andere corrosie van



Figuur 23: pH graad

leidingen en apparatuur: Water met een lage pH-waarde kan corrosie veroorzaken in metalen leidingen en apparatuur die in contact komen met het water. Dit kan leiden tot lekkages, verhoogde onderhoudskosten en verminderde efficiëntie van de apparatuur.

Water met een lage pH-waarde kan beton en cement aantasten, waardoor gebouwen en constructies beschadigd kunnen worden. Ook kan het water meer metalen uit de omgeving opnemen. Deze metalen zoals lood, zink en koper kunnen schadelijk zijn voor de gezondheid wanneer het water ook als drinkwater gebruikt wordt.

Een lage pH-waarde kan de ecologie van het waterlichaam verstoren, waardoor het leven van waterorganismen in gevaar komt, voornamelijk vissen. Dit kan leiden tot een afname van de biodiversiteit en verstoring van de voedselketen in het water. Bij een te lage of hoge, maar ook sterk schommelende zuurgraad raken vissen gestrest, hun kieuwen en vinnen raken bloeddoorlopen en hun slijmhuide kan aangetast raken. Als vissen aan stress lijden worden ze snel ziek omdat het hun weerstand drastisch afneemt en uiteindelijk kunnen ze er dood aan gaan (VOF, n.d.).

§2.2.7 Wat zijn verschillende technieken die gebruikt worden om algengroei tegen te gaan in meren?

§2.2.7.1 Baggeren

Baggeren is een proces waarbij slib wordt verwijderd van de bodem van waterlichamen zoals sloten, beken en meren. Soms bevat bagger ook afval en wanneer dit schadelijke stoffen bevat, heet het verontreinigd baggerslib. Baggerophoping vermindert de diepte van vaarwegen en kan deze zelfs verstoppert, wat de scheepvaart belemmert. Daarnaast kan het de afvoer van water naar bijvoorbeeld de zee vertragen. Hierdoor kunnen rivieren, kanalen en andere waterwegen buiten hun oevers treden. Om dit te voorkomen moet het bagger regelmatig verwijderd worden. (TechnischWerken Redactie & TechnischWerken Redactie, 2014)

Vroeger werd baggeren met de hand gedaan. Men gebruikte een lange stok met een emmer eraan, waarmee de bodem werd geschrapt en het opgehaalde materiaal werd verwijderd. Dit was zwaar werk en kostte veel tijd. Later werden paardenmolens ingezet en verschenen de eerste molschepen. Deze schepen maakte de bodem los, waarna de stroming het gebaggerde materiaal verder vervoerde. (*Baggeren Het Uitgraven Van Rivieren*, n.d.)

Slib is een combinatie van kleideeltjes, plantenresten, bladeren, en ander organisch materiaal. Ook is het vaak een opslagplaats voor fosfaat. Dit fosfaat komt langzaam vrij in het water, meestal onder zuurstofarme omstandigheden. Slib komt door stroming, afkalving van oevers, en afvoer van landbouwgronden in het water terecht. Gemiddeld groeit een sliblaag per jaar met een tot drie centimeter (Knw, 2015).



Figuur 24: Slib verwijderaar

Tegenwoordig worden baggermolens gebruikt voor het baggeren. Een groot schip met een ronddraaiende ketting met allemaal emmers eraan vast. Deze emmers schrapen de bagger van de bodem. Elke emmer heeft een capaciteit van ongeveer 600 liter bagger. Terwijl de ketting draait, schrapen de emmers over de grond en worden ze gevuld met bagger. Bovenaan worden de volle emmers geleegd, waarna de bagger via een stortgoot, een lange glijbaan, naar een bak in een schip ernaast wordt geleid. De verzamelde bagger wordt vervolgens voor verschillende doeleinden gebruikt, zoals het ophogen van een dijk of voor landaanwinning. Met een baggerzuiger wordt het bagger van het schip via een ijzeren buis naar de juiste locatie gebracht. Bagger dat vruchtbaar is, wordt ook weleens als mest voor de landbouw gebruikt. (*Baggeren Het Uitgraven Van Rivieren*, n.d.)

De bodems van Nederlandse rivieren, kanalen en zeeën zijn vaak vervuild met zware metalen en bestrijdingsmiddelen. Sommige gronden zijn zelfs giftig en moeten eerst worden gereinigd, maar dat is erg duur. Daarom wordt de vervuilde bagger opgeslagen in grote opslagdepots, zowel onder water als op het land. Nederland heeft ongeveer vijf van zulke depots.

Jaarlijks wordt in Nederland zo'n 3 miljoen kubieke meter bagger verwijderd. In sommige gebieden kan de baggerlaag tientallen meters diep zijn. Om deze diepte te bereiken, wordt de ketting met emmers verlengd. Met behulp van een dieptemeter en plaatsbepalingssysteem kan de molenbaas, de schipper, nauwkeurig bepalen waar en hoe diep er al is gebaggerd. (*Baggeren Het Uitgraven Van Rivieren*, n.d.)

Zoals eerder genoemd in het onderdeel algenbloei groeien algen veel in stilstaand, voedselrijk water met hoge temperaturen. Ze vormen hierdoor een groot probleem in recreatieplassen en waterlopen. Baggeren is een methode die vaak wordt toegepast om algen tegen te gaan. Baggeren kan effectief zijn tegen algen omdat, door het verwijderen van slib, wat rijk is aan voedingsstoffen zoals fosfaat, de voedingsbodem voor algen vermindert. Daarnaast draagt het bij aan een betere doorstroming en meer zuurstof in het water, waardoor algen minder kans krijgen om te groeien. Baggeren wordt nooit als enige maatregel tegen algen gebruikt. Vaak is het nodig dat er door middel van andere maatregelen ervoor gezorgd wordt dat de toevoer van voedingsstoffen richting het water afneemt, waardoor algen uitsterven.

4.4.2 Biomanipulatie tegen slechte waterkwaliteit

Biomanipulatie, soms ook actief biologisch beheer genoemd, is nog een manier die gebruikt wordt om waterkwaliteit te verbeteren. Dit wordt gedaan door de voedselketen in genoemde water lichamen bewust te beïnvloeden. Het richt zich op het verminderen van troebelheid en het herstellen van balans, meestal in meren. Hierbij is het voornaamste richtpunt planktivore en benthivore vissen, zoals brasem en karper te verminderen. Deze vissen zorgen voor woeling van de bodem, en eten van zoöplankton wat bijdraagt aan algenbloei en troebel water. Het stimuleren van roofvissen, zoals de snoek, helpt om planktivore vissen onder controle te houden (Rijkens et al., 2008) (Van Der Wijngaart & STOWA, 2008).

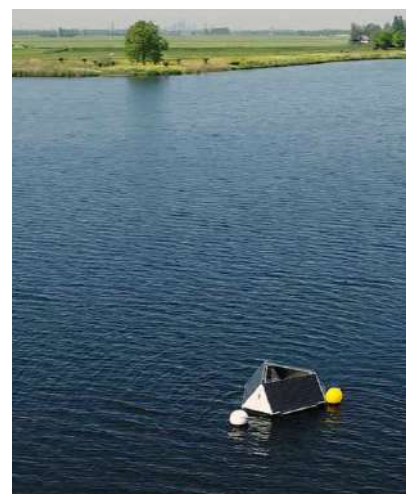
Biomanipulatie wordt vaak gecombineerd met andere maatregelen (vaak maatregelen die fosfaat verminderen) om een langdurig effect te krijgen. Het blijkt uit onderzoek van STOWA uit 2009 dat voornamelijk ondiepe meren profiteren. Ondergedoken waterplanten nemen bijvoorbeeld voedingsstoffen op en concurreren met algen, wat de stabiliteit van het ecosysteem bevordert. Als biomanipulatie los gebruikt wordt en er niet wordt gekeken naar de externe toevoer van nutriënten is de verbetering tijdelijk. Daarnaast zijn alle meren anders als het gaat over de samenstelling van het ecosysteem. Een plan voor biomanipulatie moet zeer goed samenhangen met het specifieke ecosysteem. Het is dus een deel van een goede oplossing.

§2.2.7.2 Ultrasonische algen bestrijding

Een relatief nieuwe methode van algen bestrijding is het gebruik van ultrasonische golven. LG Sonic uit Zoetermeer heeft de voornaamste technologie voor ultrasonische algen bestrijding in meren, met installaties in 55 landen. (LG Sonic, 2024)

Ultrasonische geluidsgolven worden uitgezonden door een apparaat geplaatst in het water. Hierbij wordt gebruik gemaakt van ultrasonische golven met laagvermogen om algengroei effectief te beheersen.

Door deze golven wordt een constante drukcyclus gegenereerd in de bovenste waterlaag, wat de regulatie van het drijfvermogen van algencellen verstoort. Deze algen bewegen namelijk constant van boven naar beneden in het water. De drukcyclus in de bovenste waterlaag zorgt ervoor dat de toegang van de algen tot zonlicht en voedingsstoffen



Figuur 25: Ultrasonische algen bestrijder

geblokkeerd wordt, terwijl deze onderdelen essentieel zijn voor fotosynthese en dus de algen. De algen zinken dan naar de bodem, waar ze op natuurlijke wijze ontbinden zonder schadelijke gifstoffen vrij te geven. (Industrial Product Solutions, n.d.)

Zoals hiervoor genoemd maakt het apparaat gebruik van ultrasone geluidsgolven. Dit zijn geluidsgolven met een frequentie boven de 20 kHz. Dit ligt buiten het bereik van het menselijk gehoor. Specifieke frequenties worden ingezet om algengroei te controleren. Er wordt gewerkt met ultrasoon geluid met laagvermogen, wat veilig lijkt te zijn voor vissen, planten, zoöplankton en andere aquatische organismen. Het is hoogvermogen-ultrasoon dat cavitatie veroorzaakt en schadelijk kan zijn.

De methode kan in veel verschillende soorten plekken met water gebruikt worden zoals industriële reservoirs, meren en dammen, koelvijvers en torens, aquacultuurvijvers, afvalwaterzuiveringsinstallaties en bezinkingsvijvers.

Het apparaat van LG sonic heeft een effectief bereik van 800 meter. Volgens het bedrijf is het betrouwbaar in extreme omgevingen, zoals hitte, koude klimaten en droge omstandigheden. Ook heeft het een algoritme wat gegevens analyseert en de instellingen optimaliseert. Er is weinig onderzoek beschikbaar over deze methode. Er is dus ook niet te weten of de effectiviteit die genoemd wordt er ook echt is.

§2.2.7.3 Gaasperplas Amsterdam

De Gaasperplas was in 2017 uitgeroepen tot het schoonste water van Amsterdam maar dit was lang niet altijd zo. Het volgende is gedaan om de Gaasperplas schoon te maken.

Het grootste probleem bij het water van de Gaasperplas was dat er veel vuil gracht- en ander water in terecht kwam. Dit zorgde voor een constante slechte waterkwaliteit. En andere maatregelen zoals baggeren zouden ook geen effect hebben gehad.

In 2010 ontstonden er plannen om ervoor te zorgen dat het stedelijk water gescheiden werd van schoon water en de Gaasperplas. Hiervoor zijn twee gronddammen en een stuw aangelegd. Ook is er een nieuwe brede watergang gegraven om het water om te leiden. Een van de twee gronddammen is was aangelegd onder een al bestaande brug de andere gronddam en stuw zijn volledig nieuw aangelegd. Deze ingrepen maakten deel uit van een breder plan voor de Gaasperplas en de omliggende gebieden. Een ontwerp van de gemeente Amsterdam stadsdeel Zuidoost voor deze plannen is te zien in figuur 27 (gemeente Amsterdam Stadsdeel Zuidoost, 2011) & (Nieuwe_Watergang_Gaasperplas_Bijlage, n.d.).



Figuur 26: Gaasperplas

Naast het omleiden van stedelijk water en de daardoor vermindering aan nutriëntenaanvoer wordt er regelmatig onderhoud uitgevoerd, zoals baggeren en het verwijderen van overtollige waterplanten. Alles samen zorgt ervoor dat de plas schoon is en blijft.

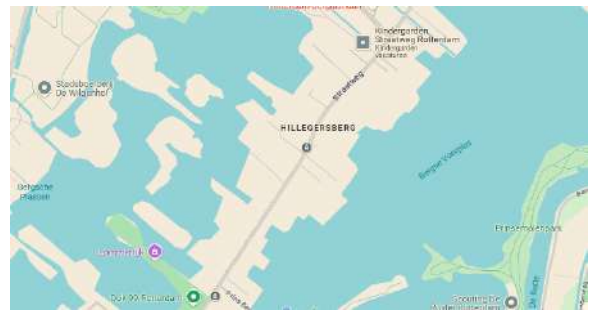
§2.2.7.4 Bergse Plassen Rotterdam

De Rotterdamse Bergse Plassen (te zien in figuur 28) bestaande uit de voor en achter plas hebben samen een oppervlakte van 110 hectare. Ze vervullen recreatieve functies. Er staan vakantiewoningen en er zijn jachthavens. De Bergse Plassen kampten voor een lange tijd met grote waterkwaliteitsproblemen. De plassen waren sterk geeutrofieerd, er waren hoge concentraties blauwalgen aanwezig, een zeer fosfaatrijke bodem en er waren recreatiehuizen zonder riolering waardoor er bacteriologische vervuiling via lozingen ontstond. Daarnaast was de dominerende vissen groep een bodemwoelende brasem (600 kg/ha) (STOWA, n.d.).



Figuur 27: Bergse Plassen Rotterdam

Er zijn in de Bergse Plassen meerdere maatregelen genomen om de problemen aan te pakken. Vanaf 1995 werd vervuild slib weggebaggerd en daarna afgedekt met zand om eutrofiering te beperken en de bodem te stabiliseren. Ook werden recreatiewoningen aangesloten aan een rioleringssysteem. Sinds 2004 wordt water wat wordt ingelaten gedefosfaateerd met behulp van ijzerchloride. Daarnaast zijn er natuurvriendelijke oevers aangelegd en werd de visstand door actief biologisch beheer uitgedund. Daarnaast zijn veel jonge snoeken losgelaten en is er een snoekenpaaiplaats gecreëerd zodat de roofvissen de kans de geven de vispopulatie te balanceren (HHSK n.d.).



Figuur 28: Bergse Plassen

De resultaten van deze maatregelen waren goed. Het doorzicht in de plassen nam toe van 20 cm naar 1,6 meter, de concentratie chlorofyl daalde van 250 µg/l naar 25 µg/l, en fosfaat en stikstof verminderden ook aanzienlijk. De hoeveelheid bodemwoelende vis zijn afgenomen en er zijn meer snoeken aanwezig. Naast de verbeteringen liep de ontwikkeling van vegetatie achter. In 2008 zijn er waterplanten zoals fonteynkruid en draadwier waargenomen. Deze planten duiden op stabilisatie van de heldere toestand van het water. (HHSK & STOWA, n.d.).

§2.2.7.5 De Geerplas Bilderdam

Een plas die in 2022 nog in het nieuws kwam omdat vissen naar de wateroppervlakte kwamen voor zuurstof is de Geerplas dichtbij Bilderdam (figuur 30). Dit kwam door extremen algengroei. (AD, 2022)

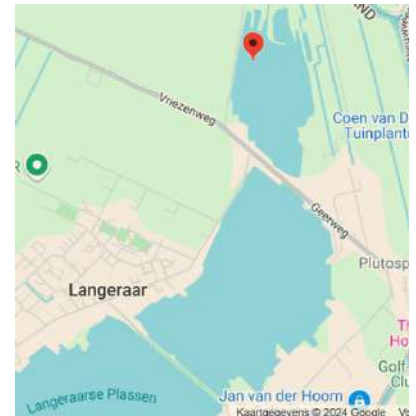
Dit gebeurde, terwijl er van 1989 tot 1999 de volgende maatregelen genomen waren.

In 1989 en in 1991 is zoveel mogelijk bagger uit de plas verwijderd. De bedoeling hiervan was om de sterke fosfor nalevering van de bodem tegen te gaan.



Figuur 29: De (Geer)polder

Tussen 1989 en 1999 is de plas hydrologisch geïsoleerd van de andere delen van de Langeraar plassen (te zien in figuur 31). Bij een watertekort werd in die periode rechtstreeks water uit de Drecht in gelaten in tegenstelling tot de eerdere situatie waarbij water uit de Leidsche vaart via de zuidelijke plassen werd aangevoerd. Overtollig water uit de Geerplas werd uitgeslagen op de Drecht. Daarnaast zijn de ontwateringssloten die in het noordwesten loosden op de Geerplas, afgesloten en is drainagewater van kassen via een gesloten leiding met de riolering verbonden.



Figuur 30: Ligging Geer(polder)plas tegenover de Langeraar plassen

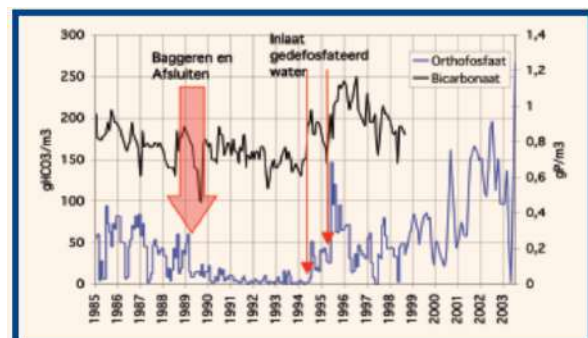
Voor het peilbeheer werd in de genoemde periode vanuit de Drecht water ingelaten. Om de fosforbelasting wat als gevolg van het inlaten ontstond te verminderen, werd dit inlaatwater chemisch gedefosfateerd. Dit had een gemeten efficiëntie van 60 procent voor totaal-fosfor en 90 procent voor orthofosfaat.

In het petgatengebied in het noordelijke gedeelte van de Geerplas bevinden zich een en blauwe reiger en aalscholverkolonie. Water dat direct of indirect met meststoffen van deze kolonies was verrijkt, werd via de kortst mogelijke route naar het gemaal bij de Drecht geleid. Uitwisseling met de plas werd voorkomen door een stelsel van dammen en diafragma's.

In het kort zijn de volgende maatregelen getroffen: baggeren, omleiden vervuild water, ander water binnen laten en het isoleren van het andere deel van de plas.

Het lijkt dus best wel op wat er is gedaan bij de Gaasperplas. Het grootste verschil is dat de een is uitgeroepen tot een zeer schone zwemplek en de andere ongeveer 30 jaar later nog steeds kampt met waterkwaliteit problemen.

Er viel bij de Geerplassen al redelijk snel te zien dat de poging tot verontreiniging faalde. Toen het project startte zag men een aanzienlijke daling in de hoeveelheid algenbloei. In 1989 zate de algengroei weer op hetzelfde niveau als voor de maatregelen. Dit betekent dat in minder dan 10 jaar de maatregelen nutteloos bleken te zijn. Ergens komen dus nog stoffen zoals fosfor vandaan. Uit onderzoek bleek dat in 1995 er een grote toename aan fosfor binnen de plas was te zien in figuur 32



Figuur 31: Grafiek orthofosfaat en bicarbonaat hoeveelheden water door de jaren heen voor en na maatregelen

Dit kwam door het afbreken van organisch materiaal (fosfornalevering). Dit kon in dit geval maar door 2 dingen: of de afsluiting richting de vogels werkt niet en het organisch materiaal komt daar vandaan, óf er is sprake van interne eutrofiering. (Van der Molen, Boers, Van der Veeren, & Lijklema, 1998)

Waarom faalde dit project

De vogelkolonie werd uitgesloten als reden voor de verhoogde algengroei in 1995. Dit werd gedaan omdat voor de verhoging van fosfor die in de plas te zien was er 300 kilo fosfor in twee

maanden in het water erbij gekomen moest worden. Vanuit berekeningen gedaan door Rijkswaterstaat bleek dat de vogelkolonie maar voor 10% van de volledige hoeveelheid fosfor had kunnen zorgen. Hierdoor werd de vogelkolonie uitgesloten als boosdoener.

Het uitsluiten van de vogelkolonie zou betekenen dat er sprake was van interne eutrofiering in de Geerplas.

In dit geval is interne eutrofiëring de verrijking van een watersysteem met voedingsstoffen vanuit het systeem zelf. In deze plas door de afbraak van de veenbodem. Deze bodem is rijk aan fosfaat en geeft voedingsstoffen vrij via poriënwater naar de wateroppervlakte. Dit gebeurt vooral door versnelde afbraak van organisch materiaal. Dit leidt tot een toename van nutriënten in het water en een afname van de helderheid door de vorming van fijn slib.

Interne eutrofiëring werd in dit geval versneld door de aanvoer van stoffen van buitenaf, zoals sulfaat en bicarbonaat via gebiedsvreemd water. Dit gebiedsvreemd water bevatte geen fosfaat dit is waarom het als veilig werd beschouwd. Dit water, dat bijvoorbeeld wordt binnengelaten voor peilhandhaving, bevat vaak hogere concentraties van deze stoffen dan onder natuurlijke omstandigheden, wat de afbraak van veen verder heeft bevorderd. Hierdoor komen nutriënten vrij en werd de pH gebufferd, wat het afbraakproces versnelt.

Het inlaten van gebiedsvreemd (fosfaatvrij) water zorgde voor de toename in fosfaat. Omdat het toch andere stoffen met zich meebracht waar geen rekening mee gehouden werd. (Van der Molen, Boers, Van der Veeren, & Lijklema, 1998)

§2.2 Verdiepend Literatuuronderzoek

§2.2.1 Hoe zal het water van de Amstelveense Poel reageren als we daar een pakket zand op aanbrengen?

In deze deelvraag wordt beschreven welke mate de waterkwaliteit van de Amstelveense Poel is. Uit de verbouwing van de A9 komt een bepaalde hoeveelheid aan zand vrij wat kan worden gebruikt om de waterkwaliteit van de Amstelveense Poel optimaal op pijl te krijgen.

§2.2.1.1 Bodemkenmerken

De Amstelveense Poel is een veenplas met een veenbodem. De bodem bestaat uit nutriënten en voedingsstoffen die omhoogkomen. Er is daarnaast ook een filter geplaatst om het water, wat vanuit de Nieuwe meer komt, te filteren. Deze filtersysteem zorgt voor fosfaten die neerslaan en die niet meer aan de vervuiling kunnen bijdragen (De Bleeck, 2024). Echter is er nog steeds een zeer hoge concentratie fosfaat in het waterlichaam. Het water van de Amstelveense Poel is nauwelijks helder. Hiernaast heeft de Amstelveense Poel last van veel (blauw)algen.

Om de waterkwaliteit van de Amstelveense Poel te verbeteren wordt er sinds september 2024 enkele maatregelen uitgevoerd. Het slib op de bodem wordt momenteel verwijderd van een gedeelte van de Amstelveense Poel en eind maart 2025 wenst Rijnland hiermee klaar te zijn. Ook worden er natuurvriendelijke oevers aangelegd. Deze hebben een geleidelijke overgang van land tot het waterlichaam. Planten en dieren krijgen hierdoor meer ruimte. Ook zorgt dit voor een beschutte leefomgeving voor dieren zoals, insecten, kikkers, padden, kleine zoogdieren en vissen,

Als laatst zijn ook eerdere maatregelen genomen om de waterkwaliteit te verbeteren. Er is een kleine Poel begraven in verbinding met de (grote) Poel, zoals te zien is in figuur 33. De kwaliteit van leven voor de waterdieren in de Amstelveense Poel verbeterd door de kleine Poel.

De gemeente Amstelveen is van plan om het zand wat vrijkomt tijdens de verbouwing van de A9 te hergebruiken in de Amstelveense Poel. Het effect hiervan is dat de waterkwaliteit van de Amstelveense Poel verbeterd. Allereerst wordt er gebaggerd (het verwijderen van slib in de bodem), waarna het pakket zand moet worden aangelegd. De zandlaag op de bodem zorgt voor een schone bodem, wat concludeert tot voedingsstoffen op de bodem die zich niet meer kunnen verspreiden door het waterlichaam (De Bleeck, 2024). Dit concludeert weer tot minder (blauw)algen (Van Rijnland, 2024).



Figuur 32: Kaart grote en kleine Poel

§2.2.1.2 Ruimtelijke analyse Amstelveense Poel

In figuur 34 is de noordelijke poeloever geïllustreerd van de Amstelveense Poel. De Noordelijke Poeloever en de Amstelveense Poel is gelokaliseerd op een plek, die zich bevindt in de buurt van het Amsterdamse Bos. Dit zorgt voor een divers gebied met uniek veel groen in de omgeving van de stad. De Noordelijke poeloever is momenteel niet actief in gebruik. De voorzieningen zijn daarnaast in de omgeving ook verouderd. De Amstelveense Poel bevindt zich in een warrig gebied. De verhouding tussen de locaties van het Oude Dorp en de Poeloever is niet ideaal.

De Noordelijke poeloever zorgt voor het bereik tot het Amsterdamse Bos. De gemeente Amstelveen heeft een voorkeur aan een parkeergarage, zoals te zien is in figuur 34. Vanwege het Raadhuis is het niet mogelijk om een geheel rondje over de Amstelveense Poel te maken zonder onderbreking. Dit zorgt voor de vermindering van de recreatieve waarde van de Amstelveense Poel en de omgeving (*Denk Mee Over Gebiedsvisie Nieuwe Oude Dorp* | Gemeente Amstelveen, 2025).



Figuur 33: Deelgebieden gebiedsvisie Oude Dorp

§2.2.1.3 Eigenschappen van het aangebrachte zand

Uit de verbouwing van de A9 komt er in totaal 600.000 m² grond vrij. Een deel daarvan komt uit de noordelijke bak en een deel uit de zuidelijke bak. De grond wat uit de noordelijke bak is vrijgekomen kan niet meer worden gebruikt. 300.000 m² grond komt vrij van de zuidelijke bak wat wel kan gebruikt worden. De grond bestaat uit 100.000 m² aan veen en 200.000 m³ aan pleistoceen zand en klei in wisselende laagdiktes. De exacte hoeveelheid aan zand wat in aanbod komt voor de Amstelveense Poel is 125.000 m³ (*A9 – Amstelveen Inzicht*, n.d.).

§2.2.1.4 Wat voor invloed heeft een zandlaag op de bodem op de waterkwaliteit?

Na het baggeren van een gedeelte van de Amstelveense Poel is het plan om een zandlaag te plaatsen op de bodem van de Amstelveense Poel. Dit zal alleen gebeuren in een klein deel van de Amstelveense Poel. In figuur 35 is een looppad te zien die 2 gebieden scheidt. Alleen het binnenste gebied krijgt een zandlaag. Dit is zowel voor de dieren en mensen die een duik willen nemen in het water een goed plan.

De zandlaag die wordt aangebracht op de bodem na het baggeren zorgt voor de afsluiting van de bodem tegen bladeren, afgestorven planten, takjes of organisch afval van vissen die naar de bodem zakken. Deze zorgen voor een zogenaamde 'bodemslib' (wat eerder wordt verwijderd door het baggeren). Het bodemslib zorgt voor de verstoreng van de biologische balans in een waterlichaam. Het bodemslib kan een oorzaak zijn van ziektekiemen, die verantwoordelijk zijn verschillende bacteriën, virussen, schimmels en protozoa 's. Deze verspreiden zich via zowel water als lucht.

Bodemslib kan ook grote hoeveelheden fosfaten en nitraten bevatten die langzaam in het water. Dit draagt vervolgens bij aan eutrofiering, waarbij een overmaat aan voedingsstoffen kan leiden tot versterking van de groei van algen. Ook kan in het slib van vervuild water zware metalen, pesticiden en andere giftige stoffen bevinden. Die kunnen vrijkomen bij schommelingen van de pH graad in een waterlichaam of zuurstofgehalte. Deze stoffen zijn gevaarlijk voor waterorganismen en mensen. Slib zorgt ook voor de vertroebeling van water, waardoor de lichtinval van het waterlichaam kan verminderen, waardoor fotosynthese van waterplanten zullen worden belemmerd en dat zal de zuurstofproductie verlagen (*Bodemslib Vijver Verwijderen: Zo Ga Je Te Werk | Tips Van Vijverbenodigdheden.nl*, 2024).

Zand heeft veel grotere deeltjes, dan klei of slib zoals te zien is in figuur 36. Vervuilde deeltjes kunnen moeilijk een suspensie vormen met het zand, wat ervoor zorgt dat de vervuilde deeltjes in het water zweven en niet allemaal op 1 plek opstapelen (Geologie van Nederland, n.d.). Zandige bodems zorgen ook voor een betere waterdoorlaatbaarheid. Het water in een waterlichaam met een zandlaag kan gemakkelijk stoffen in de omgeving van de bodem weg transporteren (Bouwencyclopedie.nl, n.d.).



Figuur 34: Amstelveense Poel na verbouwing



Figuur 35: Bodemtypes

§2.2.2 Met welke constructie kan de noordzijde van de Amstelveense Poel worden afgedamd zodat het zand niet wegspoelt?

Bij de Amstelveense Poel zal na het wegbaggeren van slib een laag zand worden geplaatst op de bodem van het meer. Dit wordt gedaan om de overgebleven voedingsstoffen af te dekken en zo de waterkwaliteit te verbeteren. Dit proces hoort te voorkomen dat nutriënten alsnog in het water terechtkomen na het baggeren. Vanwege de hoge kosten van zowel het baggeren als het aanbrengen van zand. En door de uitdagingen die horen bij de natuurlijke balans behouden naarmate de werkzaamheden dicht bij het Amsterdamse Bos komen. Aangezien het gebied een rijke biodiversiteit heeft. Er wordt maar bij een deel van de Amstelveense Poel gebaggerd en zand geplaatst, want de volledige Amstelveense Poel doen zou betekenen dat ingrepen nog zorgvuldig afgewogen moeten worden. En dit kost (te) veel geld, tijd en energie.

Het is belangrijk dat het zand wat geplaatst wordt stabiel blijft liggen en zoveel mogelijk op zn plek blijft. Dit is complex en vraagt erom dat er rekening gehouden wordt met zowel ecologische als hydrologische factoren. En er zal ervoor gezorgd moeten worden dat de gekozen aanpak de natuurlijke processen van een meer respecteert.

§2.2.2.1 Methoden om zand op zijn plaats te houden

Een van de meest effectieve methoden om zand op zijn plaats te houden, is het gebruik van barrières die de verspreiding van zand tegengaan.

Natuurlijke begroeiing kan hierbij een rol spelen. Onderzoek toont aan dat onderwaterplanten zoals *Vallisneria americana* te zien in figuur 37 kunnen bijdragen aan stabilisatie door hun wortelstructuur (Kimber, 1994). Een nadeel aan deze oplossing voor Nederlandse locaties is dat het geen inheemse plant is. Ook kan het netjes plaatsen van nieuwe planten in diepere waterlichamen moeilijk zijn.



Figuur 36 Vallisneria americana

Sommige locaties maken gebruik van golfbrekers en oeversuppleties om de resuspensie van zand door golfslag te verminderen (Küster et al., 2012). Als er in een waterlichaam spraken is van fluctuaties in waterstanden kan dit ook strategisch worden gebruikt om beweging van zand te minimaliseren. Zoals uit dit stuk tekst, blijkt er zijn grotere golven en/of duidelijke verschillen in waterstand nodig om hiervan gebruik te maken. Veel meren hebben dit niet of niet genoeg.

§2.2.2.2 Geotextiel

Ook geotextiel (te zien in figuur 38) kan gebruikt worden om zand op een locatie te houden. In sommige gevallen zoals in mens gemaakte vijvers in tuinen wordt het direct over het zand heen geplaatst in locaties met een grote biodiversiteit is dit waarschijnlijk geen goede keuze. De geotextiel laag zou de natuurlijke interacties tussen bodem, water en planten(wortels) beperken of zelfs stil leggen. Ze kunnen de groei van inheemse planten belemmeren. Dit kan dan leiden tot een afname van de biodiversiteit in het gebied. (Adriaan van Hooijdonk, 2021)



Figuur 37 geotextiel

Maar ook al zou het niet direct over het zand heen gelegd kunnen worden kan er nog steeds naar geotextiel gekeken worden. Geotextiel kan worden gebruikt als een verticale of half ingegraven dam structuur rondom het zandgebied. Door een fysieke barrière te installeren met behulp van geotextiel kan de verspreiding van zand worden beperkt zonder het zand volledig af te dekken. Het helpt ervoor te zorgen dat het zand niet weg kan stromen en dat golven en waterstroming weinig tot geen invloed heeft. Hetzelfde principe van de geotextielbarrière zou ook uitgevoerd kunnen worden met andere materialen. Dit zou zelfs nog beter kunnen zijn. Want hoewel een geotextiel barrière effectief kan zijn in het stabiliseren van het zand zou het ook een negatieve invloed kunnen hebben op het ecosysteem van het waterlichaam. Geotextiel is meestal samengesteld uit polymeren zoals polypropyleen, polyester of polyethyleen, die worden omgezet in synthetische textielvezels en vervolgens wordt daarmee een mat gevormd. In deze matten zitten vanuit de polymeren microvezels (microplastics). Als geotextiel in het water geplaatst wordt is er een mogelijkheid dat deze microvezels (microplastics) terechtkomen in de natuur. (waarzitwatin.nl, 2025)

Niet alle geotextielen gebruiken synthetische textielvezels, maar veel wel daarom is het belangrijk om bij te houden welke wel en niet van synthetische materialen gemaakt zijn om milieueffecten tegen te gaan en een materiaal te kunnen kiezen dat minimale verstoring veroorzaakt.

§2.2.2.3 Breuksteen

Maar naast geotextiel zou er ook gebruik gemaakt kunnen worden van een barrière gevormd door zand en stenen. Dit zijn natuurlijke materialen die de risico's voor natuurverstoring wegens microplastics niet met zich meebrengen. Bij zo'n soort dam wordt vaak gebruik gemaakt van breuksteen te zien in figuur 39. Dit is een natuursteen dat met behulp van zijn onregelmatige vorm en grootte goed in samen blijft hangen. Dit zorgt voor een stabiele structuur. Het gebruik van natuurlijke materialen zoals breuksteen heeft als voordeel dat het aansluit bij de al bestaande omgeving.



Figuur 38 breuksteen

Volgens het onderzoek Breuksteen in de praktijk deel 2 van de STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) zijn breuksteenconstructies geschikt voor toepassing in binnenwateren waaronder meren. Deze constructies kunnen effectief dienen als dammen en drempels. Het gebruik van breuksteen draagt bij aan de stabiliteit van de oever en biedt tegelijkertijd een habitat voor diverse organismen. Dit komt de biodiversiteit in wateren ten goede.

Bij het plaatsen van zand moet dus rekening worden gehouden met de hydrodynamica (de stroom van een vloeistof) van het meer. Het reguleren van waterstromen door middel van structuren zoals ondergedompelde dijken kan helpen om de verspreiding van zand te beperken (Hargis, 1972).

§2.2.2.4 Maatregelen naast damconstructies

Een continue monitoring van de zandstabiliteit en waterkwaliteit is essentieel voor een duurzame aanpak. Wetenschappelijke meetmethoden zoals bodemscans kunnen ook helpen om een goede techniek te kiezen (Casper et al., 2025).

Een studie in de Journal of Environmental Management beschreef het belang van gedetailleerde bodemscans voor het ontwerpen van effectieve en milieuvriendelijke

oeverbeschermingsstrategieën. Er werd in dit onderzoek gesteld dat een grondig begrip van de bodemkarakteristieken leidt tot betere beslissingen als het gaat over materialen en technieken.

Het toepassen van Best Management Practices (BMP's) kan ook naar gekeken worden. Bmp komt uit Amerika en verwijst naar een praktijk of combinatie van praktijken die een effectieve, praktische manier vormt om de hoeveelheid vervuiling die wordt veroorzaakt door indirecte bronnen te voorkomen of te verminderen. Dit kan dan ook bijdragen aan een effectieve bescherming van het ecosysteem. Een aanpak waarbij meerdere natuurlijke technieken worden gecombineerd biedt vaak de beste resultaten (Haggard et al., 2010). En door zorgvuldige planning en goede voorbereiding kan de natuurlijke balans van een meer onverstoorde blijven terwijl het geplaatste zand op de bodem blijft liggen.

§2.2.3 Welke diepte en kwaliteit van water is nodig om te kunnen zwemmen in de Amstelveense Poel?

De Amstelveense Poel heeft een bodem die geleidelijk afloopt van ongeveer 1,0 tot 1,8 meter. Hoewel sommige delen van het watergebied met een diepte van 1,5 tot 1,8 meter wel geschikt zijn om in te zwemmen, is het ook zo dat er gedeeltes zijn die minder diep en dus ongeschikt voor recreatiemogelijkheden zijn. Dit is ook zo aan de noordzijde van de Amstelveense Poel. Het water is hier te ondiep en zal dus uitgebaggerd worden door de Amstelveense gemeente. Het is aangeraden om een minimale diepte van 1,5 meter aan te houden om veilig te kunnen zwemmen en duiken (Hoogheemraadschap van Rijnland, z.d.).

In tegenstelling tot de diepte, is de waterkwaliteit een veel grotere uitdaging. Om er daadwerkelijk in te kunnen zwemmen, moet het water voldoen aan de Europese richtlijn voor zwemwaterkwaliteit (2006/7/EG). Deze stelt strikte eisen aan de microbiologische, fysische en chemische eigenschappen van het water om volksgezondheid en het milieu te beschermen.

Volgens het Hoogheemraadschap van Rijnland (z.d.), bevat het water in de Amstelveense Poel daarnaast te veel fosfaat, wat leidt tot de welbekende, overmatige groei van blauwalgen, omdat zij snel kunnen groeien door dit soort voedingsstoffen. De blauwalgen zijn schadelijk en kunnen giftige stoffen afscheiden. Zo kunnen ze er bij zwemmers bijvoorbeeld ervoor zorgen dat ze te maken krijgen met huidirritatie, misselijkheid en ademhalingsproblemen. Er is niet direct een richtlijn van de EU over fosfaat en stikstofgehaltes, maar Rijnland raad streng aan om niet in dit water te zwemmen.

Daarnaast is een andere factor waar rekening mee moet worden gehouden de pH-factor van het water. Deze moet volgens de richtlijn namelijk liggen tussen de 6 en 9 om veilig te kunnen zwemmen. Door de diverse algenbloei kunnen er grote schommelingen in de pH-factor komen, wat een risico is voor zowel mensen als omgeving. Ook is het zo dat de algen veel giftige stoffen uitscheiden, die schadelijk zijn voor de gezondheid. Denk hierbij aan toxines, zoals bijvoorbeeld microcystines. Het is nodig dat deze stoffen regelmatig gemonitord worden, zodat het duidelijk is wanneer er te veel van in het water aanwezig is. Als dit goed wordt gedaan, kunnen mensen op tijd gewaarschuwd worden hierover. Volgens de richtlijn moeten dit soort 'waterkwaliteitsmetingen' minimaal vier keer per zwemseizoen worden uitgevoerd. Er moeten dan monsters worden genomen uit het water op punten die het zwemgebied zullen vormen. Ze kunnen dan in vier categorieën worden verdeeld: uitstekend, goed, aanvaardbaar of slecht. Belangrijk hierbij is dat een locatie, zoals bijvoorbeeld een strandje aan de noordzijde van de Amstelveense Poel, pas erkent kan worden als officiële zwemplek als de waterkwaliteit bestempeld wordt met 'aanvaardbaar' over een tijdsspan van 4 jaar. In het geval van de Amstelveense Poel, blijkt uit eerder rapporten van Rijnland dat de waterkwaliteit op veel punten als 'slecht' wordt ondervonden. Er is dus veel te doen om het water aan de Europese normen te laten voldoen.

Een andere eis van de Europese Unie is dat de zichtdiepte van zwembaar water minstens 1 meter moet zijn. Dit is belangrijk voor de veiligheid van de zwemmers, want het kan hen beschermen tegen onverwachte obstakels of verdrinkingsrisico's. Door de eutrofiëring in de Amstelveense Poel is deze zichtdiepte vaak beperkt. Het water is te troebel gemaakt door de blauwalgengroei en is volgens de EU-richtlijn dus niet geschikt om in te zwemmen (*EU Law - EUR-Lex*, z.d.).

In 2027 moeten alle EU-Lidstaten voldoen aan de doelen die de KRW (Kaderrichtlijn Water) opstelt. Deze stelt verschillende eisen aan wateroppervlaktes op gebied van chemische en ecologische kwaliteit. Ook dit geldt voor de Amstelveense Poel. Om de 6 jaar worden metingen gedaan aan het water om te kijken of het aan deze eisen voldoet. Dit wordt gedaan door het Hoogheemschapsraad Rijnland. In 2019 was hun laatste meting van de Amstelveense Poel gemaakt en was vastgesteld dat het water op veel gebieden niet aan de eisen van de KRW voldoet. Hieronder is een tabel te zien met deze resultaten (Hoogheemraadschap van Rijnland, z.d.).

Oordelen 2019

waterplanten	Slecht	
vissen	Slecht	
macrofauna	Matig	
algen	Ontoereikend	
Biologie	Slecht	
BOS	Slecht	
Overige stoffen	Voldoet niet	
Prioritaire stoffen ubiquitair	Voldoet niet	
Prioritaire stoffen NIET ubiquitair	Voldoet	
Chemie totaal	Voldoet niet	
TOTAAL OORDEEL	Voldoet niet	

Probleemstoffen (oordeel+toetswaarde)

Doorzicht	Slecht	0,367
Stikstof	Slecht	2,967
Zuurstof	Ontoereikend	133,000
Zuurgraad	Slecht	8,867
Fosfor	Ontoereikend	0,133
Temperatuur	Ontoereikend	28,200
Ammonium	Voldoet niet	5,320
PFOS	Voldoet niet	0,005
TC4ySn	Voldoet niet	0,007

Figuur 39: Resultaten van metingen in Amstelveense Poel ("AMSTELVEENSE POEL Gebiedsdocument KRW3", 2021)

§2.2.4 Op welke manier kan een vlonder pad worden ontworpen in de Amstelveense Poel met een loop- en fietspad bovenop?

Het is nu dus duidelijk dat de gemeente Amstelveen de noordzijde van de Amstelveense Poel wil afsluiten om er een soort strandgebied van te maken. Hierbij willen ze een pad over het water creëren tussen de twee oevers van de poel. De ideaalste manier om dit te kunnen doen is een vlondersteiger aanleggen, omdat deze relatief makkelijk te maken is, minimale impact om omgeving heeft en er over het algemeen voor zorgt dat de natuurlijke uitstraling van de Amstelveense Poel behouden blijft. Om zoiets te kunnen



Figuur 40: Voorbeeld van een vlonder pad (Mulder, 2024)

aanleggen moet er echter rekening worden gehouden met verschillende factoren. Zo moet er bijvoorbeeld gekeken worden naar bodemgesteldheid, waterstroming en belasting eisen. Daarnaast moet ook onderzocht worden over wat voor effect zo'n steiger heeft op het milieu en of het wel duurzaam is (Janssen et al., 2019).

§2.2.4.1 Fundering en bodemgesteldheid

Om een vlondersteiger aan te kunnen leggen is de eerste stap waarnaar gekeken moet worden de fundering. Omdat de bodem van de Amstelveense Poel een veenachtige ondergrond heeft, is het lastiger om traditionele funderingsmethodes toe te passen. Veenbodems zijn vrij instabiel en kunnen vrij gemakkelijk inklinken onder zware belasting (Van der Molen, 2020). Om deze reden moeten de funderingspalen van de vlondersteiger diep in een stabiele zandlaag verankerd worden. Dit kan gedaan worden met schroefpalen of hardhouten palen, die goed bestand zijn tegen water en biologische afbraak (Brouwer, 2018).

Het plaatsen van dit soort funderingspalen gaat dan aan de hand van een triltechniek of door gebruik te maken van de waterdruk, maar dit is afhankelijk van de ondergrond. Bij triltechnieken wordt er een paal met een trilblok (figuur 42) in de grond geplaatst, maar bij waterdruktechnieken wordt een straal water gebruikt om een paal steeds dieper te laten zakken. Aangezien er nog gebaggerd moet worden is het onverstandig nu al te kunnen zeggen welke methode in het geval van de Amstelveense Poel beter zal werken, maar het is wel belangrijk dat de uiteindelijk gekozen methode rekening houdt met verstoring van de waterbodem en dus de ecologie.



Figuur 41: Voorbeeld van een trilblok (De Block verhuur, z.d.)

Naast funderingspalen zijn dwarsbalken ook essentieel voor een stabiele constructie. Deze verdelen als het ware de belasting over de palen en vormen de basis waarop de steiger is gebouwd. De plaatsing van deze balken hangt af van de verwachte belasting van de mensen die eroverheen lopen/fietsen en de spanwijdte tussen de palen (Janssen et al., 2019).

§2.2.4.2 Materialen en constructie

De draagstructuur van de steiger bestaat uit dwarsbalken die op de palen rusten. Hardhoutsoorten zoals bankirai en azobé worden vaak gebruikt vanwege hun hoge duurzaamheid en weerstand tegen vocht en schimmels (Gadero, z.d.). Alternatieven zoals gerecycled kunststof of composiet kunnen een milieuvriendelijkere optie zijn, omdat ze minder onderhoud vereisen en een langere levensduur hebben (Rijksoverheid, 2022). De bovenlaag van de steiger moet antislip-eigenschappen hebben om voor veiligheid te zorgen, vooral bij regen of vorst.

Bij de keuze van materialen moet rekening worden gehouden met de impact op het milieu. Hout met een FSC-keurmerk*, zoals te zien is in figuur 43, of composiet met gerecyclede componenten is een duurzamere keuze. Verder moet worden gekeken naar bevestigingsmaterialen zoals roestvrijstalen bouten en schroeven om corrosie te voorkomen (Stichting Waternet, 2021). Hierdoor blijft de constructie langer heel en is er minder onderhoud nodig.



Figuur 42: Duurzaam bankirai hout met het FSC-keurmerk (Van Dijk, z.d.)

§2.2.4.3 Belasting normen en stabiliteit

In Nederland gelden de NEN-EN 1991-1-1 regels voor de belasting op constructies. Voor zo'n vlondersteiger geldt dan dat die minimaal 2,5 kN/m² aan gewicht moet kunnen dragen. Dit betekent dat de funderingspalen dus sterk genoeg moeten zijn om aan deze eis te voldoen (BouwTotaal, 2020). Daarnaast moet de constructie bestand zijn tegen wisselende waterniveaus door bijvoorbeeld neerslag.

De stabiliteit van een vlondersteiger kan verbeterd worden door bijvoorbeeld gebruik te maken van schoorverbindingen. Dit is wanneer je twee palen schuin met elkaar verbindt om horizontale beweging door wind- en waterkrachten te voorkomen (figuur 44). In zachte bodems, zoals in de Amstelveense Poel zijn deze heel nuttig omdat ze voor wat extra stevigheid zorgen (TNO, 2017).



Figuur 43: Een vlonder met een schoorverbinding (Steiger Aan het Water? Van Der Helm Waterbouw!, z.d.)

De breedte van de steiger en de leuningen spelen ook een rol in de veiligheid. Volgens Europese richtlijnen moet een openbare steiger minimaal 1,5 meter breed zijn om voldoende loopruimte te bieden en leuningen moeten worden aangebracht bij steigers die hoger dan 50 cm boven het wateroppervlak liggen (Janssen et al., 2019).

§2.2.4.4 Milieu-impact

Bij de aanleg van een vlondersteiger in de Amstelveense Poel moet rekening gehouden worden met de waterkwaliteit en het ecosysteem. Gebruik van chemisch behandelde materialen, zoals geïmpregneerd hout, kan schadelijke stoffen afgeven aan het water en is dus niet toegestaan. Natuurlijke en milieuvriendelijke materialen zijn daarom ten strengste aangeraden. Hardhout met een FSC-keurmerk of gerecyclede kunststof zijn bijvoorbeeld betere opties.

Daarnaast moet verstoring van waterplanten en leefgebied van dieren worden voorkomen. Dit kan door de bouwfase te plannen buiten het broedseizoen en door sedimentverspreiding te minimaliseren met tijdelijke schermen. Een ontwerp voor een vlondersteiger kan verder worden aangepast met openingen in de steiger om voor lichtinval naar onderwaterplanten te zorgen (Stichting Waternet, 2021).

*(Het FSC is een internationale organisatie die zich inzet voor bossen en verantwoord bosbeheer wereldwijd (*Lees Meer Over het Keurmerk FSC*, z.d.))

§2.2.5 Welke ecologische en technische aspecten zijn essentieel voor het creëren van drijvende eilanden voor in de Amstelveense Poel om een natuurlijke uitstraling te behouden?

§2.2.5.1 Materialen van het drijvend eiland

Floating Island International (FII) is een innovatief bedrijf dat diverse soorten drijvende eilanden ontwikkelt voor uiteenlopende doeleinden. Een van hun meest opmerkelijke creaties is de BioHaven, een eerder in dit onderzoek genoemde technologie. Dit drijvende eiland bevordert waterzuivering, doordat het met behulp van biofilms overtollige nutriënten uit het water filtert en zo bijdraagt aan een gezonder ecosysteem.

Wat de BioHaven extra bijzonder maakt, is het materiaal waarvan het eiland is opgebouwd. Een standaard BioHaven-eiland bestaat uit een rechthoekige structuur die zelfstandig kan worden gebruikt of in rijen aan elkaar kan worden gekoppeld (zie figuur 45). Elk eiland is opgebouwd uit meerdere lagen matrix van 5 cm dik, vervaardigd uit 100% gerecycled PET-plastic afkomstig van drinkflessen. Het aantal lagen hangt af van het type eiland: een wetland-eiland dat uitsluitend water filtert bestaat uit 4 tot 5 lagen, terwijl een platformeiland, geschikt om

op te lopen, wel 24 lagen dik kan zijn. De drijfkracht – oftewel het draagvermogen van het eiland – wordt vooraf bepaald en varieert van 60 tot 300 kg per vierkante meter. Om stabiliteit te garanderen, worden de eilanden met behulp van ankers of touwen op hun plek gehouden.

Het hele eiland krijgt ook een polyurea coating wat het eiland beschermt tegen Uv-straling en dieren zoals eenden en ganzen. De coating bestaat uit hetzelfde materiaal dat wordt gebruikt om betonnen watertanks en vrachtwagenbeddingen te bekleden en voldoet aan de kwaliteitsnormen voor levensmiddelen.

Op de eilanden kunnen planten vakken worden aangemaakt met een afstand van 30 tot 45 cm tussen elke vak (zie figuur 46). Bij aankoop worden de eilanden zonder planten geleverd, zodat er lokale vegetatie kan worden gebruikt die niet het omliggende ecosysteem zal verstoren.



Figuur 44: Gekoppelde BioHaven eilanden (Natural Clean Water Solutions, n.d.)



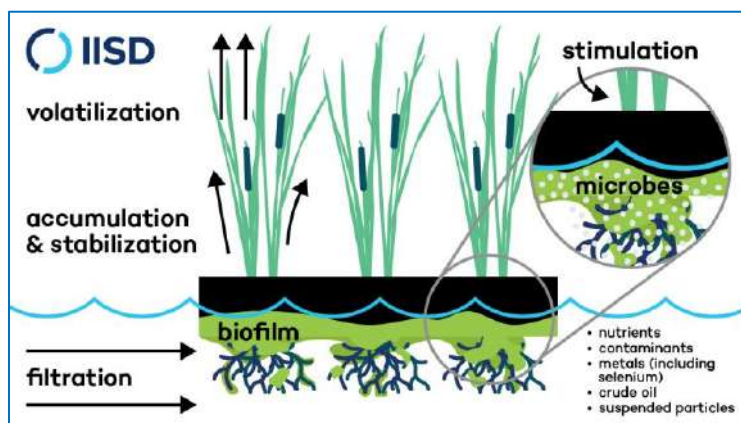
Figuur 45: Planten toevoegen aan eilanden (Natural Clean Water Solutions, n.d.)

§2.2.5.2 Hoe filteren drijvende eilanden overtollige nutriënten en schadelijke stoffen van het water?

De drijvende eilandjes, ofwel FTW's (Floating Treatment Wetlands), zijn kunstmatige platformen waarop waterplanten kunnen groeien. Deze wetlands worden vooral gebruikt voor watergebieden waar veel eutrofiëring plaatsvindt (*Nutriënten en het Ecologisch Functioneren van Oppervlaktewateren*, z.d.-b). Dit houdt in dat er te veel voedingsstoffen in het water zitten, wat zorgt voor de groei van algen en planten, waardoor schade aan het ecosysteem ontstaat. FTW's zijn zo gemaakt dat de wortels van de planten door het eilandje heen kunnen groeien en dus contact maken met het water. De wortels, samen met micro-organismen (microben/bacteriën) erin, functioneren hier als een filter voor de overtollige voedingsrijke stoffen, zoals bijvoorbeeld fosfor. De planten nemen deze stoffen vervolgens op voor hun groei en ontwikkeling, terwijl het water gereinigd wordt (Tanner et al., 2011).

Daarnaast spelen de bacteriën in de plantenwortels een grote rol bij denitrificatie: een proces waarbij schadelijke stikstofverbindingen, zoals nitraat, uit het water wordt gehaald en veranderd in onschadelijk stikstofgas. Dit komt tenslotte vrij in de atmosfeer (Bath, z.d.). De FTW's zorgen als het ware voor een lichte verzuring van het water door het vrijkomen van humuszuren. Deze humuszuren ontstaan wanneer er planten op de eilandjes afsterven. Omdat de zuurgraad van het water nu is toegenomen, wordt de oplosbaarheid van bepaalde voedingsstoffen in het water aangetast en zijn koolstofbronnen steeds meer beschikbaar voor de micro-organismen. De dode plantenresten zorgen daarnaast ook voor extra koolstof dat dient als voedsel voor de bacteriën. Hieruit kunnen we halen dat het hele denitrificatieproces wordt ondersteund door het gebruik van FTW's en er dus minder overtollige stoffen in het water aanwezig zijn (McCoy et al., 2024c).

FTW's zijn ook te gebruiken in allerlei verschillende situaties, omdat ze zich makkelijk kunnen aanpassen aan verschillende waterniveaus. Een verschil met traditionele wetlands bijvoorbeeld is dat de wortels van de planten op het eiland in het water groeien en niet in de bodem, zoals geïllustreerd in figuur 47. Zo ontstaat er een langere retentietijd. Dit is de tijd dat water in contact blijft met de plantenwortels. Er wordt dus meer tijd besteed door de planten en micro-organismen om ongewenste stoffen uit het water te halen (Bath, z.d.).



Figuur 46: Schematische weergave van de algemene werking van een FTW (Grosshans et al., 2019d)

§2.2.5.3 Hoe ziet de trilveenvegetatie rondom ‘de Amstelveense Poel’ eruit?

Trilveen is een zeldzaam bodem- en vegetatietype dat voorkomt in laagveengebieden. Het bestaat uit drijvende, slappe bodems van 20-70 cm dik, opgebouwd uit plantenresten, zegge- en graswortels, en wordt gekarakteriseerd door lage vegetatie van zeggen, mossen en kruiden. Voor het ontstaan en behoud van trilveen is er mineraalrijk en nutriëntarm water met stabiele, hoge waterstanden nodig. Verzuring en verslechtering van de waterkwaliteit bedreigen het voortbestaan van Trilveen.

Trilveen herbergt een hoge biodiversiteit, met unieke planten zoals groenknolorchis, waterdrieblad en verschillende soorten veenmossen. Ook herbergt het verschillende diersoorten, zoals de zilveren maan, watersnip en ringslangen. Trilvenen komen voor in Nederland met als belangrijkste locatie De Wieden, De Weerribben en Molenpolder.

(Natuurkennis, n.d.)

Planten komen niet willekeurig voor. Welke planten groeien wordt bepaald door de temperatuur, zuurgraad, type bodem etc. Hierdoor heb je specifieke combinaties aan planten, wat een plantengemeenschap vormt. Het is normaal dat één plantensoort in meerdere plantengemeenschappen kan voorkomen vergelijkbaar met één diersoort die deelneemt aan verschillende ecosystemen. Zo komt het ook voor dat één plantensoort alleen in één soort plantengemeenschap voorkomt. Dit is immers het geval bij de trilveenvegetatie waar er dus unieke soorten voorkomen. Figuur 48 laat een paar van deze plantensoorten zien. (Novio Design, Ton Haex, n.d.) Andere plantensoorten die voorkomen zijn: Waterdrieblad, moeraskartelblad, draadzegge, blaasjeskruid en kranswieren. De conclusie die hieruit kan worden getrokken is dat er vooral zeggen, mossen en kruiden voorkomen in de trilveenvegetatie rondom de Amstelveense Poel.

(Natuurkennis, n.d.)



Figuur 47: Unieke plantensoorten die in trilveenvegetatie voorkomen van linksboven naar rechtsonder: Gevind moerasvorkje, Trilveenveenmos, Rood schorpioenmos, Ronde zeggen, Slank wollegras, Kwelviltsterrenmos, Veenmosorchis en groenknolorchis (British Bryological Society, 2024)

§2.2.6 Wat zijn de huidige natuurwaardes van de Amstelveense Poel en wat zijn de gewenste natuurwaardes van het Amsterdamse bos?

Het Hoogheemraadschap van Rijnland beheert het water tussen Velsen en Gouda. Zij hebben waterlichamen in verschillende watertypes ingedeeld, zoals in tabel 2 te zien is. De Amstelveense Poel kan worden geclassificeerd tot watertype M27, wat inhoudt dat het een matig grote ondiepe laagveenplas is. Ook meet Rijnland op 60 plekken elke maand de concentraties van fosfor, stikstof, chloride, zink en koper. Voor het Amsterdamse Bos zijn de concentraties van fosfor en nitraat het belangrijkste, omdat deze twee natuurwaardes de grootste oorzaak van eutrofiëring zijn. Tabel 3 laat zien wat de gewenste concentraties voor deze twee natuurwaardes zijn volgens de Kaderrichtlijn Water (KRW). Dit betekent dus een concentratie van $\leq 0,04$ mg/L voor fosfor en $\leq 1,0$ mg/L voor nitraat.

Code watertype	Beschrijving watertype
M1a	Zoete sloten (gebufferd)
M1b	Niet-zoet sloten (gebufferd)
M3	Gebufferde (regionale) kanalen
M6a	Grote ondiepe kanalen zonder scheepvaart
M6b	Grote ondiepe kanalen met scheepvaart
M7b	Grote diepe kanalen met scheepvaart
M8	Gebufferde laagveensloten
M10	Laagveen vaarten en kanalen
M14	Ondiepe gebufferde meren
M20	Matig grote diepe gebufferde meren
M27	Matig grote ondiepe laagveenplassen
M30	Zwak brakke wateren

Tabel 2: Soorten watertypen in Nederland (Power BI Report, n.d.)

Fosfor en nitraat (mg/L)

Natuurwaarde	Zeer goed	Goed	Matig	Ontoereikend	Slecht
Fosfor	$\leq 0,04$	$\leq 0,09$	$\leq 0,18$	$\leq 0,36$	$> 0,36$
Nitraat	$\leq 1,0$	$\leq 1,3$	$\leq 1,9$	$\leq 2,6$	$> 2,6$

Tabel 3: KRW-normering voor de concentratie van fosfor en nitraat in mg per liter voor watertype M27 (Power BI Report, n.d.)

Tabellen 4 en 5 laten de door Rijnland gemeten concentraties van fosfor en nitraat in de Amstelveense Poel zien gedurende het jaar 2024. Wanneer de concentraties van tabellen 4 en 5 worden vergeleken met de criteria van tabel 3 is te zien dat de fosfor concentratie in de zomer maanden slecht is in tegenstelling tot de overige maanden die goed zijn. Er is echter geen maand waarin de waardes zeer goed zijn. Voor nitraat geldt dat de concentratie het hele jaar door matig is en in december zelfs ontoereikend. Hieruit kan geleid worden dat de fosfor en nitraat concentraties moeten dalen voor het gehele jaar om te voldoen bij de wensen van het Amsterdamse Bos. Bij fosfor moet extra gelet worden op de zomermaanden wanneer er een piek verschijnt in de concentratie en bij nitraat ligt de focus op het gehele jaar.

Fosfor (mg/L)

jan	feb	maart	apr	mei	juni	juli	aug	sep	okt	nov	dec
0,09	0,08	0,09	0,07	0,09	0,22	0,26	0,37	0,21	0,09	0,06	0,08

Tabel 4: Concentratie fosfor per maand in het jaar 2024 (Power BI Report, n.d.)

Nitraat (mg/L)

jan	feb	maart	apr	mei	juni	juli	aug	sep	okt	nov	dec
2,3	2,2	1,5	1,6	1,5	1,4	1,9	1,8	2,5	2,1	2,2	2,7

Tabel 5: Concentratie nitraat per maand in het jaar 2024 (Power BI Report, n.d.)

§2.2.6.1 Hoe hebben andere mensen in soortgelijke situaties drijvende eilanden ingezet en hoe werkt het?

Achtergrond

Er wordt al jarenlang gewerkt aan het behouden van een goede waterkwaliteit door middel van kleine eilandjes. Dit wordt dan gedaan voor bijvoorbeeld rivieren, plassen en in dit geval, ook poelen. In de jaren 80 werd het idee al geïntroduceerd en getest in Australië. Het reinigen van water deden ze toen aan de hand van bepaalde 'Wetlands'. Dit zijn natuurlijke of aangelegde gebieden die voor een groot deel uit water bestaan. Ze hebben allerlei overgangen van het water naar het land en houden zoet water vast. Omdat hier al veel mee gewerkt was, kwam in de jaren 90 in vooral Aziatische landen zoals China en Japan toen ook het concept dat er begroeiing, zoals bijvoorbeeld planten op deze eilandjes geplaatst konden worden. Deze planten zouden dan functioneren als een soort filter voor verontreinigende/voedingsrijke stoffen, aangezien deze ze op kunnen nemen.

In 1988 werd pas echt vooruitgang gemaakt in het onderzoek naar hoe begroeide wetlands gebruikt kunnen worden om water te filteren van ongewenste of zelfs schadelijke stoffen (researchgate). Denk hierbij vooral aan ammonium, nitraat, fosfaat, organisch koolstof en zwevende deeltjes. Begin jaren 2000 begon Bruce Kania van FII (Floating Island International) namelijk met het experimenteren met verschillende bouwmaterialen en ontwerpen voor dit soort drijvende eilandjes. Dit deed hij dan samen met onderzoekers in een laboratorium. De resultaten die eruit kwamen, toonden aan dat de eilandjes deze stoffen snel en effectief konden verwijderen in vergelijking met andere methodes. Deze andere methodes includeren vooral chemische en mechanische technieken, zoals bijvoorbeeld het toevoegen van kalk of aluminiumzouten om aan fosfaat te binden, of het gebruik van een soort beluchtingssysteem om stikstof te kunnen verwijderen. In het begin werden er testen gedaan op een begroeid eilandje van ongeveer een 20 cm dikte. Het bleek hierbij dat voedingsrijke stoffen, zoals ammonium, met 1,3 – 3,0 kg per vierkante meter per jaar verdween en voor fosfaat was dit ongeveer 0,4 – 1,7 kg per vierkante meter per jaar. Of het eilandje nou binnen werd geplaatst of buiten maakte niet uit; de bevindingen bleven na verschillende proefjes veelal hetzelfde. Bruce Kania zorgde ervoor dat de begroeide wetlands meer gecommmercialiseerd werden en dus meer over de wereld werden gebruikt. Vandaar dat het al een bekend concept is met allerlei verschillende toepassingen (Masters, n.d.).

Om een dieper inzicht te krijgen op onze situatie met de Amstelveense Poel onderzoeken we daarom enkele van deze eilandjes om te kijken welke aspecten nou echt effectief benut zouden kunnen worden voor een filterend eilandje in de Amstelveense Poel.

BioHaven

Een van de bekendste voorbeelden van een begroeide wetland is daarom de Biohaven. Deze is ontworpen door FII en dus ook Bruce Kania. Deze eilandjes vervulden hun doel ook door het verwijderen van de nutriënten in het water. Wat deze wetland echter speciaal maakt is dat het gebruik maakt van biofilms. Deze kunnen zich dan hechten aan een oppervlak en een soort slijmerig omhulsel ontwikkelen om zichzelf te beschermen. Dit slijm, ook wel extracellulaire polymere substantie (EPS) genoemd, helpt bacteriën in de biofilm dus in diverse omgevingen te overleven. De biofilm wordt dan aangelegd op een speciaal gemaakte frame of structuur (matrix) gemaakt door FII. Op de biohaven is dit frame een sponsachtig materiaal dat is gemaakt van sterke PET-plasticvezels (Floating Islands West | BioHaven® Treatment Wetlands | Our Brand, z.d.). De bacteriën in de biofilm breken dan voedingsstoffen af, waardoor de waterkwaliteit verbetert, maar door de slijmerige EPS-matrix worden ook fijne deeltjes opgevangen, zoals microplastics en worden deze verwijderd uit het water. Deze wetland heeft dus als extra functie ook nog het verwijderen van afval. Daarnaast ondersteunt de matrix van de biohaven plantengroei. Dit zorgt ervoor dat de wortels van deze planten extra oppervlak kunnen bieden voor biofilmvorming en bijdragen aan de opname van voedingsstoffen uit het water. Door de eigenschappen van de biohaven kan het water dus effectief en langdurig gefilterd worden zonder verlies van effectiviteit, wat het duurzaam maakt. (Final Report - Montana Board Of Research, z.d.-f).

In totaal waren er 35 experimenten met de biohaven uitgevoerd. 30 hiervan waren gedaan in tanks in een lab. Hier zijn verschillende combinaties van nutriëntconcentraties, beluchting en watertemperatuur getest op de begroeide eilandjes. Door de omstandigheden voor de bacteriën in het biofilm te optimaliseren, werden steeds betere resultaten geboekt in de verwijdering van bijvoorbeeld stikstof. 5 experimenten werden buiten uitgevoerd in vijvertjes met eilandjes en zonder eilandjes. Uit deze tests was gebleken dat de vijvertjes met eilandjes ongeveer 16 keer zo helder waren als de vijvertjes zonder een eilandje. De biohaven verlaagde in veel gevallen de Nephelometric Turbidity Unit, ook wel NTU-waarde genoemd, van 388 naar 26, wat de troebelheid of helderheid van water representeert. Het meet dus als het ware hoe licht door water kan worden verspreid door de aanwezigheid van zwevende deeltjes, zoals bijvoorbeeld algen: kortom het water werd helderder. Hieronder in de tabel zijn de resultaten weergegeven van enkele experimenten. Je kunt hierin zien dat microben ervoor zorgen dat bijvoorbeeld nitraat ($\text{NO}_3\text{-N}$) en fosfaat ($\text{PO}_4\text{-P}$) veel uit het water worden verwijderd. In een van de tests was het nitraatgehalte in het water zelfs met $10\,600\text{ mg d}^{-1}\text{ ft}^{-2}$ gedaald.

Nutriënten	Afname snelheid in mg d ⁻¹ ft ⁻²	bron	bijzonderheden
NO₃-N	10,600	Floating Island Intl – tank test Run 23	Alleen microben – koolstofbron toegevoegd
NO₃-N	1880	Floating Island Intl – tank test Run 33	September 2007
NO₃-N	520	U.S. BoR – tank test	Macrofyten, microben en algen
NO₃-N	56	Floating Island Intl – Tank test	Alleen macrofyten - vroege resultaten
TN-N (zie opmerking 1)	540	Motel septic effluent – Hart (Australia)	Vetivergras op drijvende platforms (microben en macrofyten)
TN-N	270	Tanner 1995	Totale verwijdering (planten, microben, absorptie; ketelsteen; afvalwater
TN-N	255	U.S. Ag Research Service- tank test	Alleen macrofyten; afvalwater
TN-N	68	Swine effluent – constructed wetland	Macrofyten; microben en algen
NH₄-N	759	Floating Island Intl – test pond Run 34	Alleen microben
NH₄-N	338	Floating Island Intl – tank test Run 16	Alleen microben
PO₄-P	428	Floating island Intl – tank test 27	Alleen microben – gecontroleerde ORP- condities
PO₄-P	106	Floating Island Intl – test pond Run 34	Alleen microben
PO₄-P	52	Motel septic effluent – Hart (Australia)	Tetivergras op drijvende platforms (microben en macrofyten)
PO₄-P	40	Tanner 1995	Totale verwijdering (planten, microben, absorptie); afvalwater op tankschaal

PO₄-P	38	U.S. Ag Research Service- tank test	Alleen macrofytenopname - uitgaande van een jaarlijkse groeiperiode van 180 dagen
PO₄-P	28	Floating Island Intl – test pond Run 33	September 2007
PO₄-P	12	Floating Island Intl – tank test	Alleen macrofyten - vroege resultaten

(Opmerking 1: Stikstof totaal (TN) in afvalwater bestaat meestal voornamelijk uit ammonium.)

Tabel 6: Representatieve verwijderingspercentages voor voedingsstoffen (*Final Report - Montana Board Of Research*, z.d.-f)

Moerasfilter (Marsh Flow-Way)

Een andere vorm van een filterend eilandje is het moerasfilter. Het werd gebruikt voor Lake Apopka: een groot ondiep meer in Florida van 125 km². Het meer werd al sinds de jaren 40 door landbouwgrond, dat meestroomde in een rivier, vervuild. Er kwam toen bijvoorbeeld fosfor in het meer en dat zorgde voor massale algenbloei, verdwijning van onderwaterplanten en het water werd erg troebel (Van de Griend, 2002). Het was lastig om het water toen te filteren, want er is veel zwevend vuil aanwezig die door de algen, vissen en wind wordt verspreid. De onderzoekers kwamen toen met een plan om het vervuilde water te laten stromen door een moerasgebied van 14 vierkante meter die als filter functioneert. Hiervoor hadden ze daarom een project op een kleine schaal van 2,1 vierkante meter uitgevoerd om te zien hoe goed in dit geval stikstof en fosfor uit het water werd gehaald. Dit duurde 29 maanden in totaal. Hieronder de verhouding van de stoffen in het water:

- Zwevende deeltjes (TSS): 40–180 mg/l.
- Fosfor (TP): 80–380 µg/l, vooral in de vorm van organisch materiaal.
- Stikstof (TN): 3–9 mg/l, zowel opgelost als in deeltjes.

Uit dit onderzoek was gebleken dat 90% van de 'TSS' (Total Suspended Solids) uit het water was verwijderd door dat moerasfilter. Dit zijn dus de vaste deeltjes die in het water blijven rondzwerven: modder, algen en organisch materiaal. Ook was het zo dat ongeveer 30 à 52% van stikstof en 30 tot 67% van het fosfor werd verwijderd uit het water en vastgehouden werd door het moerasfilter. Van deze vastgehouden stoffen ging ongeveer 80% van het fosfor en 40% van het stikstof en plantenresten naar de bodem van het moeras.

Er waren echter een boel problemen voordat het plan daadwerkelijk een succes werd. Er kwam namelijk bij de start veel opgeloste stoffen zoals fosfaat en nitraat vrij uit de bodem en plantenresten van de vroegere landbouwgrond. Ook was er soms te weinig water door droogte, waardoor het hele filtersysteem niet zo effectief werkte. Na verbeteringen in het ontwerp van het hele filter, gericht op bodembehandeling en waterbeheer, groeide de fosforverwijdering van 0,48 naar 3 g/m² per jaar. Op basis van deze resultaten was uiteindelijk een groot moerasfilter

aangelegd van 14 km² (M.F Coveney, 2002).



Figuur 48: Het moerasfilter (rechtsonder te zien) in Lake Apopka (St. Johns River Water Management District, 2024)

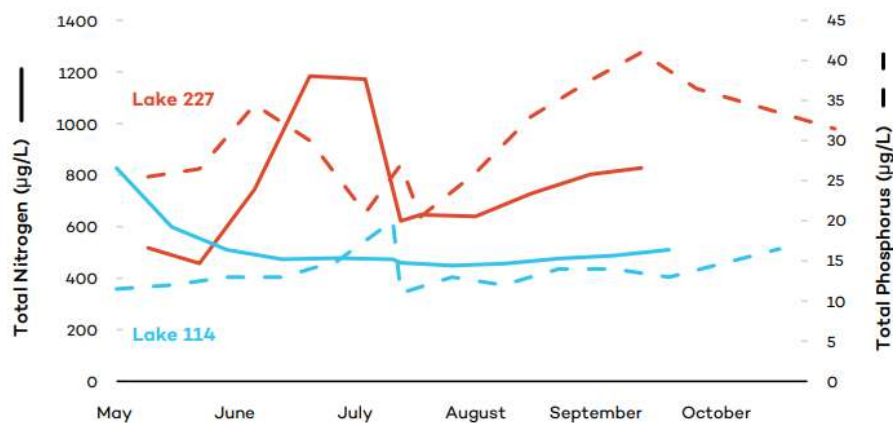
Floating Platforms

Het IISD-ELA (International Institute for Sustainable Development) heeft onderzoek verricht naar hoe een soort 'floating platforms' gebruikt kunnen worden om water schoon te houden en te filteren. Ze hadden in totaal vier van dit soort platformen gemaakt door drijvende foamringen met een diameter van ongeveer 3,65 m te benutten. Door een soort frame in die ringen te plaatsen met een afmeting van 0,61 x 1,22 m, konden vier plastic broodbakken erin geplaatst worden waar uiteindelijk de planten en het sediment/bodem kwamen te zitten die de ongewenste stoffen uit het water haalden. Voor de broodbakken was gekozen omdat de wortels erdoorheen konden groeien. Vervolgens werd een laagje van kokosnootschilvezels aangelegd op de bakken om ervoor te zorgen dat de planten er stevig in vastzaten en dat er geen erosie kan gaan optreden. Van deze 'platformfilters' werden er uiteindelijk twee van geplaatst in twee meren in Winnipeg, Canada op een afstand van 10 meter. Een van deze meren was nutriëntvrij (L114), wat betekent dat er geen voedingsrijke stoffen in het water zaten, maar de ander was dit wel. Het meer dat wel voedingsrijk (L227) was, bezat een grote hoeveelheid fosfor en stikstof. De bakken werden als laatste met touw aan een betonnen blok vastgemaakt om ervoor te zorgen dat ze niet te veel zouden bewegen. In het ontwerp van deze platforms was het zo dat de broodbakken net onder het water liggen, zodat de planten wel contact konden maken, maar niet te veel, want dat zou anders de metingen beïnvloeden.



Figuur 49: Afbeelding van het maken van de drijvende wetlandplatformen (Grosshans et al., 2019)

De planten uit de platforms werden in juni, augustus en september 'gecheckt'. Dit werd gedaan door het meten van de hoogte, aantal scheuten en hoe de bedekking van de bakken eruitzag. Uit de resultaten van het project was uiteindelijk gebleken dat het meer met de hoge hoeveelheid aan voedingsrijke stoffen de meeste daling ondervond van eutrofe stoffen: stikstof met 1200 $\mu\text{g/L}$ was gedaald tot 600 $\mu\text{g/L}$ en fosfor met 35 $\mu\text{g/L}$ ging naar 20 $\mu\text{g/L}$. Bij het meer met weinig tot geen eutrofie was te zien dat fosfor rond de 13-15 $\mu\text{g/L}$ bleef in het water en stikstof was gedaald van 800 naar 450 $\mu\text{g/L}$. Hieronder is een tabel te zien van de verhouding van deze stoffen in de verschillende meren (Grosshans et al., 2019).



Figuur 50: Concentratieverhouding fosfor en stikstof tussen de meren L114 (weinig eutrofie) en L227 (veel eutrofie) (Grosshans et al., 2019b)

§2.2.6.2 Welke planten kunnen wij het beste op het drijvende eiland inzetten om het lokale ecosysteem niet te verstoren?

De wortels van de planten op het drijvende eiland groeien direct in het water, waardoor een groot oppervlak ontstaat voor de opname van voedingsstoffen, de ontwikkeling van biofilms en het insluiten van drijvende deeltjes, zoals eerder beschreven.

De kenmerkende vegetatie van trilveen bestaat voornamelijk uit kleine zeggen, kruiden en mossen. Deze soorten hebben doorgaans geen lange wortels en zijn daardoor minder geschikt voor effectieve waterfiltratie. Daarom wordt onderzocht welke planten met langere wortels, die van nature in Nederland voorkomen, kunnen worden toegepast om verstoring van het lokale ecosysteem te minimaliseren. Aangezien trilveen een uniek ecosysteem is, wordt er bovendien rekening mee gehouden dat de overlevingskansen van niet-inheemse soorten in dit milieu beperkt kunnen zijn.



Figuur 51 Cyperus ustulatus (Flora of New Zealand | Gallery Profile | Cyperus Ustulatus, n.d.)



Figuur 52:: Juncus edgariae (Juncus Edgariae, n.d.)



Figuur 53: *Schoenoplectus tabernaemontani* (K.M.Dijkstra, n.d.)

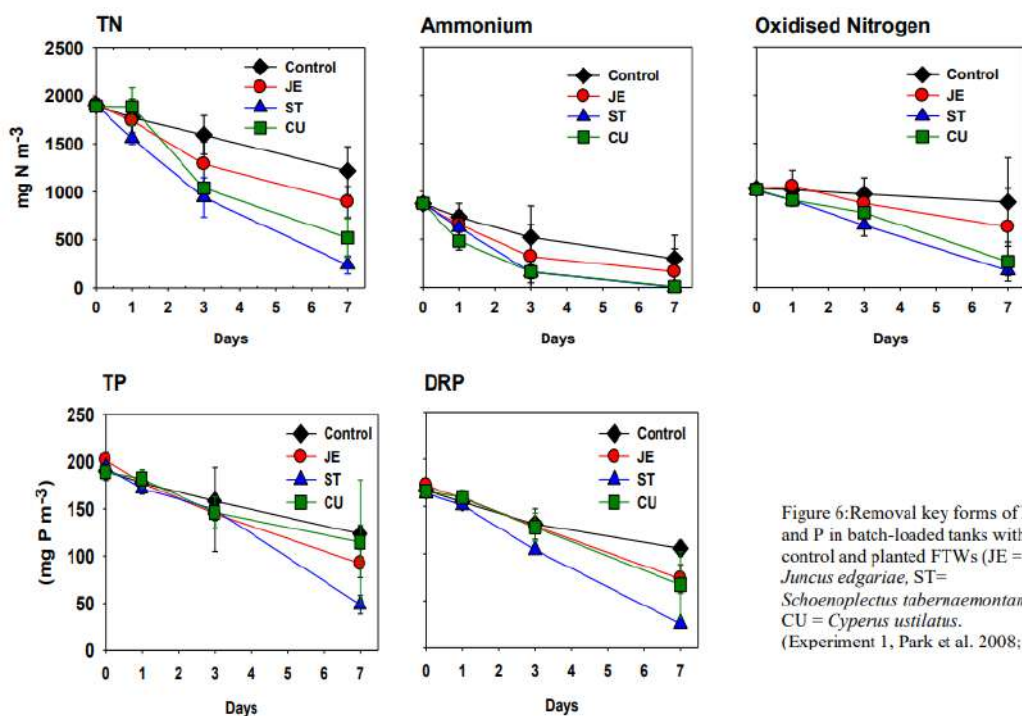


Figure 6: Removal key forms of N and P in batch-loaded tanks with control and planted FTWs (JE = *Juncus edgariae*, ST = *Schoenoplectus tabernaemontani*, CU = *Cyperus ustilatus*). (Experiment 1, Park et al. 2008;)

Figuur 54: Afname van concentraties natuurwaarden gemeten over 7 dagen van drie verschillende plantensoorten: (JE = *Juncus edgariae*, ST = *Schoenoplectus tabernaemontani*, CU = *Cyperus ustilatus*). Van links naar rechts: nitraat; ammonium; geoxideerde stikstof; fosfaat; opgeloste reactieve fosfor. (Experiment 1, Park et al. 2008;)

In het onderzoek van Tanner is de snelheid onderzocht waarmee natuurwaarden afnemen door de aanwezigheid van drie verschillende plantensoorten: *Cyperus ustilatus*, *Juncus edgariae* en *Schoenoplectus tabernaemontani*. Van belang is dat *Schoenoplectus tabernaemontani* (ruwe bie) de enige soort is die van nature in Nederland voorkomt. Daarnaast blijkt uit Figuur 55 dat ruwe bie, van de drie onderzochte plantensoorten, het meest effectief is in het filteren van natuurwaarden uit het water. Dit suggereert dat ruwe bie momenteel de meest geschikte vegetatie zou zijn voor de drijvende eilanden.

§2.2.6.3 Effect van eilandvorm op de omgeving

De vorm van een FTW speelt een cruciale rol in hoe die zal functioneren. Het bepaalt hoe het water zal stromen, nutriënten worden opgenomen, ecologische interacties plaatsvinden en hoe stabiel zo'n eilandje is. Complexe geometrische vormen, zoals bijvoorbeeld inhammen of uitsteeksels, kunnen de verblijftijd van water rondom het eiland verlengen. Dit houdt in dat het water meer contact zal hebben met de plantenwortels, waardoor meer tijd wordt besteed aan het opnemen van de nutriënten in het water (Tanner, Headley en Bavor, 2011). Normale, rechthoekige vormen zorgen daarentegen voor kortsluitstromen, waarbij water vaak te snel beweegt en in vergelijking met complexe vormen, onvoldoende contact heeft met de plantenwortels om voor genoeg opname van voedingsrijke stoffen te zorgen (Headley & Tanner, 2012).

Ook de verhouding tussen oppervlakte en randlengte is van belang. Hoe groter de randlengte is ten opzichte van het oppervlak, hoe meer interactie er plaats kan vinden tussen het water en biofilm. Ook hier zijn complexe vormen weer in het voordeel, want ze hebben over het algemeen een grotere randlengte en zorgen dus voor meer filtering van nutriënten (Borne, Tanner & Fassman, 2013).

De stabiliteit van een FTW is bovendien sterk afhankelijk van de vorm. Zo kunnen ronde of ovale vormen de krachten die de wind en golven afleveren gelijkmatiger verdelen, waardoor ze dus beter bestand zijn tegen extreme weersomstandigheden. Hoekige of asymmetrische eilandvormen zijn vaak kwetsbaarder voor schade door deze natuurlijke invloeden en kunnen daardoor een negatieve impact hebben op het functioneren van zo'n FTW (Wang & Sample, 2014).

Als laatste wordt ook de ecologische waarde van een FTW bepaald door de vorm. Eilanden met beschutte zones bijvoorbeeld, zoals inhammen of kleinere zijarmen die in het water uitsteken, zorgen voor schuilplaatsen voor vissen en vogels. Dit ondersteunt dus de biodiversiteit. In tegenstelling tot standaardvormen, zoals de rechthoek, bieden ze meer kans voor leven en een gezonder ecosysteem. Daarnaast (International Institute for Sustainable Development, 2024).

Habitatten vormen op het eiland

Omdat e Poel dicht bij het Amsterdamse Bos ligt, is het van belang om rekening te houden met de natuur en het lokale ecosysteem. Zo zorgt de flexibiliteit van de BioHaven-matrix ervoor dat de eilanden naar wens kunnen worden gevormd, waardoor ze voor verschillende ecologische doeleinden kunnen worden ingezet. Een van de belangrijkste toepassingen is het creëren van leefgebieden voor dieren.

Een habitat is een essentieel onderdeel van het ecosysteem en biedt dieren onder andere bescherming tegen roofdieren en weersinvloeden, broedplaatsen en voedselbronnen. Omdat elke diersoort specifieke behoeften heeft, is het cruciaal om leefomgevingen op maat te creëren. Dankzij de flexibiliteit van de BioHaven-matrix kunnen deze habitatten nauwkeurig worden nagebootst en aangepast.



Figuur 55: Habitat eiland voor eenden (Natural Clean Water Solutions, n.d.)

BioHaven-eilanden kunnen worden ontworpen als aquatische habitatten die een breed scala aan diersoorten ondersteunen, van vissen en amfibieën tot vogels en reptielen. Deze eilanden kunnen worden ingezet in zoetwatervijvers, meren, rivieren en zelfs brak of zout water. Door kenmerken toe te voegen zoals nestkastjes, tunnels en schuilplaatsen, kan het drijvende ecosysteem optimaal worden afgestemd op de behoeften van specifieke dieren. Daarnaast kunnen de eilanden worden aangepast aan het gewicht dat ze moeten dragen door hun flexibel drijfvermogen. Ze kunnen worden voorzien van rotsen, grind, bomen, planten en zelfs in clusters worden geplaatst om grotere habitatten te vormen.



*Figuur 56: Eiland met bloemen voor insecten en bestuivers
(Natural Clean Water Solutions, n.d.)*

Conclusie

Er is in dit onderzoek gekeken naar de verschillende manieren waarmee de noordzijde van de Amstelveense Poel kan worden ontwikkeld tot een recreatiegebied. De belangrijkste aspecten die hierbij hoorden waren de stabilisatie van de aangebrachte zandlaag en de effecten ervan, de constructie van een veilig en ecologisch vlonderpad, de implementatie van (drijvende) eilanden en wat er nodig is om een strand aan te kunnen leggen bij de Amstelveense poel.

Voor de stabilisatie van de zandlaag op de bodem zijn verschillende methoden onderzocht. Natuurlijke begroeiing, geotextiel en breuksteenbarrières vallen hieronder. Bij deze methodes is er gekeken naar ecologische aspecten en de mogelijke effectiviteit. Hieronder viel de mogelijkheid van inklinking van de bodem na het aanbrengen van de zandlaag. De zandlaag zou moeten bijdragen aan het verbeteren van de biologische balans door het afdekken van een overmaat aan voedingsstoffen. Daarnaast is de mogelijkheid om een vlondersteiger met een loop/fietspad aan te leggen bekeken. Hierbij zijn factoren zoals fundering, materiaalkeuze en effect op het milieu bekeken en overwogen. Verder is gekeken naar de rol van drijvende eilanden in het verbeteren van de waterkwaliteit door nutriëntenopname en habitatvorming, waarbij BioHavens als een mogelijke oplossing naar voren kwam. Ook is er onderzocht in hoeverre de waterkwaliteit van de Amstelveense Poel zal verbeteren door deze aanpassingen. Waarbij de verlaging van fosfor en nitraatgehaltes een belangrijk doel is. Dit valt samen met het doel om het water tot zwemwaterkwaliteit te krijgen.

Deze onderdelen zijn bekeken vanuit de hoofdvraag die gesteld was aan het begin van het onderzoek. De hoofdvraag vroeg welke methodes er toegepast kunnen worden om de constructie rondom de afdamming en landschapsaanpassingen van de poel te optimaliseren om zowel praktische als recreatieve doelen te bereiken. De hypothese die hiervoor was opgesteld was dat door te kijken naar de ecologische aspecten die erbij horen en dit samen te voegen met de technische onderdelen de doelen die opgesteld waren rondom de poel te behaald konden worden. Deze hypothese nemen we aan. Er valt vanuit het onderzoek vast te stellen dat de beste methodes die gevonden zijn een combinatie hebben van praktische en ecologische aspecten. Waarbij door middel van de praktische aspecten ook het doel van de zwemwaterkwaliteit te behalen valt.

Discussie

Bij dit onderzoek hebben we succesvol antwoord kunnen geven op onze deelvragen en de hoofdvraag. We zijn er dus achter gekomen dat om voor een optimale verandering voor het landschap aan de noordzijde van de Amstelveense Poel te kunnen zorgen, verschillende elementen nodig zijn. Zo is bijvoorbeeld de conclusie getrokken dat een vlonderpad/steiger de beste keuze is om een pad te creëren die over het water loopt en om voor veilig zwemwater te zorgen een pH-waarde tussen de 6 en 9 nodig is.

Deze resultaten hebben we gevonden, omdat we vooral literatuuronderzoek verricht hebben. We hebben hierbij wetenschappelijke bronnen gebruikt en vergeleken met deze bronnen lijkt de info uit ons verslag ook daadwerkelijk te kloppen. Dit was dan ook iets wat goed ging tijdens het project. De bronnen hadden vrijwel gelijke info en dat zorgde voor een soepel proces. Echter was er geen beschikking over alle informatie. Omdat de Amstelveense Poel omringd wordt door het Amsterdamse Bos, moet er natuurlijk ook rekening gehouden met de natuurwaardes in dit natuurgebied. In het onderzoek is namelijk gekeken naar de waterkwaliteit van de Amstelveense Poel en wat het effect zal zijn als er een zandlaag wordt aangebracht in het water, maar niet naar wat voor impact dit zal hebben op de biodiversiteit van het bos zelf, dus voor vervolgstudies is het zeker een aanrader om hiernaar te kijken om concretere resultaten te krijgen voor dit soort deelvragen.

Daarnaast was een andere beperking een miscommunicatie met de opdrachtgever. Het oorspronkelijke plan was namelijk om de hoofdvraag met zijn deelvragen te beantwoorden, en dat was ook gedaan, maar uiteindelijk was er meer tijd besteed aan het onderzoek naar de waterkwaliteit van de Amstelveense Poel. Hierom leek het onderzoek meer over dit onderwerp te gaan, wat eigenlijk niet de bedoeling was. Er was dus een soort afdwaling van het originele plan. Ook de opdrachtgever leek hierin meer geïnteresseerd (wat helemaal niet erg was) en door gebrek aan overleg is er niet echt een duidelijke oplossing voor deze kwestie gekomen. Op het laatste moment is er een aanpassing geweest waarin sommige delen van het experiment in de bijlagen bijgevoegd werden. Zo kon er als het ware wel naar verwezen worden, zodat het niet voor niks was gedaan en daarbovenop niet het grootste deel van het eindrapport opeiste. Uiteindelijk is er dus een solutie gekomen, maar de tijd die het heeft gekost was niet wenselijk. Voor een vervolgonderzoek is het daarom handig om ook na het maken van concrete plannen, duidelijk te overleggen met de opdrachtgever en het team of er wijzigingen nodig zijn aan het oorspronkelijke plan die het algehele onderzoek zouden kunnen ondersteunen.

Verder is er nog het feit dat veel van het verrichte werk literatuuronderzoek was. Er was wel een experiment gedaan naar de waterkwaliteit, maar de resultaten hiervan zijn lang niet genoeg om een gehele Amstelveense Poel te kunnen omschrijven. Voor een vervolgonderzoek is het daarom handig om meerdere experimenten uit te voeren.

Aanbevelingen

Om het zand op een natuurlijke manier op zijn plek te houden, raden wij aan om te kijken naar oplossingen zoals onderwaterplanten, breukstenen of afbreekbaar textiel. Om eutrofiëring verder tegen te gaan, kunnen nieuwe technieken zoals ultrasone golven worden ingezet. Daarnaast kan het water worden gefilterd van zware metalen, microplastics en overtollige nutriënten met behulp van drijvende eilanden, zoals BioHaven. Deze eilanden bieden niet alleen een ecologische functie, maar kunnen ook dienen als habitat voor dieren.

Bovendien is het mogelijk om grotere eilanden te koppelen aan een loopbrug, zodat ze toegankelijk worden voor recreatieve activiteiten. Dit vereist echter voorafgaande afstemming met professionals, zoals Floating Island International (FII), de ontwikkelaar van BioHaven.

Naast de eilanden die aan het pad verbonden zijn, kunnen ook losliggende eilanden in het water worden geplaatst. Deze zorgen voor waterzuivering en bieden een veilige habitat voor dieren, zonder dat ze door mensen worden verstoord.

Literatuurlijst

Duncker, F. (2022, 3 september). Nieuwe luchtfoto's van megaproject rondom snelweg A9. RTVA. <https://rtva.nl/2022/09/nieuwe-luchtfotos-van-megaproject-rondom-snelweg-a9/>

Procesmanager bouw en infra Carl Riechelman: "Vernieuwing straks geslaagd als iedereen er begrip voor heeft." (Z.d.-b). <https://amstelveenlijn.nl/nieuws/2018/procesmanager-bouw-en-infra-carl-riechelman/index.html>

De Freitas, C. T., Shepard, G. H., & Piedade, M. T. F. (2015). The Floating Forest: Traditional knowledge and use of Matupá vegetation islands by riverine peoples of the Central Amazon. *PLoS ONE*, 10(4), e0122542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122542>

Laskow, S. (2015, May 12). Amazonians Know These Floating Islands Weren't Made by Giant Anacondas—But They Still Get Freaked Out by Them. *Atlas Obscura*. <https://www.atlasobscura.com/articles/the-science-and-legend-of-the-amazon-s-floating-forest-islands>

McKenna, K. (2019, 24 augustus). *Giant pumice raft from underwater volcanic eruption makes its way to Great Barrier Reef*. ABC News. <https://www.abc.net.au/news/2019-08-24/giant-pumice-raft-makes-its-way-to-great-barrier-reef/11444020?future=true&> (McKenna, 2019)

Martijn, & Martijn. (2024, 30 januari). *Via het Titikaka meer langs de Uros eilanden | Peru | WeAreTravellers*. WeAreTravellers | Hét Online Travel Magazine & Reisblog van Nederland. <https://www.wearetravellers.nl/zuidamerika/peru/titikaka-meer-uros-eilanden-peru/>

GetYourGuide. (2008). *Puno: de BESTE tours en dingen om te doen in 2024 - GRATIS annuleren | GetYourGuide*. <https://www.getyourguide.nl/-l32157/?redirector=644923>

Admin. (2021, February 22). *Chinampa's: Wat ze zijn, hoe ze werken, en waarom ze er vandaag meer dan ooit toe doen*. Guinguette Marais Poitevin. <https://guinguette-maraispoitevin.com/nl/chinampas-wat-ze-zijn-hoe-ze-werken-en-waarom-ze-er-vandaag-meer-dan-ooit-toe-doen/>

Aztecs: *Gardens in the lake*. (2018, June 4). Te Papa's Blog. <https://blog.tepapa.govt.nz/2013/09/24/aztecs-gardens-in-the-lake/>

Archaeologist. (2024, September 28). *"Chinampas": The Ancient Aztec Floating Gardens that hold promise for Future Urban Agriculture*. The Archaeologist. <https://www.thearchaeologist.org/blog/chinampas-the-ancient-aztec-floating-gardens-that-hold-promise-for-future-urban-agriculture>

Floating Wetlands, Floating Islands, Aqua Biofilter, Biofilter Grows Rice on Fishpond, Floating Wetlands, Floating Reedbeds, Floating Reed Beds, Floating Islands, Fishery Algae Control, Algae Control, Algal Bloom, Fisheries, Aquaculture, Biofilm. (z.d.). <http://www.aquabiofilter.com/>

Floating Wetlands, Floating Islands, Aqua Biofilter, Aquaponics, Floating Reedbeds, Aquaponics Kitchen Garden, Biofilm, Floating Biofilter, Algal bloom, Aquaculture, Wastewater treatment |. (z.d.). <http://www.aquabiofilter.com/guidecasesestudies.html>

Duncan, T., & Duncan, T. (2017, August 18). *World's largest aquaponics project, in China's third largest aquaculture lake*. The Permaculture Research Institute.

<https://www.permaculturenews.org/2014/10/14/worlds-largest-aquaponics-project-chinas-third-largest-aquaculture-lake/>

Wang, G., Mang, S., Cai, H., Liu, S., Zhang, Z., Wang, L., & Innes, J. L. (2016). Integrated watershed management: evolution, development and emerging trends. *Journal Of Forestry Research*, 27(5), 967–994. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0293-3>

Kramer, B. (2011, 2 september). Floating wetlands clear inspiration. *Spokesman.com*. <https://www.spokesman.com/stories/2011/sep/02/clear-inspiration/>

Dealer, M. S. P. (2011, 3 september). Greening the Cuyahoga River: Man-made floating plant islands the latest scheme in recovery efforts. *Cleveland*. https://www.cleveland.com/metro/2011/09/greening_the_cuyahoga_river_ma.html

NOS. (2019, August 26). *Gigantische massa puimsteen dobert richting Great Barrier Reef*. <https://nos.nl/artikel/2299009-gigantische-massa-puimsteen-dobbert-richting-great-barrier-reef>

Alles over stuwdammen. (Z.d.). InfoNu. <https://wetenschap.infonu.nl/techniek/57482-alles-over-stuwdammen.html>

Van Der Gaag, M. (2021, 13 juli). *Het stuwmeer van de vakantiedagen*. Inzet met Zorg. <https://inzetmetzorg.nl/nieuws/het-stuwmeer-van-de-vakantiedagen>

Miller, B. (2020, 12 maart). *17 Biggest Advantages and Disadvantages of Dams*. Green Garage. <https://greengarageblog.org/17-biggest-advantages-and-disadvantages-of-dams>

Afsluitdijk – Holland – Land van water. (Z.d.). <https://www.hollandlandofwater.com/nl/afsluitdijk/>

De Afsluitdijk: brug en waterscheiding (Boek)

Afsluitdijk en vismigratierivier. (Z.d.). VVV Friesland Zuidwest. <https://www.waterlandvanfriesland.nl/nl/afsluitdijk>

Toegankelijkheid - de Afsluitdijk. (2024, 27 augustus). De Afsluitdijk. <https://deafsluitdijk.nl/toegankelijkheid/>

Mat, M. (2023, 23 april). *Dam constructie*. Geology Science. <https://nl.geologyscience.com/geologische-takken/technische-geologie/dam-constructie/>

Admin. (2021, 26 oktober). *Arch dam*. Constructionor.Com. <https://constructionor.com/arch-dam/>

Strategie voor de aanpak van eutrofiëring | Deltares. (n.d.). <https://www.deltares.nl/expertise/onze-expertises/water-bodem-en-gezondheid/strategie-voor-de-aanpak-van-eutrofiëring>

Stikstof in bodem en water. (n.d.). RIVM. <https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/stikstof-in-bodem-en-water>

Knockaert, C. (2012, September 20). *Wat is eutrofiëring?* <https://www.vliz.be/projects/iseca/nl/2012-09-20-09-08-30/2012-09-20-09-07->

[43.html#:~:text=Algen%20kunnen%20sneller%20groeien%20wanneer,een%20toename%20van%20bepaalde%20vispopulaties.](#)

Uitklappen fosfor en stikstof. (N.d.). Klimaatadaptatie.

<https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/stedelijke-waterkwaliteit/invloed-klimaat-ecologische-waterkwaliteit/abiotische-factoren/vragen-fosfor-stikstof/uitklappen-fosfor->

[stikstof/#:~:text=Interne%20eutrofi%C3%AABring%20betekent%20dat%20de,door%20het%20systeem%20zelf%20toeneemt.](#)

Interne eutrofiëring. (N.d.). Ecopedia. <https://www.ecopedia.be/ecohydrologie/interne-eutrofiering>

Hoeveelheid straatzand berekenen | Zand. (N.d.). Zand. <https://www.straatzand.net/wat-is-zand/hoeveelheid-berekenen-straatzand>

Geotextiel | Bodemrichtlijn. (N.d.). <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bouwstoffen-en-afvalstoffen/geotextiel>

Mannaerts, E. (2024, 11 september). Hoe een poel aanleggen? *Biogroei*.

<https://www.biogroei.nl/kenniscentrum/hoe-een-poel-aanleggen#:~:text=De%20poel%20dient%20dan%200.5,oppervlakte%20hebben%20van%202%20m2.>

Marie Janke Damoiseaux | LinkedIn. (n.d.). <https://www.linkedin.com/in/marie-janke-damoiseaux-72a32a50/?originalSubdomain=nl>

Verhoeven, J. (2021, 10 augustus). Hoe kun je algen bestrijden? *Hoe kun je algen bestrijden?* <https://royalbrinkman.nl/kennisbank-gewasbescherming/algen-bestrijden>

Adriaan van Hooijdonk. (2021, September 24). *Kokos- of jutematten met wilgen als alternatief voor geotextiel* - Waterforum. Waterforum. <https://www.waterforum.net/kokos-of-jutematten-met-wilgen-als-alternatief-voor-geotextiel/>

Haag, Nathan (2020). Displacement of the invasive zebra mussel by the similarly invasive quagga mussel : patterns and biological factors. <https://core.ac.uk/download/442640348.pdf>

Hargis, W. J., Jr. (1972). Engineering works and the tidal Chesapeake. <https://core.ac.uk/download/pdf/80646616.pdf>

Kimber, Anne (1994). Decline and restoration of *Vallisneria americana* in the Upper Mississippi River. <https://core.ac.uk/download/38925427.pdf>

A Küster, AJP Smolders, AW Breukelaar, B Frankland, B Moss, C Brönmark, CB Lövstedt, et al. (2012). Quantifying measures to limit wind driven resuspension of sediments for improvement of the ecological quality in some shallow Dutch lakes. <https://core.ac.uk/download/pdf/11451705.pdf>

Dally, William R., Dean, Robert G., Mehta, Ashish J., Montague, et al. (1987). Some considerations on coastal processes relevant to sea level rise. <https://core.ac.uk/download/11017290.pdf>

- Casas-Mulet, R., England, Judy, Gittins, Joshua, Gurnell, et al. (2018). Physical and biological controls on fine sediment transport and storage in rivers. <https://core.ac.uk/download/228156271.pdf>
- Bellmer, Russell J., Burrows, Felicity M., Gayaldo, Perry F., Lozano, et al. (2003). Science-based restoration monitoring of coastal habitats, Volume One: A framework for monitoring plans under the Estuaries and Clean Waters Act of 2000 (Public Law 160-457). <https://core.ac.uk/download/11017975.pdf>
- Haggard, B.E., Massey, Leslie, Sharpley, Andrew (2010). Handbook of Best Management Practices for the Upper Illinois River Watershed and Other Regional Watersheds. <https://core.ac.uk/download/84121658.pdf>
- Loomis & More, Inc., Raymond Chan & Associates (1998). Integrated Solutions Development Capital Solutions Interim Report Volume I: Report. <https://core.ac.uk/download/211339946.pdf>
- Casper, J., Degner, J., Ruth, B. (2025). A remote sensing evaluation of potential for sinkhole occurrence. <https://core.ac.uk/download/pdf/42860590.pdf>
- waarzitwatin. "Polyester." *Waarzitwatin.nl*, 2025, waarzitwatin.nl/stoffen/polyester.
- Directoraat-Generaal Rijkswatersta& Dienst Weg-En Waterbouwkunde. 15 Dec. 2000. <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202000-2010/Publicaties%202000-2004/STOWA%202000-15.pdf>
- Europese Unie. (2006). *Richtlijn 2006/7/EG van het Europees Parlement en de Raad van 15 februari 2006 betreffende het beheer van de zwemwaterkwaliteit*. Geraadpleegd op 28 januari 2025, van <https://eur-lex.europa.eu>
- Hoogheemraadschap van Rijnland. (z.d.). *Waterkwaliteit Amstelveense Poel*. Geraadpleegd op 28 januari 2025, van <https://www.rijnland.net>
- EU law - EUR-Lex. (z.d.). <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=en>
- AMSTELVEENSE POEL gebiedsdocument KRW3. (2021). In *rijnland.net*. Rijnland.
- Mulder, D. (2024, 11 april). *11 verrassende vlondervelden in Nederland*. Roots Magazine. <https://www.rootsmagazine.nl/wandelen/vlondervelden>
- Steiger aan het water? Van der Helm Waterbouw!* (z.d.). Van Der Helm Waterbouw. <https://vanderhelm-waterbouw.nl/steigers>
- De Block verhuur. (z.d.). *Hydraulische trilblokken | De Block verhuur*. De Block Verhuur. <https://www.deblockverhuur.be/nl/machineverhuur-assortiment/tools-toebehoren-kranen/hydraulische-trilblokken/trilblok-13-25-ton-cw3-95kn-dubbele-trilmotor>
- Van Dijk, B. H.-. G. (z.d.). *Bankirai massiv Holz*. <https://www.af.nl/du/lager/massivholz/bankirai/>
- Lees meer over het keurmerk FSC*. (z.d.). WWF.nl. <https://www.wwf.nl/kom-in-actie/met-tijd/tips-gedrag/koopgedrag/keurmerken/fsc>
- BouwTotaal. (2020). *Constructienormen voor steigers*. <https://www.bouwtotaal.nl/constructienormen-voor-steigers>

- Brouwer, J. (2018). *Duurzame houtsoorten in waterbouw*.
<https://www.waterbouw.com/duurzaam-hout>
- Damsteegt Waterwerken. (z.d.). *Onderhoud van steigers*. <https://www.damsteegt-waterwerken.nl/onderhoud>
- Gadero. (z.d.). *Eigenschappen van hardhout*. <https://www.gadero.nl/hardhout>
- It Floats. (z.d.). *Drijvende versus vaste steigers*. <https://www.itfloats.nl/drijvende-vs-vaste-steigers>
- Janssen, P., et al. (2019). *Funderingstechnieken in natte gebieden*.
<https://www.funderingstechnieken.nl>
- NEN. (2015). *NEN-EN 1991-1-1: Belastingen op constructies*. <https://www.nen.nl/NEN-EN-1991-1-1-2015>
- Rijksoverheid. (2022). *Duurzame bouwmaterialen*. <https://www.rijksoverheid.nl/duurzame-bouwmaterialen>
- Stichting Waternet. (2021). *Milieuvriendelijke waterbouw*.
<https://www.stichtingwaternet.nl/milieuvriendelijke-waterbouw>
- TNO. (2017). *Stabiliteitsstudies van waterconstructies*. <https://www.tno.nl/stabiliteitsstudies>
- Van der Molen, J. (2020). *Bodemeigenschappen van Nederlandse wateren*.
<https://www.bodemeigenschappen.nl>
- Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. (2020). *Ecologische impact van waterbouw*.
<https://www.waterschapamstel.nl/ecologische-impact>
- A9 – Amstelveen inzicht. (n.d.). <https://amstelveeninzicht.nl/a9/>
- Bodemslib vijver verwijderen: zo ga je te werk | Tips van Vijverbenodigdheden.nl*. (2024, December 11). <https://www.vijverbenodigdheden.nl/blog/170/bodemslib-vijver-verwijderen-zo-ga-je-te-werk.html#:~:text=Het%20vijverslib%20ontstaat%20vaak%20door,in%20je%20vijver%20kan%20overwijderen.>
- Bouwencyclopedie.nl. (n.d.). *De bouwencyclopedie – Uw gids voor bouwterminologie*.
<https://bouwencyclopedie.nl/term/definition/Bodemslib>
- De Blieck, E. (2024, September 23). Baggeren en bodemverbetering van hele Amstelveense Poel kost 20 tot 30 miljoen. *Nieuws Uit De Regio Amstelveen*.
<https://www.amstelveensnieuwsblad.nl/nieuws/algemeen/89651/baggeren-en-bodemverbetering-van-hele-amstelveense-poel-kost-20-tot-30-miljoen>
- Denk mee over gebiedsvisie Nieuwe Oude Dorp | Gemeente Amstelveen*. (2025, January 9). Gemeente Amstelveen. <https://www.amstelveen.nl/denk-mee-over-gebiedsvisie-nieuwe-oude-dorp#:~:text=In%202027%20zijn%20de%20wegwerkzaamheden,hel%20noordelijk%20deel%20van%20Amstelveen.>
- Geologie van Nederland. (n.d.). *Zand - Geologie van Nederland*. Copyright © 2024.
<https://www.geologievannederland.nl/ondergrond/afzettingen-en-delfstoffen/zand>

Van Rijnland, H. (2024, August 20). *Waterkwaliteit Amstelveense Poel*. Hoogheemraadschap Van Rijnland. <https://www.rijnland.net/wat-doet-rijnland-oud/in-uw-buurt/waterkwaliteit-amstelveense-poel/>

Agri World. (2022, October 2). Belangrijke groeifactoren voor planten - Agri World. *Agri World*. <https://agriworld.nl/belangrijke-groeifactoren-voor-planten/>
(Agri World, 2022)

Amsterdam. (2024, December 18). Oeverlanden Amstelveense Poel. Amsterdamse Bos. <https://www.amsterdamsebos.nl/natuur/natuurgebieden/oeverlanden/>
(Amsterdam, 2025)

Bath, R. G. M. S. S. (z.d.). Floating Treatment wetlands: <https://www.iisd.org/story/floating-treatment-wetlands/>
(Bath, n.d.)

Biochemisch zuurstofverbruik (BZV) - Waterkwaliteitsparameter | Hach. (n.d.). <https://nl.hach.com/parameters/bod>
(Biochemisch Zuurstofverbruik (BZV) - Waterkwaliteitsparameter | Hach, n.d.)

British Bryological Society. (2024, May 29). *Riccardia multifida* - British Bryological Society. <https://www.britishbryologicalsociety.org.uk/learning/species-finder/riccardia-multifida/>
(British Bryological Society, 2024)

Coveney, M., Stites, D., Lowe, E., Battoe, L., & Conrow, R. (2002). Nutrient removal from eutrophic lake water by wetland filtration. *Ecological Engineering*, 19(2), 141–159. [https://doi.org/10.1016/s0925-8574\(02\)00037-x](https://doi.org/10.1016/s0925-8574(02)00037-x)
(Coveney et al., 2002)

Dodkins, I., Mendzil, A., O’Dea, L., & SEACAMS Swansea University. (2014). Floating Treatment Wetlands (FTWs) in Water Treatment: Treatment efficiency and potential benefits of activated carbon. In FROG Environmental Ltd, SEACAMS Swansea University (pp. 1–44). <https://www.midwestfloatingisland.com/wp-content/uploads/2017/12/SEACAM-Floating-Island-Research-by-Dodkins-and-Mendzil.pdf>
(Dodkins et al., 2014)

Enterprise Assist: Floating Treatment Wetlands (FTWs) in Water Treatment: Treatment efficiency and potential benefits of activated carbon. (z.d.). <https://www.readkong.com/page/enterprise-assist-floating-treatment-wetlands-ftws-in-9643834>
(Enterprise Assist: Floating Treatment Wetlands (FTWs) in Water Treatment: Treatment Efficiency and Potential Benefits of Activated Carbon . . . , n.d.)

Federation, W. E. (2015, November 4). *Floating treatment wetlands show promise as pond retrofit*. Stormwater Report. <https://stormwater.wef.org/2015/09/floating-treatment-wetlands-show-promise-pond-retrofit/>
(Federation, 2015)

Final Report - Montana Board of Research. (z.d.-e). FLOATING ISLAND INTERNATIONAL. <https://www.floatingislandinternational.com/biohaven-matrix-performance.html>
(Final Report - Montana Board of Research, n.d.)

Flora of New Zealand | Gallery Profile | *Cyperus ustulatus*. (n.d.).

<https://www.nzflora.info/factsheet/Gallery/Cyperus-ustulatus.html>

(*Flora of New Zealand | Gallery Profile | Cyperus Ustulatus*, n.d.)

Floating Islands West | BioHaven® Treatment Wetlands | Our brand. (z.d.).

<https://floatingislandswest.com/about-floating-islands-west/floating-islands-our-brand/>

(*Floating Islands West | BioHaven® Treatment Wetlands | Our Brand*, n.d.)

Grosshans, R., Lewtas, K., Gunn, G., Stanley, M., & International Institute for Sustainable Development. (2019c). Floating Treatment Wetlands and Plant Bioremediation: Nutrient treatment in eutrophic freshwater lakes. International Institute for Sustainable Development.

<https://www.iisd.org/system/files/publications/floating-treatment-wetlands.pdf>

(Grosshans et al., 2019)

Headley, T.R., & Tanner, C.C. (2012). Constructed Wetlands With Floating Emergent Macrophytes: An Innovative Stormwater Treatment Technology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(20), 2261-2310.

<https://doi.org/10.1080/10643389.2011.574108>

(Headley & Tanner, 2012)

Hoe ontstaat eutrofiëring en wat zijn de gevolgen? (n.d.). InfoNu. [https://dier-en-](https://dier-en-natuur.info/nl/milieu/191040-hoe-ontstaat-eutrofiëring-en-wat-zijn-de-gevolgen.html)

[natuur.info/nl/milieu/191040-hoe-ontstaat-eutrofiëring-en-wat-zijn-de-gevolgen.html](https://dier-en-natuur.info/nl/milieu/191040-hoe-ontstaat-eutrofiëring-en-wat-zijn-de-gevolgen.html)

(*Hoe Ontstaat Eutrofiëring En Wat Zijn De Gevolgen?*, n.d.)

Kaderrichtlijn water. (n.d.). Informatiepunt Leefomgeving.

<https://iplo.nl/thema/water/oppervlaktewater/kaderrichtlijn-water/>

(*Kaderrichtlijn Water*, n.d.)

Juncus edgariae. (n.d.). New Zealand Plant Conservation Network.

<https://www.nzpcn.org.nz/flora/species/juncus-edgariae/>

(*Juncus Edgariae*, n.d.)

K.M.Dijkstra. (n.d.). Ruwe bies - *Schoenoplectus tabernaemontani*. [https://wilde-](https://wilde-planten.nl/ruwebies.htm)

[planten.nl/ruwebies.htm](https://wilde-planten.nl/ruwebies.htm)

(K.M.Dijkstra, n.d.)

Masters, B. (z.d.). Vegetated Floating Islands Enhance the Ability of Wetlands to Reduce

Nutrients and Other Pollutants. https://www.researchgate.net/profile/Bernie-Masters-2/publication/282579026_Vegetated_Floating_Islands_Enhance_the_Ability_of_Wetlands_to_Reduce_Nutrients_and_Other_Pollutants/links/565e749e08ae4988a7bd614b/Vegetated-Floating-Islands-Enhance-the-Ability-of-Wetlands-to-Reduce-Nutrients-and-Other-Pollutants.pdf

McCoy, J., Chaffee, M., Mittelstet, A., Messer, T., & Comfort, S. (2024). Nitrate Removal by Floating Treatment Wetlands under Aerated and Unaerated Conditions: Field and Laboratory Results. *Nitrogen*, 5(4), 808–827. <https://doi.org/10.3390/nitrogen5040053>

(McCoy et al., 2024)

Natural clean water solutions. (n.d.). FLOATING ISLAND INTERNATIONAL.

<https://www.floatingislandinternational.com/>

(*Natural Clean Water Solutions*, n.d.)

Natuurkennis. (n.d.). Algemeen - Het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN). <https://www.natuurkennis.nl/natuurtypen/n06-voedselarme-venen-en-vochtige-heiden/n06-02-trilveen/Algemeen-N0602/>
(OBN Natuurkennis, n.d.)

Natuurwaardes Van Rijnland, H. (2021, 10 juni). Kaderrichtlijn water. Hoogheemraadschap van Rijnland. <https://www.rijnland.net/regels-op-een-rij/richtlijnen-en-akkoorden/kaderrichtlijn-water/>
(Van Rijnland, 2021)

Novio Design, Ton Haex. (n.d.). Flora van Nederland: Associatie van Gewone dophei en Veenmos - Erico-Sphagnetum magellanici. https://www.floravannederland.nl/associaties/Associatie_van_Gewone_dophei_en_Veenmos
(Novio Design, Ton Haex, n.d.)

Xiao, F., Gulliver, J. S., & Simcik, M. F. (2013). Predicting aqueous solubility of environmentally relevant compounds from molecular features: A simple but highly effective four-dimensional model based on Project to Latent Structures. *Water Research*, 47(14), 5362–5370. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.06.011>
(Xiao et al., 2013)

Abiotische factoren - Hoe kan klimaatverandering het water zelf veranderen? (n.d.). Klimaatadaptatie. <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/stedelijke-waterkwaliteit/invloed-klimaat-ecologische-waterkwaliteit/abiotische-factoren/>

Chemische waterkwaliteit KRW, 2021. (2022, August 18). Compendium Voor De Leefomgeving. <https://www.clo.nl/indicatoren/nl156605-chemische-waterkwaliteit-krw-2021>

De invloed van regen op de waterkwaliteit - Weerproof. (2023, December 12). Weerproof. <https://weerproof.nl/nieuws/de-invloed-van-regen-op-de-waterkwaliteit/>

De Sloterplas en het Sloterpark - Vrienden van de Sloterplas. (2024, November 7). Vrienden Van De Sloterplas. <https://vriendenvandesloterplas.nl/>

Delta, W. B. (2024, October 7). Verbeterde waterkwaliteit Binnenschelde mogelijk stap dichterbij. *Waterschap Brabantse Delta*. <https://www.brabantsedelta.nl/verbeterde-waterkwaliteit-binnenschelde-mogelijk-stap-dichterbij>

DPG Media Privacy Gate. (n.d.). <https://www.parool.nl/nederland/sloterstrand-geen-officieel-zwemplek-meer-vanwege-poepbacterie-zwemmen-op-eigen-risico~b2cbcbbeb/?referrer=https://www.google.com/>

Een frisse blik op warmer water. (2011). rijkswaterstaat. Retrieved October 12, 2024, from <https://edepot.wur.nl/183408>

Eugene B. Welch G Dennis Cooke. (2005). *Internal phosphorus loading in shallow lakes: importance and control*. Kent State University.

Fosfaat. (n.d.). Ecopedia. <https://www.ecopedia.be/encyclopedie/fosfaat>

Fysisch-chemische waterkwaliteit KRW, 2021. (2022, August 18). Compendium Voor De Leefomgeving. <https://www.clo.nl/indicatoren/nl025217-fysisch-chemische-waterkwaliteit-krw-2021>

gemeente amsterdam Stadsdeel Zuidoost. (2011). *Gaaspersingel inpassingsstudie Stedelijk waterkanaal Polder Zuid Bijlmer*. Gemeente Amsterdam. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.agv.nl/siteassets/werk-in-uitvoering/ruimtelijke-ordering/watergebiedsplannen/gaaspersingel/inpassingsstudie-stdl-zo-gaaspersingel.pdf>

Hanna Instruments. (n.d.). *Spectrofotometer met geavanceerd optisch systeem* | Hanna Instruments. <https://www.hannainstruments.be/nl/analyse-meet-instrumenten-apparatuur/fotometers/spectrofotometers/?sort=rd#:~:text=Spectrofotometers%20werken%20door%20licht%20op,spectrum%20en%20produceert%20spectrale%20gegevens>.

Het Nationaal Dashboard Biodiversiteit. (n.d.). <https://dashboardbiodiversiteit.nl/biodiversiteit-helpen/doel-3-de-staat-van-het-waterleven-verbeteren#:~:text=De%20biologische%20kwaliteit%20is%20een,van%20chemische%20bestrijdingsmiddelen%20of%20medicijnen>.

Hoe maken we ons water schoner? (n.d.). <https://www.agv.nl/onze-taken/schoon-water/hoe-maken-we-het-water-steeds-schoner/>

Houspie, G. (2023, July 26). *Is grondwater met een te lage of te hoge pH schadelijk?* - Waterdoctor. Waterdoctor. <https://www.waterdoctor.be/nieuws/ph-grondwater-schadelijk/#:~:text=Wanneer%20het%20grondwater%20een%20pH%2Dwaarde%20heeft%20die%20hoger%20is,hoge%20bloeddruk%2C%20maagproblemen%20en%20uitdroging>.

Hydromorfologie en connectiviteit. (n.d.). STOWA. <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/hydromorfologie-en-connectiviteit>

Hydromorfologische kwaliteit — Vlaamse Milieumaatschappij. (n.d.). <https://www.vmm.be/water/kwaliteit-waterlopen/hydromorfologische-kwaliteit>

Industrial Product Solutions. (n.d.). *IPS' algenbestrijdingssysteem*. <https://www.industrialproductsolutions.nl/wp-content/uploads/2020/05/Brochure-Algencontrole-NL-PDF.pdf>

KNMI - Verzuring van Arctische Oceaan beïnvloedt zeeleven. (n.d.). <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/verzuring-van-arctische-oceaan-beïnvloedt-zeeleven#:~:text=Sinds%20het%20begin%20van%20de,makkelijker%20opneemt%20dan%20warm%20water>.

Knw, T. (2015, September 25). *Baggeren en waterkwaliteit. Op zoek naar de optimale baggerfrequentie voor sloten in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden*. H2O/Waternetwerk. <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/baggeren-en-waterkwaliteit-op-zoek-naar-de-optimale-baggerfrequentie-voor-sloten-in-de-alblasserwaard-en-vijfheerenlanden>

Laboratorium Reagentia - Van Hees BV. (n.d.). <https://www.vanheesbv.com/chemie/reagentia>

LG Sonic. (2024, May 19). *How ultrasonic algae control works* - LG Sonic. <https://www.lgsonic.com/ultrasonic-algae-control/>

Mettler-Toledo International Inc. all rights reserved. (2024, August 30). *UV/VIS spectrofotometrie*. Mettler-Toledo International Inc. All Rights Reserved. https://www.mt.com/nl/nl/home/products/Laboratory_Analytics_Browse/uv-vis-

spectrometers.html#:~:text=Wat%20is%20een%20blanco%20in,corrigeren%20voor%20achtergrondabsorptie%20of%20interferentie.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2024, September 16). *Waterkwaliteit*.
<https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit>

Nieuwe watergang gaasperplas bijlage. (n.d.). gemeente Amsterdam.

Noordhoff Uitgevers. (n.d.). *Binas 6e ed havo/vwo informatieboek* (6th ed.).

Nutriënten in oppervlaktewater — Vlaamse Milieumaatschappij. (n.d.).
[https://www.vmm.be/water/kwaliteit-waterlopen/nutriënten-in-oppervlaktewater#:~:text=nitraat%20en%2Fof%20fosfaat\)%20in,de%20drinkwaterproductie%20kan%20bedreigd%20worden](https://www.vmm.be/water/kwaliteit-waterlopen/nutriënten-in-oppervlaktewater#:~:text=nitraat%20en%2Fof%20fosfaat)%20in,de%20drinkwaterproductie%20kan%20bedreigd%20worden).

Ocean acidification. (n.d.). National Oceanic and Atmospheric Administration.
<https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification>

Reddy, K. R., DeLaune, R. D., & Craft, C. B. (2010). White Paper on Nutrients in Wetlands: Implications to Water Quality under Changing Climatic Conditions. In U.S. Environmental Protection Agency, *U.S. Environmental Protection Agency*.

Rijkens, B., Claassen, T., Thannhauser-Douwma, M., & Leuven, R. (2008). Waterplanten om van troebel helder water te maken. In *Radboud Universiteit Nijmegen*. Wetterskip Fryslân.

Salt Farm Foundation. (2019, March 18). *Verzilting in Nederland - Salt Farm Foundation*.
<https://saltfarmfoundation.com/nl/verzilting-in-nederland/>

Schonevijver.nl VOF. (n.d.). *pH-waarde van vijverwater - Schonevijver.nl*.
https://www.schonevijver.nl/contents/nl/d33_pH-waarde-vijverwater.html?srsId=AfmBOoo-2_T2ZrK-KYPXPE2R9RRBS6jpUsFkmgauOoKRAoNPnwtgEUKB

Smith, V. H. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 10(2), 126–139.
<https://doi.org/10.1065/espr2002.12.142>

Stoffels, J. S. [J. Stoffels]. (2021). *Zwemwaterprofiel Slotterstrand Slotterplas*. Watersysteembesturing. Retrieved December 15, 2024, from
<https://register.zwemwater.nl/zwr/api/files/6739082>

Sturen op fosfor of stikstof voor verbetering ecologische kwaliteit van zoete wateren? (2009). In *Edepot*. Retrieved December 20, 2024, from <https://edepot.wur.nl/340516>

Temperatuur in Nederland en mondiaal, 1907 - 2022. (2023, August 15). Compendium Voor De Leefomgeving. <https://www.clo.nl/indicatoren/nl022615-temperatuur-in-nederland-en-mondiaal-1907-2022>

They, N. H., Amado, A. M., & Cotner, J. B. (2017). Redfield ratios in inland waters: Higher biological control of C:N:P ratios in tropical semi-arid high water residence time lakes. *Frontiers in Microbiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01505>

Tropischevissengids. (n.d.). *Ammoniak vergiftiging / Visziekten | Tropischevissengids*.
<https://www.tropischevissengids.nl/visziekten/ammoniak->

[vergiftiging#:~:text=Bij%20een%20ammoniak%20vergiftiging%20lijken,de%20vissen%20nog%20te%20redden.](#)

Van der Molen, D. T., Boers, P. C. M., Van der Veeren, R. J. H. M., & Lijklema, L. (1998). Eutrophication of shallow lakes: Consequences for the functioning of sediment-water systems. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/14370>

Van Der Wijngaart, T., Bsc. & STOWA. (2008a). *Ecologische processen in ondiepe meren en het effect van beheersmaatregelen* (By J. T. A. Verhoeven & B. Van Der Wal). <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202000-2010/Publicaties%202005-2009/STOWA%202008-W-03.pdf>

Van Rijnland, H. (2021, August 11). *Blauwalgbestrijding in de Nieuwe Meer*. Hoogheemraadschap Van Rijnland. <https://www.rijnland.net/wat-doet-rijnland/in-uw-buurt/de-nieuwe-meer/>

Verkleuring vitaminepillen. (n.d.). Consumentenbond. <https://www.consumentenbond.nl/gezondgids/hoe-zit-dat/mineralen-en-vitaminen-verkleuring-vitaminepillen#:~:text=Antwoord%3A%20Vitamine%20C%20ofwel%20ascorbinezuur,er%20ontleding%20in%20heeft%20plaatsgevonden.>

Voedingscentrum. (n.d.). *Nitraat*. <https://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/nitraat.aspx>

Wat zijn ionen? - Aquacombi. (n.d.). <https://www.aquacombi.nl/waterbehandeling/ionen-ion>

Water quality Nieuwe Meer Westzijde, Oeverlanden, can you swim safely? - Water Map Live. (n.d.). <https://waterkaart.net/gids/zwemplek.php?naam=Nieuwe%20Meer%20Westzijde,%20Oeverlanden>

Water quality Slotterstrand, can you swim safely? - Water Map Live. (n.d.). <https://waterkaart.net/gids/zwemplek.php?naam=Slotterstrand>

Waterkwaliteit: helderheid en nutriënten. (n.d.). Ecopedia. https://www.ecopedia.be/basisinformatie/waterkwaliteit-helderheid-en-nutriënten?utm_source=chatgpt.com

Waterkwaliteit KRW, 2022. (2022, August 18). Compendium Voor De Leefomgeving. <https://www.clo.nl/indicatoren/nl143809-waterkwaliteit-krw-2022>

wateronderzoek chemische stoffen. (n.d.). <https://www.bioplek.org/techniekkartenbovenbouw/techniek89wateronderzoek.html>

Wikipedia-bijdragers. (2024, June 25). *Anode*. Wikipedia. [https://nl.wikipedia.org/wiki/Anode#:~:text=De%20anode%20\(Grieks%3A%20%CE%AC%CE%BD%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%82%2C,apparaat%20of%20de%20component%20binnenstroomt.](https://nl.wikipedia.org/wiki/Anode#:~:text=De%20anode%20(Grieks%3A%20%CE%AC%CE%BD%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%82%2C,apparaat%20of%20de%20component%20binnenstroomt.)

Bijlagen

Experiment

Hoofdvraag

Hoe beïnvloedt het verschil in omgevingsfactoren de concentraties van nitraat (NO_3^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) in de waterkwaliteit van de Sloterplas en het Nieuwe Meer?

Doel

Onze hoofdvraag gaat over in hoeverre ecologische factoren een verband hebben met de waterkwaliteit van een waterlichaam. Naar aanleiding van ons literatuuronderzoek zijn we tot de conclusie gekomen dat nitraat (NO_3^-) en fosfaat (PO_4^{3-}) een grote rol spelen in de waterkwaliteit. Dit vanwege het feit dat deze specifieke stoffen zorgen voor eutrofiëring.

Naar aanleiding van het literatuuronderzoek vonden wij het een goed idee om van twee verschillende waterlichamen, namelijk de Sloterplas en het Nieuwe Meer, het fosfaat- en nitraatgehaltes te meten door middel van spectrofotometrie. Op deze manier kunnen wij zien wat de concentraties zijn en hoe dit samenhangt met de waterlichamen.

Door deze metingen te koppelen aan andere factoren in de meren zoals, vegetatie, algenbloei en menselijke invloeden, kunnen wij meer inzicht te krijgen in hoe de aanwezigheid van deze nutriënten de waterkwaliteit kan beïnvloeden. In dit onderzoek wordt er uiteindelijk dan ook gekeken naar hoe de omgeving van een meer invloed heeft op de nitraat en fosfaatconcentraties.

Vooronderzoek

De Sloterplas en de Nieuwe Meer

De Sloterplas en de Nieuwe Meer zijn twee meren in Amsterdam. Ze hebben een verschillende geschiedenis, fysieke kenmerken en rol in de recreatieve context.

De Sloterplas (te zie in figuur 58), gelegen in de Westelijke Tuinsteden, werd in de periode 1948 tot 1956 aangelegd in het kader van de uitbreidingsplannen van de architect Van Eesteren voor Amsterdam. De plas heeft een gemiddelde diepte van 30 meter en een omtrek van ongeveer 5,8 kilometer (*De Sloterplas En Het Sloterpark - Vrienden Van De Sloterplas*, 2024).



Figuur 57 sloterplas

In contrast is het Nieuwe Meer (te zien in figuur 21) een natuurlijke plas die in de 19e eeuw door middel van zandwinning werd vergroot. Gelegen in het zuidwesten van Amsterdam, heeft het Nieuwe Meer een omtrek van ongeveer 7,5 kilometer en is gemiddeld 35 meter diep. Het waterlichaam grenst aan natuurgebieden zoals de Oeverlanden (Waterkaart.net, 2024).



Een belangrijk verschil tussen de Sloterplas en het Nieuwe Meer is de mate van waterdoorloop. De Sloterplas heeft een beperkte doorstroming. Dit heeft te maken met de stedelijke ligging en het feit dat het kunstmatig is aangelegd. De

aanvoer van water is hier afhankelijk van regenval en lokale afvoeren. Er is geen sterke verbinding met grotere waterwegen. Hierdoor is de circulatie in de Sloterpas mager, wat leidt tot problemen in het doorstromen van het water, de groei van blauwalg en andere verontreinigingen (Stoffels, 2021).

De Nieuwe Meer profiteert juist van een natuurlijkere ligging en een meer bewegelijke waterdoorloop. De plas is verbonden met grotere waterwegen zoals het Amsterdam-Rijnkanaal en de Ringvaart van de Haarlemmermeerpolder, waardoor er een constante toe en afvoer van water is. Dit draagt bij aan een ecologisch rijker milieu (Van Rijnland, 2021) & (*Water Quality Nieuwe Meer Westzijde, Oeverlanden, - Water Map Live*, n.d.).

Figuur 58 nieuwe meer

Beide plassen vervullen een centrale rol in de recreatie van de omgeving. De Sloterpas is onderdeel van het Sloterpark. Men kan hier wandelen, hardlopen, varen en incidenteel zwemmen. De omliggende infrastructuur ondersteunt deze activiteiten. Er zijn hier wel regelmatige meldingen van uitbraken van blauwalg en recente meldingen van *E. coli* bacteriën. Dit beperkt op gegeven momenten de recreatie, voornamelijk het zwemmen (*DPG Media Privacy Gate*, n.d.) (*Water Quality Sloterpas - Water Map Live*, n.d.).

De Nieuwe Meer heeft minder van dit soort problemen. Het staat bekend door goede zwemplekken aan de westzijde bij de Oeverlanden. De Nieuwe Meer biedt een natuurlijke omgeving voor zwemmen, kanoën en wandelen (Van Rijnland, 2021).

Spectrofotometrie

Spectrofotometer

Bij het meten van de fosfaat en nitraat concentraties van de twee monsters wordt gebruik gemaakt van een spectrofotometer. Bij het meten met een spectrofotometer wordt wit licht opgesplitst in specifieke golflengten. De meter breekt het spectrum, met behulp van een kleurenrooster of een ander soortgelijk filter, in een reeks sensoren elke sectie van het spectrum en produceert een signaal (Hanna Instruments, n.d.).



Figuur 59 de gebruikte spectrofotometer tijdens het experiment

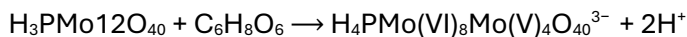
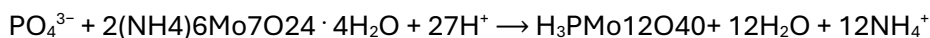
Blanco

Een blanco is een controlemonster voor spectrofotometrie dat dezelfde chemische stof die gebruikt wordt tijdens een chemisch experiment bevat als de analysemethode, maar zonder de stof die gemeten gaat worden (nitraat of fosfaat). Het dient om de achtergrondabsorptie en eventuele invloed van de reagentia op de spectrofotometer te verbeteren. Voor metingen wordt eerst de blanco gebruikt om het apparaat op nul te kalibreren (Mettler-Toledo International Inc, 2024).

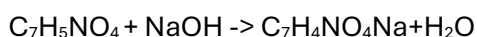
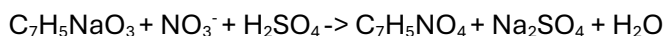
Reactievergelijkingen

Om een kleur te kunnen vormen met het fosfaat (PO_4^{3-}) is het nodig om het te laten reageren met haar reagentia. Hieronder is de reactievergelijking van fosfaat met ammoniummolybdaat ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$) en ascorbinezuur ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) die in een zuur milieu met elkaar reageren. Bij de eerste reactievergelijking ontstaat er fosformolybdaanzuur. Vervolgens is de reductie van deze

stof in de tweede reactievergelijking te zien. Door ascorbinezuur veranderen enkele molybdeen (VI)-ionen in molybdeen(V), wat voor een blauwe kleur zorgt. Deze kleur kan waargenomen worden bij een golflengte van 885nm.



Voor het meten van de absorptie van nitraat (NO_3^-) is er ook een reagens nodig om een kleur te vormen. Dit is gedaan door de watermonsters te mengen met natriumsalicylaat ($\text{C}_7\text{H}_5\text{NaO}_3$) en de reactie te activeren onder hitte. Het nitraation is een oxidator, waardoor die zuurstof kan leveren. Dit leidt vervolgens tot een reactie met natriumsalicylaat dat koolstof, zuurstof en waterstof bevat. Hier vormt een vast residu. Het residu wordt met geconcentreerd zwavelzuur (H_2SO_4) gemengd. Hierdoor vormt er 2-nitrosalicylzuur ($\text{C}_7\text{H}_5\text{NO}_4$). Hierna wordt natronloog (5M NaOH) bijgedaan die de oplossing neutraliseert en zorgt voor de vorming van 5-natrium-nitrosalicylaat ($\text{C}_7\text{H}_4\text{NO}_4\text{Na}$). Deze stof zorgt ervoor dat de oplossing een gele kleur krijgt, wat kan worden gemeten bij een golflengte van 885nm. Hieronder zijn de reactievergelijkingen van deze reacties getoond. (Noordhoff Uitgevers, n.d.)



Nitraat experiment

Materialenlijst

- Natriumsalicylaat-oplossing (2g/100ml)
- Gedestilleerd water
- Geconcentreerd zwavelzuur (H_2SO_4) (98%)
- Natronloog (NaOH) 5M
- PASCO Spectrometry Software
- Wireless Spectrometer (Vis) • PS-2600A
- Cuvetten
- Labjas
- Latex handschoenen
- Labbril
- Pipetten 3 ml
- Analytische balans
- 14x Maatkolf 50 ml
- 15x Maatkolf 100 ml
- 2x Maatkolf 2 L
- 1x Maatcilinder 100 ml
- 15x Klein indampschaaltje
- 1x Groot indampschaaltje
- 1x Kroesjestang
- 1x Bunsenbrander
- 1x Driepikkel met draadnet

- 1x Bekerkleem
- 2x Spatel
- Labels

Stappenplan

Om een nauwkeurig resultaat te behalen met een spectrofotometer is het nodig om een ijkreeks te maken van verschillende bekende standaardoplossingen van de stof die je wilt meten. Nitraatgehaltes van voorgaande jaren bij beide meren waren niet vermeld op het internet. Hierdoor moest er een schatting worden gemaakt bij welke concentraties de ijkreeks werd gevormd. Eerst werd er gekozen om ijkreeks te maken van 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 en 10,0 mg/ml NO₃⁻, vanwege het feit dat er werd vernomen dat de meren niet verontreinigd tot weinig verontreinigd zijn (*Wateronderzoek Chemische Stoffen*, n.d.). Nadat we het experiment hadden uitgevoerd, kwamen we erachter dat deze standaardoplossingen een veel lager absorptie hadden bij een golflengte van 450nm. Hierdoor hebben we een nieuwe ijkreeks moeten bepalen met de concentraties 20,0; 30; 40; 60; 80 en 100 mg/ml NO₃⁻. Het bepalen van de absorptie van beide ijkreeksen werden op dezelfde manier gedaan.

Klaar maken van de onopgeloste stoffen:

De stoffen natriumnitraat en natriumsalicylaat waren beschikbaar als vaste stoffen. Om daar mee te kunnen werken was het vereist om er een oplossing van te maken. Er werd een oplossing van 2g/100 ml natriumsalicylaat en 10mg/ml en 100 mg/ml natriumnitraat bereid.

1. Allereerst 2 gram natriumsalicylaat wegen doormiddel van een analytische balans in een indampschaaltje.
2. Deze maak je vervolgens fijn met een spatel.
3. Allerlaatst los je dit op in een maatcilinder van 100 ml en wacht je ruim 15 tot 20 minuten totdat het helemaal is opgelost.

1. Voor de **natriumnitraatoplossing van 10mg/ml** weeg je 27.44 mg natriumnitraat af in een klein indampschaaltje door middel van een analytisch balans.
2. Deze los je op in een 2 liter maatkolf en meng je goed.

1. Voor de **natriumnitraatoplossing van 100mg/ml** weeg je 548.4mg natriumnitraat af in een klein indampschaaltje door middel van een analytisch balans.
2. Deze los je op in een 2 liter maatkolf en meng je goed.

Metten absorptie van de waterlichamen en zorgen voor een blanco meting:

Het is van belang om de watermonsters zo spoedig mogelijk op te lossen in haar reagentia en vervolgens te meten d.m.v. een spectrofotometer. Dit zorgt ervoor dat de kans op reacties onderling stoffen worden verminderd en de kans dat (eventuele) algen het nitraat opneemt. Hiernaast is het ook belangrijk om een blanco meting (nulmeting) uit te voeren. Een blanco meting zorgt voor de meting van het natriumnitraat (in ons geval) en verwaarloost andere oplosmiddelen.

1. Allereerst breng je 20 ml van elk watermonster in een maatkolf van 50 ml.
2. Voor de blanco meting pak je een klein indampschaaltje.

3. In het indampschaaftje en maatkolf(en) doe je vervolgens 2 ml natriumsalicylaat-oplossing bij doormiddel van een pipet van 3ml.
4. De watermonster-oplossing schenk je over in een groot indampschaaftje
5. Hierna doe je de 2 grote indampschaaftjes met een inhoud van 22 ml en 1 klein indampschaaftje van 2 ml droog koken door middel van een bunsenbrander op een driepikkel met draadnet tot het een vaste stof wordt (wanneer het H₂O is verdampt).
 - a. Het droog koken van de stoffen uitvoeren in een zuurkast waar het lucht continu wordt ververst.
6. Bij de ingedampste stoffen doe je vervolgens 2 ml geconcentreerd zwavelzuur bij en laat je het inwerken voor minimaal 10 minuten.
7. Hierna vul je 3 maatkolven van 100 ml met 40 ml gedestilleerd water.
8. De ingedampste stoffen die zijn ingewerkt met het geconcentreerd zwavelzuur doe je vervolgens in de maatkolf waar 40 ml gedestilleerd water in zit.
9. Vervolgens doe je er nog 30 ml natronloog bij in elk van de maatkolven.
10. Dit vul je dan aan tot 100 ml met gedestilleerd water.
11. Als laatst doe je de watermonsters en blanco meting door middel van een pipet van 3 ml in een cuvet en meet je de absorptie bij 450nm nadat de blanco meting is gekalibreerd door het PASCO spectrophotometry app.

Het vormen van ijkreeks 1:

1. 6 kleine indampschaaftjes klaarleggen en 2ml natriumsalicylaat oplossing indoen.
2. 6 maatkolven van 50 ml klaarleggen en het volgende ermee doen:

Tabel 1

	Volume oplossing nitraat in natriumnitraat (10 mg/ml)	Aanvullen tot (ml)	Nitraatgehalte (mg/ml)
1	5	45	1,0
2	10	40	2,0
3	15	35	3,0
4	20	30	4,0
5	25	25	5,0
6	50	Nvt.	10,0

3. 2 ml van elk maatkolf in een klein indampschaaftje doen.
4. Hierna kook je de 6 kleine indampschaaftjes met een inhoud van 4 ml droog doormiddel van een bunsenbrander op een driepikkel met draadnet tot het een vaste stof wordt (wanneer het H₂O is verdampt).
 - a. Het droog koken van de stoffen uitvoeren in een zuurkast waar het lucht continu wordt ververst.
5. Vervolgens herhaal je stap 6 t/m 11 van 'Metten absorptie van de waterlichamen en zorgen voor een blanco meting:'

Het vormen van ijkreeks 2:

1. 6 kleine indampschaaftjes klaarleggen en 2ml natriumsalicylaat oplossing indoen.
2. 6 maatkolven van 50 ml klaarleggen en het volgende ermee doen:

Tabel 2

	Volume oplossing nitraat in natriumnitraat (100 mg/ml)	Aanvullen tot (ml)	Nitraatgehalte (mg/ml)
1	10	40	20
2	15	35	30
3	20	30	40
4	30	20	60
5	40	10	80
6	50	Nvt.	100

3. 2 ml van elk maatkolf in een klein indampschaaftje doen.
4. Hierna kook je de 6 kleine indampschaaftjes met een inhoud van 4 ml droog doormiddel van een bunsenbrander op een driepikkel met draadnet tot het een vaste stof wordt (wanneer het H₂O is verdampt).
 - a. Het droog koken van de stoffen uitvoeren in een zuurkast waar het lucht continu wordt ververst.
5. Vervolgens herhaal je stap 6 t/m 11 van 'Metten absorptie van de waterlichamen en zorgen voor een blanco meting:'

Fosfaat experiment

Materialenlijst

1. Ascorbinezuur ($C_6H_8O_6$)
2. Ammoniummolybdaat $((NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O)$
3. Kaliumdiwaterstoffosfaat (KH_2PO_4)
4. Zwavelzuur 1M (H_2SO_4)
5. Gedestilleerd water
6. Analytische balans
7. Magnetische roerder
8. Pipetten
9. Labjas
10. Labbril
11. Latex handschoenen
12. Spatels
13. Cuvetten
14. PASCO Spectrometry Software
15. Wireless Spectrometer (Vis) • PS-2600A
16. 3x Bekerglas 50 ml
17. 1x Bekerglas 1 L
18. 7x Maatkolf 25 ml
19. 3x Maatkolf 100 ml
20. 3x Maatkolf 1 L
21. 2x Roerstaaf
22. 3x Groot indampschaaltje

Stappenplan

Na het meten van de nitraat gehalten kozen we voor een wat bredere ijklijn voor de fosfaatmetingen. De ijklijn bestond uit fosfaatconcentraties van 0,25; 0,35; 0,45; 0,7; 0,9; 1,2; 1,5; 1,8 mg/ml.

Oplossen van onopgeloste stoffen:

De stoffen, ammoniummolybdaat, ascorbinezuur en kaliumdiwaterstoffosfaat, moesten worden opgelost in gedestilleerd water om vervolgens dat te kunnen gebruiken in ons experiment. Ascorbinezuur-oplossing moet vlak voor gebruik worden bereid. Dit om te voorkomen dat het oxideert met zuurstof (*Verkleuring Vitaminepillen*, n.d.).

1. Het wegen van 10 g **ammoniummolybdaat** in een groot indampschaaltje doormiddel van een analytische balans.
2. 80 ml zwavelzuur en roerstaaf in een bekerglas van 1 L doen
3. Dit plaatsen op de magnetische roerder en vervolgens beetje bij beetje het ammoniummolybdaat bij toevoegen.

1. Het wegen van 5 g **ascorbinezuur** in een groot indampschaaltje doormiddel van een analytische balans.
2. 50 ml demiwater en een ander roerstaaf in een bekeerglas van 500 ml doen
 - a. Het gebruiken van een andere roerstaaf dan wat er is gebruikt eerder bij het ammoniummolybdaat is nodig. Dit komt doordat ascorbinezuur een zwakke zuur is en zwavelzuur een sterke.
3. Dit plaatsen op de magnetische roerder en vervolgens beetje bij beetje het ascorbinezuur bij toevoegen.

1. Het wegen van 2,58 g **kaliumdiwaterstoffosfaat** in een groot indampschaaltje doormiddel van een analytische balans.
2. Dit vervolgens oplossen in een maatkolf van 1 L doen wat is aangevuld met gedestilleerd water.
3. Vervolgens goed schudden, waarna je een fosfaat oplossing van 1,8 mg/L hebt.
4. 1 ml van deze oplossing met een pipet in een ander maatkolf van 1 L doen en vervolgens aanvullen tot 1 L.
5. Als laatst goed mengen en je hebt een oplossing van 1,8 mg/ml

Metten absorptie van de 2 waterlichamen en zorgen voor een blanco meting:

Hier zorgden we weer dat de watermonsters meteen werden gemeten voordat we aan de slag gingen met de standaardoplossingen. Om dit te kunnen meten moesten we uiteraard weer een nulmeting doen.

1. 25 ml van beide watermonsters en 25 ml gedestilleerd water in een maatkolf van 100 ml doen.
2. Hier doe je vervolgens 2,5 ml ammoniummolybdaat-oplossing en 1 ml ascorbinezuur-oplossing in.
3. Mengen en laten staan voor 15 minuten.

Vormen van de ijkreeks:

1. Allereerst klaarleggen van 7 maatkolven van 25 ml.
2. Vervolgens het volgende uitvoeren volgens de onderstaande tabel:

Tabel 3

	Volume oplossing fosfaat in KH_2PO_4 (mg/ml P)	Aanvullen tot 25 ml	Fosfaatconcentratie (mg/ml)
1	2,78	22,22	0,2
2	6,94	18,06	0,5
3	9,72	15,28	0,7
4	12,50	12,50	0,9
5	16,67	8,33	1,2
6	20,83	4,17	1,5

7	25	Nvt.	1,8
---	----	------	-----

3. Hier doe je vervolgens 2,5 ml ammoniummolybdaat-oplossing en 1 ml ascorbinezuur-oplossing in.
4. Oplossingen 10 minuten laten staan.

Absorptie meten van de watermonsters en standaardoplossingen:

Het was al bij ons bekend dat het ammoniummolybdaat en ascorbinezuur in een overmaat waren toen we het experimentplan aan het bereiden waren. Dit zorgde als resultaat dat alle oplossingen met het reagens een erg donkere kleur had wat niet door de spectrofotometer kon worden gemeten. Daarom moesten alle oplossingen worden verdund. De standaardoplossingen fosfaat van 0,5 mg/ml; 0,7 mg/ml en 0,9 mg/ml werd twee keer verdund, waardoor we fosfaatconcentraties van 0,25 mg/ml; 0,35 mg/ml en 0,45 mg/ml kregen.

1. We hebben een 1 ml pipet gebruikt en tot het tweede streepje gevuld, net voordat het dikkere gedeelte van de pipet begint. Dit bevindt zich onder de 0,25 ml, maar het exacte volume is niet bekend.
2. Dit werd vervolgens in een cuvet gedaan.
3. De cuvet werd met 3 ml gedestilleerd water aangevuld.
4. Vervolgens blanco kalibreren en de watermonsters en de standaardoplossingen meten bij een golflengte van 885nm.

Resultaten

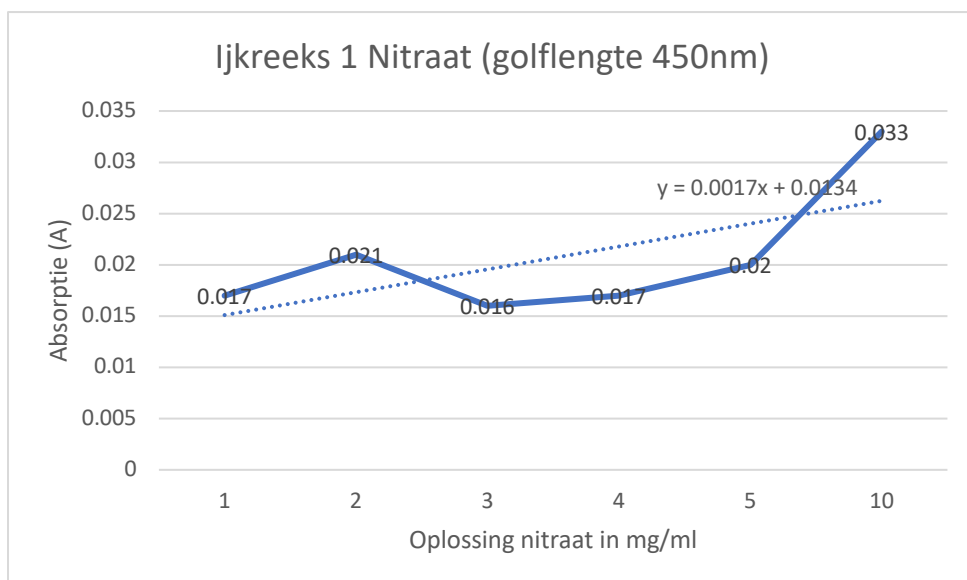
Nitraat experiment

Absorptie van watermonsters en standaardoplossingen

Tabel 4: Absorptie watermonsters bij een golflengte van 450nm

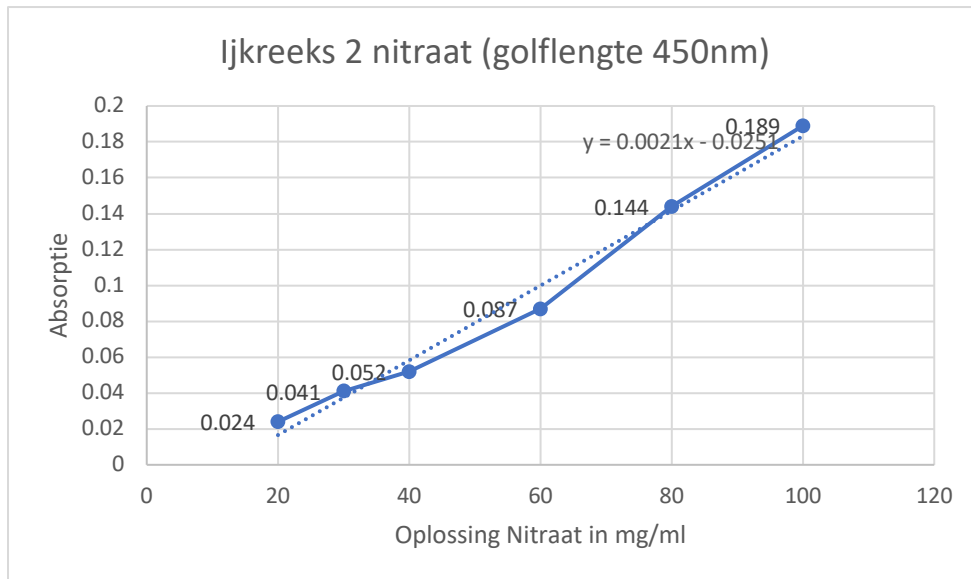
Watermonster	Absorptie bij een golflengte van 450nm	Nitraatconcentratie in mg/ml
Sloterplas	0.065	42.905
Nieuwe meer	0.080	50.048

Nadat de nulmeting werd gekalibreerd door de PASCO-spectrofotometer werd er meteen begonnen met het meten van de absorptie van de watermonsters. In tabel 4 kun je zien wat voor resultaten we hebben behaald. Uit deze cijfers kunnen al meteen vertellen welk van de wateren een hogere nitraat gehalte bevat. In dit geval heeft de Nieuwe Meer een nitraatconcentratie van 50,44 mg/ml nitraat. De nitraatconcentratie van de Sloterplas is 43,24 mg/ml.



Grafiek 1: Ijkreeks 1

Om deze cijfers te vinden is het van belang om een ijkreeks te vormen. Allereerst hebben we ijkreeks 1 gevormd met de volgende oplossingen, 1mg/ml t/m 10 mg/ml. In grafiek 1 is ons grafiek te zien samen met een trendlijn. In tabel 4 zijn hogere getallen voor de absorptie waargenomen in vergelijking met grafiek 1. Dit luidt dat de watermonsters een hoger nitraatconcentratie hebben dan 10 mg/ml.



Grafiek 2: Ijkkreeks 2 Nitraat

Hierdoor moesten we een tweede ijklijn maken. In grafiek 2 is ons tweede ijklijn waargenomen in een grafiek. Hierbij hebben we weer een trendlijn gevormd die de formule $y = 0.0021x - 0.0251$ heeft. Hiermee kan de nitraatconcentratie als volgt worden berekend,

$$\text{Absorptie} = 0.0021 \times [\text{Nitraat concentratie}] - 0.0251$$

- Sloterplas nitraatgehalte = 42.905 mg/ml
- Nieuwe Meer nitraatgehalte = 50.048 mg/ml



Figuur 60: Standaardoplossingen ijkkreeks 2



Figuur 61: (van links naar rechts) Blanco, Sloterplas, Nieuwe meer

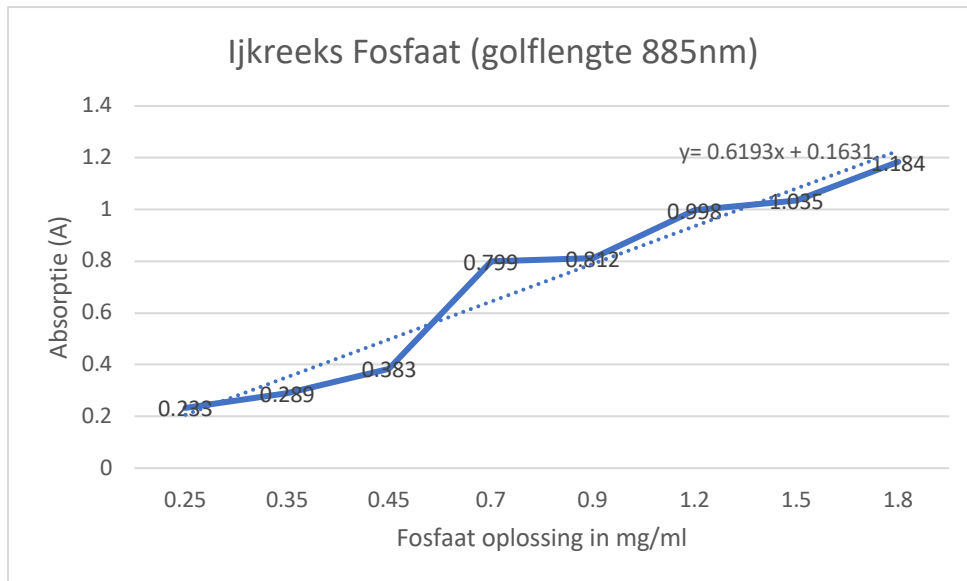
Fosfaat experiment

Absorptie van watermonsters en standaardoplossingen

Ook werd bij het fosfaat experiment allereerst door de PASCO-spectrofotometer de nulmeting gekalibreerd. In tabel 5 zijn de nitraatconcentraties van de waterlichamen te zien. De nitraatconcentratie in de Sloterplas is significant hoger dan die van de Nieuwe Meer.

Tabel 5: Absorptie watermonsters bij een golflengte van 885nm

Watermonster	Absorptie bij een golflengte van 885nm	Nitraatconcentratie in mg/ml
Sloterplas	1.055	0.8167
Nieuwe Meer	0.648	0.5643



Grafiek 3: Ijkkreeks Fosfaat

In grafiek 3 zijn de absorptie van de standaardoplossingen laten zien. Hierbij is de formule $y = 0.6193x + 0.1631$ gevormd.

$$\text{Absorptie} = 0.6193 \times [\text{concentratie fosfaat}] + 0.1631$$

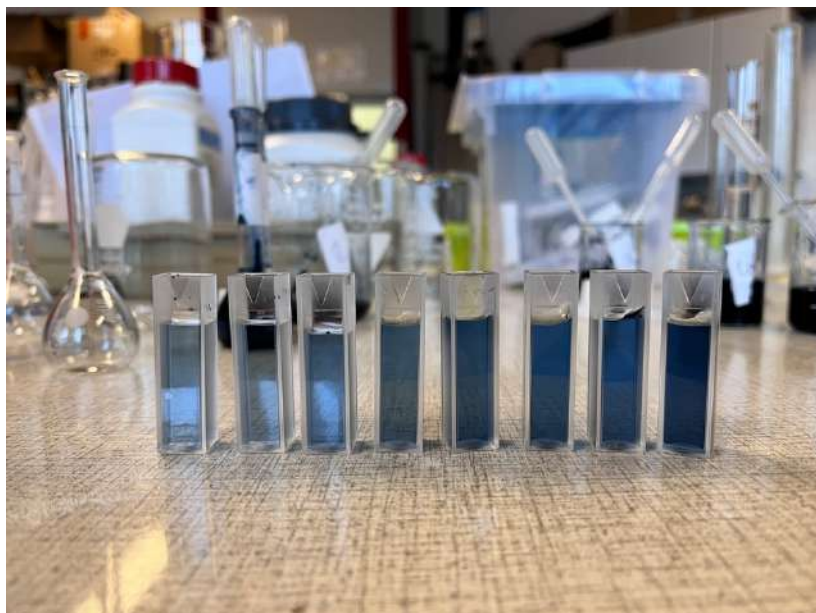
- Sloterplas fosfaatgehalte = 0.8167 mg/ml
- Nieuwe meer fosfaatgehalte = 0.5643 mg/ml



Figuur 62: (van links naar rechts) blanco, Nieuwe Meer, Sloterplas, standaardoplossing 3,4,5,6 en 7

In figuur 24 zie je alle vloeistoffen na de reactie met ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Dit is voor de verdunning.

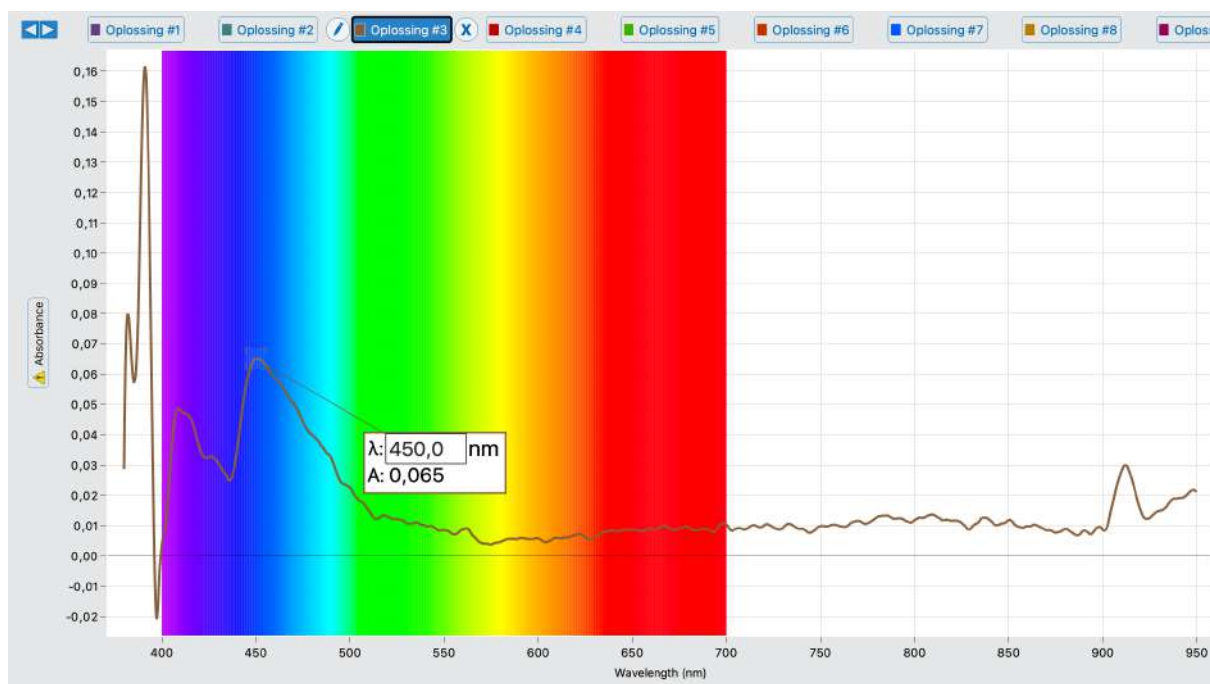
Na de verdunning van de standaardoplossingen fosfaat



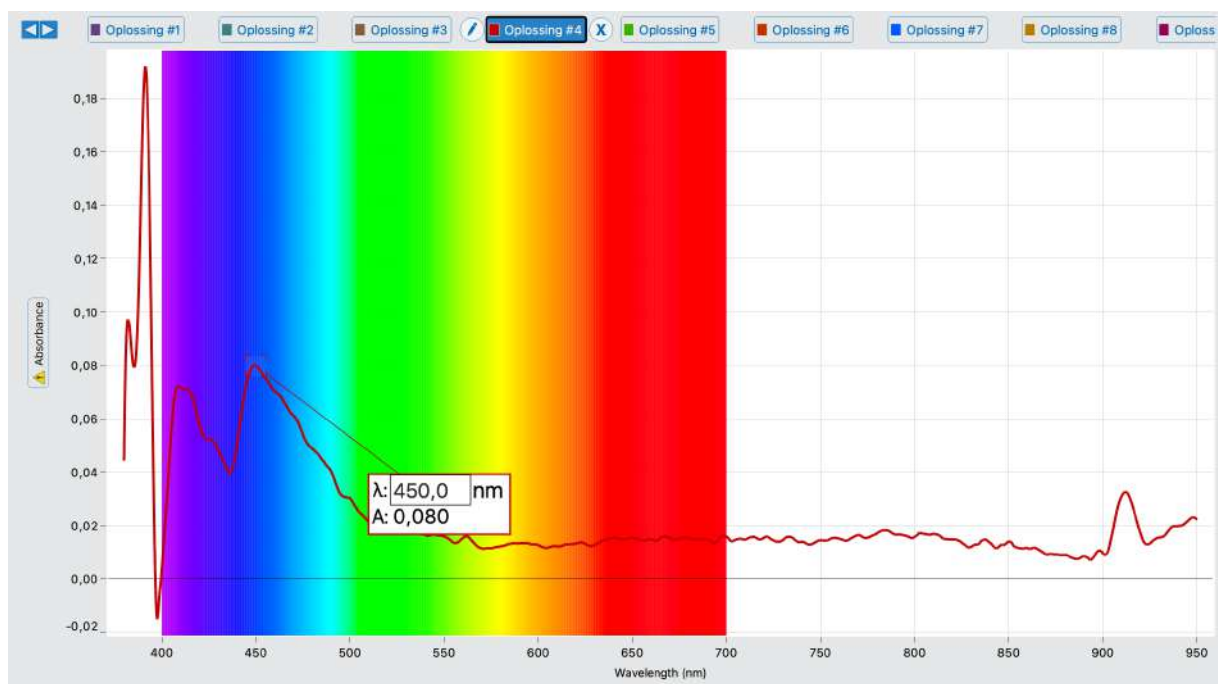
Figuur 63: (van links naar rechts) Na verdunning oplossingen 0.25; 0.35; 0.45; 0.7; 0.9; 1.2; 1.5 en 1.8 mg/ml fosfaat

In figuur 25 zie je de oplossingen nadat deze zijn verdund.

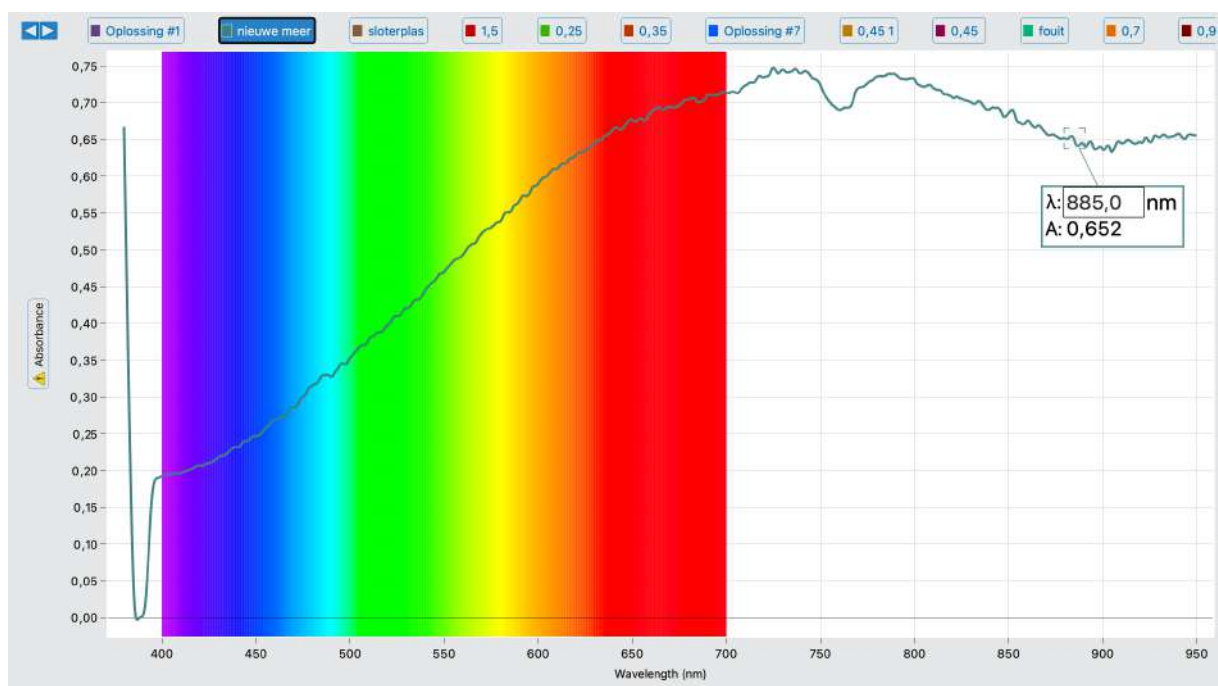
Pasco resultaten



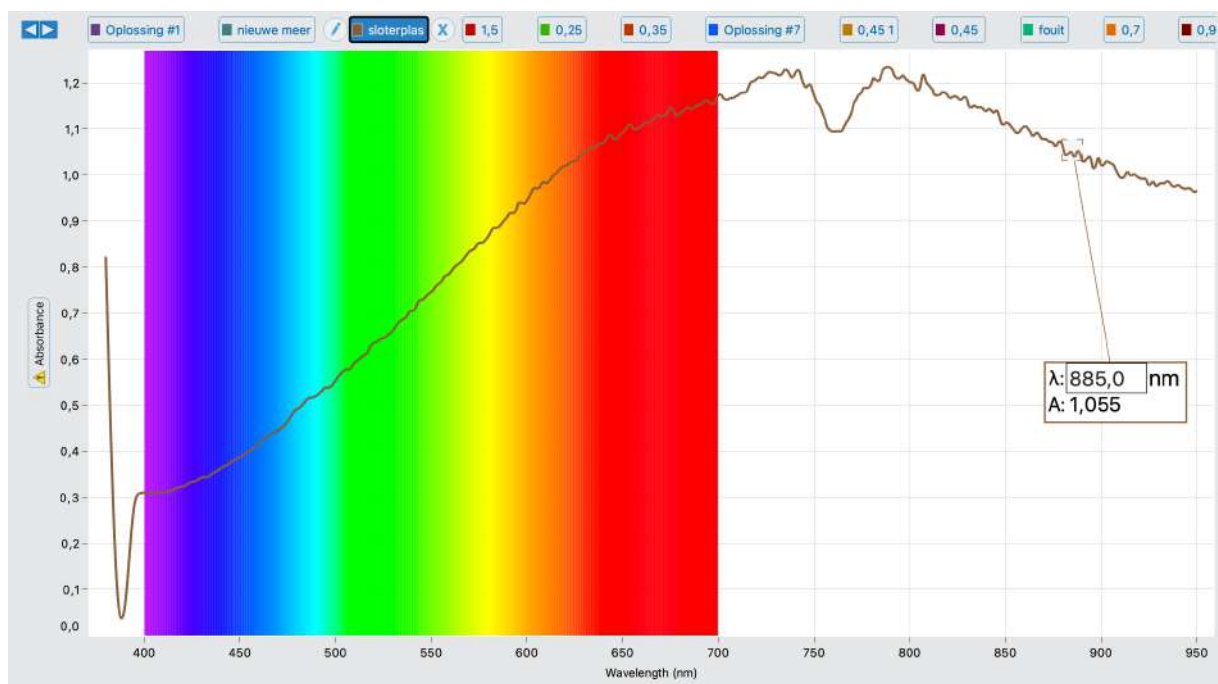
Figuur 64: Nitraat Sloterplas meting



Figuur 65: Nitraat Nieuwe meer meting

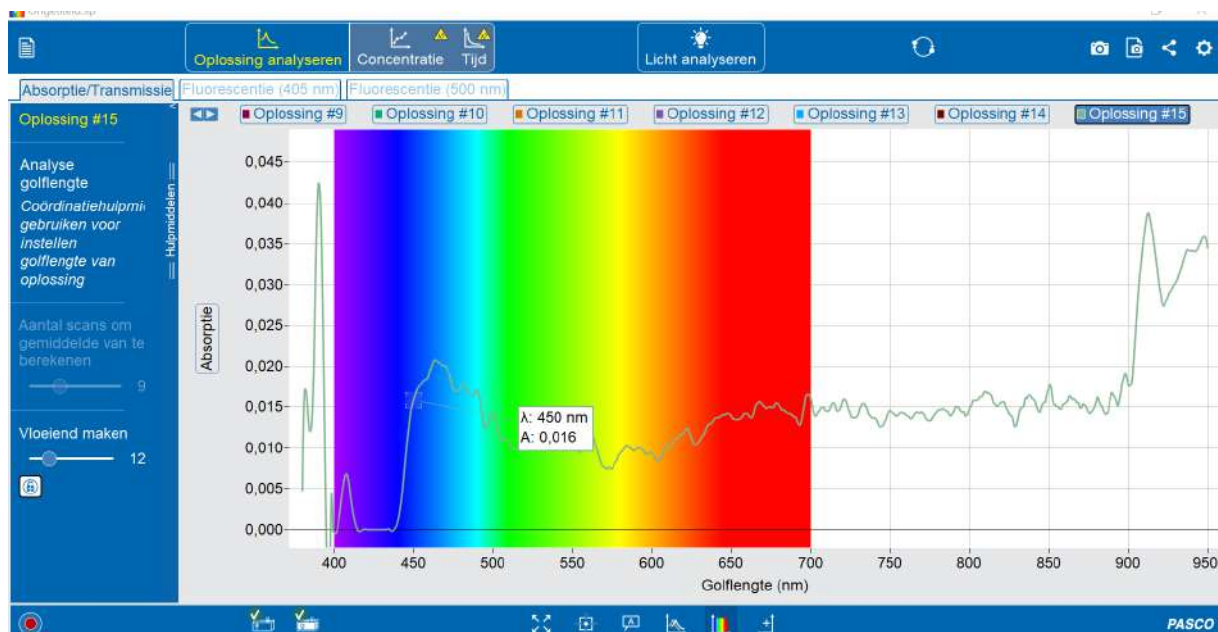


Figuur 66: Fosfaat Nieuwe meer meting

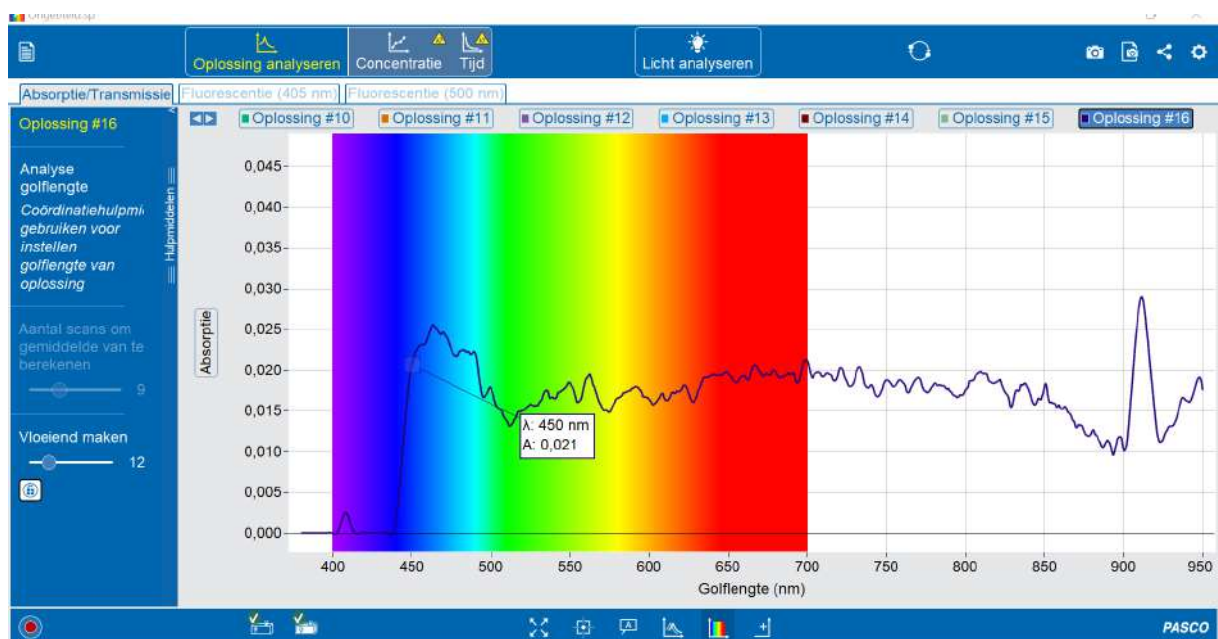


Figuur 67: Fosfaat Sloterplas meting

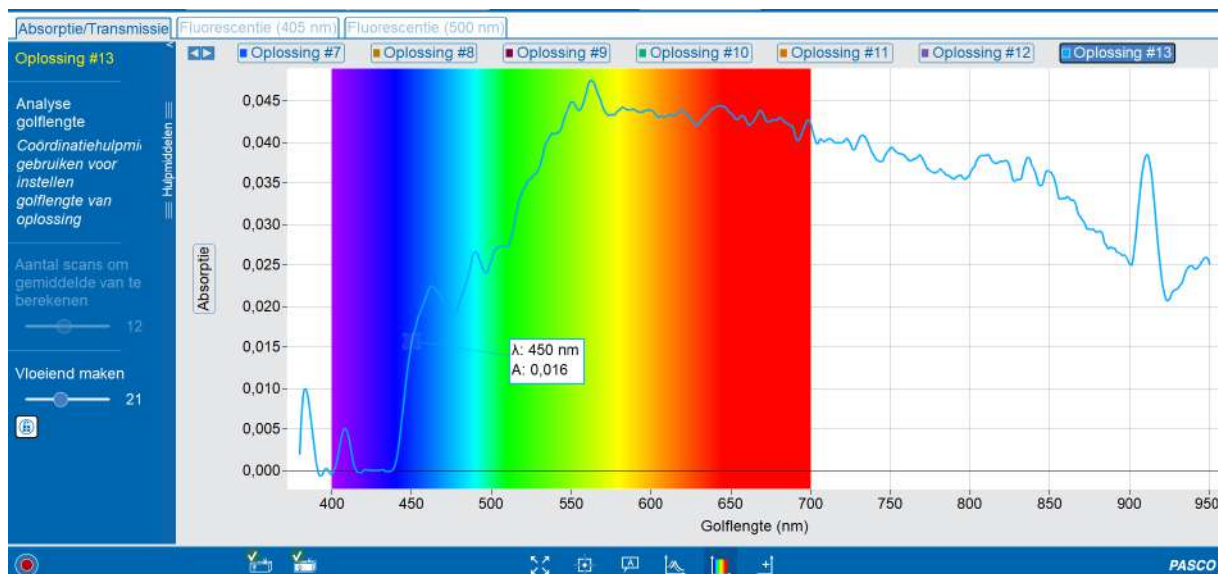
PASCO-software Nitraatmetingen voor ijkreeks



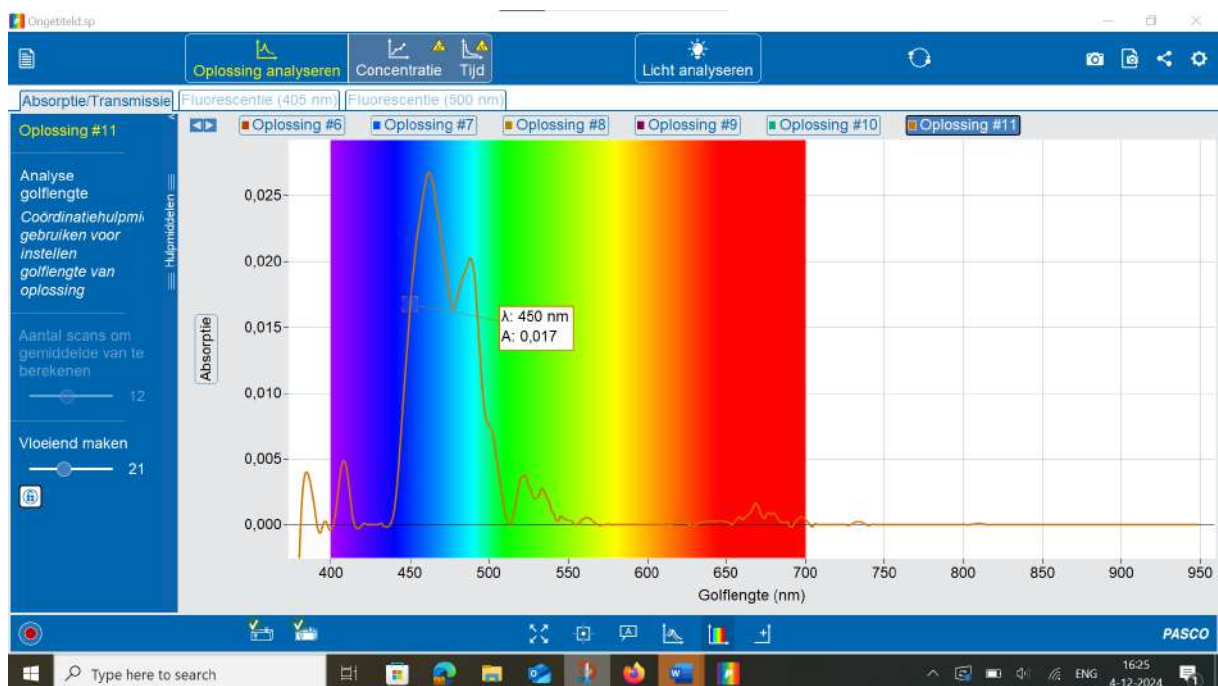
Figuur 68: Ijkeeks 1 Nitraat, oplossing 1



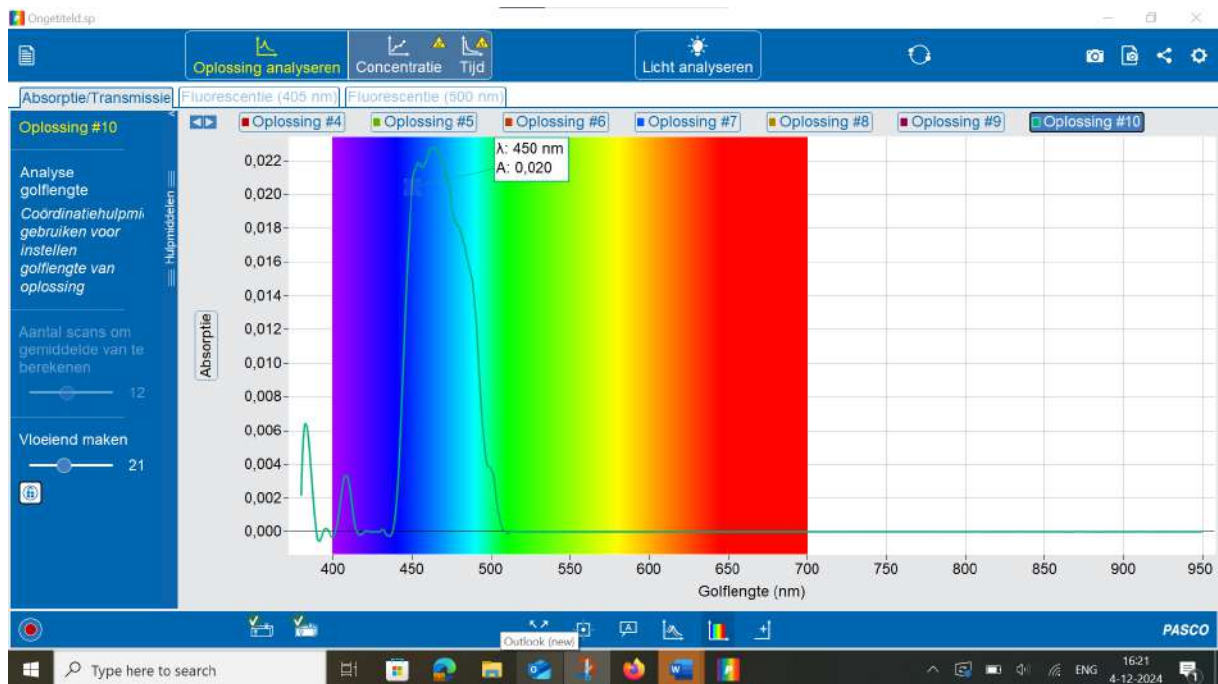
Figuur 69: Ijkeeks 1 Nitraat, oplossing 2



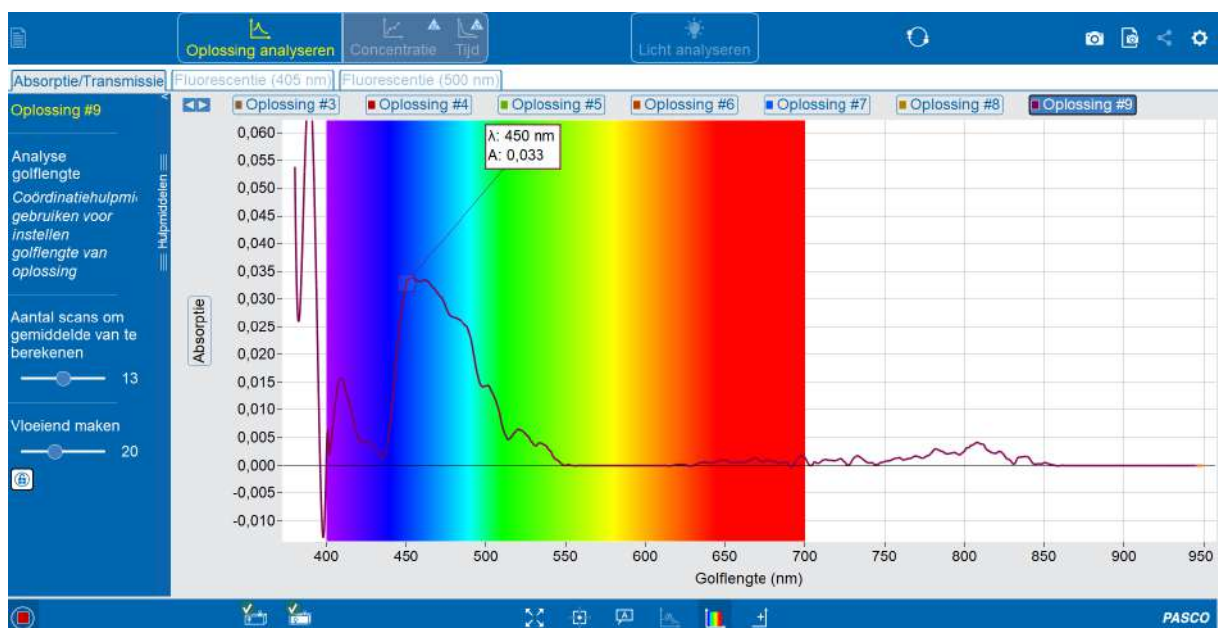
Figuur 70: Ijkreeks 1 Nitraat oplossing 3



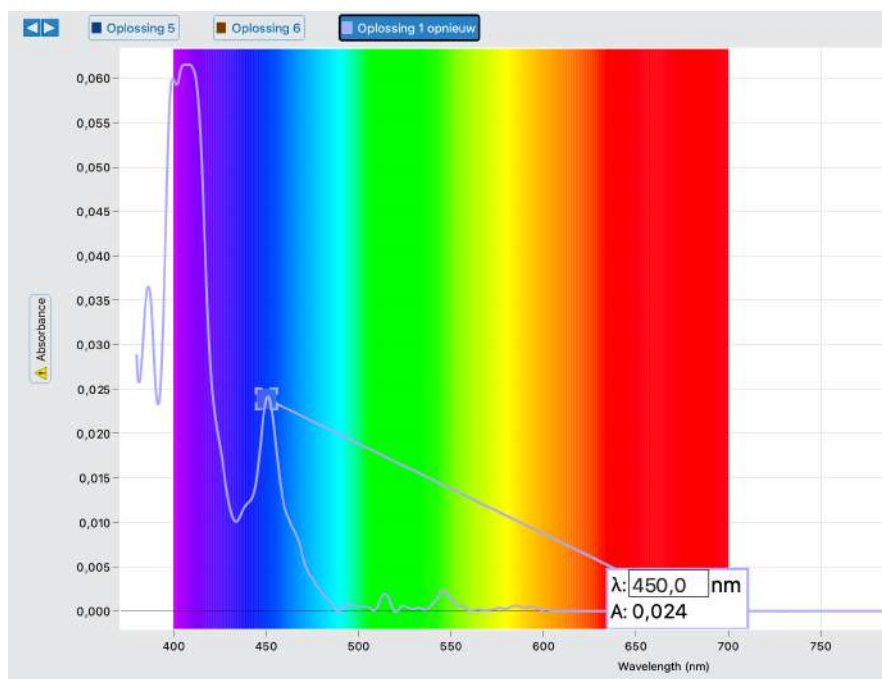
Figuur 71: Ijkreeks 1 Nitraat, oplossing 4



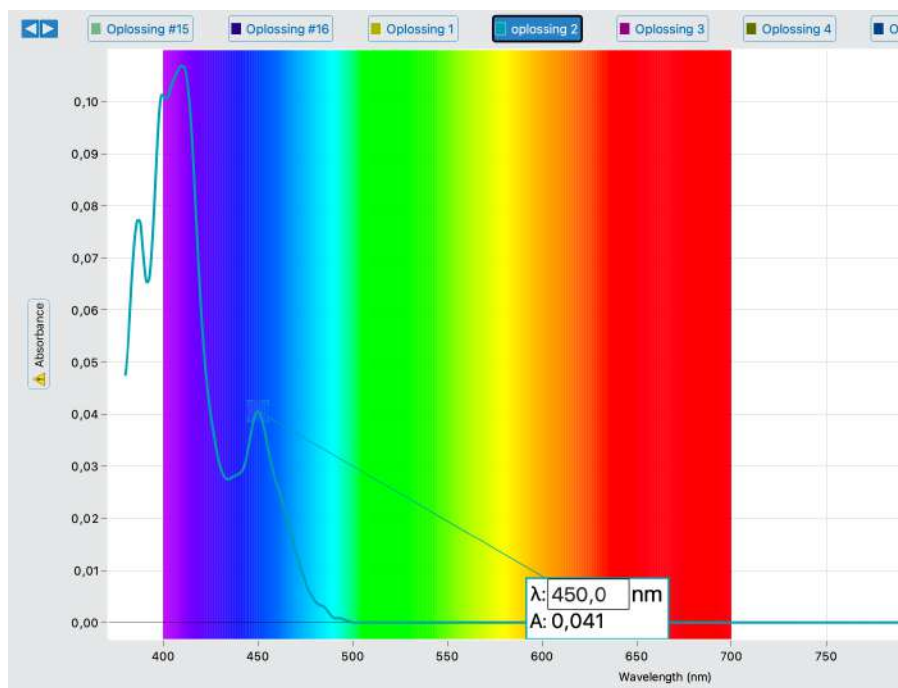
Figuur 72: Ijkkreeks 1 Nitraat, oplossing 5



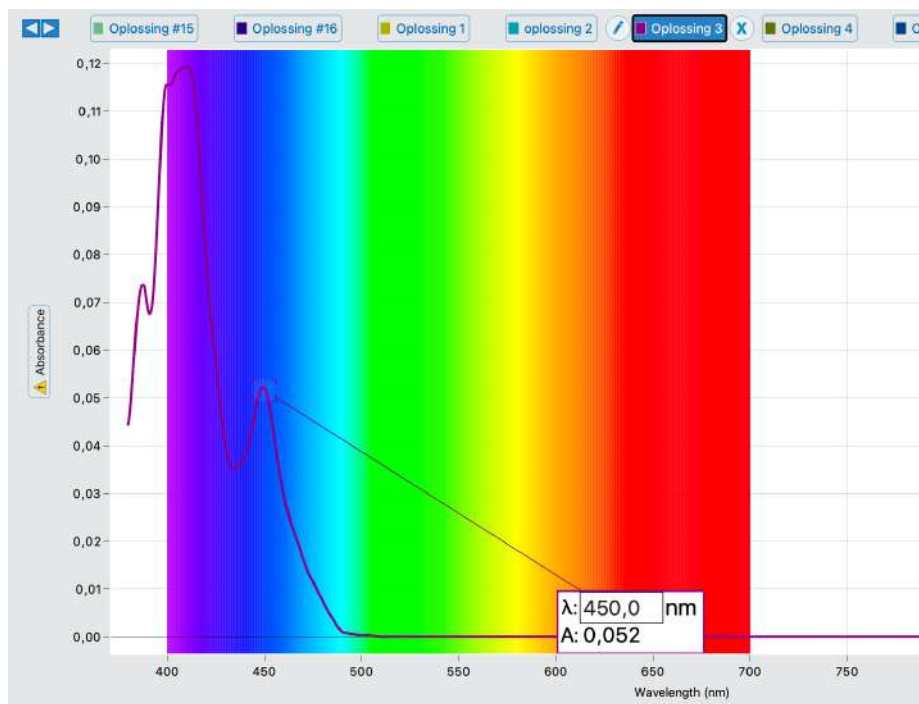
Figuur 73: Ijkkreeks 1 Nitraat, oplossing 6



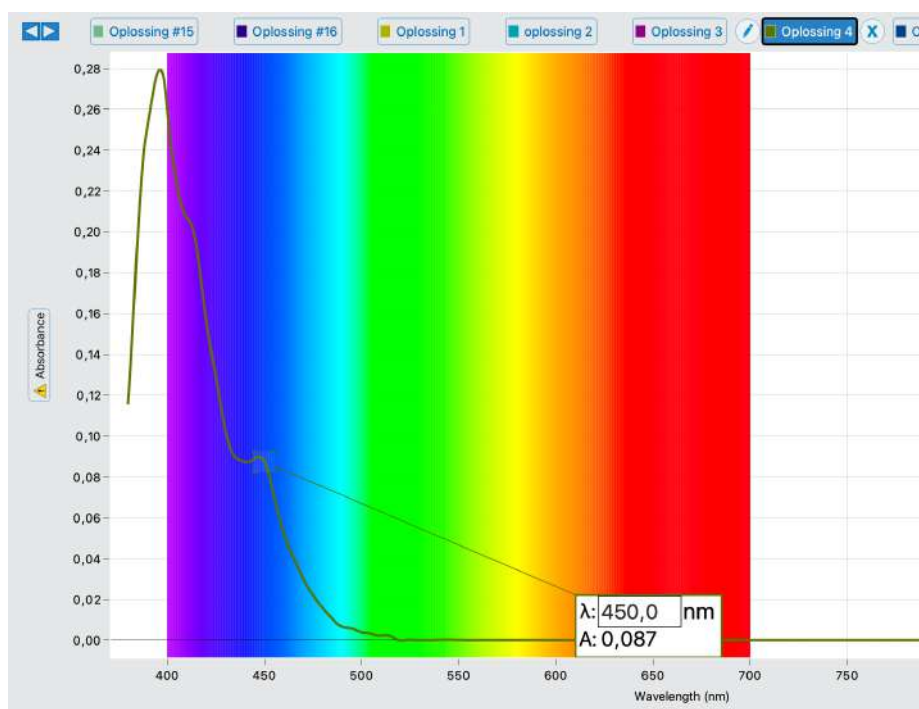
Figuur 74: IJkreets 2 Nitraat, oplossing 1



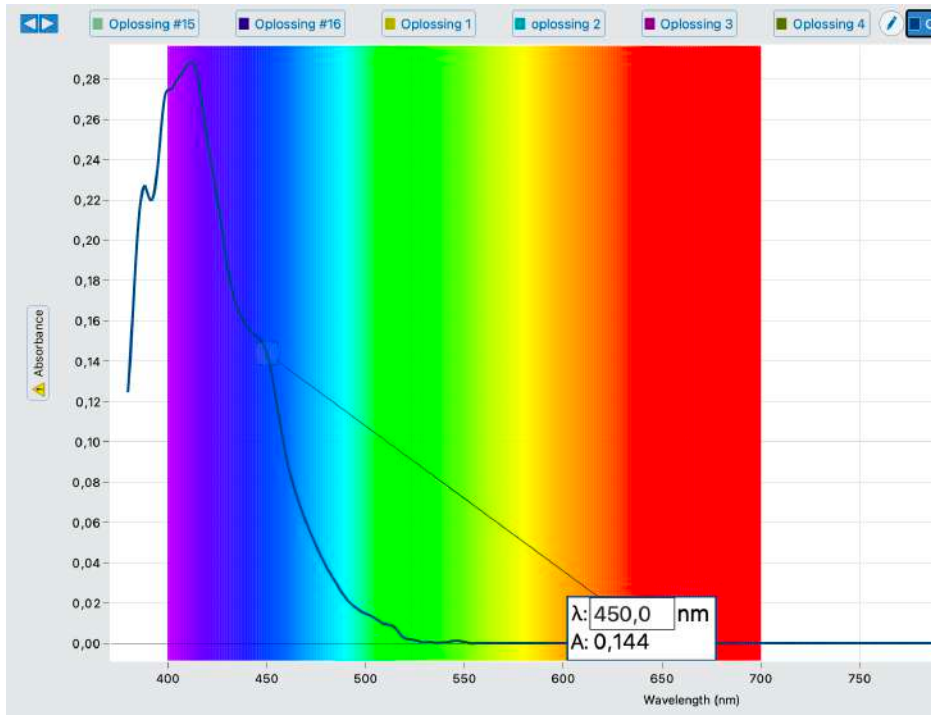
Figuur 75: IJkreets 2 Nitraat, oplossing 2



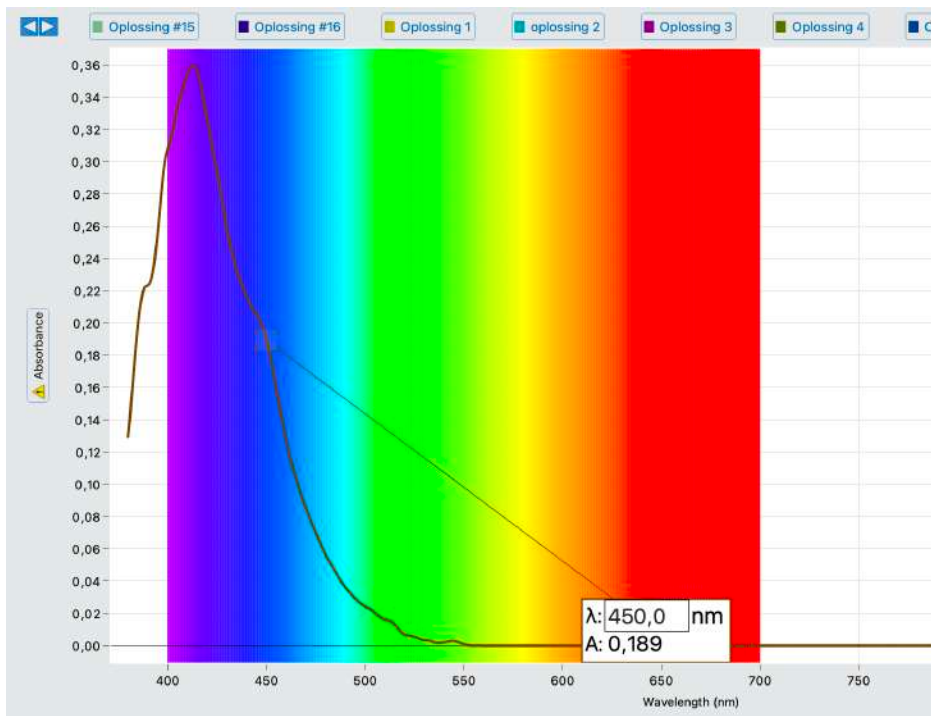
Figuur 76: Ijkreeks 2 Nitraat, oplossing 3



Figuur 77: Ijkreeks 2 Nitraat, oplossing 4

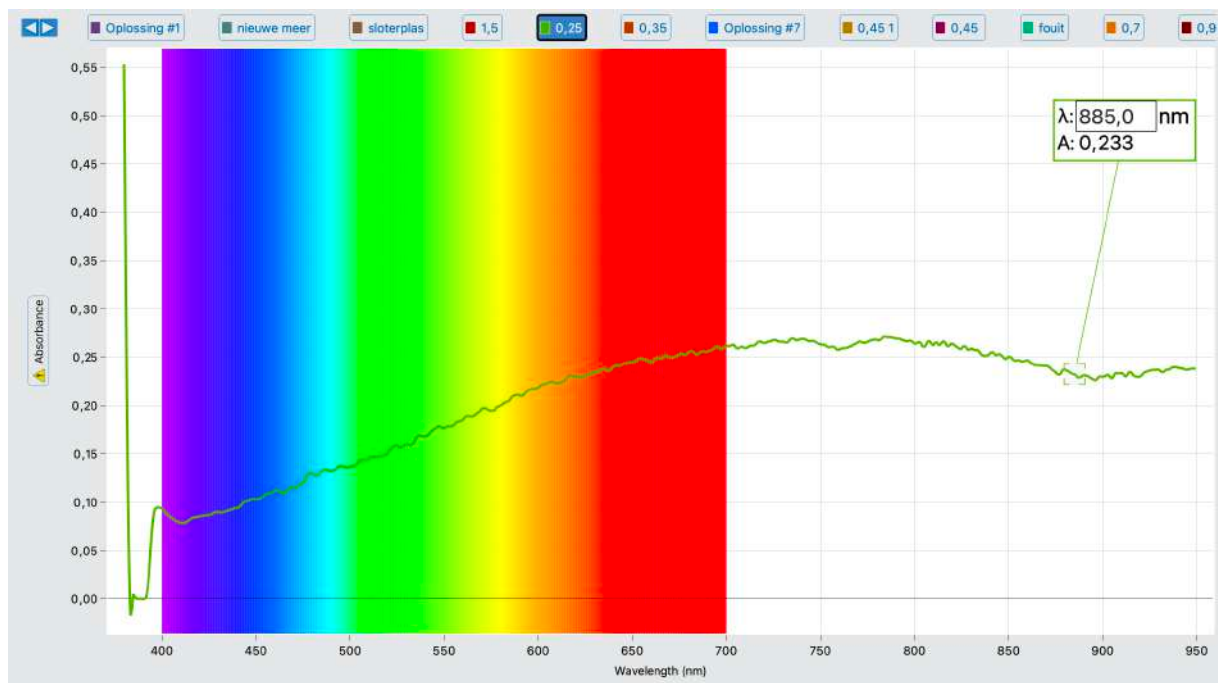


Figuur 78: Ijkkreeks 2 Nitraat, oplossing 5

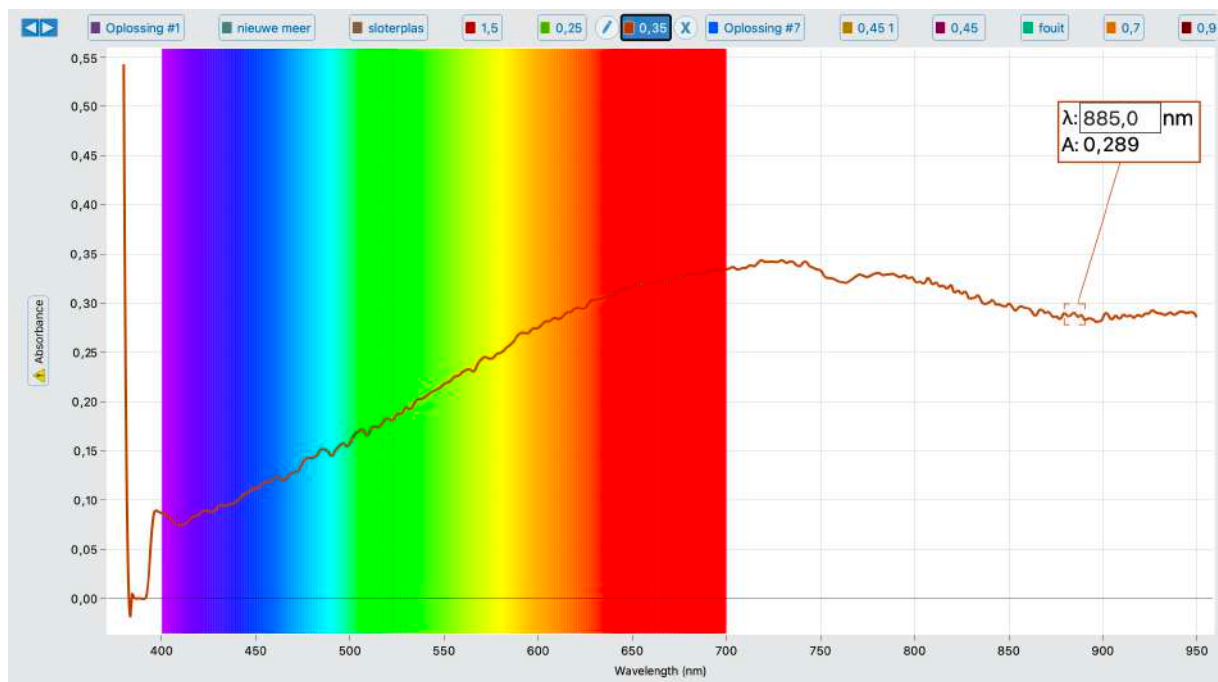


Figuur 79: Ijkkreeks 2 Nitraat, oplossing 6

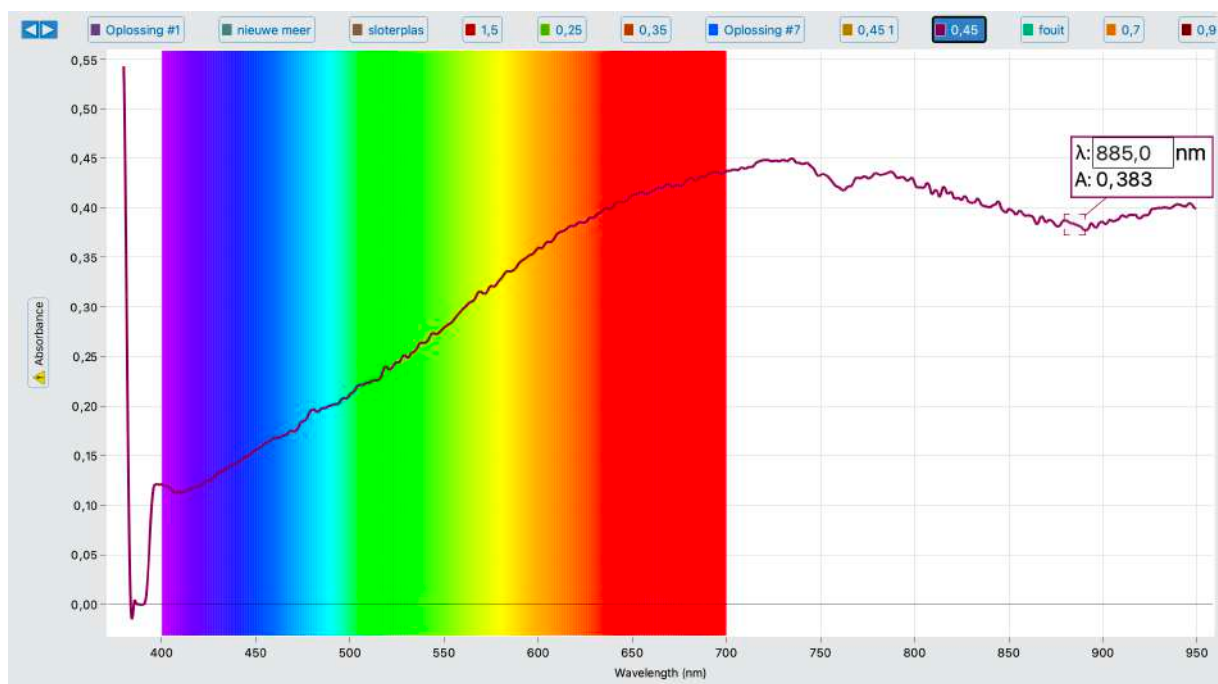
PASCO-software Fosfaatmetingen ijkreeks



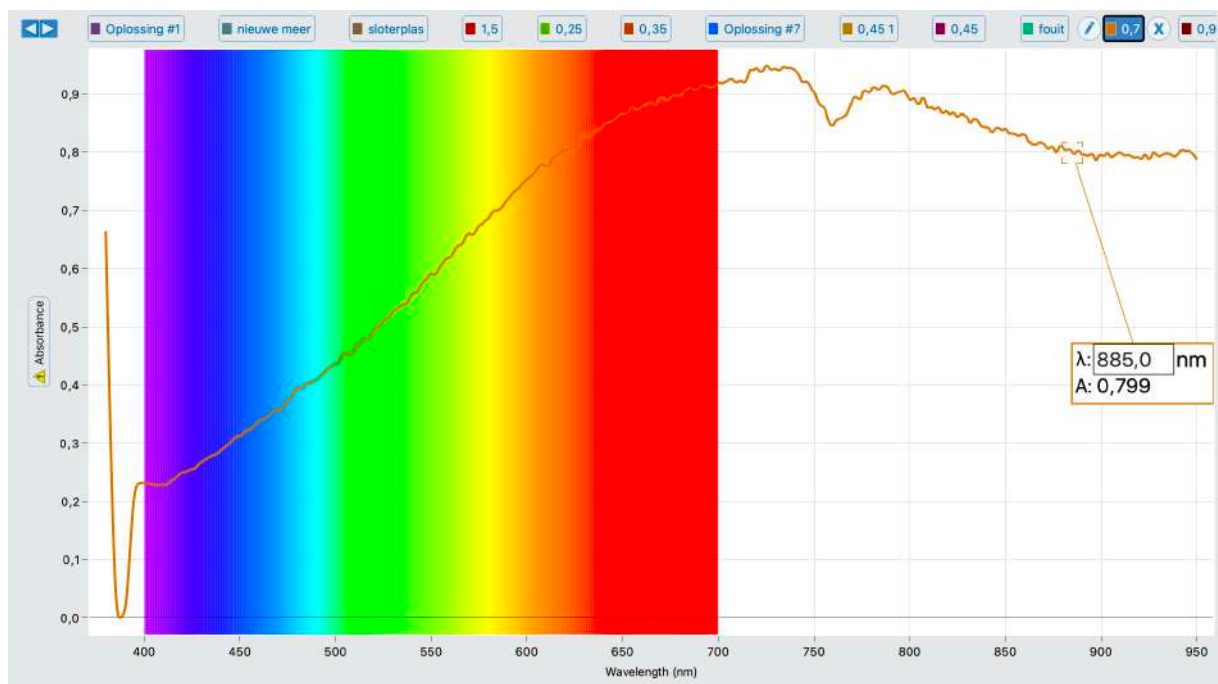
Figuur 80: Ijkreeks Fosfaat, oplossing 0.25 mg/ml



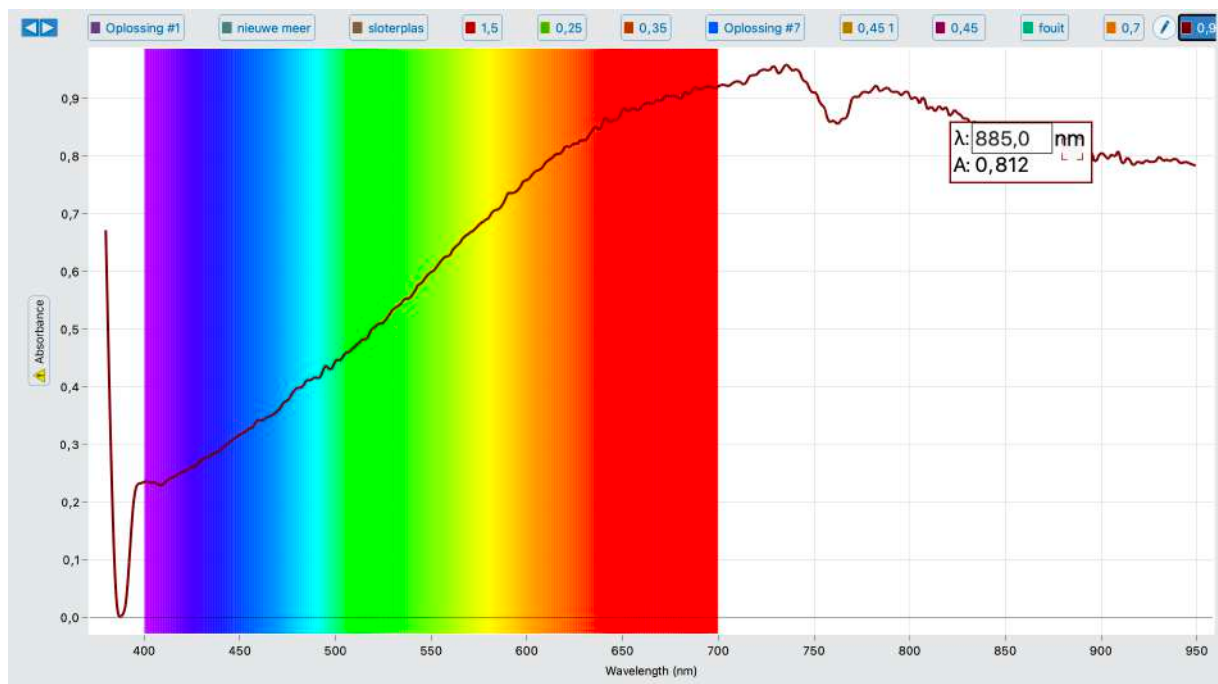
Figuur 81: Ijkreeks Fosfaat, oplossing 0.35 mg/ml



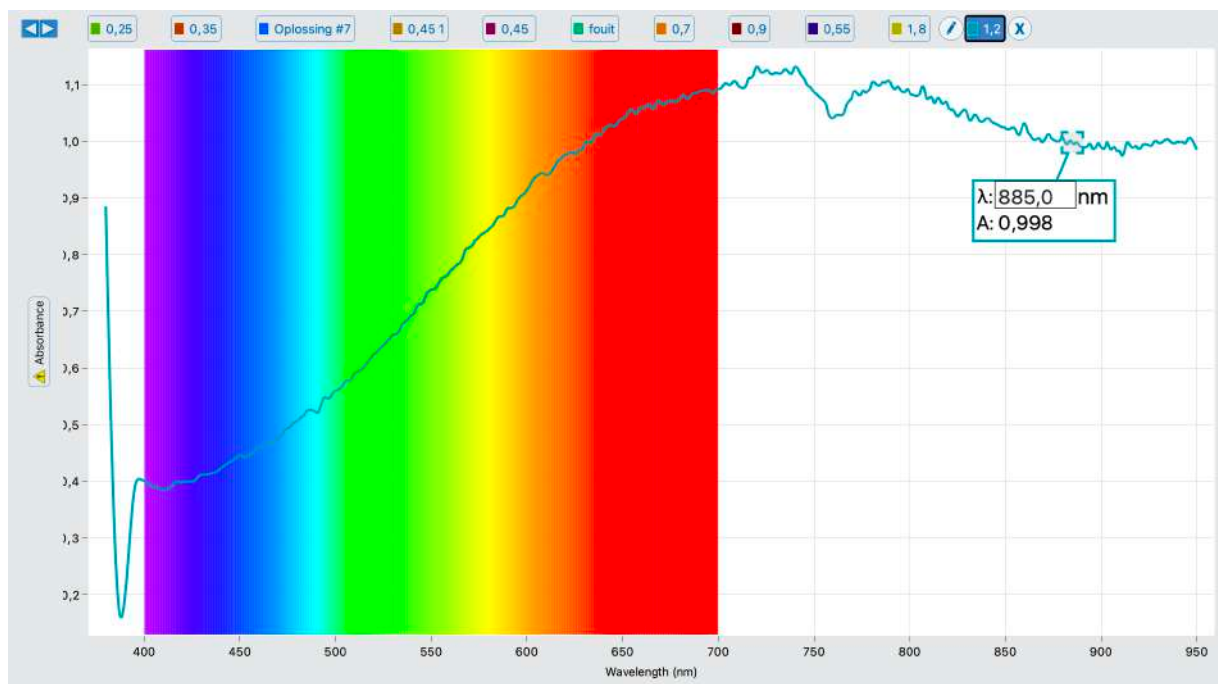
Figuur 82: Ijkkreeks Fosfaat, oplossing 0.45 mg/ml



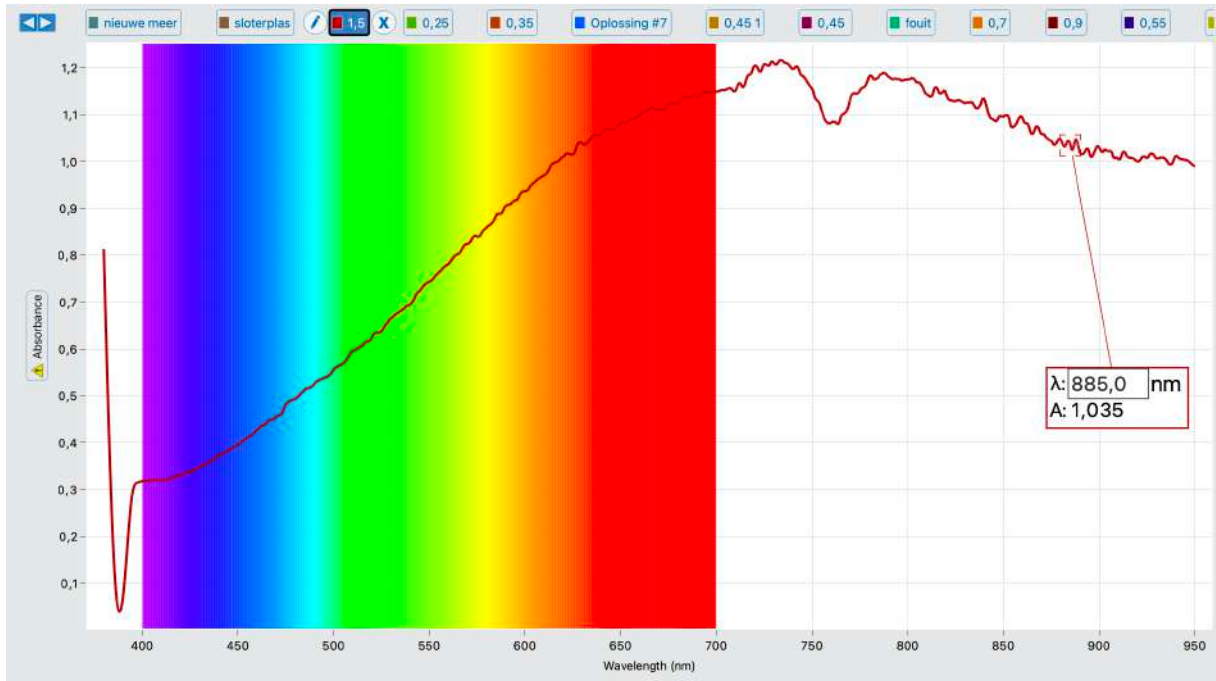
Figuur 83: Ijkkreeks Fosfaat, oplossing 0.7 mg/ml



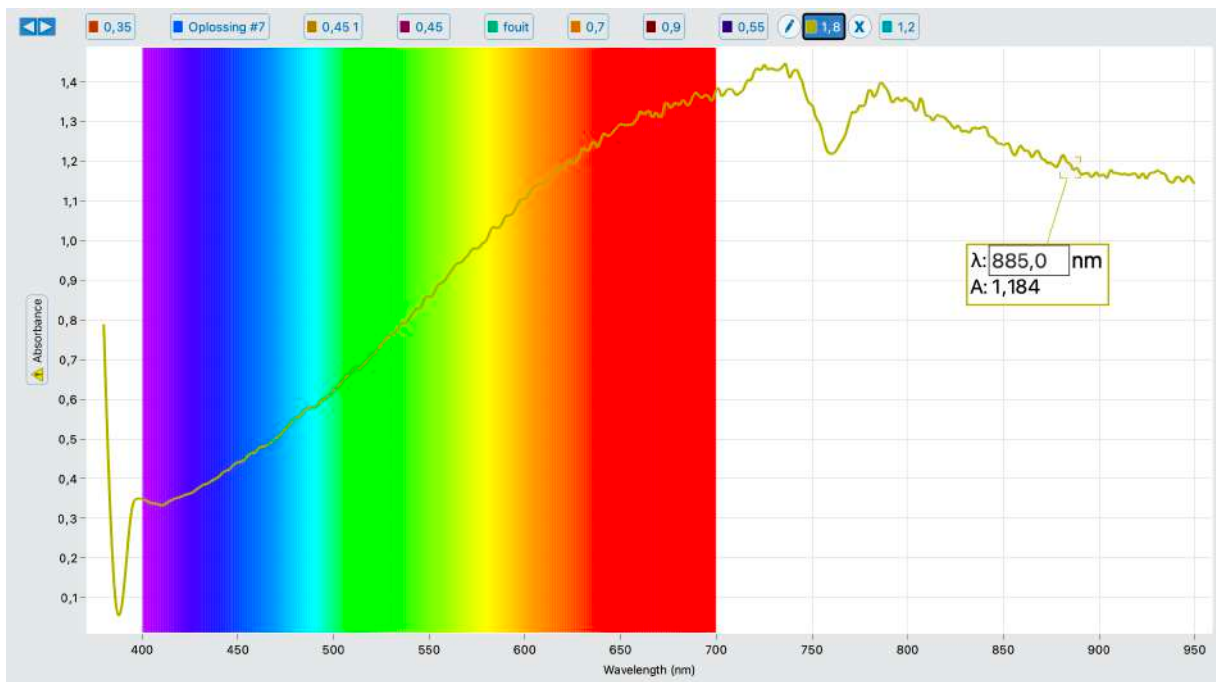
Figuur 84: Ijkkreeks Fosfaat, oplossing 0.9 mg/ml



Figuur 85: Ijkkreeks Fosfaat, oplossing 1.2 mg/ml



Figuur 86: Ijkkreeks Fosfaat, oplossing 1.5 mg/ml



Figuur 87: Ijkkreeks Fosfaat, oplossing 1.8 mg/ml

Planning

	Datum	Algemeen/ bijzonderheden	Safa	Laura	Amine	Jay
40	30-sep					
41	07-okt	Deliverable 1: PVA	Deliverable 1: PVA		Mail naar de opdrachtgever	
42	14-okt	Calandweek	Calandweek	Calandweek	Calandweek	Calandweek
43	21-okt	Deliverable 1.1: Go/no go moment PVA		Deliverable 1.1: Go/no go moment PVA		Groepswebsite updaten
44	28-okt	Herfstvakantie	Herfstvakantie	Herfstvakantie	Herfstvakantie	Herfstvakantie
45	04-nov				Mail naar de opdrachtgever	
46	11-nov	Toetsweek	Toetsweek	Toetsweek	Toetsweek	Toetsweek
47	18-nov					
48	25-nov				Mail naar de opdrachtgever	
49	02-dec	Deliverable 2.1: Onderzoek		Deliverable 2.1: Onderzoek		
50	09-dec				Mail naar de opdrachtgever	
51	16-dec	Technasiumparade				Groepswebsite updaten
52	23-dec	Deliverable 2.5: Onderzoek/ Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Deliverable 2.5: Onderzoek	Kerstvakantie
1	30-dec	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie	Kerstvakantie
2	06-jan	Deliverable 2.2: Onderzoek			Deliverable 2.2: Onderzoek	
3	13-jan	Toetsweek 2	Toetsweek 2	Toetsweek 2	Toetsweek 2	Toetsweek 2

4	20-jan	Toetsweek 2	Toetsweek 2	Toetsweek 2	Toetsweek 2	Toetsweek 2
5	27-jan					
6	03-feb	Deliverable 2.4: Onderzoek		Deliverable 2.4: Onderzoek	Mail naar de opdrachtgever	
7	10-feb	PWS Presentaties				Groepswebsite updaten
8	17-feb	Voorjaarsvakantie	Voorjaarsvakantie	Voorjaarsvakantie	Voorjaarsvakantie	Voorjaarsvakantie
9	24-feb	Deliverable 2.3: Onderzoek				Deliverable 2.3: Onderzoek
10	03-mrt	Deliverable 4: Eindrapport	Deliverable 4: Eindrapport		Mail naar de opdrachtgever	
11	10-mrt	Meesterproef Presentatie	Meesterproef Presentatie			Groepswebsite updaten