



**ZOETWATER
BOEREN**
Duurzaam agrarisch waterbeheer

Deltares

Vooronderzoek, ontwerp, aanleg en eerste meetresultaten houtsnipper-ijzerzandfilter op Hoeve Lotmeer



enabling delta life

Vooronderzoek, ontwerp, aanleg en eerste meetresultaten houtsnipper-ijzerzandfilter op Hoeve Lotmeer

Vooronderzoek, ontwerp, aanleg en eerste meetresultaten houtsnipper-ijzerzandfilter op Hoeve Lotmeer

Opdrachtgever	STOWA
Contactpersoon	Niels Lenting (HDSR)
Trefwoorden	houtsnipper-ijzerzandfilter, waterkwaliteit, landbouw, nutriënten

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	14-10-2025
Projectnummer	11208886-000
Document ID	11208886-000-BGS-0001
Pagina's	27
Classificatie	
Status	Definitief

Auteur(s)

	Stefan Jansen Joachim Rozemeijer	

Samenvatting

In veel gebieden in Nederland halen we de doelen voor waterkwaliteit en ecologie in het oppervlaktewater nog niet (Kaderrichtlijn Water). De verliezen van nutriënten vanuit landbouwpercelen zijn vaak een significante bron. Voor intensieve teelten is deze nutriëntenuitspoeling vaak ook maar deels met perceelsmaatregelen te voorkomen. Voor uitspoelingsgevoelige teelten kunnen Nutrient Catchers uitkomst bieden. Nutrient Catchers zijn low-tech zuiveringsmethoden, die instantaan 40-90% van de nutriëntenvrachten vanuit landbouwpercelen naar het oppervlaktewater kunnen onderscheppen.

In dit project is een Nutrient Catcher geïntroduceerd op Hoeve Lotmeer bij Anna Paulowna in Noord-Holland als onderdeel van het project Zoetwaterboeren. Na vooronderzoek naar de water- en nutriëntenstromen op het bedrijf is ervoor gekozen om het drainagewater te zuiveren met een houtsnipper-ijzerzandfilter. Dit filter zuivert zowel nitraat (afbraak door houtsnippers) als fosfaat (vastlegging aan ijzerzand). Het is het eerste filter waarin houtsnippers en ijzerzand zijn gecombineerd en ook het eerste filter in het Nederlandse kleigebied.

Na de aanleg is het houtsnipper-ijzerzandfilter in januari en februari 2025 voor het eerst getest en bemonsterd. De combinatie van houtsnippers en ijzerzand heeft in deze periode tot effectieve verwijdering geleid van nagenoeg al het nitraat en fosfaat. Zoals verwacht heeft het filter geen effect op het ammonium dat soms ook in hogere concentraties voorkomt in het drainwater. De effectiviteit voor totaal-stikstof hangt daarmee vooral af van het aandeel nitraat in de totaal-stikstofconcentratie. De mogelijke bij-effecten (uitspoeling sulfiden, zware metalen, fosfaat, organisch-N en organisch koolstof) bleven zeer tijdelijk en beperkt, mede door de redox-bufferende werking van het ijzerzand.

De resultaten in dit rapport zijn hoopgevend, maar gebaseerd op een korte meetcampagne. Het verdient de aanbeveling om de effecten van het houtsnipper-ijzerzandfilter nog over een langere periode te volgen, liefst over meerdere jaren.

Inhoud

	Samenvatting	4
	Inhoud	5
1	Introductie	6
2	Achtergronden houtsnipper/ijzerzandfilter	7
3	Resultaten vooronderzoek drainwaterkwaliteit	8
4	Ontwerp	13
5	Aanleg, monsternamen en analyse	18
6	Resultaten effectiviteit	20
6.1	N en P verwijdering	20
6.2	Overige stoffen	23
7	Conclusies en aanbevelingen	25
	Literatuur	26

1 Introductie

Het project Zoetwaterboeren zet in op het ontwikkelen, onderzoeken en demonstreren van een duurzaam watersysteem in de volle breedte: van wateraanbod, -opslag, -vraag, -gift tot waterkwaliteit. Hiervoor worden tools ontwikkeld en toepasbaar gemaakt voor het schaalniveau van het individuele bedrijf. Het doel is om op het akkerbouwbedrijf Hoeve Lotmeer bij Anna Paulowna de waterkringloop zoveel mogelijk te sluiten (middels waterberging en ondergrondse opslag) en de milieu-impact op de omgeving te minimaliseren. Hoeve Lotmeer is een voor de Nederlandse zeeleipolders representatief intensief akkerbouwbedrijf met een rotatie van aardappelen (pootgoed), ui, graan en tulpenbollen.

Vooraf bij intensieve gewassen kunnen er ook bij een optimale gewasopname van nutriënten toch nog nutriënten uitspoelen. Om deze verliezen te reduceren en het ontvangende oppervlaktewater te beschermen is het zuiveren van drainagewater een mogelijkheid. Binnen het project Zoetwaterboeren is daarom een pilot opgenomen voor de implementatie van een Nutrient Catcher: een low-tech zuiveringsfilter voor het verminderen van de nutriëntenverliezen vanuit landbouwpercelen naar het oppervlaktewater. Voor dit onderdeel is aanvullende financiering beschikbaar gesteld vanuit het STOWA Stimuleringsbudget Emissiebeperking Open teelten en Veehouderij.

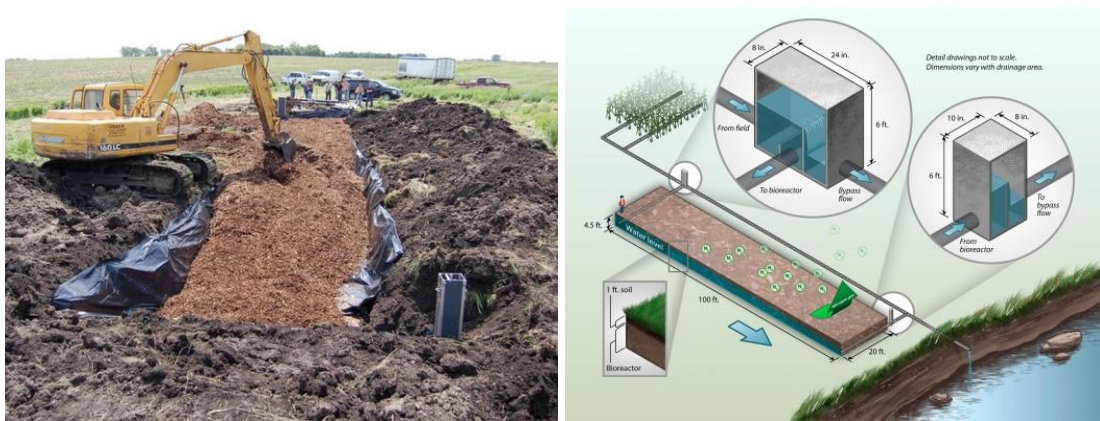
We gaan in deze rapportage achtereenvolgens in op:

- Achtergronden van Nutrient Catchers
- Resultaten vooronderzoek drainwaterkwaliteit
- Opzet en locatie
- Aanleg, monitoring en analyse
- Resultaten
- Conclusies en aanbevelingen voor vervolg

2 Achtergronden houtsnipper/ijzerzandfilter

Nutrient Catchers zoals houtsnipper- en ijzerzandfilters, bezinkpoelen en helofytenfilters zijn low-tech zuiveringsmethoden voor landbouwwater, die instantaan 40-90% van de nutriëntenvrachten vanuit landbouwpercelen naar het oppervlaktewater kunnen onderscheppen. Houtsnippers en andere organische restproducten kunnen op een eenvoudige, natuurlijke manier 40-80% van het uitspoelende nitraat afbreken (e.g. Christianson et al., 2020). Opgelost fosfaat kan zeer effectief onderschept worden met ijzerzand (50-90% vrachtreductie). Fosfaat gebonden aan deeltjes is weg te vangen in bezinkoevers, -greppels of -poelen (40-60% reductie, e.g. Barber, 2014; Zak et al., 2018). Het voordeel van houtsnipper- en ijzerzandfilters ten opzichte van bijvoorbeeld helofytenfilters is dat ze weinig ruimte kosten en ook in de winter nutriënten kunnen afvangen als er veel uitspoeling is.

In Nederland heeft Deltares experimenten gedaan in onder meer de projecten Puridrain en P-trap. In de Verenigde Staten, Denemarken en Nieuw-Zeeland is de laatste 15 jaar veel praktijkervaring opgebouwd met Nutrient Catchers (zie voorbeelden in Figuur 2.1).



Figuur 2.1: Opzet en aanleg van een Nutrient Catcher voor nitraat in combinatie met regelbare drainage in Iowa, VS (Iowa State University).

Nutrient Catchers hebben zich bewezen in het buitenland, maar hoe krijgen we de toepassing in Nederland van de grond? Daarvoor zijn de volgende stappen nodig:

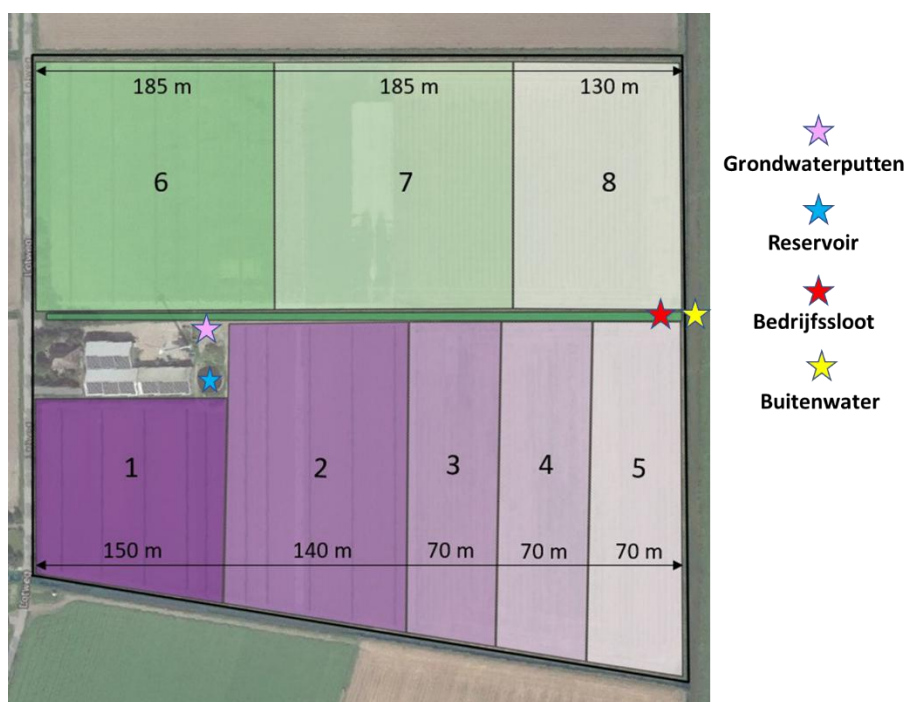
1. Optimalisatie van ontwerp, onderhoud en inpassing in de Nederlandse setting;
2. Maximaliseren van het zuiveringseffect, minimalisering van bijeffecten;
3. Demonstratie voor het opbouwen van ervaring en vertrouwen.

Juist voor Nederland met haar hoge grondprijzen en intensieve teelten zijn Nutrient Catchers mogelijk een passende oplossing, omdat ze zo compact opgezet zijn. De ruimtevraag is veel minder dan voor andere maatregelen, zoals bufferstroken en zuiveringsmoerassen. Wel vergt een Nutrient Catcher een investering zonder dat de agrariër die kan terugverdienen; alleen het ontvangende watersysteem profiteert. Het project op Hoeve Lotmeer is een van de eerste 'proof of concepts' in Nederland, waarbij we streven naar het implementeren van een innovatieve Nutrient Catcher in de dagelijkse akkerbouwpraktijk. In het project is een op Hoeve Lotmeer toegespitst ontwerp voor een Nutrient Catcher gemaakt, aangelegd en vervolgens getest en gemonitord.

3 Resultaten vooronderzoek drainwaterkwaliteit

Voor de inzetbaarheid en eventuele vormgeving van Nutrient Catchers is het vooral van belang welke nutriënt (N of P) in welke concentraties en in welke vorm (speciatie) uitspoelt uit de percelen op Hoeve Lotmeer. Hierover is inzicht verkregen door op twee momenten per afvoerseizoen een routing uit te voeren waarbij het effluent uit alle drains is gemeten. Voor de percelen zonder samengestelde drainage is bij alle vindbare drains individueel gemeten met de Deltares Aquality App (nitraat, EC en afvoer) en zijn afvoergewogen mengmonsters per perceel samengesteld. Voor de percelen met samengestelde drainage zijn de monsters vanuit de regelput genomen. Gedurende het Zoetwaterboeren-project is op steeds meer percelen samengestelde drainage aangelegd, waardoor het niet meer nodig en mogelijk was om individuele drains te bemonsteren.

De resultaten voor de eerste twee drainageseizoenen worden weergegeven per perceel volgens de nummering in Figuur 3.1. Omdat de geteelde gewassen per perceel invloed hebben op de concentraties in het drainwater zijn de hoofdgewassen voor 2021 tot en met 2023 weergegeven in Tabel 3.1.



Figuur 3.1: Percelen op Hoeve Lotmeer.

Tabel 3.1: Hoofdgewassen op Hoeve Lotmeer van 2021 tot en met 2023.

Perceel	Gewas		
	2021	2022	2023
1	Pootaardappel	Zomertarwe	Zaaiui
2	Pootaardappel	Zomertarwe	Tulp
3	Wintertarwe	Zaaiui	Aardappel
4	Wintertarwe	Zaaiui	Aardappel
5	Wintertarwe	Zomertarwe	Aardappel
6	Zaaiui	Pootaardappel	Wintertarwe
7	Wintertarwe	Pootaardappel	Wintertarwe
8	Wintertarwe	Tulp	Pootaardappel

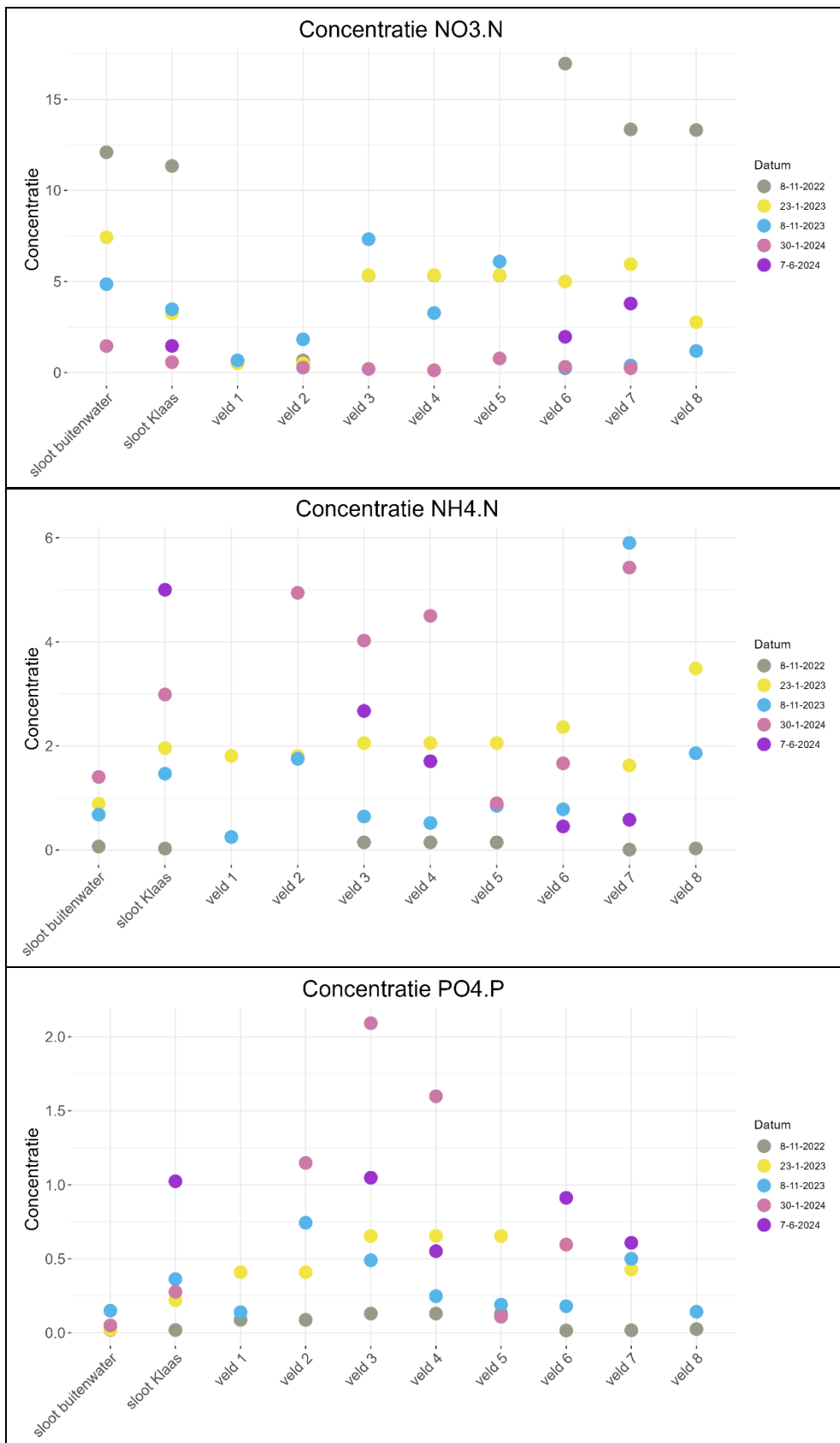
Figuur 3.2 geeft een overzicht van de meetresultaten voor nitraat, ammonium en fosfaat. Tijdens de eerste bemonsteringsronde (8 nov 2022) waren vooral de concentraties nitraat hoog en de concentraties ammonium en fosfaat laag. Deze bemonstering vond plaats net na de eerste natte periode waarin de drainafvoer op gang kwam en er op een deel van de percelen nog veel nitraat in de bodem beschikbaar was voor uitspoeling. De hoogste nitraatconcentraties (tot 17 mg/l NO₃-N) werden gemeten in het drainwater vanaf perceel 6, 7 en 8, waarop in 2022 pootgoed aardappelen (6 en 7) en tulpen (8) waren geteeld. In de daaropvolgende meetronde (23 jan 2023) waren de nitraatconcentraties lager (tot 6 mg/l NO₃-N), maar werd juist wat meer ammonium (rond de 2 mg/l NH₄-N) en fosfaat (rond de 0,5 mg/l PO₄-P) aangetroffen. Waarschijnlijk was in januari de voorraad nitraat in de bodem al afgenomen door de uitspoeling in het najaar van 2022. Voor ammonium en fosfaat geldt dat er onder de nattere condities en hogere grondwaterstanden in januari meer loskomt uit de veenlaag en de bouwvoor.

Het drainageseizoen van 2023/24 was vanaf oktober 2023 extreem nat. De eerste uitspoeling van nitraat heeft waarschijnlijk al voor de eerste bemonstering op 8 november 2023 plaatsgevonden. De nitraatconcentraties varieerden tussen de 1 en 7,5 mg/l NO₃-N. De ammoniumconcentraties bleven op de meeste percelen onder de 2 mg/l NH₄-N, maar op perceel 7 werd bijna 6 mg/l NH₄-N aangetroffen. De fosfaatconcentraties varieerden tussen de 0,2 en 0,7 mg/l PO₄-P in deze meetronde. Op 30 januari 2024 was ammonium de belangrijkste stikstofcomponent op alle percelen met concentraties tussen de 1 en 5,5 mg/l. De nitraatconcentraties bleven in deze meetronde onder de 2 mg/l NO₃-N. Tijdens de meetronde van 30 januari 2024 zijn ook de hoogste fosfaatconcentraties aangetroffen tot 2,2 mg/l PO₄-P. Doordat het in 2024 erg lang nat bleef was het mogelijk om een extra drainwaterbemonstering uit te voeren op 7 juni 2024. Tijdens die meetronde waren zowel de nitraat- als ammoniumconcentraties relatief laag. De fosfaatconcentraties lagen nog wel rond de 0,75 mg/l PO₄-P.

De concentraties in de bedrijfssloot (sloot Klaas in Figuur 3.2) geven ongeveer de gemiddelde concentraties van de percelen, waaruit blijkt dat de drainafvoer in het winterseizoen de belangrijkste bijdrage levert aan de water- en nutriëntenafvoer naar de sloot en vervolgens aan het buitenwater (de poldervaart aan de oostkant van het bedrijf). De nitraatconcentraties zijn in de bedrijfssloot lager dan in het buitenwater, terwijl de ammonium- en fosfaatconcentraties in de bedrijfssloot hoger zijn dan in het buitenwater.

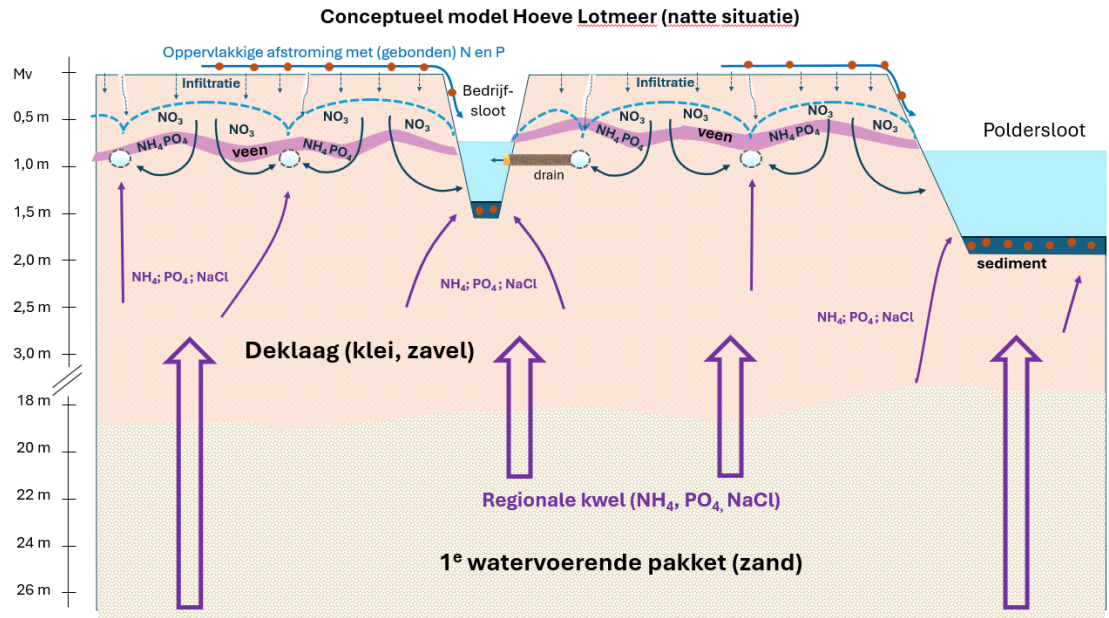
Samengevat geven de drainwaterconcentraties een wisselend beeld van wat de belangrijkste nutriënten zijn. Over het algemeen is nitraat de belangrijkste stikstof fractie, vooral aan het begin van het drainageseizoen. Afhankelijk van het moment en de weersomstandigheden vormt ammonium ook een belangrijk deel van de stikstof vrucht. Houtsnipperfilters kunnen de nitraatconcentraties in de drainageafvoer verminderen, maar hebben weinig invloed op ammonium. De fosfaatconcentraties in het drainwater zijn afgezien van de eerste bemonsteringsronde ook ruim boven de KRW streefwaarden voor P-totaal en daarom is zuivering met ijzerzand te overwegen.

Zowel voor nitraat-N als voor fosfaat-P geldt dat de concentraties in het drainagewater hoger zijn dan de zomergemiddelde KRW streefwaarden voor het uiteindelijk ontvangende KRW-waterlichaam Amstelmeer (1,8 mg/l N-totaal en 0,11 mg/l P-totaal). De drainwaterconcentraties liggen voor zowel N-totaal als voor fosfaat ongeveer 4 maal boven deze KRW streefwaarden. In het ontvangende Amstelmeer overschrijden de concentraties voor beide nutriënten de streefwaarden nog, waarbij stikstof maar net boven de norm ligt en fosfor ongeveer 2,5 keer boven de norm.



Figuur 3.2: Per meetlocatie de gemeten concentraties nitraat (in mg/l NO₃-N), ammonium (in mg/l NH₄-N) en fosfaat (in mg/l PO₄-P) op Hoeve Lotmeer met verschillende kleuren voor verschillende meetmomenten. Zie Figuur 3.1 voor de ligging van de percelen en Tabel 3.1 voor de geteelde gewassen.

Op basis van de veldinzichten en bemonsteringen verwachten we dat nitraat de dominante stikstoffractie is, maar dat er vooral onder natte omstandigheden en later in het drainageseizoen ook stikstof in de vorm van ammonium kan uitspoelen. Dit ammonium heeft deels een natuurlijke herkomst; afbraak van het veenlaagje rond de 70 cm -mv en mogelijk bereikt ook wat kwelwater de drains. Onder nattere omstandigheden is het ook mogelijk dat er meer opgelost fosfaat (PO_4) uitspoelt via de drains, doordat fosfor uit de veenlaag en de bouwvoor in oplossing kan gaan. Op basis van het (bredere) veldonderzoek op Hoeve Lotmeer is een conceptueel model opgesteld van de water- en nutriëntenstromen naar het oppervlaktewater (Figuur 3.3).



Figuur 3.3: Conceptueel model (natte situatie) van de water- en nutriëntenstromen op Hoeve Lotmeer (naar: Schipper et al, 2022)

4 Ontwerp

Gezien de relevantie van zowel nitraat- als fosfaatverwijdering, is gekozen om in deze Nutrient Catcher een mengsel van houtsnippers en ijzerzand toe te passen: een houtsnipper-ijzerzandfilter.

Het ijzerzand heeft naast de vastlegging van fosfaat nog een tweede beoogde functie. Uit eerdere veldproeven met houtsnipperfilters is gebleken dat bij hogere verblijftijden van het water de redoxpotentiaal sterk kan dalen, waardoor ongewenste stoffen (zoals sulfide) gevormd kunnen worden (zie ook kader nitraatafbraak en redoxpotentiaal). Toevoeging van ijzerzand kan de redoxpotentiaal bufferen waardoor deze ongewenste stoffen niet gevormd worden. Daarnaast kan ijzeroxide de eventueel gevormde sulfide ook vastleggen. Zo kan de toevoeging van ijzeroxide op twee manieren een verbetering betekenen voor het functioneren van de houtsnipperfilter: door het wegvangen van fosfaat, en door het tegengaan van het vrijkomen van ongewenste bijproducten zoals sulfide (Figuur 4.1).

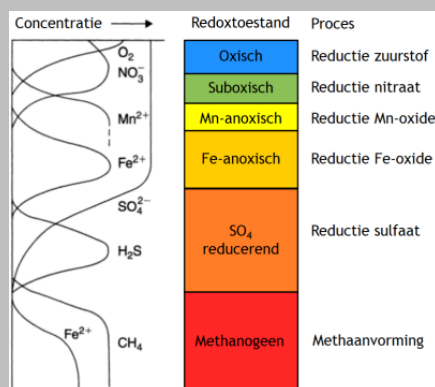
Met name de combinatie van ijzerzand en houtsnippers in hetzelfde systeem vormt een innovatie die nieuwe kennis oplevert maar ook kan bijdragen aan een robuuster zuiveringssysteem.



Figuur 4.1: Samenvatting van de twee gecombineerde principes van het houtsnipper-ijzerzandfilter op Hoeve Lotmeer: houtsnippers voor nitraatverwijdering en ijzerzand voor fosfaatverwijdering en buffering van de redoxpotentiaal.

Kader: nitraatafbraak en redoxpotentiaal

De afbraak van nitraat met houtsnippers is een redox-reactie die plaats kan vinden onder zuurstofloze omstandigheden. Bij een hoge redoxpotentiaal is er sprake van oxisch of zuurstofhoudend water. Het instromende drainagewater heeft meestal een hoge redoxpotentiaal. Door de rotting van het organisch materiaal wordt echter het zuurstof gereduceerd en daalt de redoxpotentiaal. Als het zuurstof op is wordt nitraat afgebroken (denitrificatie). Als het nitraat op is gaan ijzer- en mangaanoxides in oplossing. Een verdere daling van de redoxpotentiaal in het houtsnipperfilter kan zorgen voor ongewenste afbraak van sulfaat tot sulfiden en voor de vorming van methaan, een sterk broeikasgas. Het toevoegen van extra ijzeroxide met het ijzerzand zorgt ervoor dat de redoxpotentiaal niet te ver daalt en voorkomt daarmee deze ongewenste bij-effecten.



Kader figuur: volgorde van hoge redoxpotentiaal (zuurstofrijk water) tot zeer lage redoxpotentiaal met methaanvorming (Bron: Appelo en Postma, 1993 en Griffioen et al., 1997).

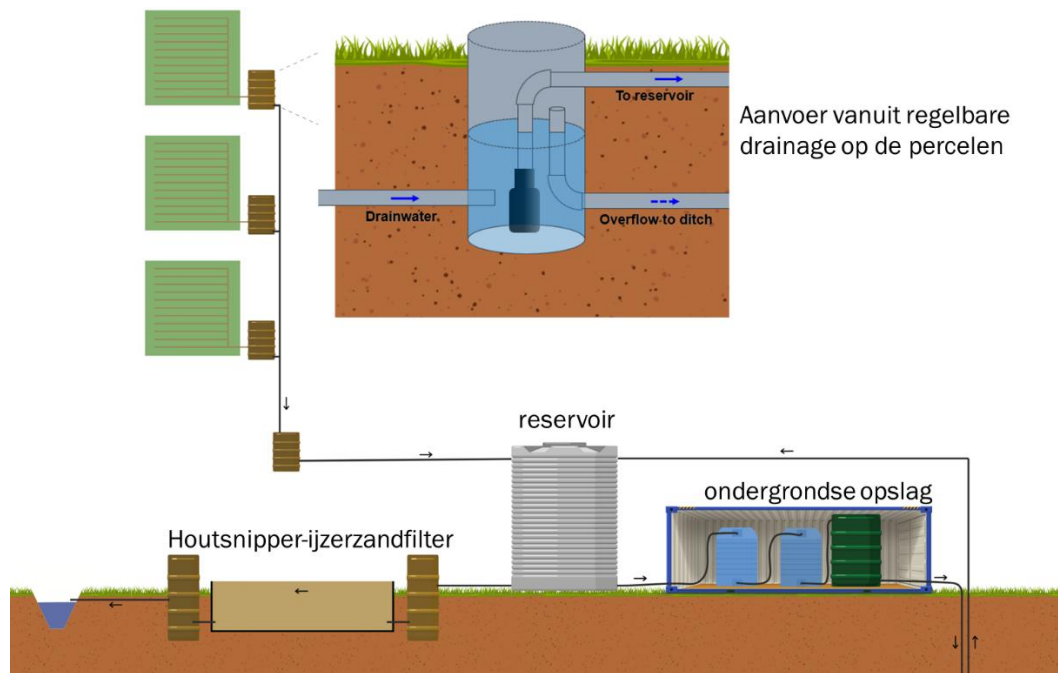
Bij het ontwerp en de voorbereiding van het houtsnipper-ijzerzandfilter in Anna Paulowna zijn de volgende dingen van belang:

- Met het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is besproken in hoeverre een vergunning nodig was. Dat was in deze situatie niet nodig. Voor het houtsnipper-ijzerzandfilter geldt de zorgplicht, wat betekent dat het Hoogheemraadschap hier geen aparte voorschriften voor opneemt. Wel wordt het meegenomen en beschreven in de vergunning voor het infiltreren en onttrekken van water; een ander onderdeel van het watersysteem op Hoeve Lotmeer. Een korte beschrijving van de werking volstaat.
- Door Deltares, Pipelife, Gertjan de Blois en Klaas Schenk (Hoeve Lotmeer) is het ontwerp aangepast en uitgewerkt. Het ontwerp wordt hieronder toegelicht.
- Bij het ontwerp is rekening gehouden met resultaten van de proeven met een houtsnipperfilter op een perceel van proefboerderij Vredepeel in het stroomgebied van de Vinkenloop (zoals gepresenteerd in een presentatie bij het EGU congres (Jansen et al., 2024). De belangrijkste observaties daar waren:
 - o Nitraatverwijdering komt snel en efficiënt op gang.
 - o Verstopping kan een probleem vormen bij toepassing van drains met kokosvezel omhulling.
 - o Bij te lange verblijftijd kan vorming van ongewenste bijproducten zoals sulfide ontstaan door lage redox potentiaal.

Figuur 4.2 geeft de locatie van het houtsnipper-ijzerzandfilter op het erf van Hoeve Lotmeer. In Figuur 4.3 is het houtsnipper-ijzerzandfilter weergegeven binnen een schematische weergave van het gehele watersysteem op Hoeve Lotmeer. Het drainagewater wordt via regelbare drainageputten aangevoerd naar een reservoir op het erf. Vanuit het reservoir wordt zowel de ondergrondse opslag als het houtsnipper-ijzerzandfilter gevoed. Tijdens de testperiode waren de drainputten op de percelen nog niet aangesloten op het reservoir en is een deel drainwater vanaf perceel 1 en 2 (zie Figuur 3.1) naar het houtsnipperfilter gepompt. Het effluent van het houtsnipper-ijzerzandfilter gaat naar de centrale bedrijfssloot.



Figuur 4.2: Locatie houtsnipper-ijzerzandfilter op Hoeve Lotmeer

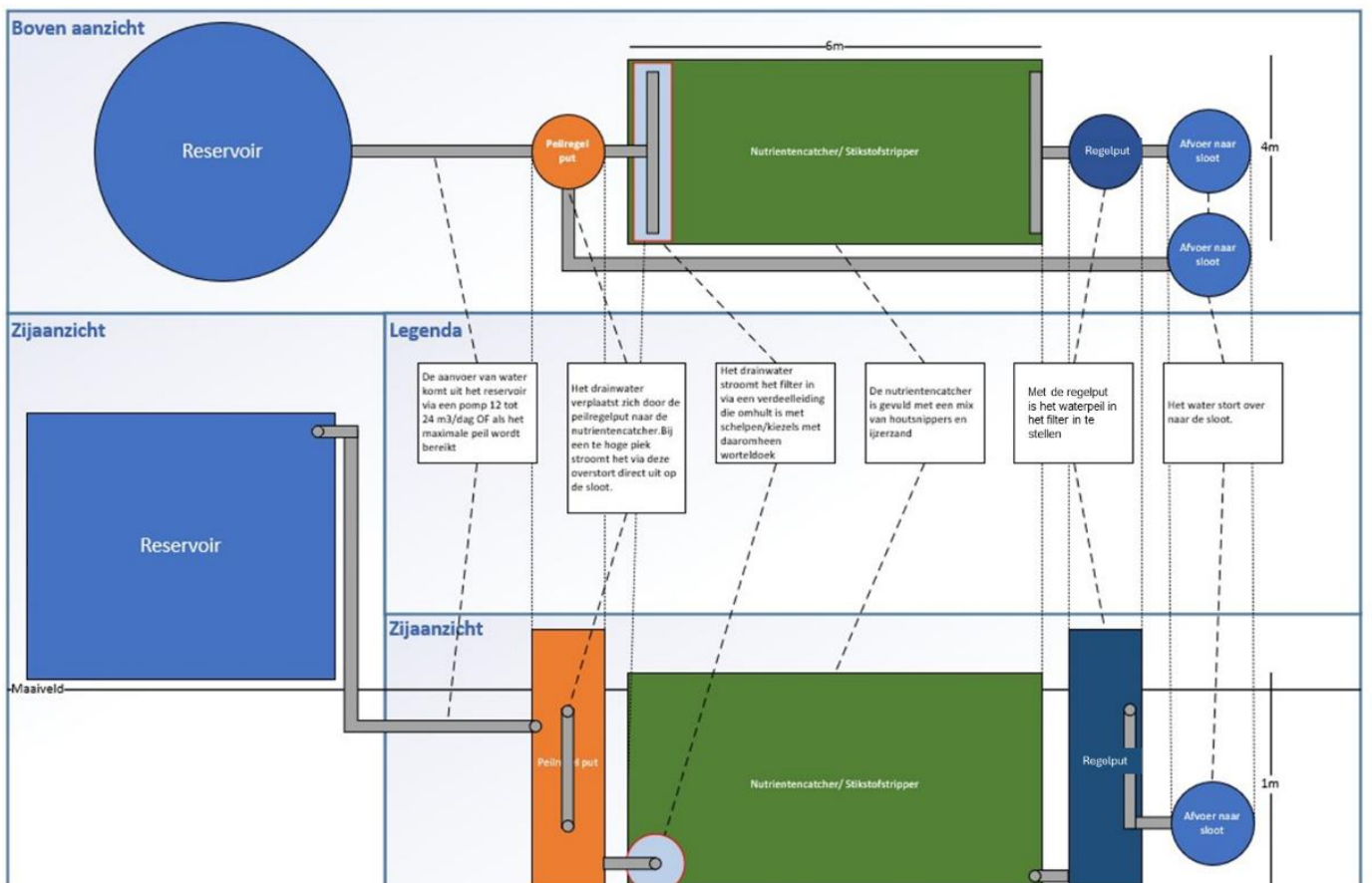


Figuur 4.3: Schematische weergave van het houtsnipper-ijzerzandfilter in het gehele voor Zoetwaterboeren gerealiseerde watersysteem op Hoeve Lotmeer

In Figuur 4.4 en Figuur 4.5 is het ontwerp van het houtsnipper-ijzerzandfilter te zien.

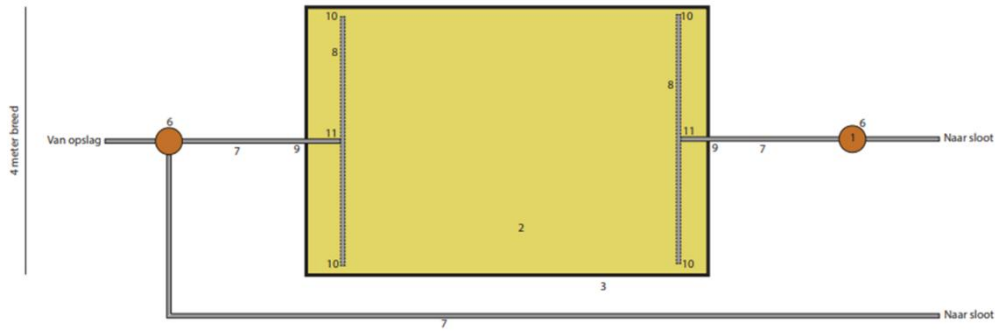
- Grootte: de grootte van het filter is circa 24 m³. Hiermee kan bij een optimale verblijftijd van 12 uur zo'n 24 m³ aan drainwater behandeld worden, wat ongeveer de drainafvoer is van 1 perceel. Deze dimensionering is niet gekozen om al het drainagewater vanaf Hoeve Lotmeer te kunnen zuiveren; het is vooral een proof-of-concept / pilot. Hiervoor is ook gekozen omdat het Zoetwaterboeren-project beoogt zo veel mogelijk van het zoete water vast te houden en te infiltreren in plaats van te zuiveren en af te voeren.
- Voor de houtsnippers worden wilgensnippers gebruikt. Voor dit materiaal is gekozen omdat onderzoekers van de universiteit van Aarhus (Joachim Audet / Carl Christian Hoffman) eerder onderzocht had welke soorten hout een negatief of positief effect had op nitraatverwijdering en bij-effecten. Wilgenhout bleek de minste negatieve bij-effecten (zoals het vrijkomen van zware metalen en een te hoge zuurstofvraag van het effluent) te hebben.

Het filter is goed zichtbaar gemaakt voor bezoekers, die in de afvoerperiode ook ter plekke de nitraatconcentratie van de in- en uitlaat kunnen van de filter kunnen meten.



Figuur 4.4: Ontwerp houtsnipper-ijzerzandfilter.

Bovenaanzicht



- 1 regelpijp in de uitstroompuit
- 2 wiigensnipper
- 3 zeil
- 4 worteldoek
- 5 grind
- 6 put
- 7 starre buis 63 mm
- 8 filterbuis 63 mm
- 9 doorvoer buis door folie
- 10 afdekop op filterbuis
- 11 T-stuk in buis

Nummers verwijzen naar Excel boodschappenlijst

Tekening is op schaal. Maar de afstanden tussen de putten en de bak, en tussen de putten en de sloot zijn geschat en kunnen korter of langer zijn.

Niet getekend

- pomp van opslag naar eerste put

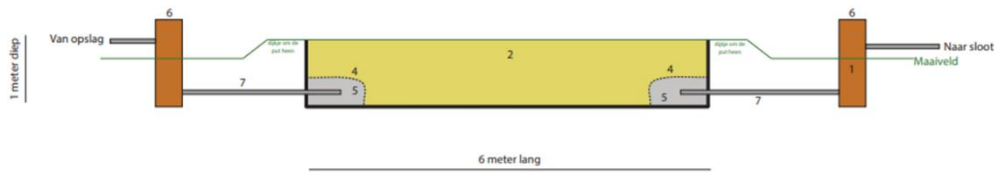
Niet gerekend in bovenaanzicht

- worteldoek
- grind

Niet getekend in zijaanzicht

- overstort naar sloot

Zijaanzicht

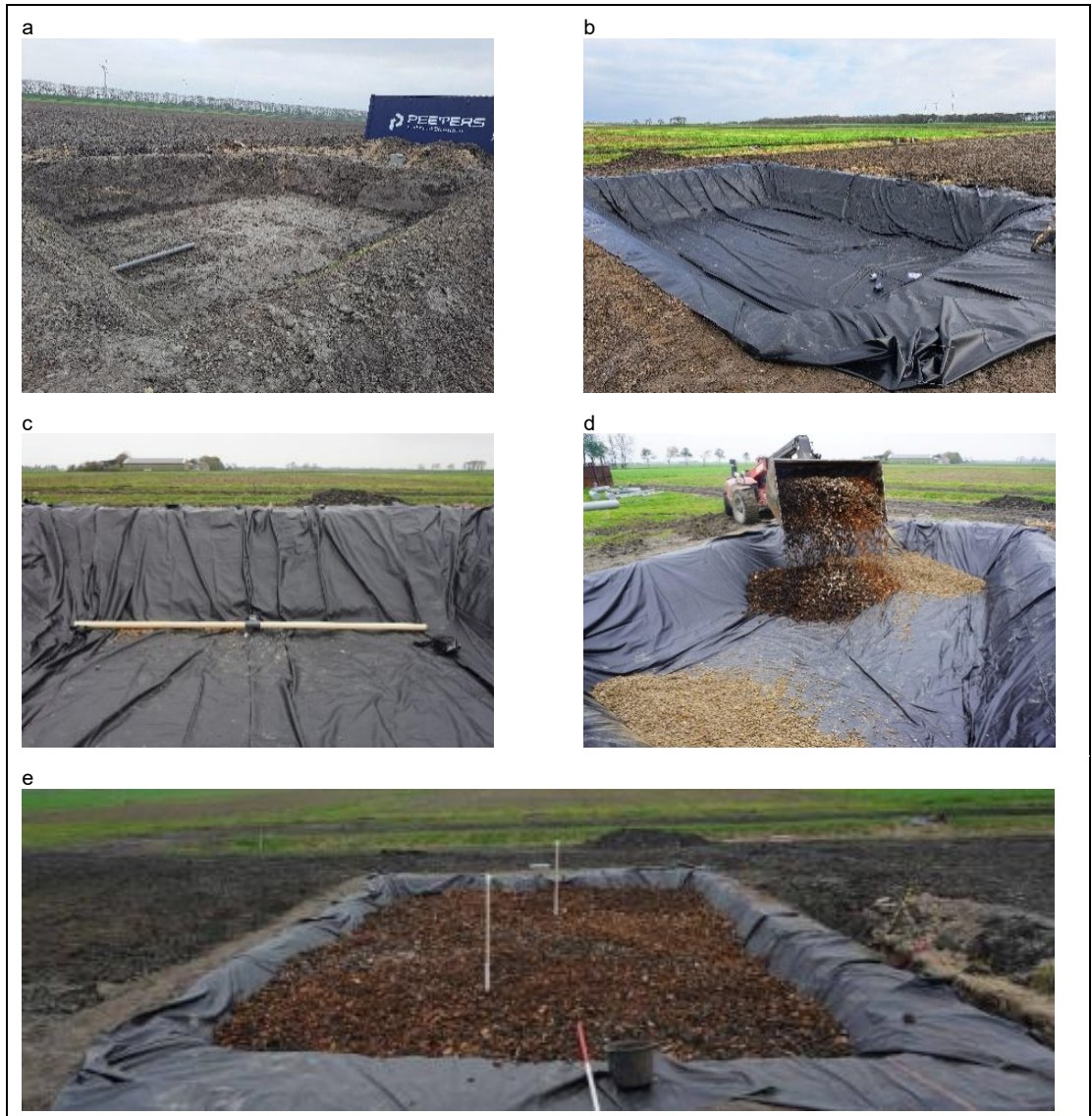


Figuur 4.5: Detailontwerp van het houtsnipper-ijzerzandfilter. Let op: het ijzerzand is door de houtsnippers gemengd en niet apart in de fosfaatput aangebracht.

5 Aanleg, monstername en analyse

Op 1 november 2024 is de houtsnipperfilter aangelegd volgens het ontwerp in hoofdstuk 4 (zie Figuur 5.1). De gebruikte materialen waren:

- wilgensnippers (ca 6 cm groot): 24 m³ (BioGrondstoffen.com);
- ijzerzand: ca 6.5 m³ (AquaMinerals B.V.).



Figuur 5.1: Aanleg houtsnipperfilter: a. Gat van ca 1x4x6 m; b. Afdekking met vijverfolie; c. Uitlaat met verdeelbuis over de breedte van het filter (bij inlaat zelfde); d. Grind over de verdeelbuis bij in- en uitstroom (grijs), start opvulling met houtsnippers en ijzerzand; e: situatie bij voltooiing aanleg.

Een gat van ca 1 m diep, 4 m breed en 6 m lang is gegraven en met vijverfolie afgedekt (PVC, 0,5 mm dik). De in- en uitstroombuis is aangesloten op een verdeelbuis die de gehele breedte van het houtsnipperfilter omspande. De verdeelbuis is afgedekt met ca 0,4 m³ grind bij de instroom en met ca 0,4 m³ grind bij de uitstroom (grofheid grind 16-32 mm). De houtsnippers en het ijzerzand zijn om en om in de bak aangebracht en zo goed mogelijk gemengd.

Het houtsnipper-ijzerzandfilter is op 16 januari 2025 aangesloten op het drainagewater uit één van de verzamelputten (afvoer van perceel 1 en 2). Daarna is het houtsnipper-ijzerzandfilter tot 10 februari doorstroomd, daarna was er door het droge voorjaar te weinig drainafvoer. Het debiet door het houtsnipperfilter was circa 160 m³/dag. Met een geschat volume van het filter van ca 24 m³ en een aangenomen porositeit van 0,33 komt dit neer op een verblijftijd van ca 0,1 dag. Dit is kort in vergelijking met een verblijftijd van 0,5-1 dag die in de literatuur als optimaal wordt genoemd (Christianson et al., 2020). Voor het opstarten van de filter is een kortere verblijftijd juist gunstig omdat uit eerder onderzoek is gebleken dat bij de opstartfase hoge concentraties organisch materiaal (en daarmee zuurstofvraag, ofwel Chemical Oxygen Demand (COD)) en fosfaat kunnen uitspoelen. Door een kortere verblijftijd wordt deze piek van ongewenste bijproducten verdund en versneld uitgespoeld.

Dagelijks zijn er monsters genomen van het instromende water (bij de instroomput) en van het uitstromende water (bij de uitstroomput). De monsters zijn gefilterd met een 0,2 µm filter en vervolgens ingevroren. De bevroren monsters zijn voor analyse in het laboratorium ontdooid, waarna met Ion Chromatografie kationen en anionen zijn bepaald en met ICP-OES de elementsamenstelling. Met een totaal TN/NPOC analyzer zijn totaal N en totaal C van de gefiltreerde monsters bepaald.

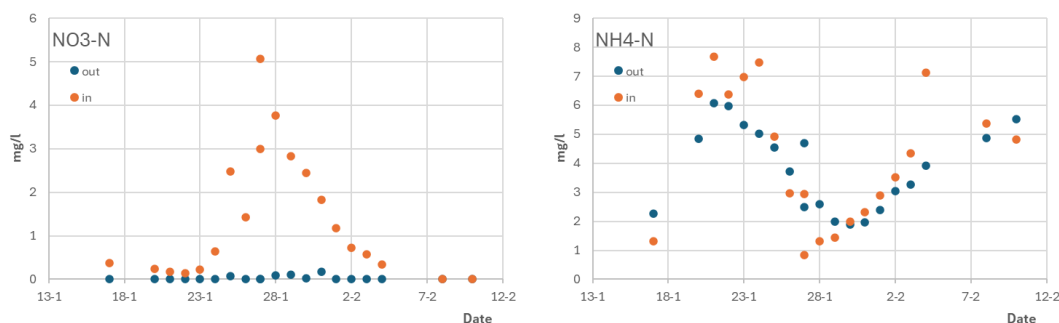
6 Resultaten effectiviteit

6.1 N en P verwijdering

Nitraat wordt bijna volledig verwijderd, maar ammonium wordt nauwelijks verwijderd (Figuur 6.1 en 6.2). Dit is in overeenstemming met wat er bekend is over de algemene werking van houtsnipperfilters: denitrificatie wordt gestimuleerd.

Voor het drainagewater bij Hoeve Lotmeer betekent dit dat een gedeelte van de stikstofuitspoeling niet wordt verminderd door het houtsnipper-ijzerzandfilter. De verhouding tussen nitraat en ammonium in het drainagewater vanuit perceel 1 en 2 varieerde gedurende de meetperiode (16 januari tot 10 februari): in de week rond 26 januari is er veel nitraat en weinig ammonium aanwezig (zie concentraties instroom in Figuur 6.1), terwijl er in de eerste en laatste week geen nitraat maar vooral ammonium aanwezig is.

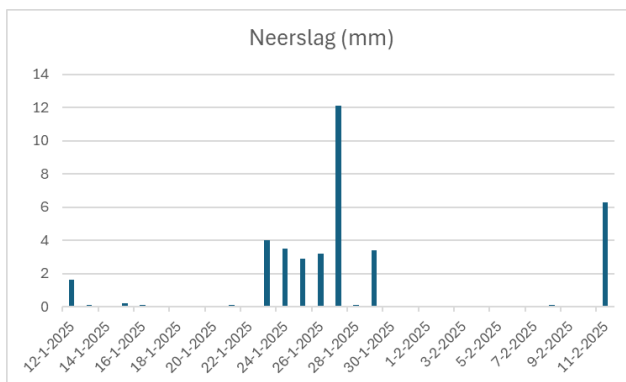
De periode met veel nitraat en weinig ammonium komt overeen met een week met veel neerslag tussen 23 en 30 januari (Figuur 6.3). De neerslag zorgt voor extra toevoer van infiltrerend regenwater dat nitraat meevoert naar de drains. Voor en na deze natte periode zijn juist de ammoniumconcentraties in het drainwater hoger. Dit ammonium is waarschijnlijk afkomstig uit de veenlaag net boven de drains. Bij relatief hoge grondwaterstanden blijft er drainafvoer optreden vanuit deze veenlaag. Wanneer ammonium de dominante stikstofcomponent is, wordt er minder totaal-N verwijderd.



Figuur 6.1: $\text{NO}_3 - \text{N}$ (links) en $\text{NH}_4 - \text{N}$ (rechts). Instroom: oranje; uitstroom: blauw.



Figuur 6.2: Illustratie van nitraatverwijdering met meetresultaten nitraat/nitriet-meetstrips. Links: meetresultaat van instromend water, rechts: meetresultaat van uitstromend water. (Foto 27 januari 2025)



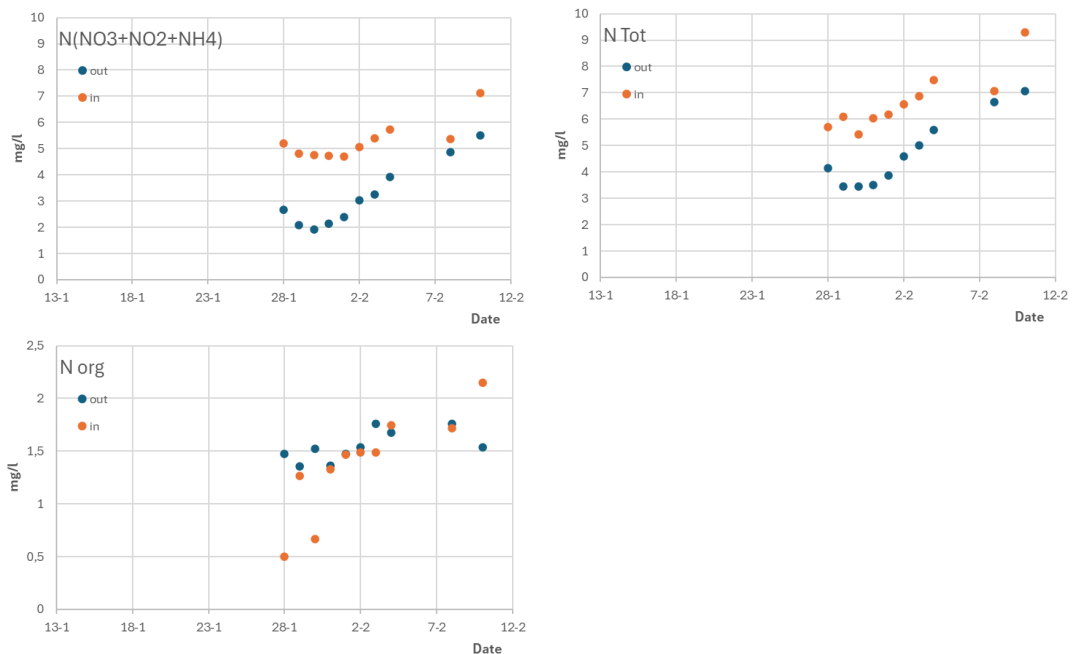
Figuur 6.3: Neerslaggegevens van KNMI-station De Kooy van 12-1-2025 tot 11-2-2026. Neerslag is weergegeven als de 24-uur som van de neerslag van 8:00 uur op de voorafgaande dag tot 8:00 uur op de huidige dag.

Naast nitraat en ammonium kan stikstof ook aanwezig zijn in de vorm van nitriet (NO_2). In vergelijking met nitraat en ammonium werd deze verbinding nauwelijks aangetroffen. Nitriet wordt onder andere gevormd bij niet-volledige denitrificatie en is al in lagere concentraties toxisch voor ecologie.

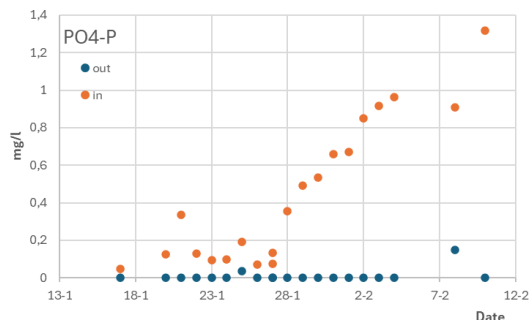
Naast deze anorganische vormen van stikstof (nitraat, nitriet en ammonium) kan het opgeloste stikstof ook voorkomen in organisch gebonden vorm. Wanneer we de gemeten totale opgeloste concentratie stikstof, die de som is van de anorganische en organische vormen, vergelijken met het anorganische deel (de optelsom van de gemeten concentraties nitraat, nitriet en ammonium), zien we dat er continu ca 1-2 mg/l opgelost organisch N aanwezig is. De concentratie opgelost organisch N in de in- en uitstroom is ongeveer gelijk (zie ook Figuur 6.4), wat erop duidt dat er weinig opgelost organisch N uit het houtsnipper-ijzerzandfilter zelf uitspoelt.

Ortho-fosfaat lijkt net als nitraat bijna volledig verwijderd (Figuur 6.5). De fosfaatconcentraties van de instroom stijgen van 0,1 mg/l tot 1,3 mg/l tijdens de meetperiode, maar de concentraties in het effluent blijven 0 mg/l bij de meeste metingen. Dit is positief, omdat vooral bij de opstart van een houtsnipperfilter een verhoogde uitspoeling van fosfaat vanuit de verse houtsnippers kan optreden. Het lijkt erop dat toevoeging van ijzerzand deze uitspoeling kan tegengaan, doordat dit extra fosfaat vastgelegd wordt.

De resultaten beslaan maar een korte periode. Het is belangrijk om na te gaan of de waargenomen verwijdering van ortho-fosfaat ook over langere termijn doorzet.



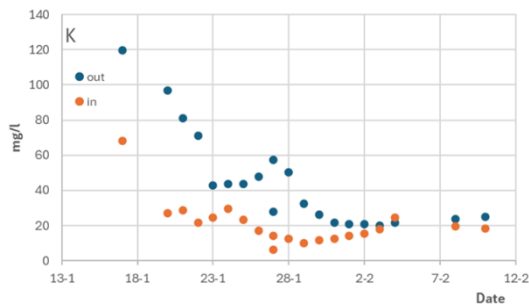
Figuur 6.4: Anorganisch N ($NO_3 + NO_2 + NH_4$) (linksboven), N totaal (rechtsboven) en N organisch (onder). Instroom: oranje; uitstroom: blauw.



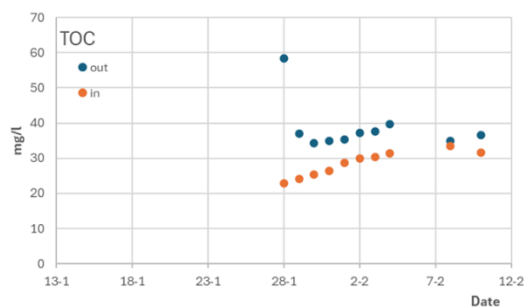
Figuur 6.5: $PO_4 - P$. Instroom: oranje; uitstroom: blauw.

6.2 Overige stoffen

Kalium (Figuur 6.6) en totaal organisch koolstof (Figuur 6.7) laten een uitspoelingspiek vlak na de opstart van het filter zien, die daarna snel uitdooft. Deze piek is ook bekend uit eerdere proeven met houtsnipperfilters. Na deze piek heeft het effluent nauwelijks nog verhoogde concentraties ten opzichte van het influent.



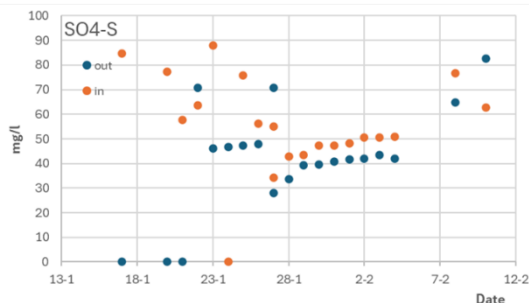
Figuur 6.6: Kalium (K). Instroom: oranje; uitstroom: blauw.



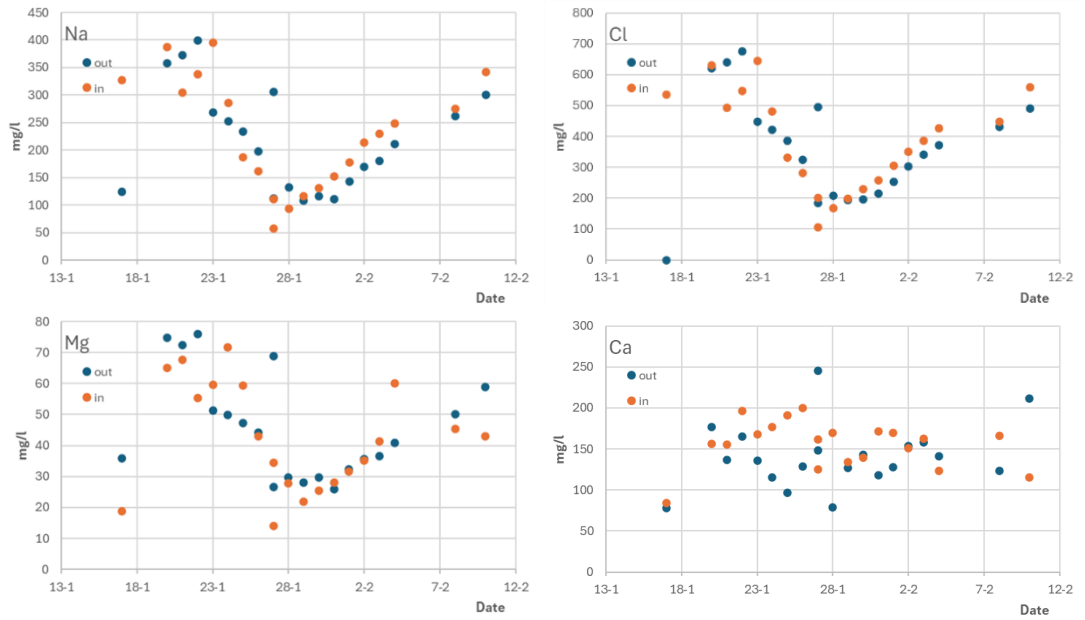
Figuur 6.7: Totaal organisch koolstof (Total Organic Carbon) (TOC). Instroom: oranje; uitstroom: blauw.

De concentratie sulfaat-S vertoont geen opvallende verschillen tussen in- en uitstroom (Figuur 6.8). Bij eerdere veldproeven met houtsnipperfilters werd ook een piek in de uitspoeling van sulfaat waargenomen bij het opstarten te wijten aan uitspoeling uit het filter zelf. Aan de andere kant werd soms een verlaging van de concentratie sulfaat waargenomen, veroorzaakt door omzetting van sulfaat naar sulfide. Beide lijken in dit geval niet op te treden. Ook hiervoor geldt dat de periode waarover gemeten is, kort was en er dus data over langere periode nodig is om duidelijke conclusies te trekken.

Een aantal andere stoffen (Na, Cl, Mg, Ca) laten geen duidelijke invloed van de houtsnipperfilter zien (Figuur 6.9). De patronen die zichtbaar zijn in de concentraties van deze stoffen hangen waarschijnlijk meer samen met de samenstelling en herkomst van het inkomende water, wat te maken kan hebben met het aandeel regenwater/kwel.



Figuur 6.8: Sulfaat - S. Instroom: oranje; uitstroom: blauw.



Figuur 6.9: Na, Cl, Mg, Ca. Instroom: oranje; uitstroom: blauw.

7 Conclusies en aanbevelingen

De combinatie van houtsnippers en ijzerzand in het houtsnipper-ijzerzandfilter lijkt te leiden tot effectieve verwijdering van nitraat en fosfaat. Wel moet worden opgemerkt dat andere vormen van N zoals ammonium en organisch N niet worden verwijderd. De effectiviteit van de houtsnipperfilter in het verlagen van de N-totaal uitspoeling hangt daarom sterk af van het deel van N dat aanwezig is als nitraat. Nitraat is meestal veruit de dominante stikstofcomponent in het drainwater in klei- en zandgebieden, maar op Hoeve Lotmeer komt er door de aanwezigheid van een veenlaagje net boven de drains ook ammonium in het drainwater voor.

Het ijzerzand in het houtsnipper-ijzerzandfilter lijkt het in het drainagewater aanwezige fosfaat ook goed vast te leggen. Daarnaast voorkomt het ijzerzand dat er bij-effecten optreden door te zuurstofloze omstandigheden (ofwel een te lage redoxpotentiaal), zoals het vrijkomen van fosfaat uit de houtsnippers en de vorming van sulfiden. Ook het vrijkomen van organisch koolstof en andere stoffen uit de houtsnippers lijkt beperkt en/of zeer tijdelijk.

De huidige resultaten zijn zeer hoopgevend (effectieve verwijdering van nitraat en fosfaat en beperkte bij-effecten), maar gebaseerd op een korte meetcampagne. Het verdient de aanbeveling om de effecten van het houtsnipper-ijzerzandfilter nog over een langere periode te volgen, liefst over meerdere jaren.

Literatuur

Appelo, C.A.J. en Postma, D., 1993. Geochemistry, groundwater and pollution. Editie: Fourth corrected print. A.A. Balkema. Rotterdam/Brookfield.

Barber, N., 2014. Sediment, nutrient and runoff management and mitigation in rural catchments. PhD thesis Newcastle University.

Christianson, L.E. et al., 2020, Effectiveness of denitrifying biofilters on water pollutant reduction from agricultural areas. Transactions of the ASABE, Vol. 64(2): 641-658.

Griffioen, J., Houthuesen, Y. en Vink, B., 1997. Een geochemische, procesmatige interpretatie van het landelijk meetnet grondwaterkwaliteit. H2O (30) 1997, nr. 19.

Jansen, S. et al., 2024, Field scale optimization of woodchip bioreactors for nitrate removal from drainage water in the Netherlands. Abstract EGU24-9606.

<https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-9606>.

Jansen, S., 2024. Verwijdering van fosfaat met ijzerzanddrain. Veldproef Noordwijkerhout 2021-2023. Deltares-rapport 11207558.

Schipper, P., Groenendijk, P., Van Gerven, L., Van Loon, A., Lukács, S., Rozemeijer, J., 2022. Monitoring en modellering in twee pilotgebieden voor gebiedsgerichte aanpak. Onderdeel KIWK-project Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout? STOWA-rapport KIWK 2022-22.

Zak, D. et al, 2018. Nitrogen and Phosphorus Removal from Agricultural Runoff in Integrated Buffer Zones. Environ. Sci. Technol. 2018, 52, 11, 6508–6517.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl