

2023

Toepassingsmogelijkheden MaaiBOS bij Waterschap Vallei en Veluwe



Een praktisch onderzoek naar de theoretische uitgangspunten en toepassingsmogelijkheden van een maai beslissing ondersteunend systeem (MaaiBOS) bij Waterschap Vallei en Veluwe.

Toepassingsmogelijkheden MaaiBOS bij Waterschap Vallei en Veluwe

Een praktisch onderzoek naar de theoretische uitgangspunten en toepassingsmogelijkheden van een maai beslissing ondersteunend systeem (MaaiBOS) bij Waterschap Vallei en Veluwe.

Onderzoeksverslag

Titel	Toepassingsmogelijkheden voor een MaaiBOS bij Waterschap Vallei en Veluwe
Ondertitel	Een praktisch onderzoek naar de theoretische uitgangspunten en toepassingsmogelijkheden van een maai beslissing ondersteunend systeem (MaaiBOS) bij Waterschap Vallei en Veluwe.
Student	Gertjan van Norel
In het kader van	Afstudeeronderzoek Milieukunde Van Hall Larenstein
Begeleidende docenten	Astrid Valent en Johan Medenblik
Opdrachtgever	Waterschap Vallei en Veluwe, Mark Wesselink
Versie	18
Datum	21-06-2023
Bron afbeelding kaft	(Fraanje, 2023)

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport dat is uitgevoerd in het kader van het afstuderen voor de deeltijdopleiding Milieukunde aan de Hogeschool Van Hall Larenstein te Leeuwarden.

De thematiek die rond het MaaibOS speelde was binnen de opleiding Milieukunde nieuw voor mij. Ik heb mij met veel plezier mogen verdiepen in deze materie. Daarbij was het mijn eerste kennismaking met de wereld van de waterschappen. Ik kijk terug op een prettige tijd en samenwerking met de mensen binnen Waterschap Vallei en Veluwe. Daarnaast heb ik veel contact gezocht met andere waterschappen. Daarbij viel de grote bereidwilligheid om kennis en ervaringen te delen op.

Binnen Waterschap Vallei en Veluwe wil ik in het bijzonder het team wat rond mijn afstudeeronderwerp is geformeerd bedanken; Mark Wesselink, Ans Elffrink, Rob Nijman en Ruben Bosman. Ook wil ik alle andere mensen binnen Waterschap Vallei en Veluwe bedanken die tijd hebben vrijgemaakt of spontaan hebben meegedacht.

Daarnaast wil ik een woord van dank richten aan: Jeroen Tempelaars (Waterschap Brabantse-Delta), Gosro Karimlou (Waterschap De Dommel), Johnny van Keulen (Waterschap Aa en Maas), Pim van Santen (Waterschap Aa en Maas), Fons Hermsen (Waterschap De Dommel), Rene Louwers (Waterschap Aa en Maas) en Gijs Kerkhof (Waterschap Aa en Maas). Tot slot wil ik mijn afstudeerbegeleiders Astrid Valent en Johan Medenblik bij Van Hall Larenstein bedanken voor hun bezielende begeleiding.

Abstract

In managing the 2,300 primary waterways, Waterboard *Vallei en Veluwe* is responsible for the mowing maintenance to ensure proper water flow. However, this mowing management sometimes conflicts with the ecological goals that have been formulated. A data-driven monitoring tool like MaaibOS (decision support system for mowing) can assist a watershed coordinator in deciding whether or not to mow.

The objective of this research is to assess the applicability of a mowing decision support system (referred to as MaaibOS) within the management area of Waterboard *Vallei en Veluwe*. The experiences and knowledge gained from the waterboards *De Dommel* and *Aa en Maas* have been utilized. This has led to the identification of both the technical requirements for MaaibOS and the human and organizational prerequisites. The main research question is as follows:

"What are the theoretical and practical possibilities of MaaibOS, and what are the potential applications within the management area of Waterboard Vallei en Veluwe?"

A qualitative exploratory study has been conducted, employing the snowball method for literature review in both regular and gray literature, as well as for conducting semi-structured interviews with hydrologists, area managers/coordinators, and a data scientist. Based on the collected information, selection criteria and an implementation method for MaaibOS have been developed. These selection criteria have been applied to the management area of Waterboard *Vallei en Veluwe*, followed by case studies conducted on the remaining nine waterways.

The research has shown that MaaibOS combines real-time water level measurements with a discharge-water level relationship (Qh-relation) based on a hydraulic model. To implement MaaibOS, vegetation growth needs to be detectable in telemetric measurement data (vegetation signal). Additionally, a robust Qh-relation during winter should serve as a reference situation within MaaibOS.

However, the study has revealed that MaaibOS is not applicable to the investigated waterways within Waterboard *Vallei en Veluwe*.

Many primary waterways do not meet the selection criteria due to being located within polder areas, experiencing prolonged dry periods or lacking flow, or having limited or no telemetric data available. Among the nine remaining waterways, it was found that, in most cases, there is no clear vegetation signal. Furthermore, there are several influencing factors that disturb the Qh-relations. Variation in target water levels and the inflow from primary waterways without available data are identified as the main disruptive factors.

Regarding the human and organizational prerequisites, it is crucial to have sufficient support for data-driven management (MaaibOS). Establishing project or working groups has proven to optimize the functioning of MaaibOS. In other water boards, teams consisted of area managers, hydrologists, ecologists, and data scientists. The role and practical experiences of the area coordinators are essential in setting up and working with MaaibOS. A data-driven system (MaaibOS) must demonstrate its added value by providing valid and useful information to convince area managers. Real-time control of mowing maintenance proves to be practically challenging within Waterboard *Vallei en Veluwe* due to maintenance contracts. Waterways maintained by mowing boats, together with the introduction of buffer zones along waterways, present opportunities for real-time control of mowing maintenance. However, MaaibOS can also serve as an evaluation tool for mowing planning.

Since the MaaibOS has been implemented on a small scale in other water authorities and is not applicable within Waterboard *Vallei en Veluwe*, it is recommended to explore the possibilities of other data-driven systems. As a first follow-up step, it is advised to examine the support within BWS. Depending on the outcome, it is recommended to either create support first or to directly establish a multidisciplinary project group for "data-driven management". Within this group, the possibilities of RAM (real-time mowing advice), the installation of more telemetry, the alternating operation of pumping stations, and the findings of the Lumbricus project can be investigated.

Samenvatting

Bij het beheer van de 2300 kilometer A-watervangsten is Waterschap Vallei en Veluwe verantwoordelijk voor het maaionderhoud om de doorstroming te garanderen. Dit maaibeheer staat soms loodrecht op de ecologische doelen die geformuleerd zijn. Een datagedreven monitoringstool als het MaaiBOS kan een gebiedsbeheerder helpen bij de keuze om wel of niet te maaien. Het doel van dit onderzoek is om inzichtelijk te krijgen of een maai beslissing ondersteunend systeem (voortaan MaaiBOS) toepasbaar is binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. Er is gebruik gemaakt van de ervaringen en kennis die bij de waterschappen De Dommel en Aa en Maas zijn opgedaan. Daaruit zijn zowel de technische voorwaarden voor een MaaiBOS als de menselijke en organisatorische voorwaarden in kaart gebracht. De hoofdvraag luidt:

“Wat zijn de theoretische en praktische mogelijkheden van een MaaiBOS en welke toepassingsmogelijkheden zijn er binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe?”

Er is een kwalitatief explorerend onderzoek uitgevoerd. De sneeuwbal methode is toegepast bij de literatuurstudie in reguliere en grijze literatuur en bij het afnemen van semigestructureerde interviews met hydrologen, gebiedsbeheerders/coördinatoren en een data scientist. Uit de verzamelde informatie zijn selectiecriteria en een implementatiemethode voor een MaaiBOS samengesteld. De selectiecriteria zijn toegepast op het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. Er zijn vervolgens casestudies uitgevoerd op de negen overgebleven watervangsten.

Uit het onderzoek is gebleken dat een MaaiBOS real-time metingen van de waterpeilen combineert met een op een hydraulisch model gebaseerde afvoer-waterstand (Qh-relatie). Om een MaaiBOS in te richten moet vegetatiegroei waarneembaar zijn in telemetrische meetdata (vegetatiesignaal). Daarnaast moet een sterke Qh-relatie in de winter fungeren als nulsituatie binnen het MaaiBOS. Het MaaiBOS blijkt niet toepasbaar binnen de onderzochte watervangsten bij Waterschap Vallei en Veluwe. Veel A-watervangsten komen niet door de selectiecriteria doordat ze binnen poldergebied vallen, langere periodes droogvallen of geen afvoer hebben of doordat er geen/weinig telemetrie aanwezig is. Bij de negen overgebleven watervangsten is gebleken dat er in de meeste gevallen geen duidelijk vegetatiesignaal is. Daarnaast zijn er meerdere storende factoren van invloed op de Qh-relaties. Hierbij kunnen variatie in streefpeilen en de instroom van A-watervangsten waarvan geen data beschikbaar is als voornaamste storende factoren genoemd worden.

Binnen de menselijke en organisatorische voorwaarden blijkt dat voldoende draagvlak voor datagedreven beheer belangrijk is. Daarnaast heeft het oprichten van project- of werkgroepen gezorgd voor een optimale werking van het MaaiBOS, bleek uit ervaringen bij de andere waterschappen. Bij andere waterschappen bestond een team uit gebiedsbeheerders, hydrologen, ecologen en data scientists. De rol en de praktijkervaringen van de gebiedscoördinatoren spelen een belangrijke rol bij het instellen en werken met een MaaiBOS. Een datagestueerd systeem (MaaiBOS) moet zijn meerwaarde bewijzen door valide en bruikbare informatie te overleggen om gebiedsbeheerders te overtuigen. Het real-time aansturen van maaionderhoud blijkt gezien de huidige onderhoudsbestekken praktisch lastig uitvoerbaar binnen Waterschap Vallei en Veluwe. Watervangsten die per maaiboot worden onderhouden bieden samen met de komst van bufferzones langs watervangsten kansen voor real-time sturing van maaionderhoud. Een MaaiBOS kan echter ook als evaluatiemiddel van de maaiplanning worden gehanteerd.

Doordat het MaaiBOS bij andere waterschappen kleinschalig is ingezet en nu niet toepasbaar is binnen Waterschap Vallei en Veluwe wordt geadviseerd om de toepassingsmogelijkheden van andere datagedreven systemen te onderzoeken. Als eerste vervolgstap wordt aanbevolen om het draagvlak binnen BWS te onderzoeken. Afhankelijk van de uitkomst wordt geadviseerd om eerst draagvlak te creëren of om direct een multidisciplinaire projectgroep “datagedreven beheer” op te richten. Binnen deze groep kunnen vervolgens de toepassingsmogelijkheden van het RAM, het plaatsen van meer telemetrie, het pendelen van gemalen en de uitkomsten van het Lumbricus-project onderzocht worden.

Inhoudsopgave

Begrippenlijst.....	8
Hoofdstuk 1 Inleiding	9
1.1 Aanleiding.....	9
1.2 Probleemstelling.....	9
1.3 Doelstelling.....	10
1.4 Onderzoeksvragen:.....	10
1.5 Afbakening onderzoek.....	10
Hoofdstuk 2 Theoretisch kader	11
2.1 Gebiedsbeschrijving Waterschap Vallei en Veluwe	11
2.2 Doelstellingen en inrichting waterbeheergebied.....	11
2.3 Qh-relaties	12
2.4 Hydraulische weerstand.....	14
2.5 MaaiBOS	15
Hoofdstuk 3 Methoden	17
Hoofdstuk 4 Ervaringen bij andere Waterschappen	19
4.1 Aanleiding en praktijkervaringen	19
4.2 Inrichting meetnet voor een MaaiBOS.....	20
Hoofdstuk 5 Technische voorwaarden MaaiBOS.....	21
5.1 Selectiecriteria MaaiBOS	21
5.2 Implementatiemethode MaaiBOS.....	22
Hoofdstuk 6 Organisatorische en bestuurlijke voorwaarden	23
Hoofdstuk 7 Toepassing van de selectiecriteria.....	24
Hoofdstuk 8 Toepassing implementatiemethode MaaiBOS.....	25
Hoofdstuk 9 Discussie	28
Hoofdstuk 10 Conclusies en aanbevelingen.....	30
10.1 Conclusie en aanbeveling op basis ervaringen andere waterschappen	30
10.2 Conclusies en aanbevelingen na toepassing selectiecriteria	30
10.3 Conclusies en aanbevelingen na toepassing implementatiemethode.....	31
10.4 Conclusies en aanbevelingen organisatorische succes- en faalfactoren	32
10.5 Overkoepelende conclusie en eindadvies.....	33
Bibliografie	34
Bijlage 1 Onderverdeling deelvragen in sub-vragen	37
Bijlage 2 Toelichting praktijkervaringen andere Waterschappen	39
Bijlage 3 Beschrijving real-time advies maaien (RAM).....	42
Bijlage 4 Toelichting inrichting meetnet voor een MaaiBOS	44

Bijlage 5 Meetnet de Leigraaf	47
Bijlage 6 Toelichting selectiecriteria voor een MaaiBOS.....	48
Bijlage 7 Toelichting implementatiemethode MaaiBOS	51
Bijlage 8 Toelichting organisatorische succes & faalfactoren	54
Bijlage 9 Toelichting toepassing selectiecriteria	56
Bijlage 10. Toelichting overzicht telemetrie.....	59
Bijlage 11 Toelichting casestudies implementatiemethode	64

Begrippenlijst

Afvoercapaciteit	= De hoogste afvoer die onder bepaalde omstandigheden een waterloop of kunstwerk kan passeren.
Beek	= Een natuurlijk smalle waterloop zonder getijde.
Debiet/afvoer	= Het vloeistofvolume wat per tijdseenheid door een doorsnede vloeit.
Drooglegging	= Het hoogteverschil tussen de waterspiegel in een waterloop en het grondoppervlak (maaiveld).
Gemaal	= Installatie waarmee in een polderwater van een lager naar een hoger niveau gepompt wordt.
Hydraulische weerstand of Hydraulische ruwheid	= Maat voor de weerstand die stromend water ondervindt van de begroeiing (delen van talud en de bodem) van een waterloop.
Kruinhoogte	= De momentane hoogte van het waterkerende element in een kunstwerk waar het water overheen stroomt bij een hogere waterstand.
Inunderen/inundatie	= Overstromen van een gebied of het onder water (laten) lopen van een laaggelegen gebied, soms bewust om bijvoorbeeld wateroverlast in een ander (bewoond) gebied te voorkomen.
Kunstwerk	= Civieltechnisch werk voor de infrastructuur van wegen, water, spoorbanen, waterkeringen en/of leidingen niet bedoeld voor permanent menselijk verblijf.
KRW	= Europese Kader richtlijn water heeft als doel de fysische-chemische en Ecologische kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa te waarborgen.
MaaibOS	= Maai beslissing ondersteunend systeem.
Neerslagregiem	= Schommelingen van neerslag over een jaar gezien.
NBW-normen	= Nationaal bestuursakkoord water normen die als doel hebben te beschermen tegen wateroverlast, droogte en overstromingen, en om de waterkwaliteit te verbeteren.
Qh-relatie/ afvoerkromme	= Grafische weergave van het in zekere periode geldende gemiddeld verband tussen de plaatselijke waterstand en afvoer in een bepaalde doorsnede.
Rivier	= Een brede natuurlijke waterloop die de afwatering van een ' stroomgebied verzorgt.
Sloot	= Algemene benaming voor een waterloop van beperkte breedte die stilstaand of slechts langzaam stromend water bevat.
Spreng /sprang/ sprengenbeek	= Een door mensen gegraven of verlegde beek met zodanige gegraven bronnen dat er onder druk staand grondwater aan de oppervlakte wordt gebracht.
Stuw	= Vaste of beweegbare constructie die dient om de waterstand bovenstrooms van de constructie te verhogen c.q. te regelen.
Stuwpand	= Een stuk kanaal of rivier tussen minimaal één stuw en een volgend kunstwerk.
Talud	= is het bouwkundig aangelegde schuine vlak langs een weg, spoor, watergang, dijk, naar een brug of tunnel waarmee een hoogteverschil wordt overwonnen tussen (bouw-)werk en maaiveld.
Vegetatiesignaal	= Een grafische weergave binnen het groeiseizoen waarbij tegelijkertijd de waterstand stijgt terwijl het debiet relatief gelijk blijft of daalt, zonder dat dit te verklaren valt door peil-sturende kunstwerken of storende factoren.
Verhang	= Het quotiënt van het verval tussen twee punten en hun afstand.
Verval	= Verschil in waterhoogte tussen twee punten en hun afstand.
Wetering	= Een gegraven waterloop/ brede sloot.

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De gevolgen van klimaatverandering werken steeds meer door in Nederland. Daarnaast staat de ecologische en fysisch-chemische waterkwaliteit van de meeste oppervlaktewateren nog steeds onder druk in Nederland (Compendium van de Leefomgeving, 2022). Waar onze watersysteem vroeger alleen ingericht werden op het zo snel mogelijk afvoeren van water, wordt er tegenwoordig rekening gehouden met een veranderend neerslagregiem met extreme buien afgewisseld met lange(re) periodes van droogte. Water vasthouden in droge tijden, maar voldoende afvoermogelijkheden behouden in tijden van piekafvoer, lijkt in toenemende mate belangrijk te worden (Hack-ten Broeke, 2021).

Volgens Penning (2020) oefenen oever- en watervegetatie invloed uit op de doorstroming van watergangen. Een overschot aan vegetatie kan voor opstuwing van het waterpeil zorgen wat weer voor wateroverlast kan zorgen. Anderzijds vervult oever- en watervegetatie ook een belangrijke rol binnen watergangen door het vasthouden van water, het creëren van voorwaarden voor aquatische ecosystemen en het verbeteren van de waterkwaliteit van KRW-waterlichamen (Penning et al, 2020). Waterschappen zijn in Nederland verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van regionale watergangen, waterkeringen en het zuiveren van afvalwater. Elk waterschap beheert watergangen om te zorgen voor een goede af- en aanvoer van water. Hierbij wordt bijvoorbeeld actief maaionderhoud gepleegd aan sloten, beken, weteringen en kanalen die het meest van invloed zijn op de werking van het watersysteem in een bepaald gebied.

1.2 Probleemstelling

Waterschap Vallei en Veluwe onderhoudt 2300 kilometer aan watergangen in de provincie Gelderland en delen van Utrecht en Overijssel. Voor elke watergang is vastgesteld hoe en wanneer er gemaaid wordt. Het maaien van watergangen wordt op sommige plekken één of meermaals per jaar preventief uitgevoerd om de doorstroom te kunnen garanderen. Deze wijze van beheer staat soms loodrecht op de ecologische doelen die geformuleerd zijn in de wet Natuurbescherming en de Kaderrichtlijn water (Penning et al, 2020). Daarnaast kan het laten staan van vegetatie in drogere tijden juist zorgen voor het vasthouden van water, maar dit brengt ook risico's met zich mee. In sommige watergangen wordt al later in het jaar gemaaid en wordt er per maaionderde reeds vegetatie gespaard. Volgens Waterschap Vallei en Veluwe maken beheerders soms melding van stremming en wateroverlast door deze aanpak.

Het is daarom wenselijk om meer maatwerk toe te kunnen passen binnen de maaierwerkzaamheden. Een monitoringstool op basis van objectieve meetdata kan een beheerder helpen bij keuzemomenten om wel of niet te maaien.

Een maaibeslissing ondersteunend systeem (voortaan MaaibOS) kan gezien worden als een monitoringstool waarmee inzichtelijk gemaakt kan worden in hoeverre de real-time afvoercapaciteit op een bepaald punt binnen een watergang nog binnen de vastgestelde kritische grenzen blijft (Penning et al, 2020). Een MaaibOS combineert real-time metingen van de waterpeilen en van de afvoer met een afvoerwaterstand dat op een model en/of op metingen is gebaseerd (ook wel Qh-relatie). Het kan gezien worden als een datagestuurde hulpmiddel om objectief de actuele hydraulische weerstand vast te stellen in een watergang die bijvoorbeeld door groeiende vegetatie kan ontstaan (Stark, 2014). Indien deze weerstand een kritische grens overschrijdt kan besloten worden om over te gaan tot onderhoud.

Binnen de waterschappen De Dommel en Aa en Maas is reeds ervaring opgedaan met een MaaibOS (Stark, 2014) (van Keulen, J, 2015). Inmiddels zijn deze waterschappen overgegaan tot het toepassen van een MaaibOS in enkele watergangen. Waterschap Vallei en Veluwe wil onderzoeken of een MaaibOS ook toepasbaar is binnen haar eigen beheergebied.

1.3 Doelstelling

Binnen het onderzoek worden de theoretische mogelijkheden van een MaaiBOS in kaart gebracht, zodat gericht gekeken kan worden welk(e) water(en) of gebied(en) binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe mogelijk geschikt zijn om een MaaiBOS toe te passen. Het streven is om voor één van deze gebieden een plan voor een praktijkproef op te stellen. Hierbij is het van belang dat de ervaringen en kennis die bij andere waterschappen is opgedaan met een MaaiBOS worden meegenomen in het onderzoek.

1.4 Onderzoeksvragen:

Hoofdvraag;

“Wat zijn de theoretische en praktische mogelijkheden van een MaaiBOS en welke toepassingsmogelijkheden zijn er binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe?”

Deelvragen;

1. *Hoe werkt een MaaiBOS in de praktijk en wat zijn de ervaringen bij andere waterschappen?*
2. *Wat zijn binnen Waterschap Vallei en Veluwe succes- en faalfactoren bij het werken met en invoeren van een MaaiBOS?*
3. *Welke watergangen of gebieden binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe zijn mogelijk geschikt voor de invoering van een MaaiBOS?*
4. *In welke watergang of traject binnen een watergang kan het beste een plan voor een praktijkproef worden opgesteld binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe?*

1.5 Afbakening onderzoek

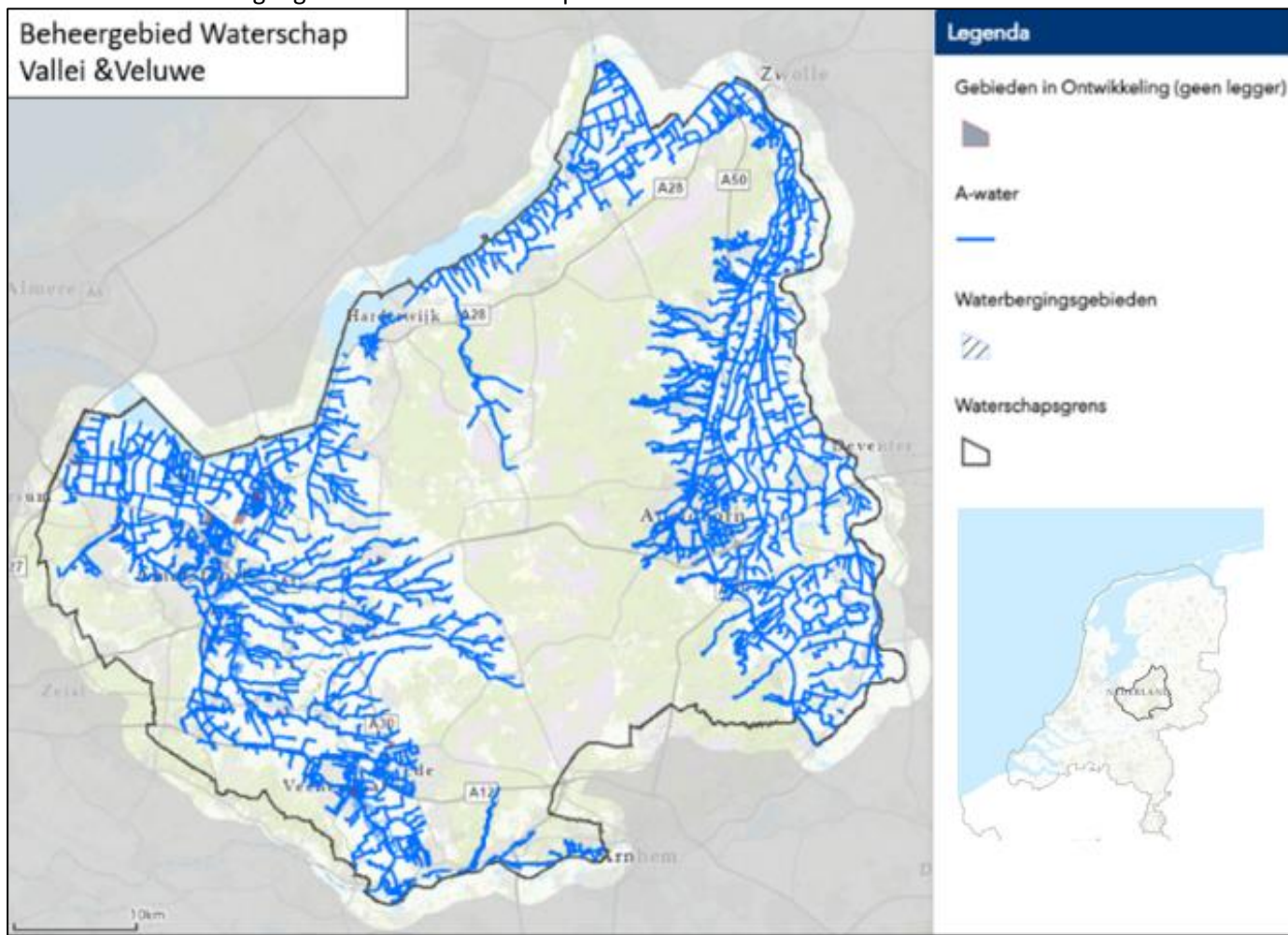
Binnen dit onderzoek zal de focus liggen op het MaaiBOS zoals dat bij Waterschap De Dommel en Waterschap Aa en Maas is toegepast. Er zal gericht gekeken worden naar de theoretische en praktische mogelijkheden van een MaaiBOS binnen de primaire watergangen van Waterschap Vallei en Veluwe. Daarbij zal een inventarisatie gemaakt worden van de succes- en faalfactoren voor het invoeren van een MaaiBOS. Hieromtrent zullen zowel technische als menselijke/organisatorische aspecten aan bod komen.

Hoofdstuk 2 Theoretisch kader

2.1 Gebiedsbeschrijving Waterschap Vallei en Veluwe

Het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe ligt tussen de IJssel, Neder-Rijn, Utrechtse Heuvelrug en de Randmeren in en beslaat ongeveer 245.644 hectare. Er wonen ongeveer 1,1 miljoen mensen verdeeld over 37 gemeenten.

Binnen Waterschap Vallei en Veluwe houdt de afdeling Beheer Watersysteem (BWS) zich bezig met de zorg/het beheer voor een veilig en gezond watersysteem. Het onderhoud van het regionale watersysteem vormt hierbij een belangrijke taak. Omdat de A-watergangen het meest belangrijk zijn voor het regionale watersysteem, wordt het onderhoud van deze watergangen door het waterschap zelf uitgevoerd (Figuur 2.1). Voor een uitleg voor het verschil tussen A-, B- en C-watergangen wordt verwezen naar [bijlage 6](#). Daarom zal de focus binnen dit onderzoek liggen op de A-watergangen. De kleinere B- en C-watergangen vallen buiten de scope van dit onderzoek.



Figuur 2.1 Circa 2300 km aan A-watergangen binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe (Waterschap Vallei en Veluwe, 2022)

2.2 Doelstellingen en inrichting waterbeheergebied

Bij de inrichting en ontwerp van het watersysteem zijn de doelstellingen uit het Blauwe omgevingsprogramma (BOP2022-2027) en visie (BOVI2050) leidend binnen Waterschap Vallei en Veluwe (BOP Waterschap Vallei en Veluwe, 2022). Binnen deze visie wordt gestreefd naar een toekomstbestendig en klimaat robuust grond- en oppervlaktewatersysteem, dat passend is ingericht naar de veranderende gebiedswensen (BOP Waterschap Vallei en Veluwe, 2022). Hiervoor zijn

binnen de categorie watersysteem vijf thema's geformuleerd. Binnen het BOP wordt tevens voldaan aan Europese en nationale wet- en regelgeving.

1. Robuust watersysteem

Vanuit het BOP/BOVI wordt gestreefd naar een robuust watersysteem met balans tussen droogte en wateroverlast met minimaal menselijk ingrijpen. Hierbij wordt ook gekeken naar richtlijnen voor stroomsnelheden ten behoeve van stabiliteit van taluds. Het watersysteem moet daarnaast voldoen aan de omgevingswaarden voor wateroverlast. Hiervoor worden de NBW-normen voor verschillende gebieden toegepast¹. Deze normen zijn uitgedrukt in de kans dat het peil van het oppervlaktewater het niveau van het maaiveld overschrijdt (Rijkswaterstaat, 2023).

2. Goede overheid

De infrastructuur van het watersysteem is in kaart gebracht, risico's en knelpunten op het gebied van droogte, ecologie en waterkwaliteit zijn in beeld. Het watersysteem wordt adequaat beheerd, gericht op behoud van functie (BOP Waterschap Vallei en Veluwe, 2022). Aangewezen zwemwateren moeten daarnaast voldoen aan Europese zwemwaterrichtlijn.

3. Natuurlijk water

Binnen de KRW-systematiek worden eisen gesteld waaraan een bepaalde KRW-watergang moet voldoen (STOWA, 2018). Voor alle watergangen is er binnen de Wet natuurbescherming (WNB) een gedragscode voor waterschappen opgesteld om soorten te beschermen (STOWA, 2019). Te veel maaien vormt een risico voor de (aquatische) ecologie in een watergang. Dit is in strijd met de BOP-subdoelstelling om de biodiversiteit te verbeteren (BOP Waterschap Vallei en Veluwe, 2022). Momenteel voldoen veel watergangen binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe niet aan de KRW-doelstellingen (Waterschap Vallei en Veluwe, 2021).

4. Verbonden water

Er wordt een bijdrage geleverd aan de transitie naar circulaire landbouw door het ondersteunen van de agrarische sector bij de invulling van doelen zoals klimaat, biodiversiteit en waterkwaliteit (BOP Waterschap Vallei en Veluwe, 2022).

5. Voldoende zoetwater

Er wordt informatie verstrekt aan partners over ruimtegebruiksmogelijkheden bij veranderende grondwaterpeil. Daarnaast wordt onderzocht wat de mogelijkheden zijn binnen flexibel grondwaterwinning (BOP Waterschap Vallei en Veluwe, 2022).

Uit deze doelstellingen worden de randvoorwaarden gehaald voor het dimensioneren van de watergangen en kunstwerken. Met behulp van de specifieke afvoer en de bergingscapaciteit van het stroomgebied is de minimaal benodigde afvoercapaciteit van de watergangen en kunstwerken berekend (Cultuurtechnische vereniging, 1988). Dit is vastgelegd in de standaarden voor watergangen en kunstwerken. Door goed beheer en regelmatig maaionderhoud moeten watergangen blijven voldoen aan deze afvoercapaciteit (Waterschap Vallei en Veluwe, 2023). Tegelijkertijd mag het maaibeheer niet zorgen voor overschrijdingen van de kaders van de andere doelstellingen. Dus bij maaibeheer ten behoeve van ecologie zo min mogelijk maaien, waarbij risico op wateroverlast binnen de normen blijft. Dit spanningsveld vereist meer maatwerk in maaierwerkzaamheden. Sinds 2016 doet Waterschap Vallei en Veluwe aan risicogestuurd maaien waarbij in veel watergangen 25% van het natte profiel niet gemaaid wordt (Waterschap Vallei en Veluwe, 2023).

2.3 Qh-relaties

In een MaaibOS spelen Qh-relaties een belangrijke rol. Het *handboek voor debietmetingen in open waterlopen* (Hartong & Termes, 2009) zegt het volgende over Qh-relaties. Een Qh-relatie geeft

¹ In de waterwet (art.2.8 waterwet) is vastgelegd dat de NBW-normen wettelijk vastgelegd zijn in de provinciale waterverordeningen.

grafisch het verband weer tussen het debiet (Q) en de waterstand (h) op een bepaald punt (doorsnede) over een bepaalde periode gezien in een watergang. De Qh-relatie wordt wiskundig afgeleid uit een reeks gemeten debieten en waterstanden. Meestal vormen de meetpunten samen globaal een kromme of gladde polynoom (Figuur 2.2). De Qh-relatie kan bij benadering beschreven worden door een machtsvergelijking;

$$Q = ah^b \quad [2.1]$$

Doordat $h \neq 0$ bij $Q=0$ meestal geldt, kan de Qh-relatie beter worden beschreven met de volgende correctie;

$$Q = a(h - h_0)^b \quad [2.2]$$

Q = Debiet/afvoer (m^3/s)

h = Waterstand (m)

h_0 = Waterstand bij een debiet van $0 \text{ m}^3/\text{s}$ (m)

a, b= Empirisch te bepalen constanten (specifiek voor een meetpunt/station)

Binnen de statistiek kan met behulp van een regressieanalyse gekeken worden hoe sterk de relatie is tussen het debiet en de waterstand. Hiervoor wordt er binnen Excel automatisch een regressie- of trendlijn gemaakt van de Qh punten in de grafiek. Een determinatiecoëfficiënt (R^2) die 1,0 benadert geeft aan dat de veranderingen in de waterstand erg goed verklaard kunnen worden door veranderingen in het debiet. Als er sprake is van storende factoren op de Qh-relatie, zal de regressielijn minder goed passen bij de puntenwolk en zal R^2 dus verder van 1,0 afliggen.

Volgens Hartong & Termes (2009) kunnen de volgende storende factoren zorgen voor geen eenduidige Qh-relatie in een watergang (Hartong & Termes, 2009);

1. Hoogwatergolven kunnen leiden tot het hysteresis effect.

Het passeren van een vloedgolf zorgt voor wisselende afvoeren bij dezelfde waterstanden. Dit resulteert in een “hysteresis lus” in de Qh-relatie.

2. Verandering van het dwarsprofiel in de tijd (erosie/sedimentatie/bodemdaling).

Als het dwarsprofiel verandert zal het doorstroomoppervlak en de hydraulische straal veranderen. Hierdoor kan bij eenzelfde afvoer een hogere of lagere waterstand ontstaan.

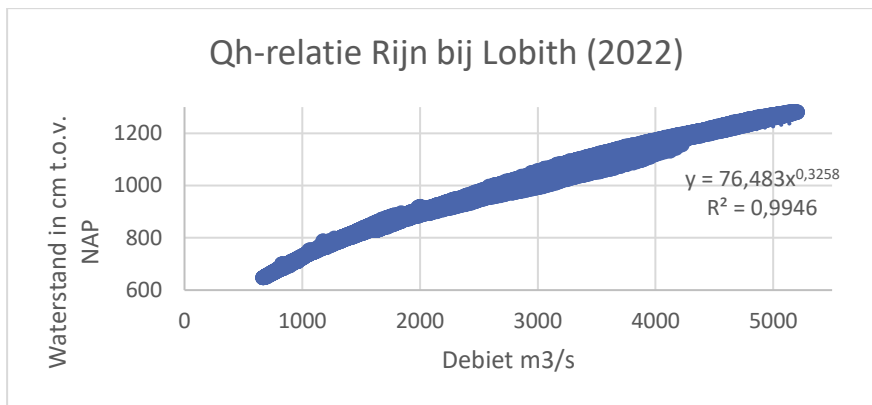
3. Opstuwingseffecten benedenstrooms van het meetpunt

Bijvoorbeeld door de invloed van stuwen, samenkomsten met een andere waterloop of een splitsingspunt van de afvoer in het meettraject.

4. Vegetatiegroei in de watergang

Deze storende factor vormt de basis achter de werking van een MaaiBOS en zal in paragraaf 2.5 besproken worden.

Als een van deze storende factoren variabel is in de tijd, dan zal de afvoer niet een eenduidige functie zijn van de waterstand. De relatie tussen afvoer en waterstand zal dan alleen geldig zijn voor de omstandigheden die gelden tijdens het opstellen van de Qh-relatie.



Figuur 2.2 Voorbeeld van een Qh-relatie in de Rijn bij Lobith gecreëerd uit meetdata over 2022 (Rijkswaterstaat, 2022)

2.4 Hydraulische weerstand

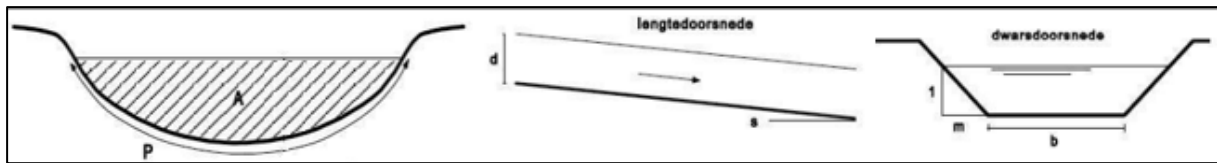
In een MaaibOS speelt weerstandstoename door vegetatiegroei een belangrijke rol. De TU Delft geeft in *H9. Afvoerhydrologie (2023)* aan dat stromend water langs de bodem en zijanten gehinderd wordt door wrijving. Hoe ruwer deze oppervlaktes zijn, des te meer hinder stroming zal ondervinden. Dit gebeurt bijvoorbeeld als vegetatie tijdens het groeiseizoen toeneemt in het dwarsprofiel. Een toename in vegetatie kan resulteren in een stijging van de weerstand in de watergang. Dit kan bovenstrooms voor opstuwung zorgen. Deze invloed wordt sterker waargenomen in relatief kleine watergangen waar de diepgang minder is vergeleken met grote rivieren (Verschoren et al, V, 2015). Volgens Verschoren (2015) kan de vegetatieweerstand bij hogere debieten lager worden doordat sommige soorten vegetatie meebuigen. Linneman (2017) vult aan dat vegetatie bij hogere debieten zal overstromen waardoor de invloed van vegetatie op ruwheid minder is.

De formule van Manning [2.3] houdt rekening met de ruwheid bij het berekenen van de afvoer. Tevens kan de formule omgebouwd worden [2.4] om de ruwheidscoëfficiënt te berekenen. De Manning-formule (K_m) wordt voornamelijk toegepast in kleine watergangen (TU Delft, 2023). De formule van Strickler-Manning (K_s) kan gezien worden als de inverse van de Manning-formule. Volgens Chow (1959) heeft een onbegroeide watergang met een lage weerstand een K_s tussen de 25 en 40. Een sterk begroeide watergang met een hoge weerstand heeft een K_s tussen 7 en 13 (Chow, 1959).

$$Q = A\bar{v} = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad [2.3]$$

$$n = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{Q} \quad [2.4]$$

- Q = Debiet/afvoer (m^3/s)
- A = Natte doorsnede van de waterloop (m^2) = $(b+Md)d$
- b = bodembreedte (m)
- M = Taludhelling: horizontale afstand bij 1 m verticale verplaatsing (-)
- d = Waterdiepte = (waterstand-bodemhoogte) = (m)
- V = Gemiddelde stroomsnelheid (m/s) = Q/A
- R = Hydraulische straal (m) = A/P
- P = Natte omtrek van de waterloop (m) = $b+2dV(1+M^2)$
- S = Energieverhang (uniforme stroming=bodemverhang=verhang waterlijn) (m/m)
- n = K_m = Weerstandscoefficiënt van Manning
- K_s = $1/n$ of $1/K_m$ = Weerstandscoefficiënt van Strickler-Manning



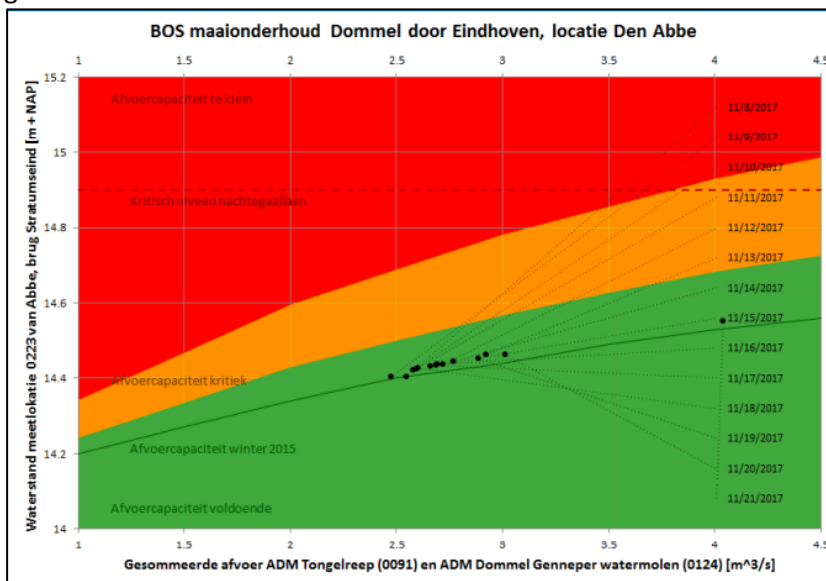
Figuur 2.3 Dwarsdoorsnedes ten behoeve van begripsduiding (TU Delft, 2023)

2.5 MaaiBOS

Een MaaiBOS is een monitoringstool waarmee objectief vastgesteld wordt of de afvoercapaciteit van een watergang nog toereikend is (Linneman, 2017). Een toegenomen weerstand leidt tot een afname van de actuele afvoercapaciteit in een watergang. Als er weinig invloed van andere versturende factoren aanwezig is tijdens het groeiseizoen, kan weerstandstoename gerelateerd worden aan vegetatiegroei in de watergang. Een MaaiBOS kan een beheerder dan helpen in het keuzeproces of er wel of niet gemaaid moet worden (Stark, 2014). Een MaaiBOS levert op basis van objectieve meetdata een bijdrage aan risico gestuurd maaibeheer. In het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe komen bijvoorbeeld KRW-waterlichaam type *R5 langzaam stromende midden-/benedenloop op zand* voor (STOWA, 2018). De aquatische ecologie is gebaat bij een bepaalde mate van stroming. Dit type watergang mag niet volledig dichtgroeien en vanwege de ecologie ook niet volledig geschoond worden. Passend maaibeheer zal noodzakelijk zijn en monitoring met een MaaiBOS zou hieraan kunnen bijdragen.

Het MaaiBOS maakt gebruik van online waterstandsmetingen en debietmetingen via telemetrie. Voor wat betreft het debiet kan gebruik worden gemaakt van metingen, maar ook van het debiet dat met behulp van een stuwformule wordt berekend (Karimlou G. , 2023). Om een MaaiBOS functioneel te krijgen is het essentieel dat er historische data aanwezig is waar een duidelijk vegetatie signaal waar te nemen valt (van Keulen, J, 2015) (Tempelaars, 2018) (Karimlou G. , 2023).

Een MaaiBOS combineert de real-time meetdata van waterpeilen en afvoer met gemodelleerde peil-afvoer relaties (Qh-relaties) (Penning et al, W.E., 2020). Figuur 2.1 Figuur 2.4 vormt de gemodelleerde Qh-relatie tussen het rode en oranje vlak de kritische weerstandsgrens. Deze Qh-relatie geeft dus de waterstanden weer die bij wisselende debieten worden gehaald als de maximaal toelaatbare weerstand door vegetatiegroei in het watergangtraject is bereikt. Deze kritische weerstandsgrens wordt berekend met behulp van een gevalideerd hydraulisch model waarbij Qh-relaties worden gemaakt met wisselende weerstandscoefficienten en verschillende debieten (Karimlou G. , 2019).



Figuur 2.4 Voorbeeld actuele Q/h meetpunt t.o.v. de berekende kritische weerstandsgrens (Karimlou G. , 2019)

Zoals in Figuur 2.4 te zien is, worden de real-time metingen dagelijks als Qh-meetpunten geplot in de grafiek (Waterschap Aa en Maas, 2017). Als de weerstand door vegetatiegroei toeneemt, zal de actuele afvoercapaciteit worden beschreven door een andere Qh-relatie. Het Qh-meetpunt in de grafiek correleert dan met een andere Qh-relatie waarbij een andere weerstandscoefficiënt past. Op deze wijze valt aan de hand van de geplote Qh-meetpunten te herleiden dat de weerstand in de watergang aan het toenemen is en dat de afvoercapaciteit in de watergang kleiner aan het worden is. Zolang de gemeten Qh-meetpunten in het groen blijven, zal de afvoercapaciteit in de watergang toereikend zijn (Karimlou G. , 2019).

De kritische afvoercapaciteit wordt vooraf vastgesteld en hangt samen met de kaders uit de geldende waterbeheer doelstellingen. Bij het opzetten van een MaaiBOS worden de normen vaak gehanteerd die gebruikt zijn bij de dimensionering van een watergang (Broeders et al, M, 2015).

Hoofdstuk 3 Methode

Het onderzoek is kwalitatief explorerend van aard geweest (Merkus J. , 2022). Het onderzoek is in drie onderzoeksfasen verdeeld. Binnen elke onderzoeksfase stond een deel van de volgende hoofdvraag centraal:

“Wat zijn de theoretische en praktische mogelijkheden van een MaaiBOS en welke toepassingsmogelijkheden zijn er binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe?”

In *Tabel 3.1* is te zien dat alle deelvragen onderverdeeld zijn in de drie onderzoeksfasen. In [bijlage 1](#) zijn per deelvraag topics in de vorm van subvragen geformuleerd die als pointers gefungeerd hebben tijdens het onderzoek (semigestructureerde interviews). Hierbij zijn de topics van deelvraag 1 voornamelijk technisch van aard en de topics van deelvraag 2 gaan meer in op organisatorische en bestuurlijke aspecten. De topics van deelvragen 3 t/m 5 zijn bij onderzoeksfase 2 en 3 naar voren gekomen. Tijdens de interviews is er sprake geweest van overlap in de topics van verschillende deelvragen. De interviews zijn getranscribeerd met behulp van de website www.amberscript.com en gecodeerd in een Excelbestand. De brongegevens van de interviews kunnen desgewenst bij de auteur van dit rapport opgevraagd worden. Daarnaast zijn gesprekken gevoerd die niet getranscribeerd zijn, maar waar in sommige gevallen wel elementen uitgehaald zijn.

Tabel 3.1 Methodiek per deelvraag en de verwijzing naar het resultaat/product.

Onderzoek fase	Deelvraag	Gebruikte methodiek	Product en resultaten
1	1. Hoe werkt een MaaiBOS in de praktijk en wat zijn de ervaringen bij andere waterschappen?	De sneeuwbalmethodiek is toegepast bij; - Literatuurstudie in grijze literatuur (interne documenten, evaluatierapporten) en reguliere literatuur - Semigestructureerde interviews met 3 hydrologen en 1 data scientist - Semigestructureerde interviews met 3 gebiedscoördinatoren/beheerders De geïnterviewde personen werken bij waterschappen De Dommel, Aa en Maas en Brabantse Delta	De informatie uit de interviews en de literatuur zijn beschreven in; H4 Praktijkervaringen andere waterschappen De selectiecriteria voor watergangen en implementatiemethode vormen twee tussenproducten uit onderzoeksfase 1. Deze zijn beschreven in; H5 Technische voorwaarden
	2. Wat zijn binnen Waterschap Vallei en Veluwe succes- en faalfactoren bij het werken met en invoeren van een MaaiBOS?	De sneeuwbalmethodiek is toegepast bij; - Één semigestructureerd interview met een gebiedscoördinator Waterschap Vallei en Veluwe.	Er is onderscheid gemaakt in technische en menselijke (organisatorisch/bestuurlijke) succes en faalfactoren. Het wel of niet aanwezig zijn van de technische voorwaarden uit H5 vormen

		-gesprekken met andere regiocoördinatoren Verder is gebruik gemaakt van toepasbare informatie uit de interviews van deelvraag 1.	tevens de technische succes- en faalfactoren. H6 organisatorische en bestuurlijke succes- en faalfactoren
2	3. Welke watergangen of gebieden binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe zijn mogelijk geschikt voor de invoering van een MaaiBOS?	De selectiecriteria uit hoofdstuk 5 zijn toegepast op het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. Er zijn kaarten gemaakt met de GEO-viewer Waterschap van Vallei en Veluwe. De kaart met geselecteerde watergangen is door een medewerker van de GIS-afdeling gemaakt.	In H7 Toepassing van de selectiecriteria wordt een schifting gemaakt van het aantal watergangen. Een kaart met daarop de geselecteerde watergangen vormt het eindresultaat.
3	4. In welke watergang of traject binnen een watergang kan het beste een plan voor een praktijkproef worden opgesteld binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe?	Met de implementatiemethode uit H5 zijn casestudies uitgevoerd op de geselecteerde watergangen. Zodoende is gekeken waar een mogelijke praktijkproef het meeste kans van slagen kan hebben. Er is daarbij gericht gekeken binnen de watergangen of er trajecten zijn waar een extra aanleiding is om een praktijkproef op te stellen. Er zijn gesprekken gevoerd met beheerders van deze watergangen. Er is onderzocht of - Er een vraag is om minder te maaien. - Of er behoefte is aan een MaaiBOS in kritische locaties. - Er is gevraagd naar de ervaringen watergangen (snel dichtgroeien e.d.) In Delft-FEWS (voortaan FEWS) is gekeken of de TMX-punten voldoende historische data bevatten. De data uit FEWS is met behulp van Microsoft Excel verder geanalyseerd conform de implementatiemethode uit H5.	In onderzoeksfase 2 is bepaald welke gebieden en/of watergangen geschikt zijn voor het toepassen van een MaaiBOS. Voor deelvraag 4 is er meer gericht gekeken binnen deze wateren of er een traject is waar extra aanleiding kan zijn om een praktijkproef op te stellen voor een MaaiBOS. In H8 Toepassing implementatiemethode zijn de relevante behoefte/ervaring van gebiedscoördinatoren verwerkt. Daarnaast zijn de stappen van deze implementatiemethode uit H5 toegepast om te kijken in hoeverre een praktijkproef op te starten valt.

Hoofdstuk 4 Ervaringen bij andere Waterschappen.

In dit hoofdstuk wordt een kort overzicht gegeven van de ervaringen met een MaaiBOS bij de waterschappen De Dommel en Aa en Maas. De informatie is enerzijds afkomstig uit de literatuurstudie van grijze literatuur (interne documenten, rapporten) en anderzijds afkomstig uit persoonlijke communicatie (semigestructureerd interviews) met hydrologen en gebiedsbeheerders.

4.1 Aanleiding en praktijkervaringen

In *Tabel 4.1* zijn de belangrijkste praktijkervaringen met een MaaiBOS bij de andere waterschappen opgenomen. Voor een uitgebreide toelichting wordt verwezen naar [bijlage 2](#). Voor een beschrijving van het RAM (real-time advies maaien) en een vergelijking tussen het RAM en het MaaiBOS wordt verwezen naar [bijlage 3](#).

Tabel 4.1 Samenvatting praktijkervaringen met een MaaiBOS binnen Waterschappen De Dommel en Aa en Maas

	Waterschap De Dommel	Waterschap Aa en Maas
Welke watergang(en)	De Dommel en in een zijbeek hiervan, de Keersop	De Lage Raam en de Leigraaf
Directe aanleiding	Wateroverlast in Eindhoven na een piekafvoer mede door opstuwing door vegetatiegroei.	Wateroverlast na piekbuien in combinatie met lange periodes zonder maaionderhoud in de watergangen.
Doelstellingen in de watergang(en)	Een combinatie van ecologische doelstellingen (KRW) en het voorkomen van wateroverlast. Daarbij was er bij het beheer behoefte aan monitoring.	
Vraag vanuit beheer.	Er ontstond behoefte om meer maatwerk te kunnen leveren in het maaionderhoud (real-time sturing).	Er was behoefte aan evaluatie van het maaionderhoud na het groeiseizoen. Real-time sturing werkt niet (bestekken).
Toepasbaarheid beheergebied	Op kleine schaal. Het MaaiBOS is slechts in een aantal trajecten binnen één watergang toegepast.	Op kleine schaal. Voor zover bekend is het MaaiBOS in enkele trajecten binnen twee watergangen toegepast.
Invloed kunstwerken	Het MaaiBOS functioneerde binnen ongestuwde trajecten.	Het MaaiBOS functioneerde in stuwpannen met een vast streefpeil.
Intentie om uit te breiden	Er wordt gewacht tot na de herinrichting bij geschikte locaties. Veel andere watergangen voldoen niet aan de selectiecriteria (hoofdstuk 5).	Veel andere watergangen voldoen niet aan de selectiecriteria. Men is van het MaaiBOS overgestapt op het real-time advies maaien (RAM).
Praktische toepasbaarheid van en gebruikservaringen met het MaaiBOS	Overstorten in het stedelijke gebied veroorzaken fouten in het MaaiBOS. Doordat ervaring is opgedaan met het MaaiBOS kan hier rekening mee houden worden.	Het MaaiBOS functioneerde na een paar succesvolle jaren niet meer door: - Langere periodes van droogval in het groeiseizoen. - Dynamisch peilbeheer om water te conserveren (geen vast streefpeil meer waarop het MaaiBOS is afgestemd).
	Er zijn steeds minder regiocoördinatoren die werken met MaaiBOS. Voornamelijk doordat er trajecten zijn afgevallen.	In de Leigraaf zorgde de inlaat van water voor foutieve maaisignalen in het MaaiBOS.
	Binnen het traject bij de Keersop bleven de Qh-meetpunten altijd binnen het groene vlak in de MaaiBOS-grafiek. De maaibos-informatie werd hier niet meer gebruikt daardoor.	De succesvolle jaren met MaaiBOS hebben geleid tot blijvende inzichten/aanpassingen in de maaionderhoudsplanning. Ook nadat het MaaiBOS niet langer gebruikt werd.
	Jongere beheerders staan eerder open voor datagedreven hulpmiddelen dan oudere collega's.	Eén gebiedsbeheerder opteert uit praktisch oogpunt voor één maaiadvis voor één watergang. Een ander opteert voor gedifferentieerd maaionderhoud.
	De wateroverlast zorgde voor intrinsieke motivatie bij	Een gebiedsbeheerder heeft behoefte aan aanvullende visuele monitoringstools om

	gebiedsbeheerders om te werken met een MaaiBOS.	gedifferentieerd maaionderhoud mogelijk te maken bij knelpunten die droogvallen.
	Samenwerking in werkgroepen bestaand uit gebiedsbeheerders, hydrologen en ecologen heeft geholpen om het MaaiBOS te optimaliseren.	
	Sommige (oudere) gebiedsbeheerders sturen al jaren veel op ervaring en hebben geen behoefte aan monitoringstools.	
	Een Valide MaaiBOS wordt gezien als een hulpmiddel voor de gebiedsbeheerder.	

Conclusie praktijkervaringen bij andere waterschappen:

Het MaaiBOS is geen flexibel systeem. Het wordt slechts op kleine schaal toegepast doordat weinig watergangen voldoen aan de selectiecriteria. Een functionerend MaaiBOS kan bijdragen aan maatwerk in maaionderhoud, maar praktisch gezien is real-time sturing binnen onderhoudsbestekken moeilijk haalbaar. Om het MaaiBOS te optimaliseren moeten gebiedsbeheerders nauw betrokken worden in de samenwerking. Valide maaiadvisen zijn daarbij een vereiste om het MaaiBOS werkbaar te maken en om gebiedsbeheerders te overtuigen. Op organisatorisch en bestuurlijk vlak zijn succes- en faalfactoren te benoemen. De meest relevante succes- en faalfactoren voor het Waterschap Vallei en Veluwe zijn meegenomen in hoofdstuk 5 (technische voorwaarden) en hoofdstuk 6. (Organisatorische/bestuurlijke succes- en faalfactoren). Het RAM (bijlage 3) lijkt meer flexibel te zijn.

4.2 Inrichting meetnet voor een MaaiBOS.

In *Tabel 4.2 Overzicht belangrijkste kenmerken van de meetnetten in de MaaiBOS-trajecten* bij andere waterschappen opgenomen. Voor een uitgebreide toelichting wordt verwezen naar [bijlage 4](#). Voor een beknopte beschrijving van het meetnet van de Leigraaf wordt verwezen naar [bijlage 5](#).

Tabel 4.2 Overzicht belangrijkste kenmerken van de meetnetten in de MaaiBOS-trajecten

	Waterschap De Dommel	Waterschap Aa en Maas
Locatie meetnet?	Zie Figuur b4.1 voor de locatie van telemetrische meetpunten in watergang de Dommel.	Zie Figuur b4.2 voor de locatie van telemetrische meetpunten in de Lage Raam.
Invloed kunstwerken op het MaaiBOS-traject	Ongestuwde trajecten	Gestuwde trajecten
Hoeveel meetpunten	Minimaal één telemetrisch debiet- en waterstandmeetpunt per traject.	Minimaal één telemetrisch debietmeetpunt en vaak twee waterstandmeetpunten per traject.
Belangrijkste meetlocatie debiet	Het debietmeetpunt moet representatief zijn voor het traject. Het mag buiten het MaaiBOS-traject liggen.	Het debiet en de waterstand wordt bij de stuw aan het bovenstroomse eind van het traject gemeten. Bij het benedenstroomse meetpunt van deze stuw.
Belangrijkste meetlocatie waterstand	Aan het bovenstroomse eind van het traject.	De waterstand wordt ook bij de stuw aan het benedenstroomse eind van het traject gemeten.
Zijn er extra meetpunten geplaatst	Er zijn extra meetpunten geplaatst. Vaak nabij makkelijk bereikbare plekken (brug).	Per automatische stuw zijn twee meetpunten aanwezig. Er zijn geen aanvullende meetpunten geplaatst.

Conclusie meetnet

Een meetnet zoals bij waterschap Aa en Maas lijkt het meest kansrijk voor Waterschap Vallei en Veluwe. Ook daar zijn stuwpanden met beneden- en bovenstroomse meetpunten. Dit zorgt voor een duidelijke begrenzing en meer analysemogelijkheden van een traject. Het RAM stuurt bijvoorbeeld op verval. In [paragraaf 5.1](#) zal bij stap 5 gericht gefilterd worden op beneden- en bovenstroomse telemetrie.

Hoofdstuk 5 Technische voorwaarden MaaiBOS

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de technische voorwaarden waar een gebied of watergang aan moet voldoen. Deze voorwaarden vormen tevens de technische succes- en faalfactoren voor een MaaiBOS in het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. De informatie is enerzijds afkomstig uit de literatuurstudie van grijze literatuur van de waterschappen De Dommel en Aa en Maas en Brabantse Delta. Anderzijds is de informatie afkomstig uit de interviews met hydrologen en regio- en gebiedsbeheerders zoals beschreven in hoofdstuk 4.

5.1 Selectiecriteria MaaiBOS

Figuur 5.1 laat vijf stappen zien waarmee een eerste grove schifting gemaakt wordt in het totaal aan watergangen binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. Voor een uitgebreide toelichting op deze vijf stappen wordt verwezen naar [bijlage 6](#).



Figuur 5.1 Selectiecriteria van watergangen voor een MaaiBOS

Beknopte toelichting selectiecriteria

1. Alleen het beheer van de A-watergangen wordt door het waterschap zelf geregeld.
2. Bij peilbeheerste gebieden (polders) ontstaat minder snel afvoer door vrij verval terwijl dit bij vrij afwaterende gebieden wel het geval is. In polders wordt de afvoer vaak door peilregulerende kunstwerken gecreëerd. Uit een interview met een hydroloog bleek tevens dat de invloed van stuwen in poldergebieden verder doorwerken terwijl dit in vrij afwaterende gebieden minder zo zal zijn.
3. Zonder afvoer is een MaaiBOS niet mogelijk. Watergangen die langere periodes droogvallen of waar geen afvoer is in het groeiseizoen zijn niet geschikt voor een MaaiBOS.
4. Watergangen waar ecologische doelstellingen en NBW-knelpunten (wateroverlast) samenkomen creëren qua maaionderhoud een spanningsveld. Hier speelt de vraag hoeveel er minimaal gemaaid moet worden om wateroverlast te voorkomen. Er kan ook behoefte zijn om bijvoorbeeld in KRW-watergangen verantwoord minder te maaien. Met een MaaiBOS kan onderbouwd worden dat veel minder of helemaal niet maaien verantwoord is.
5. Zoals beschreven in [hoofdstuk 4](#) vereist het meetnet telemetrische meetpunten. Voor het beoogde traject moet minimaal één representatief debietmeetpunt en liefst twee waterstand meetpunten zijn. Eén aan het benedenstroomse en één aan het bovenstroomse eind van het traject.

Er moet zo min mogelijk invloed van regelbare kunstwerken zijn op het traject.

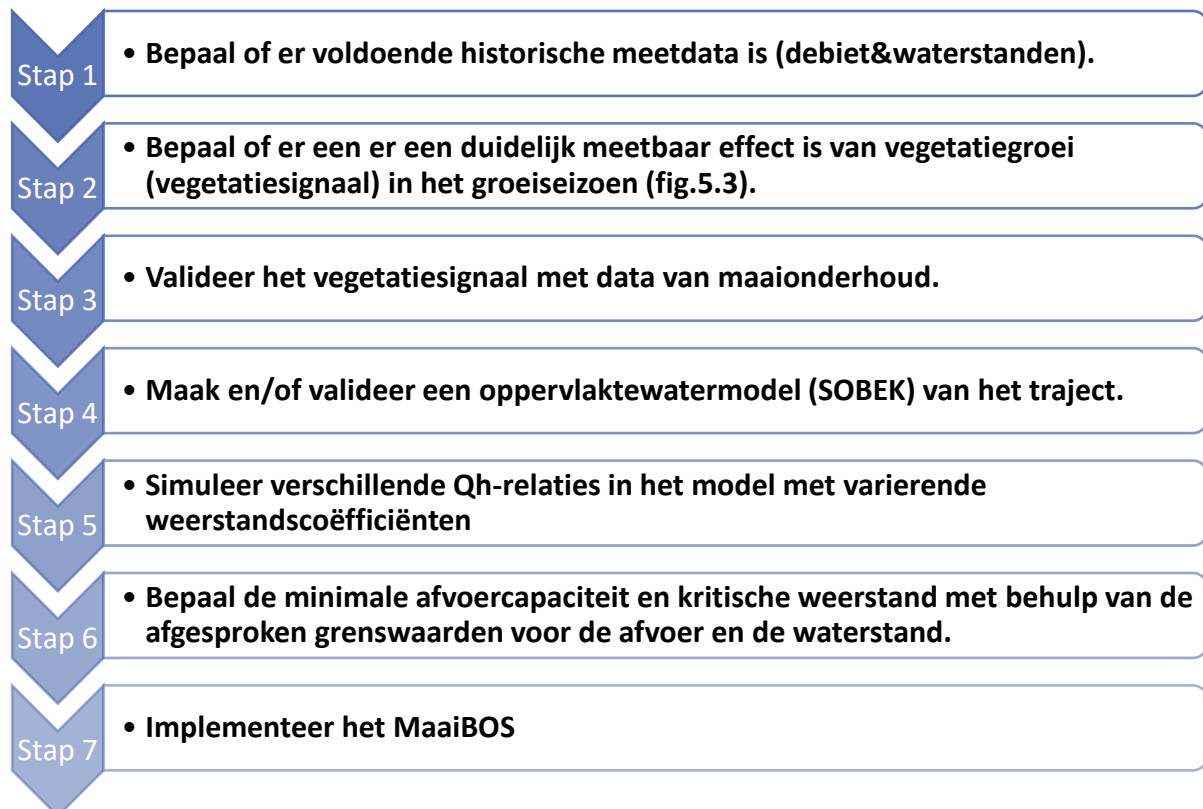
Voor een optimale werking is het ontbreken van peil-beïnvloedende kunstwerken in een MaaiBOS-

traject zeer wenselijk. Waterschap Aa en Maas heeft echter een MaaibOS succesvol ingericht binnen een gestuurd traject. Daarom wordt dit zesde criterium vooralsnog niet toegevoegd aan Figuur 5.1.

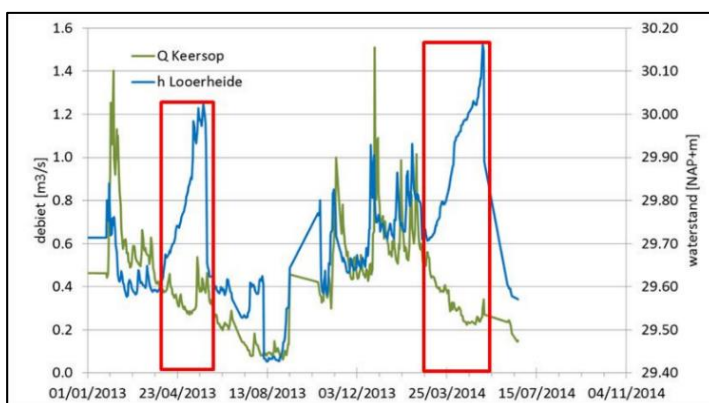
Na het doorlopen van de vijf selectiecriteria zal de implementatiemethode in [paragraaf 5.2](#) worden toegepast op de overgebleven watergangen. In [hoofdstuk 7](#) worden de selectiecriteria toegepast op de watergangen van Waterschap Vallei en Veluwe.

5.2 Implementatiemethode MaaibOS

In Figuur 5.2 is een overzicht van de implementatiemethode. Voor een uitgebreide toelichting van de stappen in de implementatiemethode wordt verwezen naar [bijlage 7](#).



Figuur 5.2 Zeven implementatiestappen van het MaaibOS



Figuur 5.3 Duidelijk vegetatiesignaal binnen de rode rechthoeken in rivier de Dommel (Karimlou G. , 2019)

Er zullen casestudies worden uitgevoerd op de watergangen die overblijven na het toepassen van selectiecriteria. Bij elke casestudy is in [hoofdstuk 8](#) geprobeerd om de implementatiestappen toe te passen zoals dat in deze paragraaf beschreven wordt.

Hoofdstuk 6 Organisatorische en bestuurlijke voorwaarden

Er zijn gesprekken gevoerd met gebiedscoördinatoren en medewerkers van Waterschap Vallei en Veluwe over datagedreven beheer (MaaibOS). Samen met de ervaringen van de andere waterschappen ([hoofdstuk 4](#)) zijn mogelijke succes- en faalfactoren geformuleerd voor het invoeren van een MaaibOS. In [hoofdstuk 5](#) zijn de technische succes- en faalfactoren reeds besproken. In [Tabel 6.1](#) is een overzicht gegeven van organisatorische en bestuurlijke succes- en faalfactoren. Voor een uitgebreide toelichting van dit hoofdstuk wordt verwezen naar [bijlage 8](#).

Tabel 6.1 Mogelijke organisatorische en bestuurlijke succes- en faalfactoren voor Waterschap Vallei en Veluwe

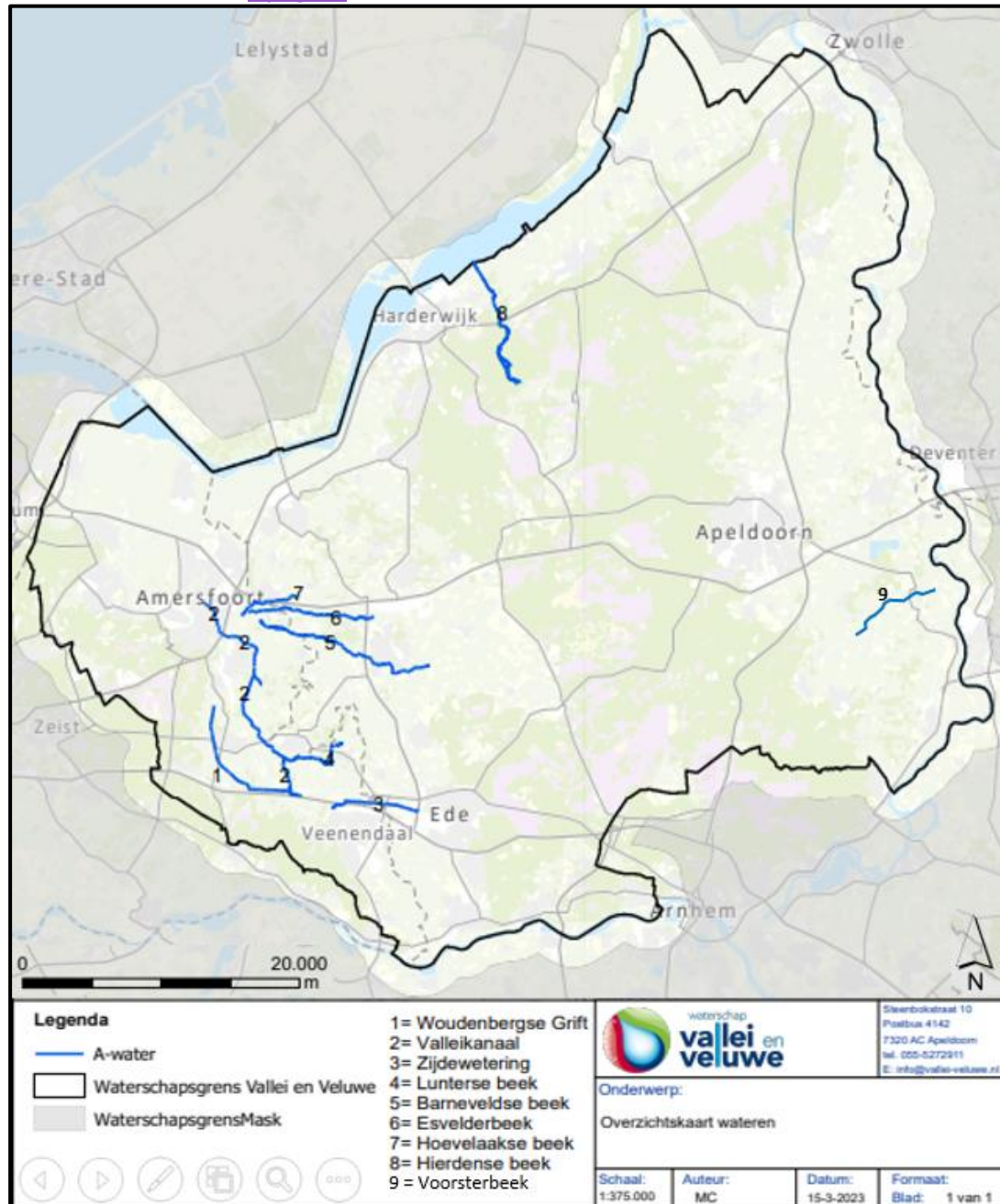
Succesfactoren	Faalfactoren
1. Om een datagedreven systeem (MaaibOS) optimaal in te zetten is tijd, geld en prioritering binnen de organisatie nodig.	1. De wijze waarop het maaionderhoud georganiseerd is maakt real-time sturen in maaionderhoud lastig.
2. Formeer een werk- of projectgroep “datagedreven beheer (MaaibOS)” voor de lange termijn.	2. Als de randvoorwaarden niet kloppen kan een datagedreven systeem (MaaibOS) niet optimaal functioneren.
3. Benut de praktijkervaring van gebiedscoördinatoren door ze in een vroegtijdig stadium te betrekken bij de invoering van een datagedreven systeem (MaaibOS).	3. Focus niet alleen op de data zonder naar de praktijkervaringen te kijken.
4. Betrek gebiedsbeheerders/coördinatoren die affiniteit hebben met nieuwe datagestuurde systemen (MaaibOS)	4. Het is niet duidelijk hoeveel draagvlak er momenteel is voor datagedreven beheer zoals het MaaibOS.
5. Relatief lagere kosten en een hoger installatiegemak verhoogt de plaatsingskansen van meer telemetrische meetpunten.	5. Bij veel watergangen worden geen vaste, maar dynamische peilen gehanteerd.
6. Een MaaibOS kan objectieve onderbouwing geven voor onderhoudskeuzes naar stakeholders	6. De praktijk leent zich niet altijd voor real-time gestuurd maaionderhoud.
7. De nieuwe 5 meter bufferzones langs KRW-wateren biedt kansen voor real-time maaionderhoud (RVO, 2023).	7. Maak een datagedreven systeem niet te ingewikkeld en houd de praktijk in het oog.
8. Maaiboot onderhouden watergangen bieden kansen voor real-time maaionderhoud met een MaaibOS.	8. Er zijn momenteel relatief weinig A-watergangen voorzien van telemetrische meetpunten om datagedreven beheer mogelijk te maken.

Conclusie

Het succes van datagedreven beheer (zoals een MaaibOS) hangt af van meerdere factoren. Daarbij is voldoende draagvlak binnen het team/organisatie een vereiste. Vervolgens kan vanuit de organisatie prioriteit gegeven worden aan de ontwikkeling van een MaaibOS door samenwerkingsgroepen te formeren. Het MaaibOS functioneerde bij andere waterschappen optimaler als verschillende disciplines (gebiedsbeheer, hydrologen, ecologen) de tijd kregen om samen te werken en te ontwikkelen. Cruciaal hierbij is de inzet en ervaring van gebiedscoördinatoren. In principe wordt een MaaibOS gezien als hulpmiddel, maar momenteel ziet niet elke gebiedscoördinator de meerwaarde in van een MaaibOS. Een datagedreven systeem zal mensen moeten overtuigen door bruikbare, valide uitkomsten te genereren. Meerdere gebiedscoördinatoren merken op dat real-time sturen in maaionderhoud praktisch gezien lastig is. De komst van 5 meter bufferzones langs KRW-wateren en trajecten die met de maaiboot worden gemaaid bieden kansen voor real-time maaionderhoud. Binnen Waterschap Vallei en Veluwe zijn momenteel nog relatief weinig telemetrische meetpunten ([bijlage 10](#)) om grootschalig aan de slag te kunnen met datagedreven beheer. Dynamisch peilbeheer zorgt voor extra verstoring op de Qh-relaties waardoor een MaaibOS lastig in te voeren valt.

Hoofdstuk 7 Toepassing van de selectiecriteria

De selectiecriteria die in [paragraaf 5.1](#) zijn omschreven zijn toegepast op het beheergebied van het Waterschap Vallei en Veluwe. In dit hoofdstuk wordt de conclusie uit het doorlopen van de selectiecriteria getoond. Voor een uitgebreide toelichting op het doorlopen van de selectiecriteria wordt verwezen naar [bijlage 9](#).



Figuur 6.1 A-wateren met voldoende telemetripunten

In Figuur 6.1 zijn de A-watgangen weergegeven die voldoen aan de selectiecriteria 1 tot en met 5. Hierbij moet opgemerkt worden dat het voor veel watgangen slechts om enkele trajecten binnen de gehele loop van de watgang gaat. In [hoofdstuk 8](#) is voor deze trajecten getracht om de implementatiestappen uit [paragraaf 5.2](#) door te voeren. Hierbij zal dieper gekeken worden of de data van de telemetripunten geschikt zijn voor het implementeren van een MaaiBOS.

Hoofdstuk 8 Toepassing implementatiemethode MaaiBOS

Op grond van de implementatiemethode uit [hoofdstuk 5](#) zijn meerdere casestudies uitgevoerd op de watergangen die in [hoofdstuk 7](#) zijn benoemd. Binnen elk van deze watergangen is voor één of meerdere trajecten gekeken naar de telemetrische data. Voor een beschrijving van de data-analyse per watergang wordt verwezen naar [bijlage 11](#). In dit hoofdstuk zal een beknopte beschrijving van de bevindingen gegeven worden.

Conclusie casestudies watergangen

Uit de casestudies is gebleken dat de meeste trajecten niet door de eerste drie implementatiestappen komen. Er zijn geen geschikte trajecten gevonden voor een praktijkproef met het MaaiBOS. Per implementatiestap zijn de meest voorkomende punten genoemd waarop trajecten zijn afgekeurd;

Stap 1: Bepaal of er voldoende historische data is;

1. De meetdata bevat fouten.

In meerdere watergangen is sprake van negatief verval binnen een stuwpand. Elke stuw heeft een bovenstrooms en benedenstrooms gelegen sensor. Bij een negatief verval ligt het waterpeil stroomopwaarts, bij de benedenstrooms gelegen stuwsensor, dan lager dan stroomafwaarts bij de bovenstrooms gelegen stuwsensor. Daarnaast zijn er bij verschillende debietmetingen negatieve waarden geregistreerd. Fouten in de meetdata kunnen het MaaiBOS minder valide maken. Een maaiadvies kan in dat geval gebaseerd zijn op een meetfout.

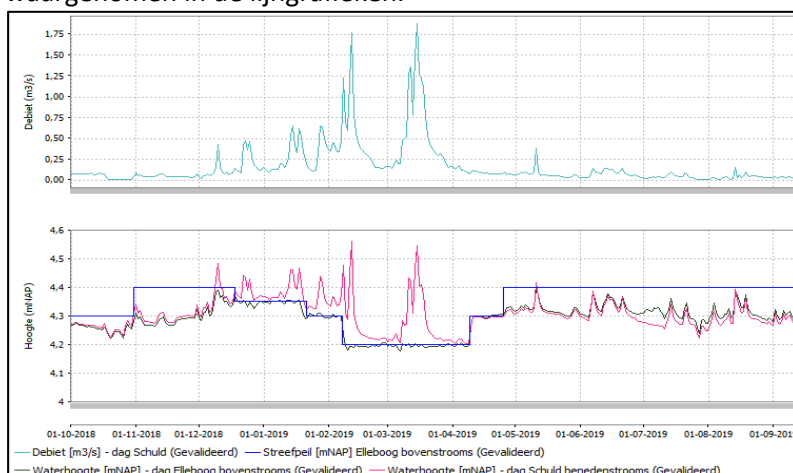
2. Er is sprake van relatief lange en/of meerdere periodes zonder afvoer.

Er zijn meerdere watergangen waar in het groeiseizoen geen debiet wordt gemeten. Zonder afvoer is er geen MaaiBOS mogelijk. Deze data correleert niet altijd met de kaart met droogval ([Figuur B9.4](#))

Stap 2. Bepaal of er een duidelijk vegetatiesignaal is.

1. Er is geen bruikbaar vegetatiesignaal waar te nemen.

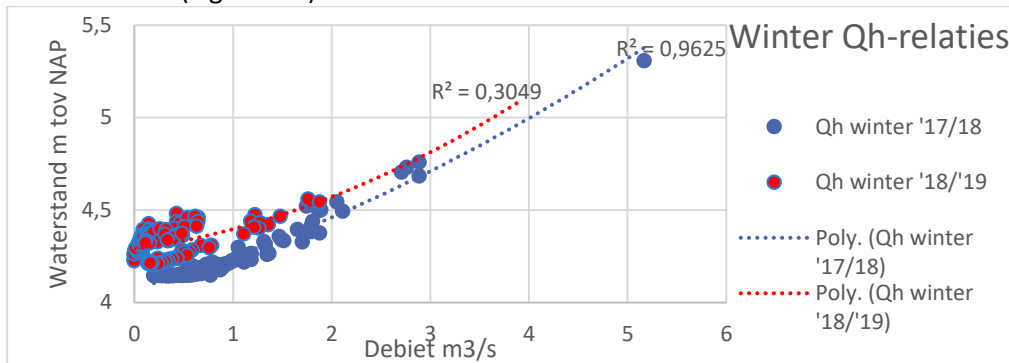
In het programma FEWS zijn grafieken gemaakt waarin de waterstand in het bovenstroomse eind en het debiet van het traject op de Y-as zijn geplaatst en de tijd/datum op de X-as is geplaatst ([Figuur 8.1](#)). [Figuur 8.1](#) laat zien dat de waterstand (roze lijn) reageert op veranderingen van het debiet (blauwe lijn). Daarbij is een stijging van de waterstand ook te relateren aan variatie in gehanteerde streefpeilen (donkerblauwe lijn). Met streefpeil wordt in dit geval bedoeld op het geprogrammeerde streefpeil waarop een stuw corrigeert. In het groeiseizoen is geen stijging van de waterstand zichtbaar bij een gelijkblijvend debiet. In de meeste watergangen is er geen duidelijk vegetatiesignaal waargenomen in de lijngrafieken.



Figuur 8.1 Een voorbeeld van debiet en waterstandgrafieken traject Schuld-Elleboog, Esvelderbeek (Deltares, 2014)

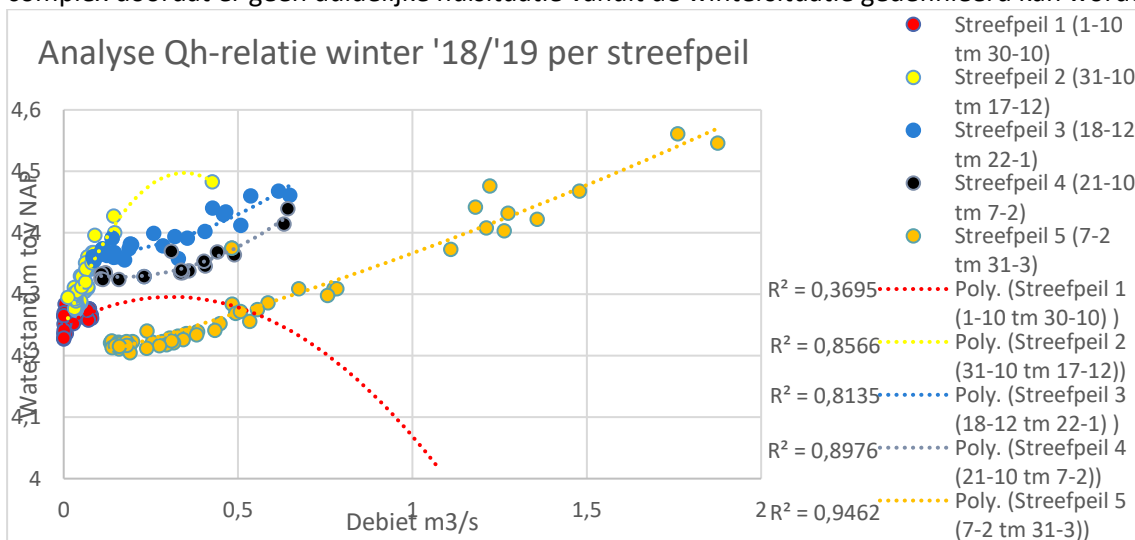
2. Er zijn veel storende factoren van invloed op de Qh-relaties.

Voor een MaaiBOS is een sterke relatie nodig tussen debiet en waterstand. Deze winter Qh-relatie fungeert als nulsituatie binnen een MaaiBOS. In verschillende watergangen blijkt dat de winter Qh-relaties na de winter van '17/'18 vaak een zwakkere relatie laten zien tussen het debiet en de waterstanden (Figuur 8.2).



Figuur 8.2 Twee Qh-relaties uit de wintersituatie in traject Schuld-Elleboog, Esvelderbeek

In *Figuur 8.3* is de winter Qh-relatie '17/'18 nader geanalyseerd. Er is gebleken dat er in de winter van '17/'18 meer variatie te zien is in de gehanteerde streefpeilen. Dit resulteert in een zwakkere relatie tussen het debiet en de waterstand over het gehele winterseizoen '17/'18. Per streefpeil binnen dit seizoen zijn juist sterkere Qh-relaties zichtbaar. Binnen het winterseizoen '17/'18 wordt elk streefpeil in feite beschreven door een aparte Qh-relatie. Dit maakt het opzetten van een MaaiBOS erg complex doordat er geen duidelijke nulsituatie vanuit de wintersituatie gedefinieerd kan worden.



Figuur 8.3 Analyse winter Qh-relatie '18/'19 per streefpeil traject Schuld-Elleboog, Esvelderbeek

Naast wisselende streefpeilen zijn er ook trajecten waar de volgende storende factoren een rol spelen op de Qh-relaties;

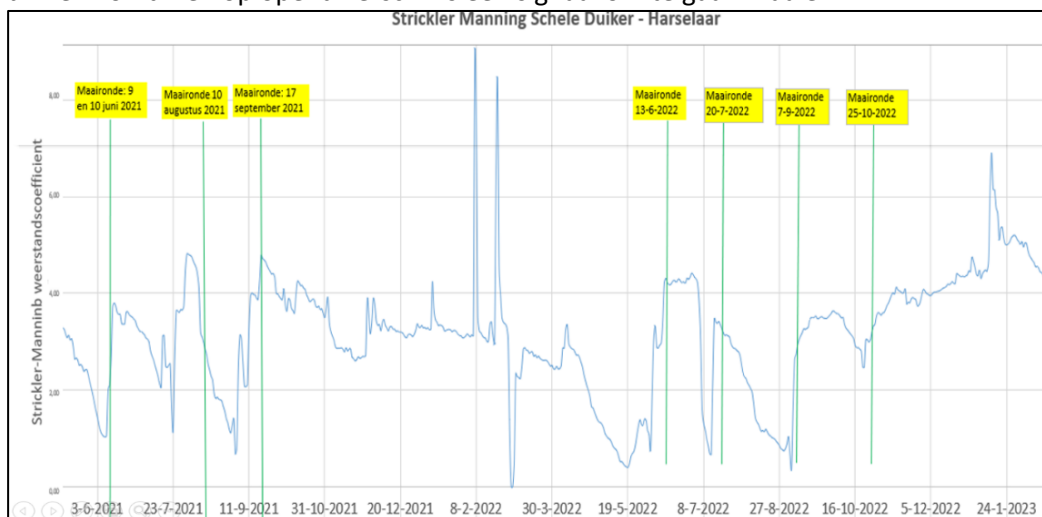
- Locaties waarin meerdere A-watergangen (zonder meetdata) uitmonden in de A-watergang die het beoogde MaaiBOS-traject vormt. Dit resulteert in een zwakke Qh-relaties die in het groeiseizoen niet aan vegetatiegroei te relateren vallen.
- Door opstuwing door of beïnvloeding van peil-sturende kunstwerken ontstaan zwakke Qh-relaties.

3. Het vegetatiesignaal is alleen zichtbaar vóór 2022.

In de Zijdwetering is in het traject Roseboom-Krakerswijk een vegetatiesignaal waargenomen rond april '20 en april '21. In deze periode was er weinig variatie in streefpeil waardoor het vegetatiesignaal beter zichtbaar werd. Rond april '22 was er wel veel variatie in streefpeil. Doordat er te veel variatie in streefpeil is, kan er geen MaaiBOS worden opgesteld.

Stap 3. Valideer het vegetatiesignaal.

In de Woudenbergse Grift is binnen het traject Schele Duiker-Harselaar een vegetatiesignaal waargenomen. De gebiedscoördinator bevestigt dat dit traject snel dicht groeit. In Figuur 8.4 is te zien dat de validatie met maaidata ook gelukt is. Toch is dit gebied niet geschikt voor een MaaiBOS. De winter Qh-relaties zijn na het winterseizoen '17/'18 erg zwak. Daarnaast hanteert de gebiedscoördinator een eigen systeem waardoor de noodzaak voor een MaaiBOS niet gezien wordt. Hiervoor wordt het debiet bij de inlaat (Schele Duiker) vergeleken met het debiet dat in Amersfoort binnen komt. Een oplopend verschil is een signaal om te gaan maaien.



Figuur 8.4 Validatie vegetatiesignaal Strickler-Manning coëfficiënt traject Schele Duiker-Harselaar, Woudenbergse Grift

Conclusie

In tabel 8.1 is een overzicht gegeven van de bevindingen van de onderzochte watergangen. Er kan geconcludeerd worden dat deze onderzochte watergangen niet geschikt zijn voor een MaaiBOS. Derhalve kan er geen locatie voor een praktijkproef worden bepaald.

Tabel 8.1 Overzicht op welke punten de onderzochte watergangen niet geschikt zijn voor een MaaiBOS

	Stap 1. Bevat de data geen/wei- nig fouten?	Stap 1. Is er voldoende afvoer zichtbaar?	Stap 2. Is er een bruikbaar vegetatie signaal?	Stap 2. Geen invloed storende factoren Qh- relaties?	Stap 3. Is validatie met maaidata gelukt?	Geschied MaaiBOS traject?
1. Voorsterbeek	✗	✗	✗	✗	✗	✗
2. Hierdense beek	✓	✗	✗	✓	✗	✗
3. Barneveldse beek	✗	✗	✗	✗	✗	✗
4. Lunterse beek	✗	✓	✗	✗	✗	✗
5. Zijdwetering	✓	✓	✗/✓	✓	✗	✗
6. Valleikanaal	✗	✓	✗	✗	✗	✗
7. Woudenbergse Grift	✗	✓	✗/✓	✗	✓	✗
8. Esvelderbeek	✗	✗	✗	✗	✗	✗
9. Hoevelaakse beek	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Hoofdstuk 9 Discussie

1. De focus binnen dit onderzoek heeft, conform de opdrachtoomschrijving, gelegen op het MaaiBOS zoals dit is toegepast bij Waterschap De Dommel en Waterschap Aa en Maas. Gaandeweg het onderzoek bleek dat er meerdere datagestuurde systemen zijn (bijvoorbeeld het RAM) die mogelijk kunnen bijdragen aan hetzelfde doel. Deze methoden zijn in verband met de beperkte tijdsduur buiten de scope van dit onderzoek gevallen en opgenomen in de aanbevelingen.
2. De ervaringen bij andere waterschappen zijn in veel gevallen gebaseerd op de mening van slechts één of twee hydrologen of gebiedsbeheerders per waterschap. Dat lijkt weinig, maar er is gericht gesproken met experts die persoonlijk betrokken zijn geweest bij het MaaiBOS/RAM. Dit verhoogt de validiteit en bruikbaarheid van de uitspraken.
3. Uit het onderzoek is gebleken dat variatie in (stuw)streefpeilen resulteert in zwakke Qh-relaties. Dit correspondeert met de beschreven storende factor in het theoretisch kader dat opstuwingeffecten benedenstrooms kunnen leiden tot zwakke Qh-relaties. De Qh-relaties spelen bij zowel het MaaiBOS als het RAM een belangrijke rol. Er wordt geadviseerd om nader onderzoek uit te voeren naar de mogelijkheid om een verandering van het streefpeil direct te koppelen aan een herberekening van de Qh-relatie. Dit kan leiden tot wegfilteren van storende invloeden op een mogelijk vegetatiesignaal. Een MaaiBOS of RAM is dan mogelijk wel toepasbaar.
4. In [hoofdstuk 6](#) wordt genoemd dat de prijzen van nieuwe telemetrische waterstandmeters lager zijn dan vroeger. Deze informatie is afkomstig uit gesprekken met meerdere gebiedsbeheerders, maar deze uitspraak is niet gebaseerd op werkelijke prijzen. De exacte kosten hiervan zijn niet bekend. Daarnaast is een exacte calculatie lastig doordat er rekening gehouden dient te worden met bijkomende kosten (bijvoorbeeld onderhoud).
5. Doordat Waterschap Aa en Maas een MaaiBOS heeft opgericht in een stuwpand wordt vermeld dat de invloed van peil-beïnvloedende kunstwerken niet als zesde selectiecriterium wordt gehanteerd. Uit het onderzoek blijkt dat veel variatie in streefpeilen wel nadelig werkt. Het zesde criterium kan bij veel variatie in streefpeilen in het vervolg wel worden toegepast.
6. De Strickler-Manning weerstandscoefficiënt is uitgerekend om een derde verificatiemethode te hebben voor een vegetatiesignaal. Het geeft een duidelijk beeld van de toe- en afname van weerstand. De validatie van het vegetatiesignaal met maaidata kan daardoor nauwkeuriger en beter bepaald worden. Als het vegetatiesignaal niet zichtbaar is in de lijngrafieken (debiet en waterstand) en in de Qh-relaties, dan kan het MaaiBOS verder niet ingericht worden op de Strickler-Manning weerstandscoefficiënt.
7. Bij het toepassen van de implementatiemethode binnen de Zijdewetering zijn in twee achtereenvolgende jaren duidelijke vegetatiesignalen waargenomen. In 2022 zorgt variatie in streefpeil ervoor dat het vegetatiesignaal niet duidelijk waarneembaar is. Het ontbreekt hier ook aan duidelijke maaidata waardoor validatie niet gelukt is. Als er binnen het traject Roseboom-Krakerswijk mogelijkheid bestaat om minder in streefpeil te variëren, kan een MaaiBOS wellicht worden opgericht op één streefpeil.
8. De aangeleverde maaidata uit GISIB geeft een indicatie wanneer het maaionderhoud is uitgevoerd. Er kunnen enkele dagen verschil zitten tussen de opgegeven maaidata en de daadwerkelijke datum van maaionderhoud. Hierdoor kan een exacte maaidatum niet precies overeenkomen met een afname van de waterstand als gevolg van de maaierwerkzaamheden. Door de maaidata nauwkeuriger vast te leggen kan de validatiestap preciezer worden uitgevoerd.
9. Veel meetdata uit Delft-FEWS bevat meetfouten. Bij navraag blijkt dat de sensoren een meetonnauwkeurigheid hebben van circa 2 centimeter. Aangezien er bij een goed vegetatiesignaal meestal meer dan 20 centimeter peilverschil optreedt, hoeft een foutenmarge

van circa 2 centimeter geen belemmering te zijn. In sommige gevallen wordt er echter ook een negatief verval gemeten dat groter is dan 2 centimeter. In watergangen waar tijdelijk geen afvoer is kan de wind het water terugblazen. Een debietmeter registreert dit vervolgens als negatief debiet. Doordat een benedenstroomse sensor minder van belang is, vermoed de betrokken beleidsmedewerker ook dat , vanaf de stuw gezien, benedenstroomse sensoren minder goed geijkt worden. Deze meetpunten zijn voor een systeem als het MaaibOS juist erg belangrijk. Er wordt geadviseerd om de benedenstroomse meetpunten beter te ijken voordat een datagedreven systeem ingericht wordt.

10. In hoofdstuk 8 blijkt in veel watergangen geen vegetatiesignaal zichtbaar. Mogelijk is er sprake van beperkte vegetatie invloed als gevolg van een hoge maaifrequentie. Het is mogelijk dat er wel een vegetatiesignaal ontstaat als er minder frequent gemaaid wordt.

Hoofdstuk 10 Conclusies en aanbevelingen

In dit onderzoek zijn de theoretische en praktische mogelijkheden van een MaaiBOS in kaart gebracht. Er is gekeken naar de menselijke en organisatorische voorwaarden die van invloed zijn op de invoer van een datagedreven systeem (MaaiBOS). Daarnaast is er getracht een vertaalslag te maken naar het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. De volgende onderzoeksvraag heeft centraal gestaan in het onderzoek;

“Wat zijn de theoretische en praktische mogelijkheden van een MaaiBOS en welke toepassingsmogelijkheden zijn er binnen het beheergebied van het Waterschap Vallei en Veluwe?”

Gedurende het onderzoek is gebleken dat Waterschap Vallei en Veluwe ambities heeft in de richting van datagestueerd beheer (BOP Waterschap Vallei en Veluwe, 2022). Op verzoek van het waterschap is in sommige aanbevelingen daarom meer uitgezoomd en gekeken naar de overkoepelende ambities omtrent datagedreven beheer.

Het MaaiBOS kan gezien worden als een onderdeel van datagestueerd beheer. Een MaaiBOS kan helpen om onderbouwd minder of zelfs helemaal niet te maaien. Er zijn KRW-watervgangen bij Waterschap Vallei en Veluwe waar de KRW-doelen nog niet gehaald worden. Een MaaiBOS kan mogelijk bijdragen aan een verbetering van KRW-scores. Door onderbouwd de grens op te zoeken qua maaionderhoud kan vegetatie langer blijven staan. Dit kan een positief effect hebben op de scores voor de macrofauna. Daarnaast kan de toename in vegetatiegroei tevens bijdragen aan het vasthouden van water.

10.1 Conclusie en aanbeveling op basis ervaringen andere waterschappen

Uit ervaringen van Waterschap De Dommel en Waterschap Aa en Maas is gebleken dat het MaaiBOS technisch gezien geen flexibel systeem is. In het onbegroeide winterseizoen moet sprake zijn van een sterke Qh-relatie van waaruit het MaaiBOS wordt opgebouwd. Een afwijking van die winter Qh-relatie in het groeiseizoen moet gerelateerd kunnen worden aan vegetatiegroei. In de praktijk zijn er veel andere storende factoren van invloed op de Qh-relaties. Bijvoorbeeld peil-beïnvloedende kunstwerken (stuwen) en instromende watervgangen waar geen data beschikbaar van is binnen een MaaiBOS-traject. Momenteel wordt alleen bij Waterschap De Dommel nog gewerkt met het MaaiBOS. Waterschap Aa en Maas is overgestapt op het RAM. Ondanks dat het RAM nog kinderziektes heeft, lijkt het RAM een meer flexibel systeem te zijn.

Het verdient aanbeveling om de toepassingsmogelijkheden van het RAM te onderzoeken.

De informatie in [bijlage 3](#) kan fungeren als een startpunt voor een nieuw onderzoek. Er wordt sterk aanbevolen hierin de samenwerking te zoeken met het datalab van Waterschap Vallei en Veluwe. Mogelijk kan vanuit een samenwerking tussen data scientists, hydrologen en gebiedscoördinatoren een oplossing gevonden worden voor de beschreven knelpunten die het RAM momenteel nog heeft. Voor aanvullende vragen wordt geadviseerd om het datalab contact te laten zoeken met Waterschap Aa en Maas.

10.2 Conclusies en aanbevelingen na toepassing selectiecriteria

Uit de ervaringen van Waterschap De Dommel en Waterschap Aa en Maas zijn selectiecriteria voor gebieden en watervgangen en een implementatiemethode opgesteld. Voor een succesvolle implementatie van een MaaiBOS binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe wordt nog niet voldaan aan de volgende voorwaarden;

➤ Veel watervgangen beschikken nog niet over (voldoende) telemetrie (waterstand- en debietmeter). Om datagedreven beheer (MaaiBOS) mogelijk te maken moet (historische) meetdata aanwezig zijn. Daarvoor is het verzamelen van voldoende data een vereiste. Zoals in [bijlage 10](#) inzichtelijk wordt

gemaakt, zijn er momenteel relatief weinig telemetrische meetpunten binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. De kans bestaat dat er watergangen zonder telemetrie zijn waar mogelijk wel een MaaibOS geïmplementeerd kan worden.

Het verdient aanbeveling om meer (tijdelijke) telemetrie te plaatsen;

- Om meer overzicht te krijgen in de afvoer binnen trajecten dienen de afvoerdata van alle (grotere) instromende A-watergangen gemeten te worden.
- Om per beoogd traject een boven- en benedenstrooms waterstandmeetpunt te creëren.
- Om potentieel geschikte MaaibOS/RAM watergangen te testen. Er zijn meerdere vrij afstromende beken zonder (voldoende) telemetrie zoals de Schuitenbeek/Veldbeek en de Zilvense Broekbeek.

Daarnaast is er bij sommige gebiedscoördinatoren en hydrologen behoefte om meer telemetrie te plaatsen. Hiervoor zijn meerdere argumenten aangedragen (bijv. monitoring en sturing op droogval). Overall wordt aanbevolen om een inventarisatie te maken van watergangen waar meer telemetrie gewenst is. Hierbij verdient het een aanbeveling om voor dataverzameling niet alleen te focussen op een MaaibOS. Kaarten zoals [Figuur B9.4 Historie droogteval](#) binnen het beheergebied van Vallei en Veluwe zijn gebaseerd op veldwaarnemingen. Monitoring kan leiden tot een objectief en accurater beeld van de droogval in het watersysteem.

➤ De ligging van watergangen in poldergebieden (weinig vrij verval)

Het verdient aanbeveling om de toepassingsmogelijkheden van het sturen op het pendelen van gemalen verder te onderzoeken.

Binnen Waterschap Vallei en Veluwe is een start gemaakt met een onderzoek naar de toename van het pendelen van gemalen als indicator voor vegetatiegroei. Aangezien poldergebieden ongeschikt zijn voor het MaaibOS/RAM, wordt sterk aanbevolen om dat onderzoek voort te zetten.

Het bedrijf Waternet (i.o.v. Waterschap Amstel Gooi en Vecht) zet extra maaionderhoud in op basis van het pendelen van gemalen. [Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier](#) heeft adviesbureau Nelen & Schuurmans een dashboard laten maken op basis van pendelen (Adviesbureau Nelen & Schuurmans, 2023). Er wordt geadviseerd om desgewenst contact op te nemen met de genoemde organisaties.

➤ Er zijn watergangen waar langere periodes geen debiet en/of water in het groeiseizoen aanwezig is.

Een MaaibOS functioneert niet zonder afvoer. Mogelijk dat visuele monitoring van stilstaande wateren inzicht kunnen verschaffen in de begroeiingsgraad.

Het verdient aanbeveling om de toepasbaarheid van de uitkomsten van het [Lumbricus-project](#) te onderzoeken.

Deltares heeft binnen het Lumbricus-project onderzoek gedaan naar;

- Vlakdekkende beeldinformatie van knelpunten in watergangen met behulp van een multispectrale camera onder een drone.
- Met behulp van remote-sensing technieken als multispectrale satellieten kunnen vlakdekkende analyses gemaakt worden van de vegetatiegroei in watergangen.

10.3 Conclusies en aanbevelingen na toepassing implementatiemethode

Na het toepassen van de selectiecriteria zijn uiteindelijk negen watergangen overgebleven binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. Hierop is de geformuleerde implementatiemethode toegepast.

➤ In veel beoogde MaaibOS-trajecten binnen de watergangen is sprake van meetfouten in de data. Het verdient aanbeveling om te controleren of de sensoren aan de benedenstroomse kant van een stuw goed geijkt zijn.

➤ Ook in watergangen die op kaartmateriaal als watervoerend staan vermeld zijn grote perioden zonder afvoer.

Deze bevinding onderstreept het advies om de droogval en stagnatie van water in watergangen ook in kaart te brengen met behulp van objectieve meetdata.

➤ In veel watergangen is geen duidelijk vegetatiesignaal zichtbaar.

Het verdient aanbeveling om de maaifrequentie te verlagen tot een vegetatiesignaal zichtbaar wordt in de data.

Uit het onderzoek blijkt dat de invloed van vegetatie vaak niet zichtbaar is in de onderzochte watergangen. Mogelijk doordat in dat soort watergangen wel een reguliere maaiplanning afgewerkt wordt. Er ontstaat mogelijk wel een bruikbaar vegetatiesignaal als er een maaionde overgeslagen wordt. Er kan overwogen worden dit te testen op locaties waar weinig risico gelopen wordt. Als een vegetatiesignaal wel zichtbaar wordt, kan overgegaan worden tot invoer van het MaaiBOS of RAM.

➤ In één watergang is wel een vegetatiesignaal waargenomen dat ook gevalideerd kon worden met behulp van maaidata (implementatiestap 3 Figuur 5.2).

Dit traject is niet geschikt door zwakke Qh-relaties. Daarnaast wordt de noodzaak voor een MaaiBOS niet gezien door de betrokken gebiedscoördinator.

10.4 Conclusies en aanbevelingen organisatorische succes- en faalfactoren

Daarnaast is gebleken dat er ook menselijke en organisatorische voorwaarden zijn voor een optimale invoering van een MaaiBOS. Samen met de uitkomst van interne gesprekken zijn de meest relevante voorwaarden gebundeld in organisatorische en bestuurlijke succes- en faalfactoren voor Waterschap Vallei en Veluwe.

Er is gebleken dat datagestueerd beheer pas van de grond kan komen als er voldoende draagvlak is binnen het team en/of de organisatie. Binnen Waterschap Vallei en Veluwe is slechts met een deel van de medewerkers gesproken. Voor wat betreft datagedreven beheer lijken de meningen verdeeld.

Het verdient aanbeveling om het draagvlak voor “datagedreven beheer” te onderzoeken.

Voordat er verder geïnvesteerd wordt in datagedreven beheer, wordt geadviseerd om onderzoek te doen naar het draagvlak binnen de afdeling BWS voor een transitie richting datagedreven beheer. Hiervoor kan een stage of afstudeeropdracht worden uitgezet. Er kan ook overwogen worden om een professioneel onderzoeksbureau in te schakelen.

Daarnaast is het vanuit de organisatie belangrijk om de juiste prioritering te geven aan datagedreven beheer. Gezien de volle agenda's van veel medewerkers zal het vrijmaken van tijd belangrijk zijn. Het formeren van een project- of werkgroep zal bijvoorbeeld bijdragen aan een optimale werking van een datagedreven systeem. Daarbij is het verstandig om meerdere disciplines samen te brengen binnen deze project- of werkgroep. De ervaring en participatie van gebiedscoördinatoren wordt als zeer belangrijke voorwaarde voor een optimale werking van een datagedreven systeem (MaaiBOS) gezien. Een datagedreven systeem (MaaiBOS) zal door valide maaiadviezen zijn meerwaarde moeten bewijzen om sommige gebiedscoördinatoren te overtuigen.

Het verdient aanbeveling om een project- of werkgroep samen te stellen.

De afdeling Beheer Watersysteem staat nog aan het begin van de transitie naar datagedreven beheer. Als er voldoende draagvlak is, wordt geadviseerd om een projectgroep op te richten. Geadviseerd wordt om binnen een projectgroep in ieder geval een gebiedscoördinator, hydroloog en een data scientist op te nemen. Binnen deze groep kan gericht gekeken worden naar deelprojecten zoals het RAM, pendelen van gemalen, de uitbreiding van het telemetrienetwerk. Ook kan onderzocht worden in hoeverre de innovaties die beschreven worden in het eindverslag van het Lumbricus-project toepasbaar zijn (Penning et al, 2020).

Praktisch gezien is real-time sturing van maaionderhoud lastig binnen onderhoudsbestekken.

Trajecten die met de maaiboot worden onderhouden en de komst van bufferzones langs wateren biedt daarentegen kansen voor real-time maaionderhoud. Daarnaast zien gebiedscoördinatoren in veel gevallen niet direct de noodzaak in van een MaaiBOS in de genoemde watergangen.

10.5 Overkoepelende conclusie en eindadvies

Samenvattend kan gesteld worden dat het MaaibOS momenteel niet toepasbaar is in de watergangen van Waterschap Vallei en Veluwe die binnen dit onderzoek onderzocht zijn. Uit ervaringen van de andere waterschappen blijkt dat het MaaibOS niet op grote schaal is ingezet doordat het geen flexibel systeem is. Het is de wens van Waterschap Vallei en Veluwe om uit te gaan van een systeem dat meer grootschalig kan worden toegepast.

Een functionerend MaaibOS heeft bij de andere waterschappen wel geleid tot meer maatwerk in maaionderhoud of een gerichte aanpassing in de maaiplanning. Gezien de ambities van Waterschap Vallei en Veluwe richting datagedreven beheer en gezien de wens om in sommige watergangen meer maatwerk in maaionderhoud toe te passen, is een datagedreven systeem als het MaaibOS wel wenselijk.

Op basis hiervan wordt geadviseerd om in plaats van het MaaibOS op zoek te gaan naar de toepassingsmogelijkheden van andere, meer flexibele, datagedreven systemen.

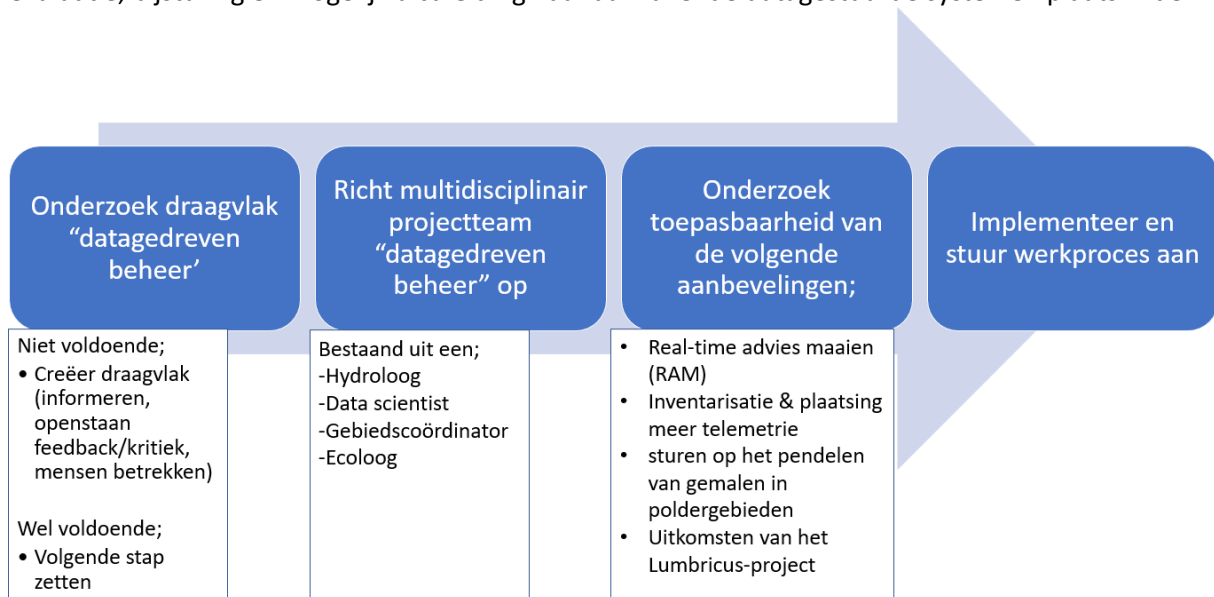
De eerder genoemde aanbevelingen (in §10.1 t/m §10.4) dienen hierbij als vervolgstappen. Zoals figuur 10.1 laat zien, wordt als eerste vervolgstap aanbevolen om onderzoek te doen naar het huidige draagvlak voor datagedreven beheer binnen de organisatie en het team BWS. Bij onvoldoende draagvlak kan ingezet worden op het creëren van meer draagvlak door bijvoorbeeld mensen te betrekken, te informeren en open te staan voor feedback en kritiek.

Bij voldoende draagvlak kan een volgende stap gezet worden.

Een volgende stap wordt gevormd door de aanbeveling om een projectteam “datagedreven beheer” op te richten. Hierbinnen kunnen mensen vanuit verschillende expertises vervolgens de toepasbaarheid onderzoeken van de volgende aanbevelingen;

- Het toepassen van het real-time advies maaien (RAM) in vrij afwaterende gebieden.
- Het plaatsen van meer telemetrie
- Het toepassen van het sturen op het pendelen van gemalen in poldergebieden.
- Het toepassen van de uitkomsten van het Lumbricus-project

Geschikt bevonden aanbevelingen kunnen vervolgens worden geïmplementeerd. Daarna kan de geformeerde projectgroep desgewenst overgaan in een werkgroep. Binnen deze werkgroep kan evaluatie, bijsturing en mogelijk uitbreiding naar aanvullende datagestuurde systemen plaatsvinden.



Figuur 10.1 Visualisatie vervolgstappen ten aanzien van het overkoepelende eindadvies.

Bibliografie

- Adviesbureau Nelen & Schuurmans. (2023). <https://nelen-schuurmans.nl/case/data-science-studie-doorstroomcapaciteit/>. Opgeroepen op Mei 27, 2023, van <https://nelen-schuurmans.nl/case/data-science-studie-doorstroomcapaciteit/>: <https://nelen-schuurmans.nl/case/data-science-studie-doorstroomcapaciteit/>
- BOP Waterschap Vallei en Veluwe. (2022). *Ontwerp Blauw Omgevingsprogramma 2022=2027*. Apeldoorn: Waterschap Vallei & Veluwe.
- Bos, M.G., Colenbrander, H.J., Ernst, L.F., Feddes, R.A., Hooghart, J.C., ten Hoorn, W.H.C., Kempen, H.M.A., van Lanen, H.A.J., van Malde, J., Romijn, E., Stuip, J., Velds, C.A., Verhoef, F.C. (1986). *Verklarende hydrologische woordenlijst*. Den Haag: Nederlandse organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek TNO, 1986.
- Broeders et al, M. (2015). *Hoe Blauw beheer Groene resultaten kan opleveren. Effecten van beheer en onderhoud van beken en kleine rivieren op de daaraan verbonden functies*. Velp: STOWA & Van Hall Larenstein (Velp).
- Chow, V. (1959). *Open channel hydraulics*. University of Illinois. New York, St Louis, San Fransisco, Dusseldorf, London, Mexico, Panama, Sydney, Tokyo: McGraw-Hill book company. Opgeroepen op Februari-maart 2023, van https://www.fsl.orst.edu/geowater/FX3/help/8_Hydraulic_Reference/Mannings_n_Tables.htm
- Compendium van de Leefomgeving. (2022, Augustus 18). <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1438-kwaliteit-oppervlaktewater-krw>. Opgeroepen op maart 2023, van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1438-kwaliteit-oppervlaktewater-krw>
- Cultuurtechnische vereniging. (1988). *Cultuurtechnisch vademecum*. Utrecht: Brouwer offset BV.
- Deltares. (2014). Delft FEWS [computerprogramma]. Delft, Zuid-Holland, Nederland. Opgeroepen op april 2023
- Fraanje, L. (2023). <https://www.de-veluenaar.nl/2015/11/25/lunterse-beek-in-oude-glorie-hersteld/>. Opgehaald van <https://www.de-veluenaar.nl/2015/11/25/lunterse-beek-in-oude-glorie-hersteld/>
- Hack-ten Broeke, M. (2021, januari 15). <https://weblog.wur.nl/uitgelicht/water-afvoeren-en-vasthouden-vanwege-klimaatverandering/>. Opgehaald van <https://weblog.wur.nl/uitgelicht/water-afvoeren-en-vasthouden-vanwege-klimaatverandering/>
- Hartong, H., Termes, P. (2009). Handboek voor debietmetingen in open waterlopen. In STOWA, *Handboek voor debietmetingen in open waterlopen* (p. 248). Utrecht: STOWA.
- J. Van Keulen. (2016). *Evaluatie pilot MaaiBOS [intern document]*. Den Bosch: Waterschap Aa en Maas.
- Karimlou, G. (2019). *MaaiBOS Waterschap De Dommel [PowerPoint-slides]*. Den Bosch: Waterschap De Dommel.
- Karimlou, G. (2023, Februari 8). *MaaiBOS Waterschap De Dommel [PowerPoint-slides]*. Boxtel: Waterschap De Dommel.

- Linneman, R. (2017). *Risicogestuurd Maaibeheer*. Enschede: Universiteit Twente.
- Merkus, J. (2022, September 1). <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/descriptief-onderzoek/>. Opgeroepen op Januari 7, 2023, van <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/descriptief-onderzoek/>
- Merkus, J. (2022, Oktober 17). <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/exploratief-onderzoek/>. Opgeroepen op januari 7, 2023, van <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/exploratief-onderzoek/>
- Penning, E., Berends, K., Verdonschot, R., van Slobbe, E., Fraaije, R., Augustijn, D. (2020). *Deltafact- Peilen en vegetatie in stromende wateren*. Delft: Lumbricus.
- Penning, E., Berends, K., Gaytan Aguilar, S. (2021). *Lumbricus-Peilen en Vegetatie*. Delft: Deltares.
- Rijksoverheid. (2023, Februari 2). <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/@176067/nationaal/>. Opgehaald van <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/@176067/nationaal/>
- Rijksoverheid. (z.d.). <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/water/waterbeheer-in-nederland>. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/water/waterbeheer-in-nederland>
- Rijkswaterstaat. (2022). Data debiet en waterstanden Rijn bij Lobith. Lobith, Gelderland, Nederland: Rijkswaterstaat.
- Rijkswaterstaat. (2023, februari 27). <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/wateroverlast/normen-wateroverlast/>. Opgeroepen op februari 27, 2023, van <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/wateroverlast/normen-wateroverlast/>
- Rotteveel, M. (2018). *The impact of vegetation configurations on the hydraulic roughness*. Enschede: Universiteit Twente.
- Stark, M. (2014). *Beheer en onderhoudsrichtlijn Kleine Dommel Heeze Geldrop*. Oosterhout: Antea group Nederland B.V. Opgeroepen op 2023
- STOWA. (2018). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2021-2027*. Amersfoort: STOWA. Opgeroepen op September 29, 2022
- STOWA. (2019). *Gedragscode wet natuurbescherming voor waterschappen*. Den Haag: Unie van Waterschappen.
- Tempelaars, J. (2018). *Pilot MaaiBOS Waterschap Brabantse Delta*. Breda: Waterschap Brabantse Delta.
- TU Delft. (2023). Afvoerhydrologie [H9]. In T. Delft, *Afvoerhydrologie* (p. 41). Delft: TU Delft.
- Unie van Waterschappen. (2019). *Gedragscode wet natuurbescherming voor waterschappen*. Den Haag: Unie van Waterschappen.
- Van der Ven, M. (2019). *Verkenning van de gevolgen van langdurige droogte voor vissen in de Nederlandse wateren*. Lelystad: atkb adviesbureau voor bodem, water en ecologie.
- van Keulen, J. (2015, Juni). *MaaiBOS Lage Raam [PowerPoint-slides]*. Den Bosch: Waterschap Aa en Maas.

- van Keulen, J. (2014). *MaaiBOS Lage Raam [intern werkdocument]*. 's Hertogenbosch: Waterschap Aa en Maas.
- van Santen, P. (2022). CoP Beken en Rivieren - RAM. *Presentatie Pim van Santen en CoP Beken en Rivieren 15 december 2022* (p. 2). 's Hertogenbosch: STOWA.
- Verschoren, V., Meire, D., Schoelynck, J., Buis K., Bal, K.D., Troch, P., Meire, P., Temmerman, S. (2015). *Resistance and reconfiguration of natural flexible submerged vegetation in hydrodynamic river modelling*. Dordrecht: Springer science + business media.
- Waterschap Aa en Maas. (2017). *Onderzoeksrapport 'baggeren'*. 's-Hertogenbosch: Waterschap Aa en Maas.
- Waterschap Aa en Maas. (2023). https://www.aaenmaas.nl/in-jouw-buurt/projectenkaart/ecologische-verbindingzones/#PagCls_44152. Opgehaald van https://www.aaenmaas.nl/in-jouw-buurt/projectenkaart/ecologische-verbindingzones/#PagCls_44152: <https://www.aaenmaas.nl>
- Waterschap Drents Overijsselse Delta. (2018). *Nieuwe indeling van watergangen*. Zwolle: Waterschap Drents Overijsselse Delta.
- Waterschap Hunze en Aa's. (2019). *Onderhoud beheerplan watergangen & waterkeringen*. Veendam: Waterschap Hunze en Aa's.
- Waterschap Vallei en Veluwe. (2021). *Waterbeheerprogramma 2016-2021*. Apeldoorn: Waterschap Vallei en Veluwe. Opgeroepen op mei 29, 2023
- Waterschap Vallei en Veluwe. (2022). <https://valleienveluwe.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=f4bf6d81116144d899233176671a1f1a>. Opgehaald van <https://valleienveluwe.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=f4bf6d81116144d899233176671a1f1a>
- Waterschap Vallei en Veluwe. (2023, April 10). https://geoviewer.vallei-veluwe.nl/geoviewer57/Index.html?viewer=Vallei_en_Veluwe#. Opgehaald van https://geoviewer.vallei-veluwe.nl/geoviewer57/Index.html?viewer=Vallei_en_Veluwe#
- Waterschap Vallei en Veluwe. (2023). <https://www.vallei-veluwe.nl/actueel/actuele-thema/maaien/>. Opgehaald van <https://www.vallei-veluwe.nl/actueel/actuele-thema/maaien/>
- Waterschap Vallei en Veluwe. (z.d.). <https://www.vallei-veluwe.nl/wat-doet-waterschap/voldoende-water/onderhoud-aan-water/>. Opgehaald van <https://www.vallei-veluwe.nl/wat-doet-waterschap/voldoende-water/onderhoud-aan-water/>
- Waterschap Vallei&Veluwe. (z.d.). <https://www.vallei-veluwe.nl/wat-doet-waterschap/voldoende-water/onderhoud-aan-water/>. Opgehaald van <https://www.vallei-veluwe.nl/wat-doet-waterschap/voldoende-water/onderhoud-aan-water/>

Bijlage 1 Onderverdeling deelvragen in sub-vragen

De deelvragen zijn onderverdeeld in een aantal sub-vragen. Enerzijds om ervoor te zorgen dat de belangrijkste invalshoeken bij elke deelvraag worden belicht, anderzijds om structuur aan te brengen in de interviews, literatuurstudies en dataverwerking. De sub-vragen zullen als pointers worden gebruikt tijdens de interviews en bij het bestuderen van de literatuur en interne stukken.

Deelvraag 1

Hoe werkt een MaaiBOS in de praktijk en wat zijn de ervaringen bij andere waterschappen?

Om tot een gefundeerd antwoord te komen op deelvraag 1 zal deze deelvraag worden onderverdeeld in negen sub-vragen.

- 1a. Wat is een MaaiBOS?*
- 1b. Welke data is nodig voor een MaaiBOS en beschikt Waterschap Vallei en Veluwe al over deze Data?*
- 1c. Wat hebben andere Waterschappen aan MaaiBOS meetnetten opgezet en hoe heeft dat er Precies uitgezien?*
- 1d. Welke stappen moeten worden doorlopen om een MaaiBOS op te zetten voor een bepaalde Watergang?*
- 1e. Op welke manier wordt binnen een MaaiBOS de kritische weerstand bepaald?*
- 1f. Aan welke criteria moet een watergang of een gebied voldoen om in aanmerking te komen voor MaaiBOS?*
- 1g. Op welke manier kan een MaaiBOS fungeren als een monitoringstool voor beheerders?*
- 1h. Hoe kan de implementatie van MaaiBOS zorgen voor maatwerk in maaibeheer?*
- 1i. Is het MaaiBOS wel of niet op grote schaal toegepast binnen het beheergebied?*

Deelvraag 2

Wat zijn binnen Waterschap Vallei en Veluwe succes- en faalfactoren bij het werken met en invoeren van een MaaiBOS?

Via het internet blijkt dat er bij Waterschap Aa en Maas en Waterschap De Dommel reeds gewerkt is met een MaaiBOS. Om te onderzoeken in hoeverre de implementatie van een MaaiBOS toepasbaar of realistisch is, zijn de reeds opgedane ervaringen van hydrologen, onderhoudsmedewerkers en beheermanagers van belang. Onderstaande sub-vragen in het groen vormen de pointers voor de interviews met medewerkers van andere waterschappen. De sub-vragen in het oranje vormen de pointers voor het interview met de medewerker van Waterschap Vallei en Veluwe.

2a. Welke succes en faalfactoren zijn andere waterschappen naar voren gekomen bij de invoering en het werken met een MaaiBOS?

2a. Welke succes en faalfactoren spelen mogelijk een rol bij Waterschap Vallei en Veluwe bij invoering van en het werken met een MaaiBOS?

2b. Hoe zijn de medewerkers betrokken bij het invoeren van een MaaiBOS?

2b. Hoe willen de medewerkers betrokken worden bij het invoeren van een MaaiBOS?

2c. Zijn er moeilijkheden opgetreden tijdens het invoeren van of werken met een MaaiBOS?

2c. Voorzien medewerkers moeilijkheden/problemen tijdens het invoeren van of werken met een MaaiBOS?

2d. Kost het de medewerker extra tijd en/of energie om te werken met een MaaiBOS?

2d. Verwacht de medewerker extra tijd en/of energie kwijt te zijn als gevolg van het werken met een MaaiBOS?

2e. Wat is volgens de medewerker de meerwaarde van het werken met een MaaiBOS?

2e. Past een MaaiBOS bij de huidige manier van werken binnen Waterschap Vallei en Veluwe?

2f. Wat voor advies kan de medewerker geven ten aanzien van het invoeren van een MaaiBOS?

2f. Welke behoefte leeft er onder de beheerders van Waterschap Vallei en Veluwe en waar zijn zij mee geholpen?

2g. Wat zijn de voor- en nadelen en consequenties (voor bv de maaibestekken) van het invoeren van Een MaaiBOS?

Deelvraag 3

Welke watergangen of gebieden binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe zijn geschikt voor de invoering van een MaaiBOS?

Met behulp van sub-deelvraag 3b zal gekeken worden of gebieden/watergangen die in eerste instantie niet binnen de gestelde criteria vallen, toch meegenomen kunnen worden. Op meetpunten waar bijvoorbeeld alleen real-time waterstanden en kruinhoogtes gemeten worden, kan debiet mogelijk berekend worden. Dit kan relatief gezien een kleine aanpassing zijn waarbij het aantal geschikte watergangen kan toenemen.

3a. Welke gebieden en/of watergangen voldoen aan de criteria voor een MaaiBOS?

3b. Kunnen de gebieden en/of watergangen die niet direct voldoen aan de gestelde MaaiBOS criteria Met kleine aanpassingen toch geschikt gemaakt worden?

Deelvraag 4

In welke watergang of traject binnen een watergang kan het beste een plan voor een praktijkproef worden opgesteld binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe?

Onderstaande sub-vragen spelen een rol bij de selectie van een watergang of traject binnen een watergang. Voor sub-deelvraag 4b zal op verzoek van de opdrachtgever gericht gekeken worden naar watergang Nijbroek.

4a. Welke watergang of traject binnen een watergang staan bekend als vegetatiegroei gevoelig of Hebben kritische ecologische doelstellingen?

4b. Voor welke watergang(en)/trajecten wil het waterschap een MaaiBOS opstellen en waarom?

4c. Is er voor de geselecteerde watergangen/trajecten binnen een watergang een duidelijk vegetatiesignaal zichtbaar in de meetdata?

Bijlage 2 Toelichting praktijkervaringen andere Waterschappen

Aanleiding MaaiBOS bij Waterschap De Dommel

Het Waterschap De Dommel beschikt over een functionerend MaaiBOS in meerdere trajecten van watergang de Dommel. Daarnaast is er ook een MaaiBOS-traject in de Keersop, een zijbeek van de watergang de Dommel. De aanleiding voor een MaaiBOS werd gevormd door een piekafvoer in de Dommel als gevolg van een heftige zomerse bui in 2012. Dit resulteerde in een snelle stijging van de waterstand in watergang de Dommel met waterschade tot gevolg. Daarnaast dreigde het Van Abbe museum in Eindhoven te inunderen. Na analyse van deze situatie bleek dat een hoge begroeiingsgraad in watergang de Dommel één van de oorzaken was van een te hoge waterstand. Watergang de Dommel moet daarnaast ook voldoen aan KRW-doelstellingen. Zo ontstond de behoefte aan een onderbouwing voor extra maaiwerkzaamheden op basis van objectieve meetdata.

Aanleiding MaaiBOS bij Waterschap Aa en Maas

Waterschap Aa en Maas heeft een functionerend MaaiBOS gehad op gestuwde trajecten binnen de waterloop de Lage Raam en de Leigraaf. Omdat er voor de Leigraaf minder gedetailleerde informatie beschikbaar is, wordt in dit rapport de aanleiding van en de opzet voor de Lage Raam besproken. Voor een korte beschrijving van het MaaiBOS in de Leigraaf wordt verwezen naar [bijlage 5](#). De Lage Raam is een ruim gedimensioneerde KRW-watergang waar jarenlang niet gemaaid is. In het werkdocument “*MaaiBOS Lage Raam*” (2014) bleek dat de combinatie van een hoge begroeiingsgraad en stevige, zomerse buien in 2010 en 2012 geresulteerd hebben in wateroverlast. Als een reactie is de maai frequentie en maai-intensiteit weer toegenomen. Dit stond haaks op de ecologische doelstellingen die gelden voor het KRW-oppervlaktewaterlichaam de Lage Raam. Er dient alleen gemaaid te worden als de afvoercapaciteit niet meer toereikend meer is.

Toepasbaarheid beheergebied bij Waterschap De Dommel

Uit de gesprekken met beheerders en hydrologen is gebleken dat het MaaiBOS slechts op kleine schaal wordt toegepast. In de praktijk is het MaaiBOS vaak maar op een aantal trajecten binnen watergang De Dommel en de zijbeek Keersop ingevoerd. De intentie om een MaaiBOS uit te rollen bestond wel, maar in de praktijk blijken veel watergangen niet te voldoen aan de MaaiBOS-selectiecriteria voor watergangen die in [paragraaf 5.1](#) worden genoemd. Sommige geschikte locaties zijn in de wachtkamer gezet doordat deze wateren in de planning staan voor herinrichting.

Toepasbaarheid beheergebied bij Waterschap Aa en Maas

Ook bij Waterschap Aa en Maas wordt het MaaiBOS slechts op kleine schaal toegepast. Voor zover bekend in enkele trajecten (stuwpannen) binnen de Lage Raam en de Leigraaf. Het MaaiBOS is na een aantal jaren vervangen door het real-time advies maaien. In [bijlage 3](#) wordt meer toegelicht over het RAM.

Praktische toepasbaarheid MaaiBOS bij Waterschap De Dommel

Tijdens de gesprekken bleek dat de invloed van overstorten in het stedelijk gebied soms een vertekend beeld geeft in het MaaiBOS. Door ruime ervaring met het MaaiBOS weet de regiocoördinator deze uitkomsten in de juiste handelingscontext te plaatsen. Er werd aangegeven dat het voor de werking van het systeem wellicht goed zou zijn als het afwateringsmodel van de riolering gekoppeld zou worden aan het MaaiBOS. In het MaaiBOS-traject dat in de Keersop staat kwamen de real-time Qh meetpunten nooit boven de kritische weerstand uit. Hierdoor werd er op den duur ook niet meer naar de grafieken gekeken door de beheerders.

Praktische toepasbaarheid MaaiBOS bij Waterschap Aa en Maas

Het MaaiBOS heeft een periode goed gefunctioneerd in de Lage Raam. Door toenemende droogte namen de periodes zonder debiet toe. Enerzijds doordat er sprake was van droogval. Anderzijds

doordat er in het kader van waterconservering overgegaan is op dynamisch peilbeheer. Doordat de stuwpeilen hoog zijn ingesteld, komt er geen water meer over de stuw. Als gevolg van dit dynamische peilbeheer kloppen de Qh-relaties niet meer waarop het MaaiBOS is ingesteld.

In de Leigraaf heeft het MaaiBOS minder goed gefunctioneerd in de bovenloop. Bij de Leigraaf is een waterinlaat waar 1,2 m³/s water in droge tijden kan worden ingelaten. Het MaaiBOS gaf een verkeerd maaiadvies zodra er te veel water ingelaten werd. Doordat het systeem niet meer functioneerde heeft het beheerteam minder gebruik gemaakt van de maaiadviezen. Gedurende de jaren waarin het MaaiBOS functioneerde zijn er nieuwe inzichten verkregen in vooral de benedenloop van de Leigraaf. Dit heeft geresulteerd in een aanpassing van de maaiplanning en een lagere maaifrequentie.

Tijdens de periode dat het MaaiBOS goed gedraaid heeft in de Lage Raam zijn vergelijkbare nieuwe inzichten opgedaan. Dit heeft ertoe geleidt dat er minder vaak gemaaid wordt. Het MaaiBOS wordt niet meer gebruikt, maar de opgedane inzichten werken wel blijvend door.

Gebruikservaringen vanuit beheer & onderhoud waterschap Aa en Maas

Geen van de geïnterviewde regio- en gebiedsbeheerders staat zelf negatief tegenover werken met een MaaiBOS. Wel zijn er enkele kritische kanttekeningen geplaatst bij het werken met een MaaiBOS.

Er werd aangegeven dat sommige MaaiBOS-trajecten erg lang zijn in de Leigraaf. Binnen die trajecten zijn beschaduwde stukken waar maaien niet snel noodzakelijk is. Andere trajecten is de noodzaak tot maaien juist hoger als gevolg van snelle groei van sterrenkroos. Bij een maaiadvies uit het MaaiBOS wordt het gehele traject in zo'n geval onnodig gemaaid.

Eén beheerder gaf aan behoefte te hebben aan aanvullende innovatieve technieken. Bij Waterschap Aa en Maas heeft onderzoeksbureau Deltares, in het kader van het Lumbricus-project, onderzoek gedaan naar de monitoring van vegetatiegroei. Dit werd met behulp van infrarode camera's onder drones of met satellietbeelden visueel gemaakt (Penning et al, 2020).

Eén beheerders had behoefte aan één maaiadvies dat voor een hele watergang geldt. In de Leigraaf zijn meerdere MaaiBOS-trajecten. Een beheerder gaf aan dat het ene traject soms een maaisignaal afgeeft terwijl de andere trajecten nog op groen staan. Deze beheerder gaf aan dat dat aannemers vanuit een praktisch oogpunt minder ontvankelijk zijn voor gedifferentieerd onderhoud.

Vanuit een praktisch oogpunt blijkt het real-time sturen op maaionderhoud lastig te zijn. Waterschap Aa en Maas werkt met bestekken waarbinnen aannemers het maaionderhoud uitvoeren. Er zijn grofweg twee maaiperiodes per jaar waarbinnen aannemers de werkzaamheden zelf mogen uitvoeren. Een beheerder gaf aan dat een aannemer bij een dreigende calamiteit wel binnen een paar uur maaionderhoud kan uitvoeren. Hier zijn echter wel aanvullende kosten aan verbonden. Real-time ingrijpen heeft de beste kans van slagen in watergangen die zelf door een waterschap worden onderhouden. Er zijn echter maar weinig watergangen die op deze wijze worden beheerd. In plaats van real-time sturen op maaionderhoud kan een MaaiBOS nuttig zijn bij het evalueren van de maaiplanning. Na afloop van een groeiseizoen kan met behulp van een MaaiBOS de maaifrequentie worden geëvalueerd.

Veel beheerders zien het MaaiBOS als een hulpmiddel voor beheerders in het veld, mits het MaaiBOS goed functioneert. Bij disfunctioneren van het MaaiBOS maken de beheerders geen gebruik meer van de maaiadviezen.

Om een MaaiBOS optimaal te laten werken, is de ervaring van de beheerders in het veld onontbeerlijk. Uit gesprekken blijkt dat een samenwerking tussen hydrologen, ecologen en beheerders leidt tot optimalisatie van een MaaiBOS. De validatie van de meetdata door beheerders in veld wordt hierbij als belangrijke factor genoemd. Daarnaast weten beheerders uit ervaring vaak

de precieze locaties binnen een watergang waar knelpunten zitten. Op basis van deze ervaringskennis zijn bijvoorbeeld extra meetpunten ingericht.

Gebruikservaringen vanuit beheer & onderhoud Waterschap De Dommel

In het begin waren gebiedsbeheerders sceptisch ten aanzien van het MaaiBOS. Dat geldt voor sommigen nog steeds. Veel gebiedsbeheerders sturen het maaionderhoud al jaren op ervaring. Daardoor werd de noodzaak van een datagedreven systeem niet altijd inzien. De wateroverlast in Eindhoven heeft sommige beheerders overtuigd van het nut van een MaaiBOS.

Ook bij Waterschap De Dommel wordt benadrukt dat de samenwerking met de afdeling beheer en onderhoud erg belangrijk is om het MaaiBOS succesvol te laten draaien. De gebiedsbeheerder zorgt voor validatie van de data in het veld. Daarvoor is een goed werkend MaaiBOS een vereiste. Er zijn minder beheerders die met het MaaiBOS werken dan in het begin. Dit komt mede doordat er trajecten zijn afgefallen doordat de kritische grenzen niet duidelijk waren. Daarbij bleken sommige trajecten niet te functioneren waardoor het gebruik van de maaiadviezen stopte.

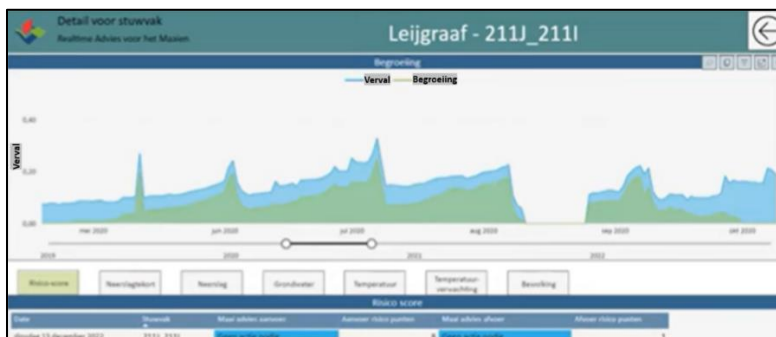
Bijlage 3 Beschrijving real-time advies maaien (RAM)

[Terug naar [hoofdstuk 4](#),]

Bij Waterschap Aa en Maas is in 2018 een datalab opgericht waarbinnen men vorm wil geven aan datagedreven beheer. Het MaaiBOS in de Lage Raam functioneerde door droogval niet goed meer. Binnen het datalab is daarna verdergegaan met het RAM. In het MaaiBOS werd de kritische weerstand bepaald met behulp van een oppervlaktewatermodel (SOBEK). Het RAM stapt af van het oppervlaktewatermodel en richt zich alleen op de statistische verwerking van data die uit historische meetreeksen wordt gehaald. Hierbij speelt het verval in een RAM-traject een belangrijke rol.

Het meetnet bij het RAM lijkt sterk op dat van het MaaiBOS binnen Waterschap Aa en Maas is vormgegeven. Het eerste RAM is opgezet in een watergang met automatische stuwen. De waterstanden worden zowel boven- als benedenstrooms telemetrisch gemeten. Net als bij het MaaiBOS moet het debiet representatief zijn voor dit traject.

Net als bij het MaaiBOS wordt binnen het RAM de Qh-relatie in de onbegroeide wintersituatie gezien als de nulsituatie. Vanuit de data van deze Qh-relatie wordt met behulp van een meervoudige regressieanalyse een voorspellend model berekend. Binnen dit model vormen het debiet en de waterstand aan het bovenstroomse eind van het stuwpand de onafhankelijke variabelen, het verval vormt de afhankelijke variabele. In het dashboard (Figuur b3.1) vormt de breedte van het blauwe vlak het voorspelde verval. Het verval dat hierboven komt wordt gezien als opstuwung door vegetatiegroei. De vegetatiegroei wordt visueel gemaakt door het groene vlak in het dashboard. Voor de kritische grens waarbij gemaaid moet worden, is de 75percentiel gepakt van het verval over de laatste jaren gezien. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het programma Python. Vanwege de grotere gebruiksvriendelijkheid is het dashboard opgemaakt in het programma PowerBI. Dit programma vormt bij de meeste waterschappen deel van het Microsoft-pakket.



Figuur b3.1 Dashboard RAM van de Leijgraaf (van Santen, 2022)

Er is gebleken dat het RAM nog niet gezien wordt als een groot succes. Het RAM is ook nog niet grootschalig toegepast binnen het beheergebied. Het heeft in vijf watergangen met wisselend succes gefunctioneerd. Momenteel ligt het RAM-project stil en wordt er niet meer mee gewerkt in de praktijk. Er worden een aantal redenen genoemd waarom het RAM nog niet succesvol is gebleken;

- Net als bij het MaaiBOS zorgen vergelijkbare storende factoren ervoor dat er met de Qh meetdata geen goed voorspellend model berekend kan worden.
- Er is nog niet goed nagedacht over de grenswaarden waarop gestuurd moet worden. Bij over gedimensioneerde stuwpanden is bijvoorbeeld bijna geen verval. Dit betekent dat er bij een vervalstijging van 1 cm al sprake kan zijn van overschrijding van de 75percentielgrens. Geen goede grenswaarden resulteert ook in geen goed maaiadvies.
- Net als bij het MaaiBOS zal het gebruik van het RAM voor gebiedsbeheerders afnemen bij slechte maaiadviezen.
- Het watersysteem vormt een complex geheel waar je vaak niet alle data van hebt. Door het ontbreken van data wordt het model zwakker waarop het RAM bouwt.

- Een goede samenwerking en afstemming met beheer en onderhoud is erg belangrijk. Deze samenwerking is nog niet goed van de grond gekomen.
- Door personeelsverloop is er te weinig continuïteit in de projectgroep. Doordat kartrekkers weggaan of verhinderd zijn blijft het project liggen.

Vanuit de afdeling beheer en onderhoud staat men open voor een herintroductie van het RAM. Mits het systeem valide maaiadviezen geeft. Er wordt aangegeven dat de afdeling beheer en onderhoud graag vanaf het begin wordt betrokken bij de herintroductie. Zodoende kan de meetdata gevalideerd worden en kan het systeem beter aangepast worden.

In *Tabel b3.1* wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste verschillen en overeenkomsten tussen het MaaiBOS en het RAM.

Tabel b3.1 Verschillen en overeenkomsten op hoofdlijnen tussen het MaaiBOS en het RAM

MaaiBOS	RAM
Op basis van modellering & meetdata	Op basis van verval en meetdata
Hulpmiddel voor beheer	Hulpmiddel voor beheer
Zonder duidelijk vegetatiesignaal geen MaaiBOS	Zonder duidelijk vegetatiesignaal geen RAM
Zonder afvoer werkt MaaiBOS niet	Zonder afvoer werkt RAM niet
Real-time sturen is i.v.m. bestekken lastig	Real-time sturen is i.v.m. bestekken lastig
Geen flexibel systeem (Geeft verkeerd maaiadvies als peil veranderd)	Meer flexibel dan MaaiBOS (op basis van verval, dus peilveranderingen worden meer gefilterd)
Opbouwsysteem is complexer	Minder complex op te bouwen
Qh-relatie winter vormt nulsituatie	Qh-relatie winter vormt nulsituatie
Duidelijk onderbouwde grenswaarden voor maaiadvies.	Geen sterke grenswaarden voor maaiadvies
Niet grootschalig ingezet	Niet grootschalig ingezet
Vereist goede samenwerking met beheer	Vereist goede samenwerking met beheer
Praktijkervaring beheerder is erg belangrijk	Praktijkervaring beheerder is erg belangrijk
MaaiBOS is beter uit te leggen aan derden (opinie)	De voorspellende waarde achter RAM is minder goed uit te leggen (opinie)

Conclusie

Het RAM is als systeem meer flexibel dan het MaaiBOS. Mogelijk biedt het RAM meer kansen voor Waterschap Vallei en Veluwe. De afhankelijkheid van goede Qh-relaties maakt het RAM nog wel kwetsbaar voor storende factoren. Mogelijk kan er binnen het datalab van Waterschap Vallei en Veluwe nagedacht worden over een methode om variatie in streefpeil direct te vertalen naar een bijbehorende Qh-relatie.

Daarnaast moet goed nagedacht worden over de grenswaarden waarop gestuurd kan worden.

Bijlage 4 Toelichting inrichting meetnet voor een MaaiBOS

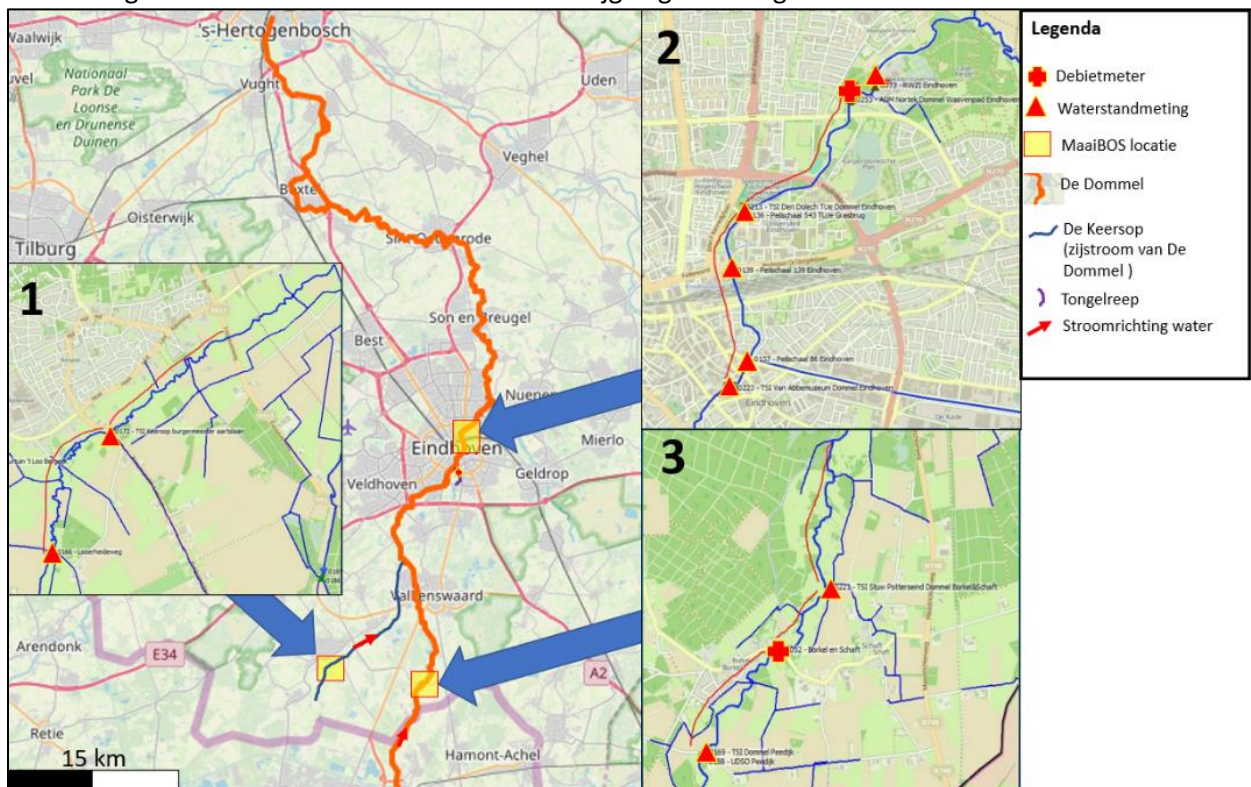
Waterschap De Dommel

In Figuur b4.1 is te zien dat er drie MaaiBOS-trajecten zijn waar een meetnet is uitgezet. Een meetnet bestaat uit minimaal één telemetrisch waterstandmeetpunt en één telemetrisch debietmeetpunt.

Alle meetpunten staan in ongestuwde trajecten. De waterstand wordt gemeten aan het bovenstroomse eind van het MaaiBOS-traject. Daar werkt het opstuwende effect van vegetatie het meest door. Niet in alle gevallen wordt de waterstand gemeten in het benedenstroomse eind. Waar het opstuwende effect begint of stopt is dan ook arbitrair. In de praktijk wordt het gehele MaaiBOS-traject gemaaid als de kritische weerstand overschreden dreigt te worden.

Het debietmeetpunt moet representatief zijn voor het MaaiBOS-traject. Het mag buiten het MaaiBOS-traject liggen. In Figuur b4.1 is te zien dat bij de Keersop (1) het debietmeetpunt stroomafwaarts ligt van het traject. In Eindhoven (3) wordt het debiet van de Tongelreep gesommeerd met dat van de watergang de Dommel.

Op sommige locaties zijn extra telemetrie meetpunten geplaatst op locaties die bij een bepaalde waterstand onder water kunnen lopen. De waterstandmeetpunten zijn op makkelijk toegankelijke locaties geplaatst (brug). Voor het debiet zijn soms akoestische debietmeters (ADM) geplaatst, maar in andere gevallen wordt het debiet over een nabijgelegen stuw gemeten.

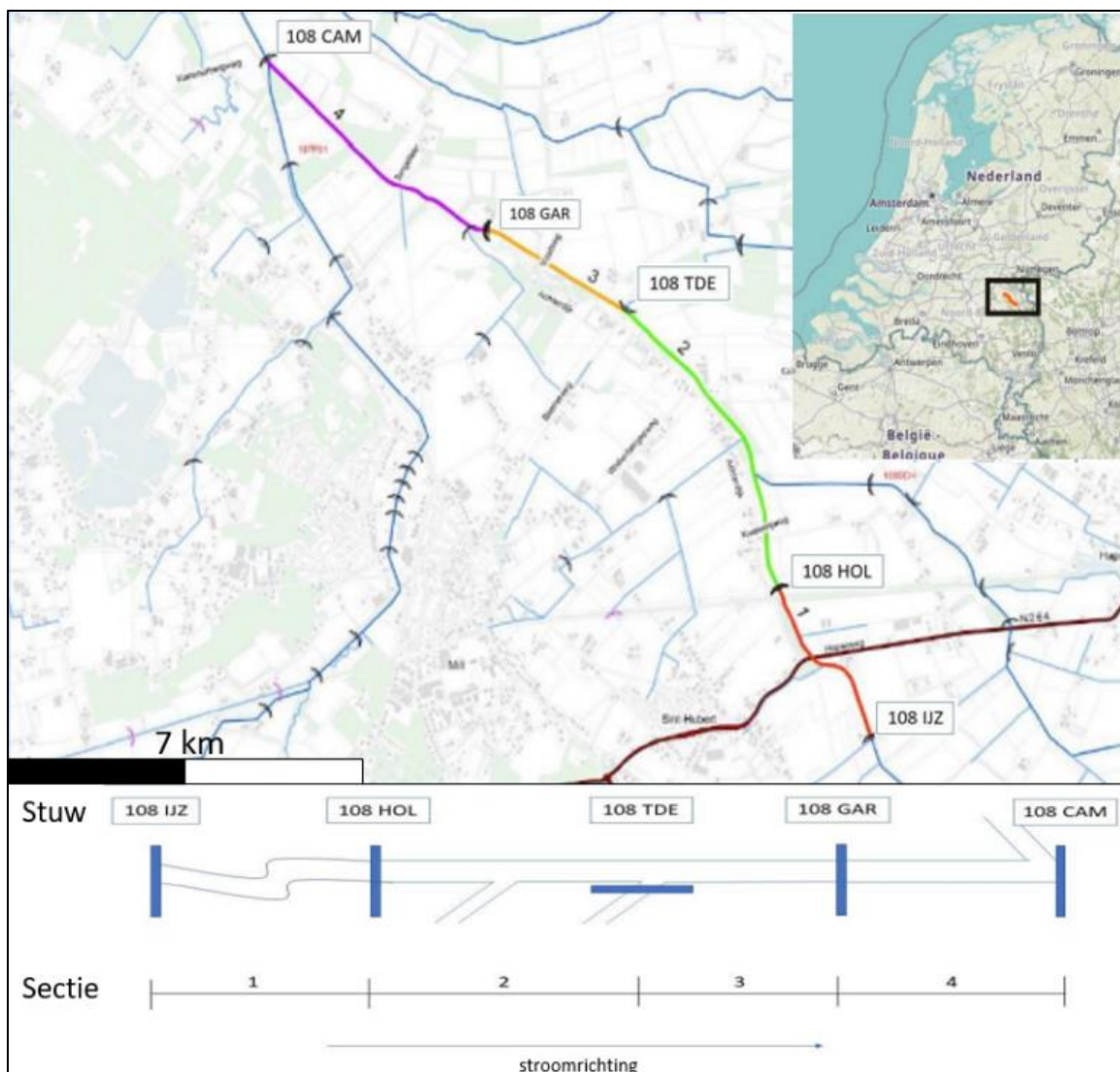


Figuur b4.1 Locaties MaaiBOS-trajecten binnen het stroomgebied van rivier de Dommel (Karimlou G. , 2023) [terug naar [Tabel 4.2](#)]

Waterschap Aa en Maas

In het rapport “*The impact of vegetation configurations on the hydraulic roughness* (Rotteveel, 2018)” wordt een gedetailleerd beeld geschetst van het gebruikte meetnet in de Lage Raam.

Het MaaiBOS is opgezet in vier stuwpanden binnen de Lage Raam. Er wordt gebruik gemaakt van bestaande telemetrie op automatische stuwen voor de waterstanden en het debiet. Elke automatische stuw heeft een bovenstroomse en benedenstroomse waterstandmeter.



Figuur b4.2 Locaties MaaibOS-trajecten binnen watergang de Lage Raam (Rotteveel, 2018) [terug naar [Tabel 4.2](#)]

De belangrijkste MaaibOS waterstandmeting wordt bij de stuw aan het bovenstroomse eind van een stuwpand genomen (Tabel 4.1). Dit meetpunt bevindt zich dan aan de benedenstroomse kant van deze stuw. Dat is de locatie waar het opstuwingseffect als gevolg van een toename in vegetatieweerstand het beste waar te nemen valt. Bij deze stuw wordt tevens het debiet bepaald.

Tabel 4.1 Beschrijving van de stuwpanden waar MaaibOS-trajecten lopen (Rotteveel, 2018)

Trajectory	Measurement location water level	Measurement location discharge	Available data MaaibOS
1. 108 IJZ – 108 HOL	108 IJZ downstream	108 IJZ	2014 2015 2016 2017
2. 108 HOL - 108 TDE	108 HOL downstream	108 HOL	2015 2016 2017
3. 108 TDE – 108 GAR	108 TDE downstream	108 HOL + 108 SCH + 108 TDE	2015 2016 2017
4. 108 GAR – 108 KAM	108 GAR downstream	108 GAR	2017

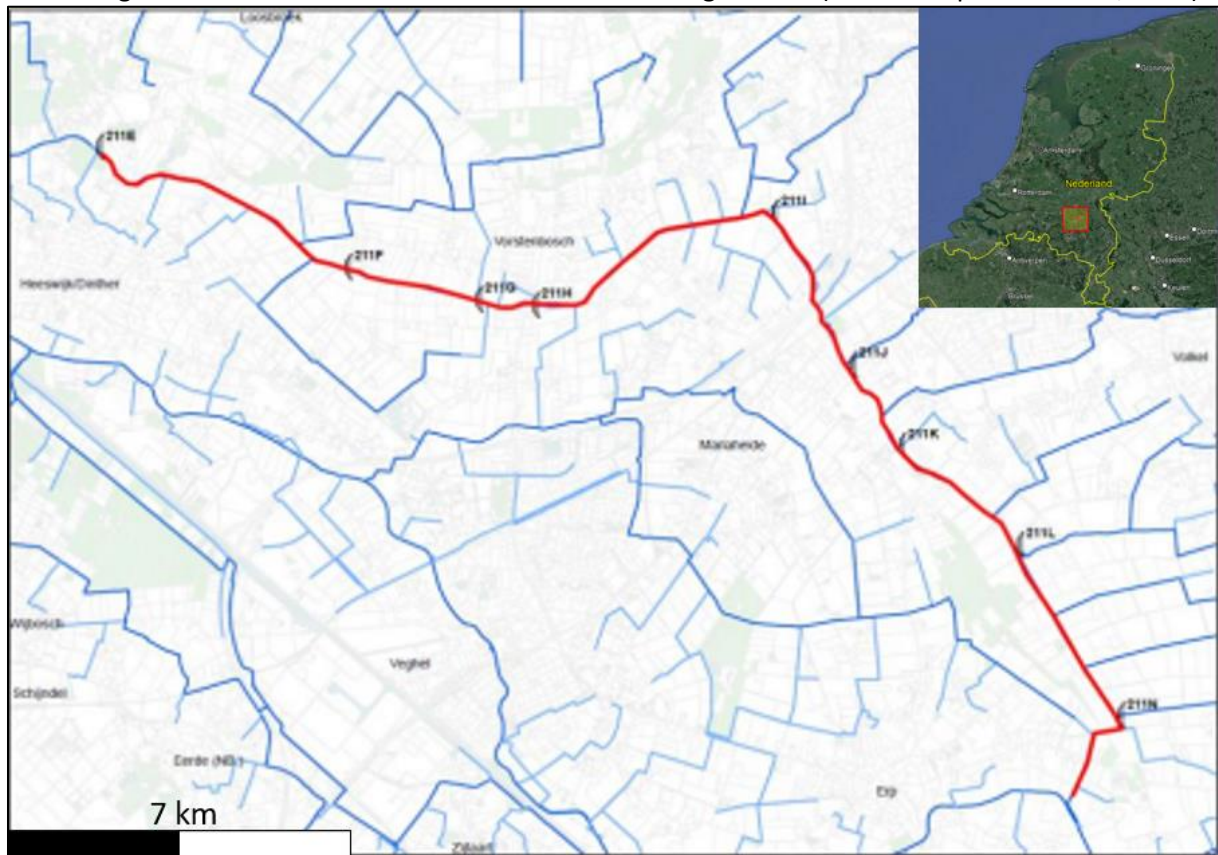
Bij stuwpanden waar grotere wateren in uitkomen worden alle debieten gesommeerd. Dit is het geval in het traject “108 TDE – 108 GAR” (Tabel 4.1). Doordat er in de beginjaren sprake was van een vast streefpeil waarop de automatische stuwen corrigeerden, was het mogelijk om een MaaibOS op te richten in de gestuwde trajecten. Doordat gebruik gemaakt is van bestaande telemetriepunten op automatische stuwen, zijn er geen extra meetpunten bijgeplaatst.

Doordat elke stuw twee meetpunten heeft, wordt de waterstand zowel aan het bovenstroomse als aan het benedenstroomse eind van het stuwpand gemeten (Figuur b4.2). Het meetpunt aan het bovenstroomse eind van het stuwpand bevindt zich aan de benedenstroomse kant van deze stuw.

Het meetpunt aan het benedenstroomse eind van het stuwpand bevindt zich bovenstrooms van deze stuw. Hierdoor is het begin en einde van elk MaaiBOS-traject duidelijk begrenst. Daarnaast kan hierdoor scherper gekeken worden naar het verval tussen het bovenstroomse en benedenstroomse deel van het stuwpand. Daardoor kan de stuwinvloed enigszins uit de meetdata gefilterd worden. Op basis van het verval is het RAM in een later stadium opgezet. In [bijlage 3](#) wordt verder ingegaan op het RAM.

Bijlage 5 Meetnet de Leigraaf

In het evaluatiedocument “Evaluatie pilot MaaiBOS” (J. Van Keulen, 2016)) staat dat De Leigraaf een watergang is met een waterafvoerfunctie. Tevens fungeert de Leigraaf als ecologische verbindingszone tussen het Aa-dal en verschillende natuurgebieden (Waterschap Aa en Maas, 2023).



Via een gemaal kan maximaal 1,2 m³/s worden ingebracht in de bovenloop van de Leigraaf. Gevolg hiervan is dat er hoge peilen optreden in het bovenstrooms deel van de Leigraaf. Doordat het een krap gedimensioneerde waterloop is, wordt er vaak gemaaid (6x per jaar). Ook binnen de Leigraaf bevinden zich meerdere stuwen. Het MaaiBOS is op een vast streefpeil opgebouwd waardoor de invloed van automatische stuwen verwerkt kon worden in het MaaiBOS. Voor de Leigraaf is het MaaiBOS ook opgericht om inzicht te geven in het tijdstip waarop gemaaid moet worden. Aangezien er vaak gemaaid werd, was monitoring daarnaast nodig om te kijken of de maaifrequentie en maai intensiteit naar beneden kon. Om een onderbouwing te kunnen geven van het gevoerde maaibeleid, kon met MaaiBOS worden vastgesteld dat de maaifrequentie gerechtvaardigd was. Daarnaast kon het MaaiBOS inzicht verschaffen in de effecten van verschillende vormen van onderhoud (J. Van Keulen, 2016).

Bijlage 6 Toelichting selectiecriteria voor een MaaiBOS

Selectiecriteria MaaiBOS

Om de vertaalslag te maken naar het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe zijn de omstandigheden waarbinnen een MaaiBOS functioneert bij andere waterschappen geanalyseerd. Hierbij is gelet op de belangrijkste voorwaarden die gelden binnen de MaaiBOS watergangen. Deze voorwaarden vormen tevens de selectiecriteria voor watergangen binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. In [hoofdstuk 7](#) zal de zoektocht naar geschikte watergangen worden beschreven aan de hand van deze criteria.

1. MaaiBOS wordt alleen toegepast in watergangen waar Waterschap verantwoordelijk is voor het beheer (A-Watergangen)

Binnen het beheergebied van Waterschap Vallei & Veluwe liggen veel verschillende watergangen. Hierbij kan gedacht worden aan sloten, beken, wetingen en kanalen. Afhankelijk van de criteria die in [Tabel b6.1](#) worden genoemd, worden deze wateren gecategoriseerd in A-, B- of C-watergangen. Omdat de A-watergangen het meest belangrijk zijn voor het regionale watersysteem, wordt het onderhoud van deze watergangen door het waterschap zelf uitgevoerd. Het onderhoud van de B- en C-watergangen wordt door boeren en/of landeigenaren van aangrenzende percelen uitgevoerd (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Het waterschap verwacht hier dat de watergangen en k unstwerken vrij zijn van planten, drijvend vuil en bagger. De kanten en taluds moeten gemaaid zijn en de watergang moet op de juiste diepte zijn. Jaarlijks wordt via een schouw door het waterschap gecontroleerd of er voldaan wordt aan de gestelde onderhoudseisen (Waterschap Vallei&Veluwe, z.d.).

2.

Waterschap stuurt alleen het onderhoud binnen de A-watergangen. Er zal daarom er alleen gekeken worden naar de A-watergangen.

Tabel b6.1 Kenmerken A-, B- en C-watergangen (Waterschap Vallei en Veluwe, 2023)

	categorie watergang		
	A-watergang	B-watergang	C-watergang
Lengte (km)	2300	964	12796
Afvoer (l/sec)	>75	10 tot 75	<10
Aanvoer (l/sec)	> 5 (gemiddeld 1 a 2 dagen per jaar)	3 à 5 (gemiddeld 1 a 2 dagen per jaar)	Overige watergangen
Specifieke watersysteem doelen	anti-verdroging of vernatting, wateraanvoer, waterberging, waterkwaliteit		
Doel landelijk gebied		Van belang voor de afwatering t.b.v. bebouwing buiten de bebouwde kom	
Beheer door:	Waterschap	Boeren en/of landeigenaren van land grenzend aan de watergang	
Rol waterschap	Beheer	jaarlijkse controle (schouw)	

3. Vrij afwaterende gebieden, geen poldergebieden.

De vrij afwaterende gebieden hebben vaak meer hoogteverschil binnen een watergang. Hierdoor is de kans op stromend water groter. Uit een gesprek met een hydroloog blijkt daarnaast dat de

invloed van regelbare kunstwerken minder ver doorwerkt bij een groter verval in de watergang. Bij vlakke gebieden (polders) werkt de invloed van peil-beïnvloedende kunstwerken wel verder door. In meerdere gesprekken bleek dat poldergebieden vaak niet succesvol zijn gebleken voor implementatie van het MaaiBOS. Polders zijn vaak vlak waardoor water niet door vrij verval in beweging komt. Gemalen zijn bijvoorbeeld verantwoordelijk voor de waterstroming in dit soort gebieden.

4. Een watergang moet jaarrond voldoende water en stroming hebben.

Zonder water en stroming is er geen MaaiBOS mogelijk. Als er geen real-time debiet en waterstandmetingen zijn, kan er geen real-time Qh-meetpunt in de grafiek worden geplaatst. Watergangen met droogval in het groeiseizoen of watergangen waarbij in droge tijden geen water over de stuw komt, zijn niet geschikt voor een MaaiBOS. Ook watergangen waar de stroomsnelheid erg laag is kunnen resulteren in onbruikbare meetdata (Penning et al, 2021). In de gesprekken en in de literatuur zijn echter geen kengetallen gevonden en genoemd die wijzen op een minimaal benodigd debiet.

5. Er moet een duidelijke vraag of spanningsveld zijn binnen een watergang.

Bij alle waterschappen was er in de MaaiBOS watergangen sprake van een bepaald spanningsveld of een duidelijke vraag vanuit de afdeling beheer en onderhoud.

Enerzijds zijn dit watergangen waar NBW-knelpunten en ecologische doelstellingen een spanningsveld creëren. Hier zijn vaak kritische locaties ten aanzien van wateroverlast. Een hogere begroeiingsgraad leidt hier tot meer hydraulische weerstand waardoor wateroverlast kan ontstaan. Als de watergang daarnaast ook ecologische doelstellingen heeft vanuit de KRW, ontstaat er qua maaionderhoud een spanningsveld qua maaionderhoud.

Anderzijds kunnen er mogelijk ook watergangen zijn waar ecologische doelstellingen (KRW) aan verbonden zijn. Mogelijk hebben beheerders het gevoel dat er minder gemaaid kan worden. De keuze voor minder maaien wordt echter niet gemaakt omdat de beheerder het risico op mogelijk wateroverlast niet goed kan inschatten. Als de inschatting van de beheerder ondersteund wordt met objectieve data, kan dat het keuzeproces vergemakkelijken.

6. Er moeten voldoende telemetrische meetpunten aanwezig zijn in een watergang.

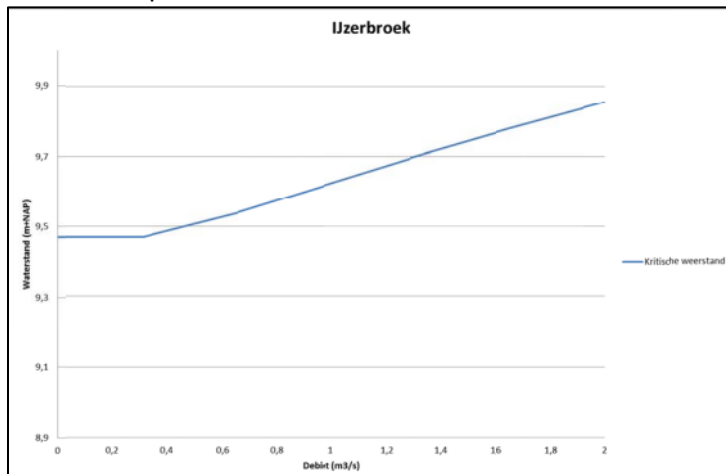
Om een watergang te kunnen monitoren met een MaaiBOS moet voldoende telemetrische meetpunten aanwezig zijn. Er moet sprake zijn van een representatief debietmeetpunt voor het beoogde traject. Er moet minimaal één telemetrisch waterstandmeetpunt aan het bovenstroomse eind van een mogelijk MaaiBOS-traject zijn. Het is daarnaast zeer wenselijk om ook aan het benedenstroomse eind van het MaaiBOS-traject een telemetrisch waterstandmeetpunt te hebben. Uit sommige gesprekken is gebleken dat het verval binnen een beoogd traject is meegenomen om zodoende eventuele stuwinvloeden eruit te filteren (Tempelaars, 2018). Daarnaast zorgt een meetpunt aan het bovenstroomse en benedenstroomse eind van het stuwband voor een duidelijke begrenzing van het MaaiBOS-traject. Bij Waterschap Aa en Maas is na een aantal jaren op basis van het verval in een stuwband het RAM opgezet.

De telemetrische meetpunten moeten ook op de juiste plek staan in het traject om een goede Qh-relatie te kunnen maken. Binnen sommige trajecten takken grotere watergangen of zijstromen aan. Van deze waterlopen zijn dan geen debietgegevens van bekend. Bij sommige locaties stonden waterstandmeters in de buurt van het bovenstroomse eind van het traject, maar niet op de meest gunstige locatie.

Er moet zo min mogelijk invloed van regelbare kunstwerken zijn op het traject.

Op basis van de ervaringen binnen Waterschap Aa en Maas zal deze zesde criteria niet direct meegenomen worden bij het uitsluiten van watergangen.

In een MaaibOS moet de weerstand door vegetatiegroei bepaald worden in het groeiseizoen. Om een stijging van de waterstand bij gelijkblijvend debiet te relateren aan vegetatiegroei, moet de invloed van andere storende factoren minimaal zijn. Als een stuw benedenstrooms omhoog wordt gezet, kan dit invloed hebben op de waterstand bovenstrooms. Daardoor kan binnen een MaaibOS een foutief signaal worden gegeven dat de kritische weerstand wordt overschreden. Bij Waterschap De Dommel is ervoor gekozen om beoogde trajecten waar (regelbare) stuwinvloeden zichtbaar zijn in meetreeksen uit te sluiten van een MaaibOS. Binnen hun beheergebied watergang de Dommel gezien worden als traject zonder stuwinvloed. Dit maakt het opzetten van een MaaibOS minder complex.



Figuur b6.1 Kritische weerstand afgestemd op automatische stuw die op een vast streefpeil corrigeert (van Keulen, J, 2015)

Bij Waterschap Aa en Maas bestaan de meeste watergangen wel uit gestuwde trajecten met automatisch regelbare stuwen. Bij Waterschap Aa en Maas is het gelukt om in een gestuwde situatie een MaaibOS op te zetten. Als er water over de stuw komt, kan vegetatiegroei worden afgeleid in de meetreeksen. In stuwpannen waar automatische stuwen corrigeren op een vast ingesteld peil, kan de kritische weerstand binnen een MaaibOS op een vast streefpeil worden afgestemd. In *Figuur b6.1* is te zien dat de Qh-relatie in de Lage Raam tot 0,3m³/s gelijk blijft doordat de waterstand wordt gecorrigeerd door de benedenstrooms gelegen automatische stuw Hollanderbroek (van Keulen, 2014).

Bijlage 7 Toelichting implementatiemethode MaaiBOS

Voor het samenstellen van de implementatiemethode voor het MaaiBOS is gebruik gemaakt van interne rapporten, presentaties en persoonlijke gesprekken met de betrokken hydrologen. Hieruit is gebleken dat Waterschap Aa en Maas in eerste instantie dezelfde stappen heeft gevolgd die ook zijn toegepast bij Waterschap De Dommel (J. Van Keulen, 2016). Bij Waterschap Aa en Maas zijn vervolgens accenten gelegd die beter pasten bij het eigen beheergebied. De ontwikkelaar van het MaaiBOS, Jeroen Tempelaars, heeft bij zijn overgang naar Waterschap Brabantse Delta op dezelfde wijze geprobeerd om tevergeefs een MaaiBOS toe te passen op een drietal pilot locaties (Tempelaars, 2018).

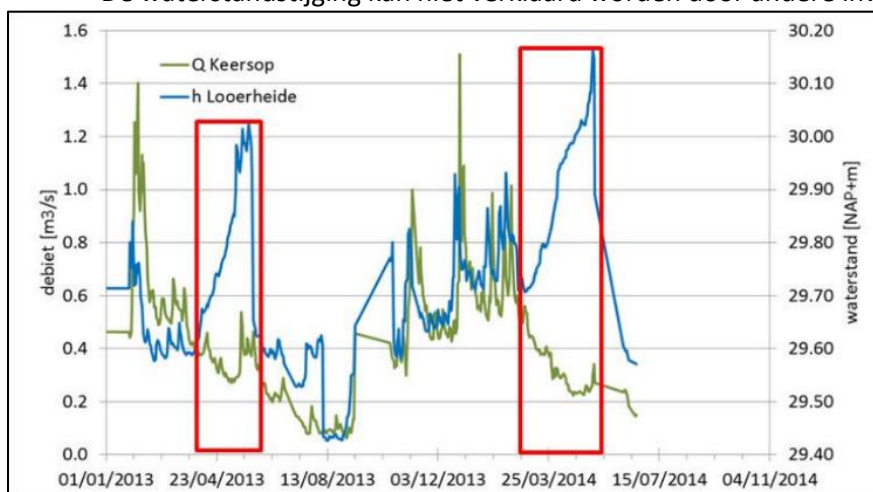
Stap 1. Bepaal of het beoogde traject voldoende historische data heeft.

Een beoogd MaaiBOS-traject moet beschikken over voldoende historische meetdata. Hiervoor moet er van minimaal één jaar een meetreeks zijn van de waterstanden en het debiet. Doordat er groter verschillen kunnen bestaan in meetdata tussen verschillende jaren, is het zeer wenselijk om over meetreeksen van meerdere jaren te beschikken. Fouten in de meetdata kunnen voor een slecht werkend MaaiBOS zorgen. Daarom is het verstandig om de data in deze fase te onderwerpen aan een goede check.

Stap 2. Bepaal of er een duidelijk meetbaar effect is van vegetatiegroei in het groeiseizoen.

Vanuit de historische meetdata wordt gekeken of er een duidelijk vegetatiesignaal in het groeiseizoen valt waar te nemen.

1. Hierbij wordt in eerste instantie gekeken naar het verloop van het debiet en de waterstand uitgezet tegen de tijd in een lijngrafiek (Figuur B7.1). Er kan een duidelijk vegetatiesignaal worden waargenomen als voldaan wordt aan de onderstaande punten;
 - Er is een duidelijke stijging zichtbaar in de waterstand.
 - Tegelijkertijd blijft het debiet gelijk of laat een dalend verloop zien.
 - De betreffende data is gemeten tijdens het groeiseizoen.
 - De waterstandstijging kan niet verklaard worden door andere invloeden (kunstwerken).



Figuur B7.1 Duidelijk vegetatiesignaal binnen de rode rechthoeken in rivier de Dommel (Karimlou G. , 2019)

2. Vervolgens wordt er vanuit de historische meetdata een Qh-relatie voor de winter en voor de zomersituatie gemaakt.

Doordat vegetatiegroei in de wintersituatie zeer beperkt voorkomt in de watergangen, wordt aangenomen dat de weerstand door vegetatiegroei dan op het laagste punt liggen. De Qh-relatie die voor de wintersituatie wordt opgesteld, vormt de nulsituatie voor het betreffende watergangstraject. Deze Qh-relatie moet een sterk verband laten zien over het winterseizoen.

Als er sprake is van een duidelijk vegetatiesignaal, dan zullen de Qh-meetpunten in de zomersituatie afwijken van de wintersituatie. Er zullen dan bij eenzelfde afvoer hogere waterstanden te zien zijn. Daarnaast kan na een maaibeurt een plotselinge daling in een opvolgend Qh-meetpunt te zien zijn.

3. Aanvullend op de methode van De Dommel en Aa en Maas kan de Strickler-Manning coëfficiënt worden berekend in het traject. Hiermee kan het vegetatiesignaal op een derde manier zichtbaar te maken. Het voordeel van de Strickler-Manning grafiek is dat de weerstandsveranderingen meestal scherper zichtbaar zijn. Validatie met maaidata kan daardoor nauwkeuriger plaatsvinden.

Stap 3. Valideer het vegetatiesignaal met data van maaionderhoud

In het geval een vegetatiesignaal wordt gevonden, wordt de meetdata vergeleken met informatie over maaimomenten. Het vegetatiesignaal wordt bevestigd als het tijdstip van maaien sterk correleert met de daling van de waterstandlijn in de lijngrafiek. In het groeiseizoen zullen de Qh-meetpunten ineens flink lager uitkomen na een maaibeurt. De Strickler-Manning coëfficiënt zal na een maaibeurt ineens flink stijgen doordat de weerstand is afgenomen.

Stap 4. Maak en/of valideer het oppervlaktewatermodel (SOBEK) met de meetdata.

Voor veel watergangen bestaat reeds een oppervlaktewatermodel dat in het programma SOBEK is gemaakt. Voordat verder gerekend kan worden met dit model, moet bepaald worden of de berekeningen uit het model de werkelijkheid (meetdata) goed benaderen.

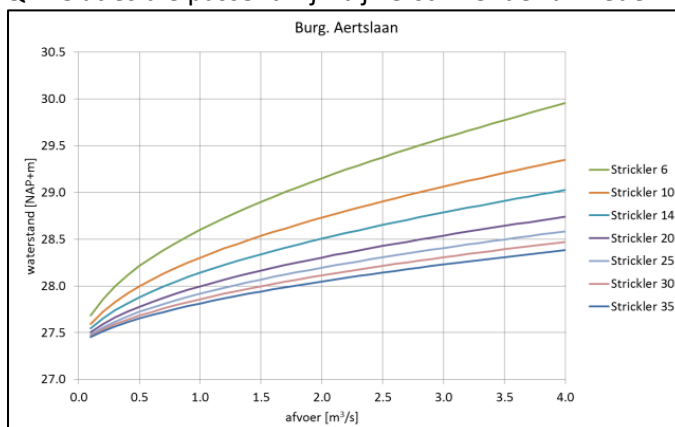
Als er nog geen oppervlaktewatermodel gemaakt is, dient er één gemaakt te worden.

Zoals in stap 2 reeds is aangegeven wordt de Qh-relatie van de meetdata in de winter gebruikt als nulsituatie. Met het oppervlaktewatermodel wordt vervolgens geprobeerd om een gemodelleerde Qh-relatie te maken die overeenkomt met de gemeten Qh-relatie in de winter.

Dit wordt gedaan door een korte periode van enkele dagen te simuleren. Hierbij worden met verschillende afvoeren bij een vaste weerstandscoefficiënt waterstanden berekend. Zodoende ontstaat een gemodelleerde Qh-relatie voor de wintersituatie. Als deze Qh-relatie de werkelijkheid goed benaderd kan deze procedure herhaald worden in stap 6.

Stap 5. Met behulp van het model verschillende debieten en weerstanden doorrekenen.

De Qh-relatie in de winter vormt de nulsituatie. Bij deze Qh-relatie hoort een weerstandscoefficiënt (Strickler-Manning in dit voorbeeld) die past bij een ruwheid in een onbegroeide situatie. Bij toename van vegetatiegroei zal de ruwheid in een watergang toenemen waardoor de Strickler-Manning weerstandscoefficiënt zal afnemen. In het oppervlaktewatermodel wordt voor meerdere weerstandscoefficiënten simulaties uitgevoerd waarbij de waterstanden bij verschillende debieten worden berekend (Tempelaars, 2018). Zoals in Figuur B7.2 te zien is, zal dit resulteren in meerdere Qh-relaties die passend zijn bij verschillende ruwheden.



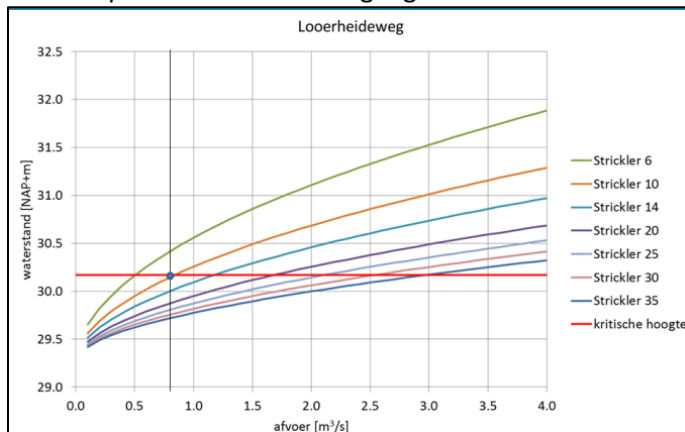
Figuur B7.2 Resultaat doorrekenen verschillende ruwheden (Strickler-Manning) bij verschillende debieten (Karimlou G., 2019)

Stap 6. Bepalen van de minimale afvoercapaciteit of gewenste afvoercapaciteitsbereik.

Om de maximale toelaatbare weerstand te kunnen bepalen in een watergang, moet de minimale afvoercapaciteit worden vastgesteld. Hiervoor zijn grenswaarden nodig die in het MaaiBOS verwerkt worden. Hiervoor moet een maximale waterstand (horizontale lijn) en een maximaal debiet (verticale lijn) worden bepaald. Hiervoor wordt een beargumenteerde keuze gemaakt. Bij Waterschap De Dommel is ervoor gekozen om de volgende kaders in te voegen (Karimlou G. , 2023).

- Kritische waterhoogte stelt het niveau (maaiveldhoogte) voor waarbij het betreffende gebied vanuit de watergang overstroomd. Daarvoor kunnen ook andere keuzes gemaakt worden.
- Kritische debiet stelt de maatgevende afvoer voor die bij het beschermingsniveau van het betreffende stroomgebied past. Als de watergang door een gebied stroomt met een T100 NBW-norm, dan zal de T100 afvoer gebruikt worden als kader. Welke afvoer precies past bij deze norm kan statistisch bepaald worden uit meerjarige meetreeksen van debieten.

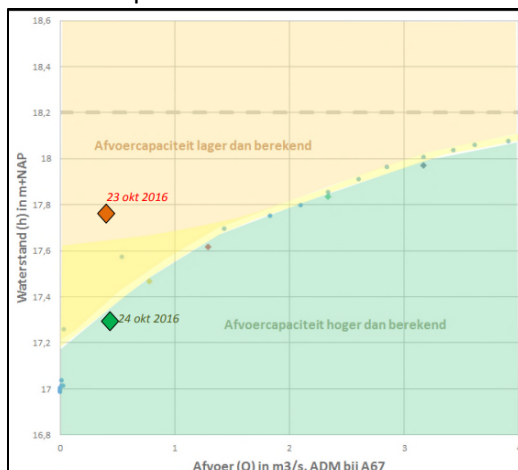
In Figuur B7.3 is te zien dat de lijnen van beide gekozen kaders samenvallen met de Qh-relatie die past bij de weerstandscoefficiënt Strickler-Manning 10. Deze Strickler-10 lijn vormt uiteindelijk de kritische weerstandsgrens. Als de weerstand boven deze Qh-relatie uitkomt, dan zal de afvoercapaciteit van de watergang niet meer voldoen aan de minimale afvoercapaciteit.



Figuur B7.3 Raamwerk MaaiBOS met grenswaarden voor de minimale afvoercapaciteit (Karimlou G. , 2019)

Stap 7. Implementatie MaaiBOS.

Het eindproduct bestaat uit een grafiek waarin dagelijks real-time Qh-meetpunten in geplot worden (Figuur 2.4 en Figuur B7.4). Dit geüpdatet overzicht wordt dagelijks naar beheerders en hydrologen gestuurd. Bij andere waterschappen is deze laatste stap uitbesteed aan een externe partij. Bij het Waterschap De Dommel is een voorbeeldillustratie van het eindproduct naar de TMX-organisatie gestuurd. Bij de externe organisatie is vermoedelijk gebruik gemaakt van het programma Python om de data uit het programma Delft-FEWS automatisch (via een script) in een grafiek te zetten. Bij Waterschap Aa en Maas is het MaaiBOS in een applicatie verwerkt binnen het programma Hydronet.



Figuur B7.4 Eindproduct MaaiBOS (Stark, 2014)

Bijlage 8 Toelichting organisatorische succes & faalfactoren

8.1 Mogelijke succesfactoren

1. Om een datagedreven systeem (MaaibOS) optimaal in te zetten is tijd, geld en prioritering nodig. Medewerkers hebben over het algemeen weinig tijd over naast hun werkzaamheden. Als er tijd en geld wordt vrijgemaakt vanuit het management, kan een projectteam geformeerd worden.

2. Formeer een werk- of projectgroep “datagedreven beheer (MaaibOS)” voor de lange termijn. Bij de andere waterschappen vond omtrent het MaaibOS regelmatig overleg plaats tussen gebiedsbeheerders, hydrologen, ecologen en soms ook data scientists. Deze werknemers krijgen zodoende de tijd om het systeem te laten werken. Daarnaast wordt een besluit om over te gaan tot maaionderhoud vanuit verschillende expertises belicht.

3. Benut de praktijkervaring van gebiedscoördinatoren door ze in een vroegtijdig stadium te betrekken bij de invoering van een datagedreven systeem (MaaibOS). Data kan de complexiteit van het watersysteem niet alleen weergeven. De ervaring van de gebiedsbeheerders is erg belangrijk om bijvoorbeeld de data te kunnen valideren. Daarnaast kunnen nieuwe meetpunten geplaatst worden op aangeven van de gebiedsbeheerders.

4. Betrek gebiedsbeheerders/coördinatoren die affiniteit hebben met nieuwe datagestuurde systemen (MaaibOS) De motivatie om te werken met het systeem zal hoger zijn bij gebiedsbeheerders die meer affiniteit hebben met datagedreven systemen.

5. Relatief lagere kosten en een hoger installatiegemak verhoogt de plaatsingskansen van meer telemetrische meetpunten. Uit gesprekken met meerdere gebiedsbeheerders/coördinatoren blijkt dat de telemetrische waterstandsmeters goedkoper zijn en makkelijker te installeren dan vroeger. Daardoor zal het relatief meer haalbaar zijn om het meetnet uit te breiden binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe.

6. Een MaaibOS kan objectieve onderbouwing geven voor onderhoudskeuzes naar stakeholders. Een MaaibOS kan een onderbouwing geven voor gemaakte keuzes naar stakeholders toe. Daarnaast kan een MaaibOS helpen bij de evaluatie van de planning van het maaionderhoud.

7. De nieuwe 5 meter bufferstroken langs KRW-wateren biedt kansen voor real-time maaionderhoud. Vanaf 2023 moet er vanuit het Gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB) en de mestwetgeving verplicht bufferstroken langs alle waterlopen komen. Op een bufferstrook mag geen mest of gewasbeschermingsmiddelen gebruikt worden. Langs KRW-wateren moet deze bufferzone minimaal 5 meter breed zijn. De argumentatie die bij faalfactor 6 genoemd wordt vervalt hierdoor. Dit biedt kansen voor real-time sturing van het maaionderhoud.

8. Maaiboot onderhouden watergangen bieden kansen voor real-time maaionderhoud met een MaaibOS. Het maaiboot-onderhoud wordt zelf meestal door aannemers op regie uitgevoerd. Het is niet noodzakelijk om rekening te houden met de bodemgesteldheid van het aanliggende perceel en daarmee mogelijke schade aan het aangrenzende perceel.

8.2 Mogelijke faalfactoren

1. De wijze waarop het maaionderhoud georganiseerd is maakt real-time handelen lastig.

Er zijn twee periodes waarin aannemers zelf kijken waar de werkzaamheden uitgevoerd kunnen worden. Real-time sturing is lastig in te passen in dit systeem.

2. Als de randvoorwaarden niet kloppen kan een datagedreven systeem (MaaibOS) niet optimaal functioneren.

Technische mankementen, geen valide maaiadviezen en omslachtige inlogprocedures kunnen demotiverend werken bij gebruikers. Dit gaat ten koste van de optimale werking van het systeem.

3. Focus niet alleen op de data zonder naar de praktijkervaringen te kijken.

Het watersysteem vormt een complex geheel. Als de praktijkervaringen niet naast de data gelegd worden, kan er geen gedegen analyse van het systeem plaats vinden. Uit ervaringen van andere waterschappen blijkt dat een MaaibOS niet optimaal werkt als gebiedsbeheerders niet vroegtijdig of op de juiste manier betrokken worden in het proces.

De ondersteuning van gebiedsbeheerders die op basis van ervaring het watersysteem erg goed kennen is noodzakelijk. Er bestaat een reële kans dat medewerkers van beheer en onderhoud overtuigd moeten worden van het nut van een MaaibOS.

4. Het is niet duidelijk hoeveel draagvlak er momenteel is voor datagedreven beheer zoals het MaaibOS.

Uit gesprekken bleek dat gebiedsbeheerders bij andere waterschappen betrokken willen worden bij de invoering van nieuwe datagedreven systemen. Door betrokkenheid kan draagvlak gecreëerd worden voor een nieuw datagedreven systeem. Andersom kan het ontbreken van voldoende betrokkenheid tot weerstand leiden. Binnen Waterschap Vallei en Veluwe kijken mensen verschillend aan tegen werken met een MaaibOS en datagedreven beheer. Omdat er slechts met een klein deel van de medewerkers gesproken is, valt moeilijk een inschatting te geven van het draagvlak voor datagedreven beheer (MaaibOS) binnen Waterschap Vallei en Veluwe.

5. Bij veel watergangen worden geen vaste, maar dynamische peilen gehanteerd.

De gemodelleerde Qh-relatie wordt op een vast streefpeil of op een vrij afwaterende watergang gebaseerd. Een veranderend streefpeil zal in een MaaibOS tot verkeerd signaal leiden. Binnen dynamisch peilbeheer is er voor elke nieuwe peilstand in feite een nieuwe implementatie conform paragraaf 5.2 nodig.

6. De praktijk leent zich niet altijd voor real-time ingrijpen

Als een maaisignaal afgegeven wordt in een natte periode bestaat de kans dat het veld van de boer kapotgereden wordt door de onderhoudsmachine. Dat levert een risico voor extra kosten en een verstoorde relatie met de aanliggende grondgebruikers op.

7. Maak een datagedreven systeem niet te ingewikkeld en houd de praktijk in het oog.

Een ingewikkeld systeem maakt het hanteren ervan lastig. Een eenvoudig en overzichtelijk datagedreven systeem (MaaibOS) zal sneller als hulpmiddel worden geïntegreerd in de werkwijze van de gebiedscoördinatoren. Een gebiedsbeheerder gaf bijvoorbeeld aan dat er voor een watergang met meerdere MaaibOS-trajecten bijvoorbeeld slechts één maaiadvies voor de gehele watergang moet komen.

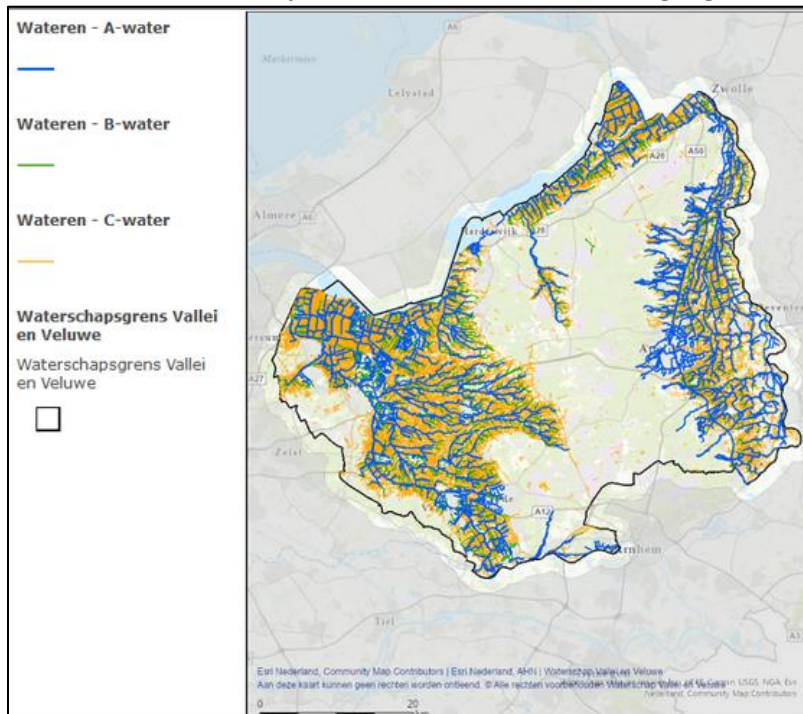
8. Er zijn momenteel relatief weinig A-watergangen voorzien van telemetrische meetpunten om datagedreven beheer mogelijk te maken.

Om te kunnen werken met datagedreven systemen moet er voldoende data voorradig zijn. Veel A-watergangen binnen Waterschap Vallei en Veluwe hebben momenteel geen of weinig telemetrische meetpunten.

Bijlage 9 Toelichting toepassing selectiecriteria

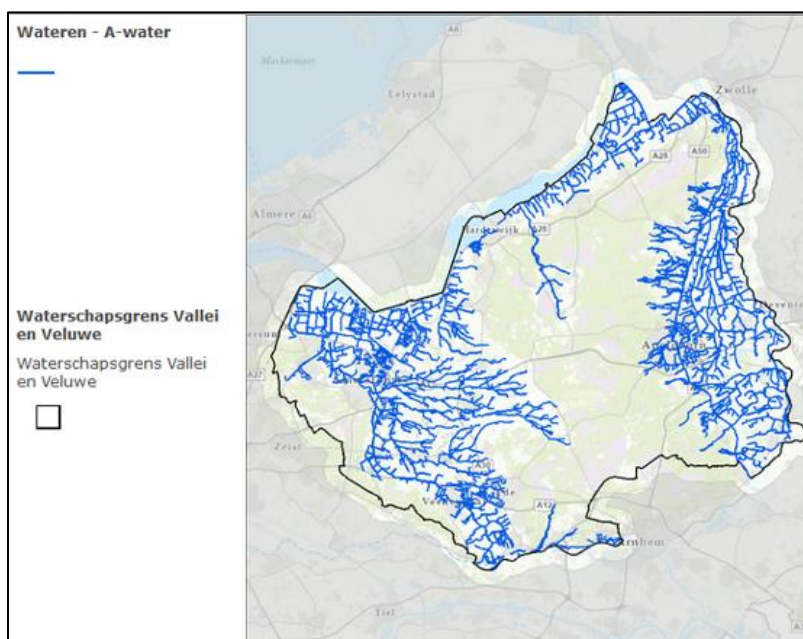
In dit hoofdstuk worden de selectiecriteria die in [paragraaf 5.1](#) zijn omschreven toegepast op het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe. De stappen die zijn genomen om tot een selectie van mogelijke MaaiBOS-trajecten te komen, zijn inzichtelijk gemaakt middels kaartmateriaal.

1. Het MaaiBOS wordt alleen toegepast in watergangen waar het waterschap verantwoordelijk is voor het beheer (A-Watergangen)



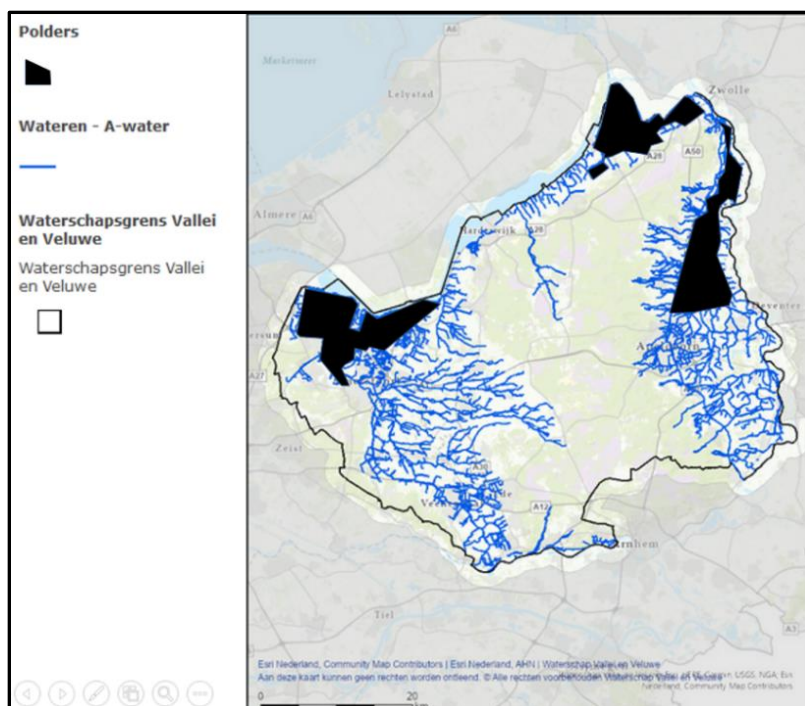
Binnen het totale beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe ligt ongeveer 16.000 kilometer aan A-, B- en C-watergangen (Figuur B9.1). De B- en C-watergangen vallen af voor een MaaiBOS omdat dit watergangen zijn die door eigenaren van aanliggende percelen worden beheerd. Het waterschap ziet voor de B-watergangen alleen toe dat het onderhoud correct wordt uitgevoerd middels de jaarlijkse schouw.

Figuur B9.1 Wateren beheergebied Waterschap Vallei en Veluwe (Waterschap Vallei en Veluwe, 2023)



Voor een geschikte MaaiBOS gebied zal verder ingezoomd worden binnen de circa 2300 kilometer aan A-watergangen (Figuur B9.2).

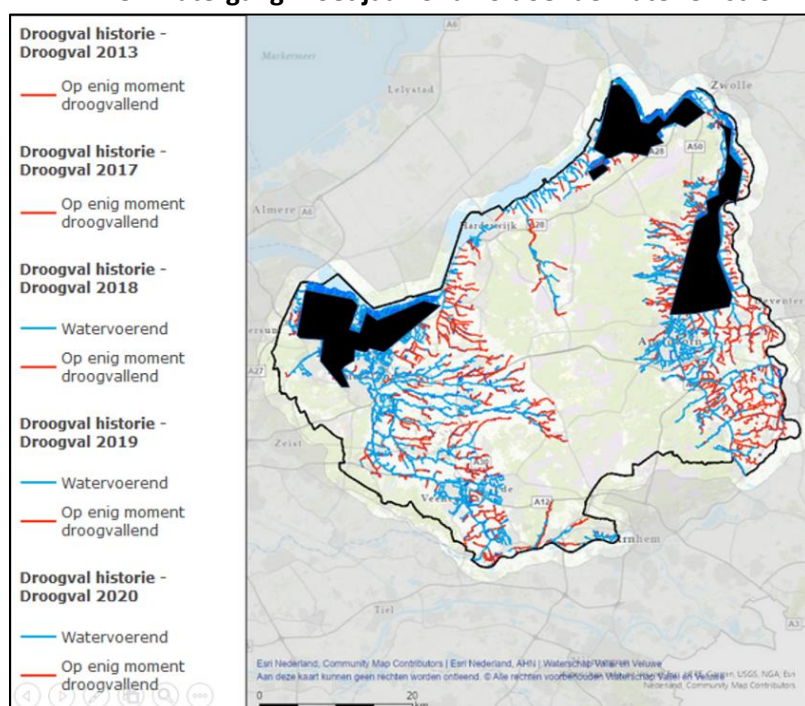
Figuur B9.2 A-watergangen in het beheergebied Waterschap Vallei en Veluwe (Waterschap Vallei en Veluwe, 2023)



Conform de argumentatie die in paragraaf 5.1 is gegeven, zullen de A-watergangen die binnen de poldergebieden liggen (Figuur B9.3) worden uitgesloten.

Figuur B9.3 Poldergebieden binnen het beheergebied van Vallei en Veluwe (Waterschap Vallei en Veluwe, 2023)

2. Een watergang moet jaarrond voldoende water en stroming hebben.



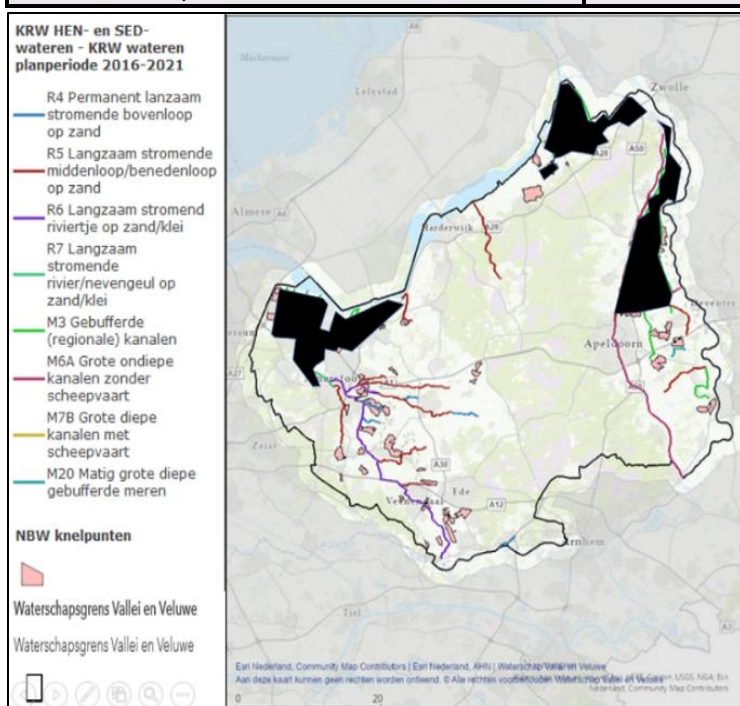
In Figuur B9.4 zijn A-watergangen weergegeven waar op enig moment droogval is geweest. Als gevolg van klimaatverandering zal de kans op droogval in de toekomst vaker voor gaan komen (Van der Ven, 2019). Er wordt aangenomen dat de watergangen waar in het verleden al sprake geweest is van droogval, in de toekomst vaker droog zullen vallen. Daarom is bij de selectie van watergangen voor een MaaibOS een schifting gemaakt door watergangen die de afgelopen jaren al eens drooggevallen zijn uit te sluiten.

Figuur B9.4 Historie droogteval binnen het beheergebied van Vallei en Veluwe (Waterschap Vallei en Veluwe, 2023)

Conform de argumentatie die in [paragraaf 5.1](#) is gegeven, is er gezocht naar watergangen waar een spanningsveld is of waar een bepaalde vraag is vanuit de organisatie. Deze vraag kan benoemd zijn door gebiedscoördinatoren, beleidsmedewerkers of procescoördinatoren binnen de afdeling beheer en watersystemen. In Tabel B9.1 is een overzicht gegeven van de watergangen die voldoen aan criteria 1 tot en met 4.

Tabel B9.1 A-watgangen waar een spanningsveld is of die genoemd zijn door beheerders of gebiedscoördinatoren.

Spanningsveld ecologisch/NBW-knelpunt	Genoemde watergang (snelle vegetatiegroei)
Barneveldse beek	
Esvelder beek	
Hoevelaakse beek	
Woudenbergse Grift	
Zijdewetering	
Lunterse beek	Voorsterbeek
Gelderse Vallei	Veldbeek/Schuitenbeek
De Modderbeek	De Fliert
Schuitenbeek/Veldbeek	Hierdense beek



Zoals in Figuur B9.5 te zien is, zijn er vooral in het zuidelijke en oostelijke deel van het beheergebied enkele KRW-wateren zijn waar ook één of meerdere NBW-knelpunten aan grenzen.

Figuur B9.5 Specificering KRW-wateren (Waterschap Vallei en Veluwe, 2023)

3. Er moeten voldoende telemetrische meetpunten aanwezig zijn in een watergang.

Het programma Delft-FEWS heeft een overzicht gegeven van de telemetrische meetpunten in watergangen. Uit Tabel B9.1 blijken er bij volgende watergangen te weinig telemetriepunten te staan.

In [Bijlage 10](#) is een toelichting gegeven en zijn afbeeldingen geplaatst over de watergangen die in Tabel B9.2 genoemd worden.

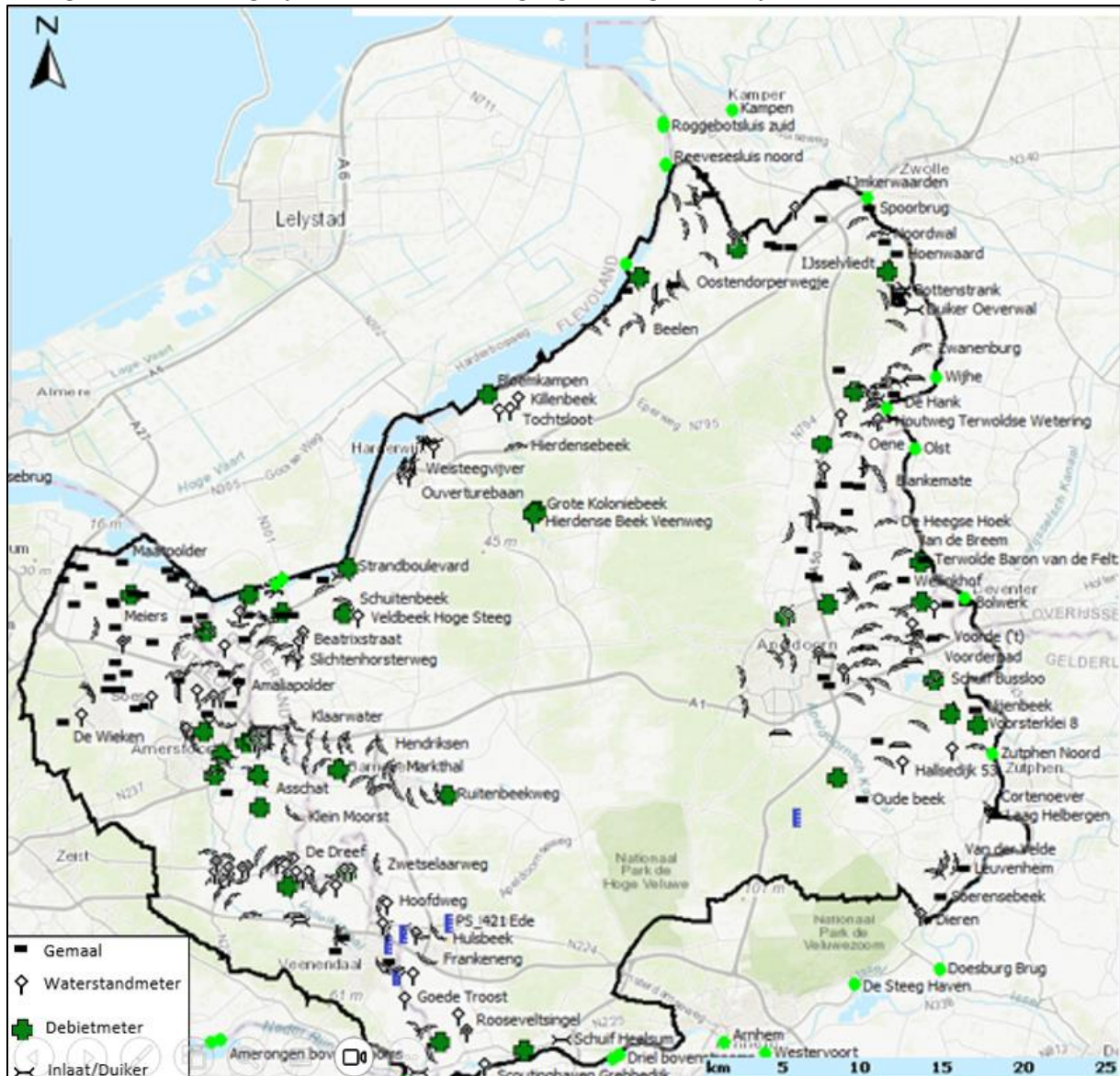
Tabel B9.2 Watergangen uit tabel B9.1 waar te weinig telemetrie staat.

Watergang met te weinig telemetrie	Opmerking;
De Modderbeek	Alleen debietmeter Modderbeek-Jaagpad geeft uiterst benedenstrooms onlinedata weer.
De Fliert	Niet voldoende telemetrie
Schuitenbeek/Veldbeek	Niet voldoende telemetrie
Voorsterbeek	Niet voldoende telemetrie/veel instroom A-wateren zonder data

Bijlage 10. Toelichting overzicht telemetrie

In figuur B10.1 is een overzicht van alle telemetrische meetpunten die op het moment van schrijven (01-05-2023) functioneel zijn. Aangezien de poldergebieden wegvallen, blijven de A-watergangen in regio oost en vooral regio zuid over als mogelijke MaaiBOS trajecten.

De meeste telemetrische meetpunten bevinden zich in de grotere watergangen. De kleinere A-watergangen (sprengen, regen gevoede beken e.d.) die vrij afwateren bevatten meesten geen of weinig telemetrie. Mogelijk dat dit soort watergangen wel geschikt zijn voor een MaaiBOS of RAM.



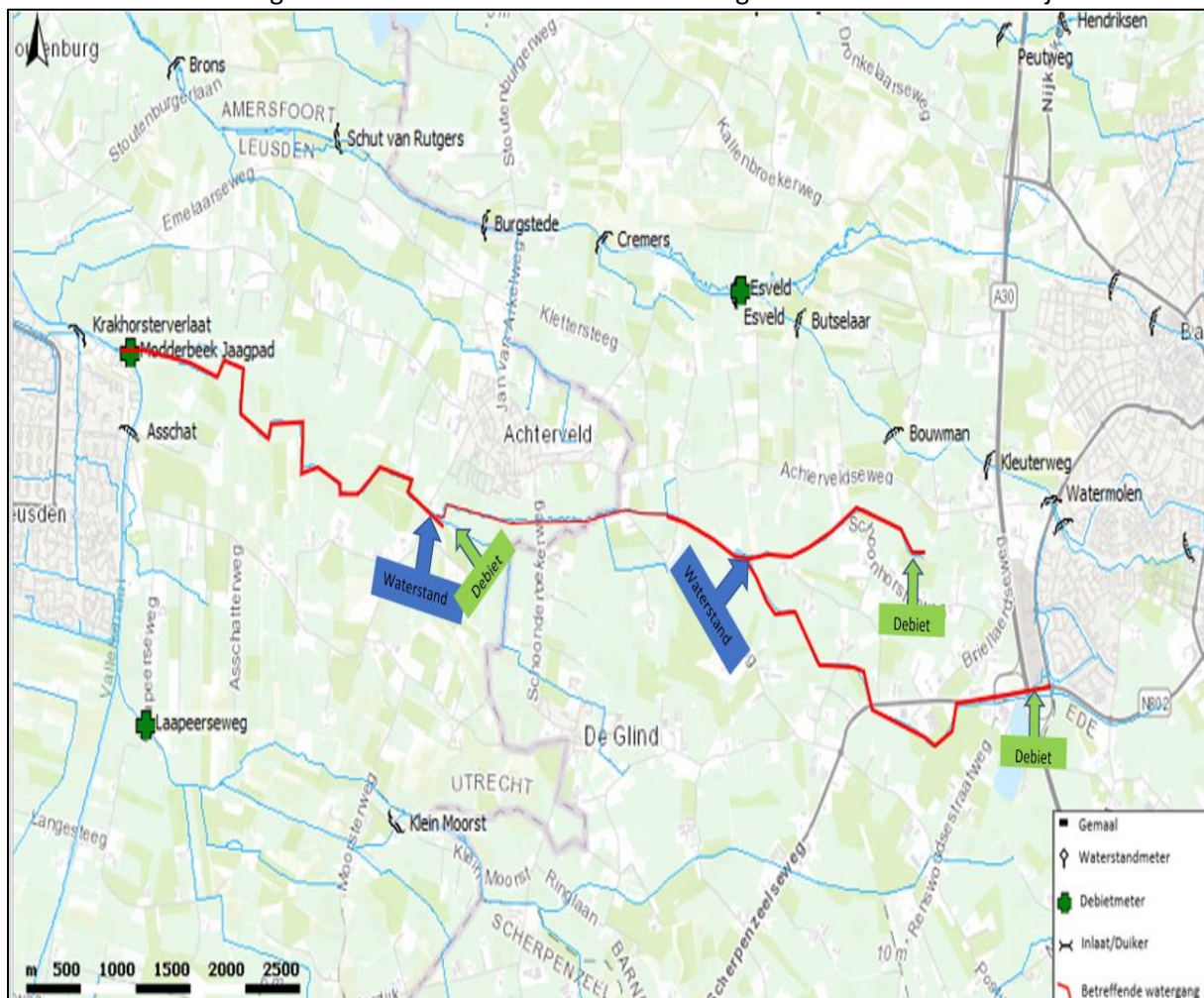
Figuur B10. 1 Overzicht werkzame telemetrische meetpunten Waterschap Vallei en Veluwe (Deltares, 2014)

De Modderbeek

In de relatief lange watergangen De Modderbeek is alleen in de benedenloop aan het eind een debietmeter aanwezig. Dit meetpunt geeft een sterke winter Qh-relatie aan. In het groeiseizoen lijkt de waterstand hier hoger te zijn dan bij vergelijkbare afvoer in de wintersituatie. In deze beek is herinrichting reeds uitgevoerd waardoor er onderhoudsarme delen in de watergang voorkomen. In de toekomst zullen bomen langs de beek zorgen voor beschaduwing waardoor minder vegetatiegroei voor zal komen. Momenteel is dat nog niet het geval en er zijn ook trajecten die niet beschaduwd zijn. Om beargumenteerd af te zien van maaierwerkzaamheden kan monitoring met een MaaibOS of RAM mogelijk objectieve data opleveren. Daarnaast kan monitoring van droogval een accuraat beeld schetsen van de mate van droogval binnen de Modderbeek. Daarvoor zal telemetrie geplaatst moeten worden in de midden- en bovenloop van de Modderbeek.

Het meest wenselijk zijn extra debietmeters bij elke zijstroom die uitmondt in de Modderbeek.

Daarnaast kan overwogen worden om meer waterstandmetingen te verrichten in dit traject.

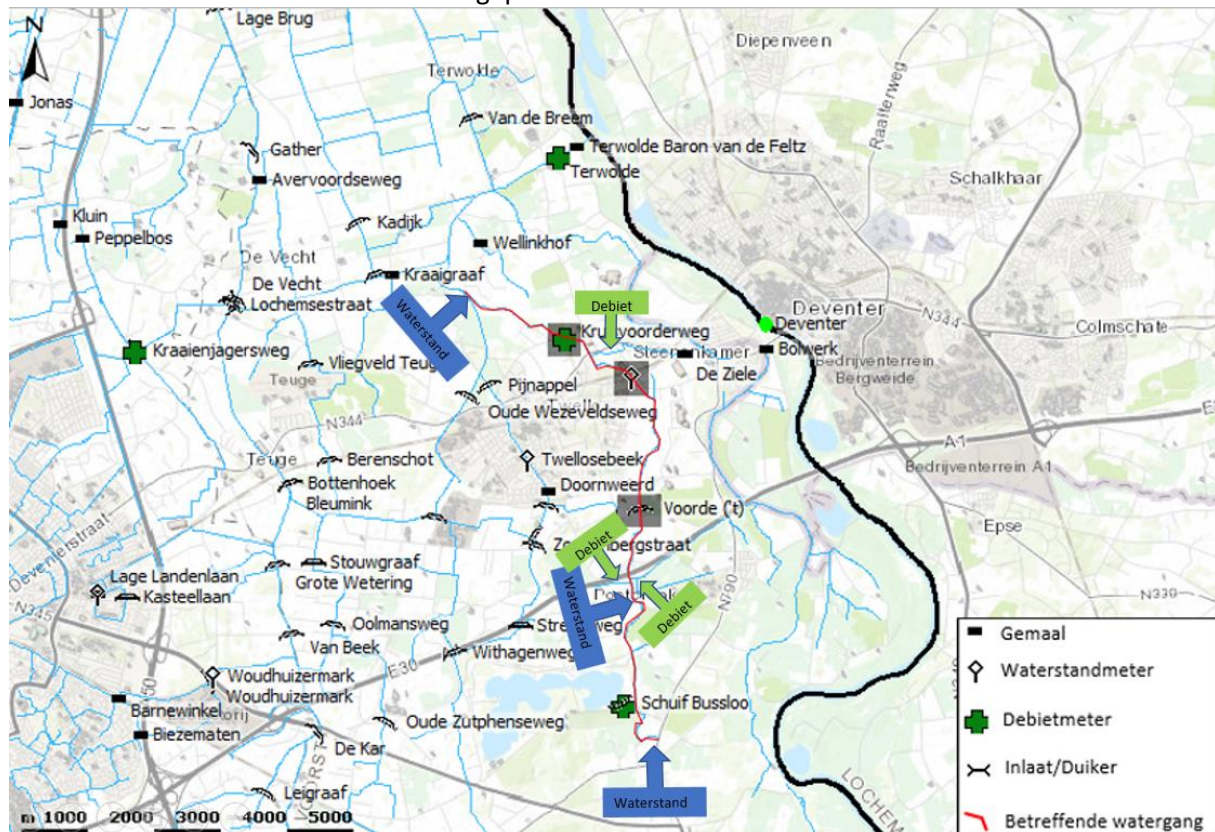


Figuur B10.2 Bestaande telemetrie en aanbevolen extra telemetrie in de Modderbeek

De Fliert

Slechts één debietmeetpunt, waterstandsm Meetpunt en één automatische stuw Schuif Bussloo bevindt zich niet in de Fliert zelf. Daarbij stromen meerdere A-watergangen de Fliert in waar geen data van is. Er is daarnaast een beperkte historische data beschikbaar van de TMX-punten die in de Fliert aanwezig zijn. In het jaar 2022 is tevens geen debiet gemeten.

- Om meer overzicht te krijgen in de afvoer van het traject dient afvoerdata van de instromende A-watergangen verkregen te worden.
- Er zijn aanvullende waterstandmeetpunten nodig aan het bovenstroomse eind, benedenstroomse eind.
- Bij locaties waar A-watergangen samenkomen dient een debiet- en/of waterstandmeetpunt aan de benedenstroomse kant geplaatst te worden.

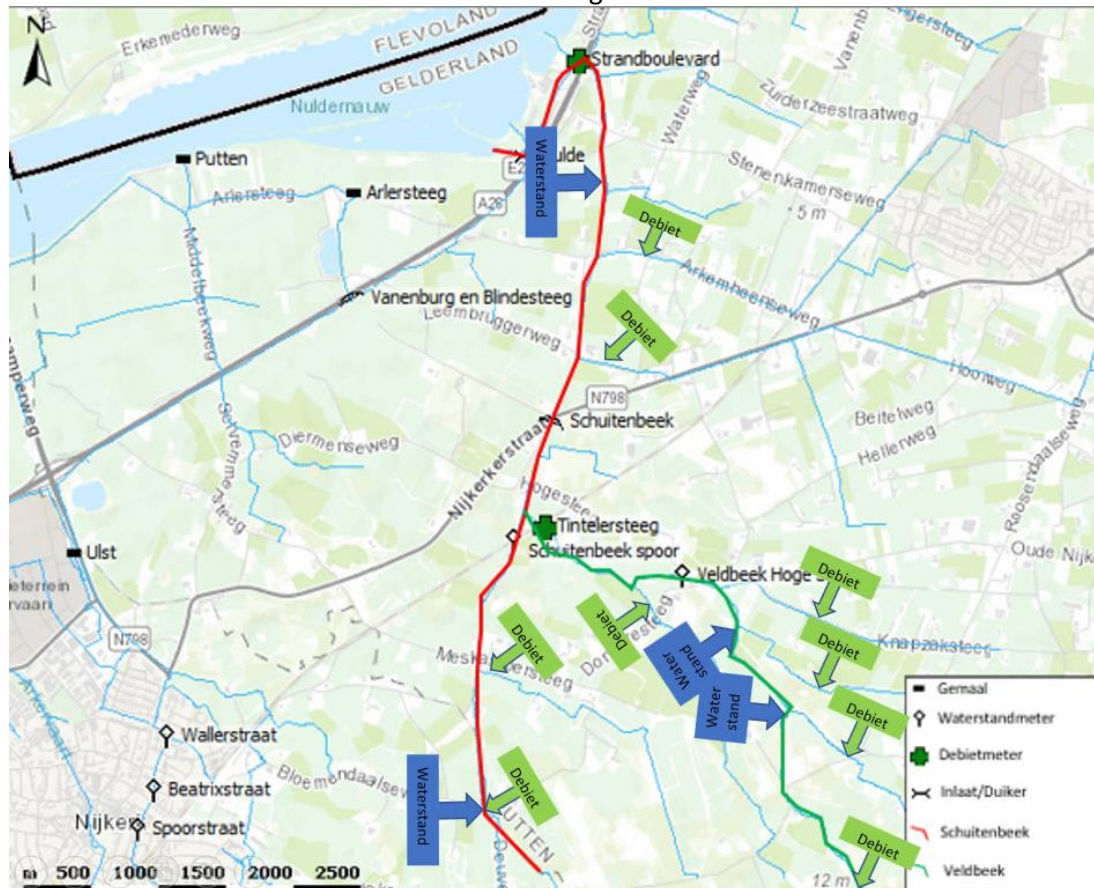


Figuur B10.3 Bestaande telemetrie en aanbevolen extra telemetrie in de Fliert

Schuitenbeek/Veldbeek

De Schuitenbeek heeft slechts een paar telemetrische meetpunten over een vrij lange loop verdeeld. Tussen deze meetpunten stromen meerdere A-watgangen uit in de Schuitenbeek waar geen data van voorradig is.

De Veldbeek is voor het grootste deel van de loop niet voorzien van telemetrie. Alleen in de benedenloop zijn twee telemetrische meetpunten aanwezig. Ook hier stromen meerdere wateren uit in de Veldbeek zonder dat hier data van aanwezig is.



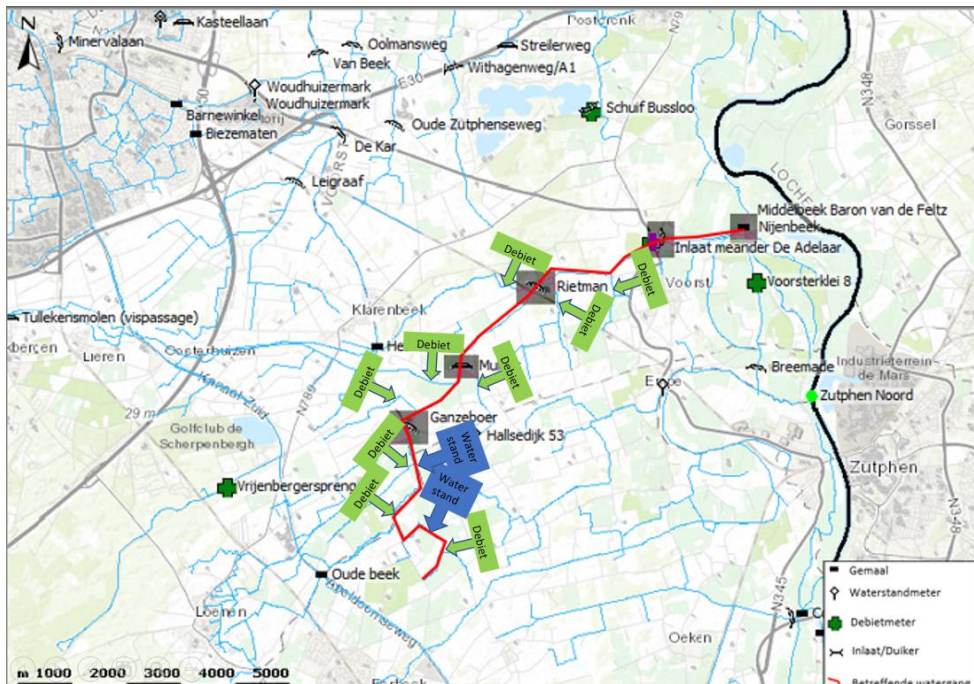
Figuur B10.4 Bestaande telemetrie en aanbevolen extra telemetrie in de Schuitenbeek/Veldbeek

De Voorsterbeek

In de Voorsterbeek liggen een aantal automatische stuwen met telemetrie. Echter wordt er bij allen geen debiet bepaald. Ter hoogte van inlaat meander de Adelaar bevindt zich het enige debietmeetpunt in de Voorsterbeek. Dit debietpunt is niet representatief voor een groot deel van de Voorsterbeek. Er stromen veel A-watgangen uit in de Voorsterbeek waar geen data van beschikbaar is.

Mogelijk bevindt zich tussen stuw Ganzeboer-Mulder-Rietman wel een vegetatiesignaal, maar vanwege het ontbreken van een valide debiet kan dit niet worden vastgesteld. Zoals Figuur B10.5 laat zien, is het wenselijk om het debiet beter in beeld te krijgen. Mogelijk dat er dan mogelijkheden zijn voor een MaaibOS in traject Ganzeboer-Rietman.

Daarnaast is er een mogelijk probleem met vegetatiegroei bij de Zilvense Broekbeek. Als er (tijdelijk) telemetrie geplaatst wordt, kan de situatie gemonitord worden.



Figuur B10.5 Bestaande telemetrie en aanbevolen extra telemetrie in de Voorsterbeek en Zilvense Broekbeek

Conclusie:

Met het oog op datagedreven systemen als het MaaiBOS of het RAM kan het volgende gezegd worden. Binnen het beheergebied van Waterschap Vallei en Veluwe zijn relatief weinig telemetrische meetpunten aanwezig.

Uit gesprekken met gebiedscoördinatoren en hydrologen blijkt dat er meerdere watergangen zijn waar telemetrie gewenst is. Een gebiedscoördinator gaf aan in het kader van maatwerk in waterconservering behoefte te hebben aan meer automatische stuwen met telemetrie.

Vanuit hydrologie is behoefte om meer inzicht te krijgen in de Zilvense Broekbeek. Binnen deze beek is recentelijk door stakeholders aangegeven dat er wateroverlast ontstaat. Tevens is er sprake van relatief veel vegetatiegroei.

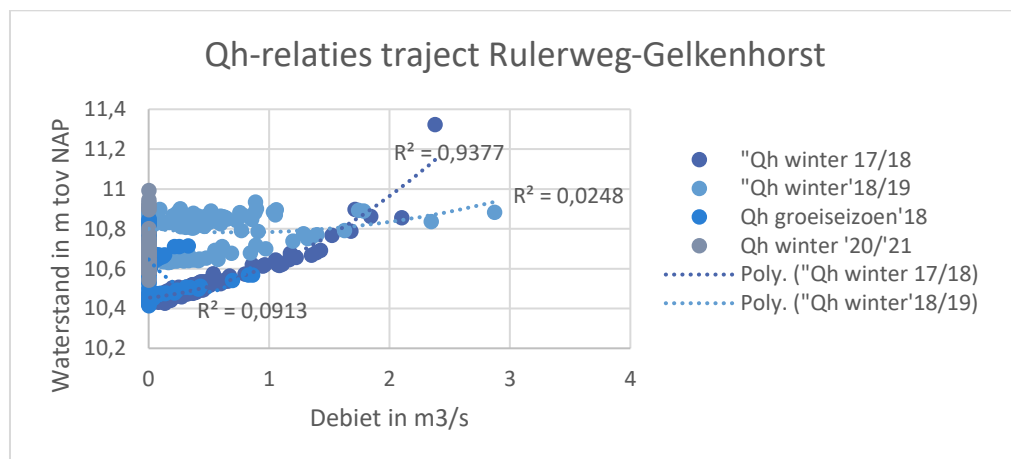
Bijlage 11 Toelichting casestudies implementatiemethode

In deze bijlage wordt een samenvattend overzicht gegeven van de bevindingen uit de casestudies die zijn toegepast op verschillende watergangen. In de digitale omgeving “W:\BWS\Watersystemen” is een map “MaaibOS onderzoek” geplaatst. In deze omgeving bevindt de ruwe data (Excelbestanden) van de casestudies zich in de map “Onderzoeksfase 3”.

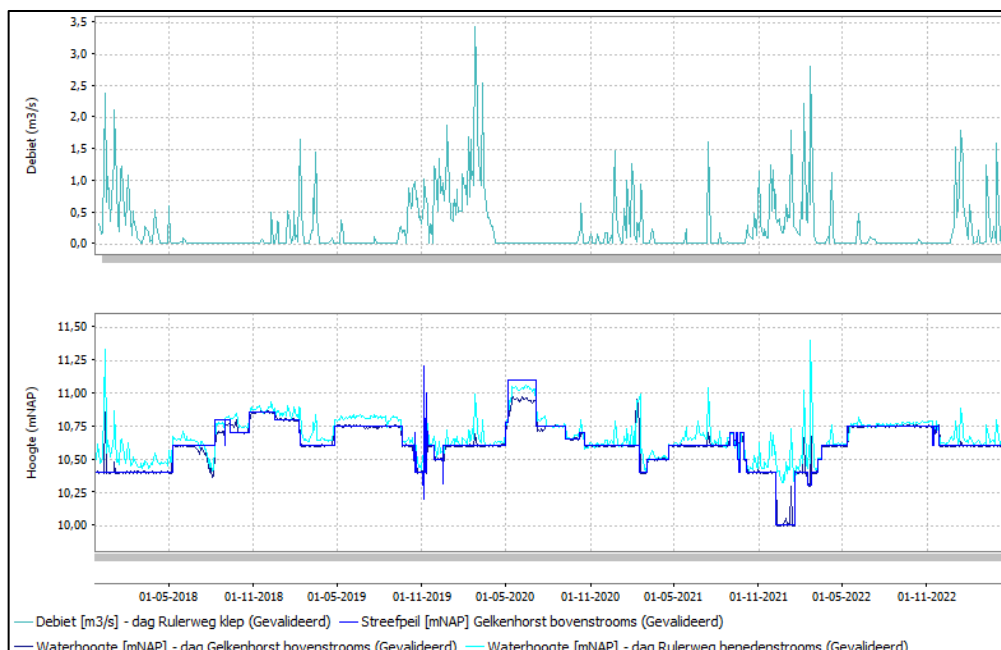
1. Barneveldse beek

Tussen stuw Rulerweg en stuw Brons zijn 12 stuwpanden onderzocht. Er kan geconcludeerd worden dat er geen geschikte MaaibOS trajecten zijn binnen de Barneveldse beek. Samenvattend zijn de meeste trajecten op grond van de volgende punten afgekeurd;

- In het groeiseizoen zijn er grote perioden zonder afvoer (figuur b11.2).
- Er is geen duidelijk vegetatiesignaal waargenomen (figuur b11.2).
- De meetdata bevat fouten (negatief verval). In sommige gevallen ontbreken er meetgegevens waardoor gaten in de meetreeks ontstaat.
- De winter Qh-relaties zijn niet elk jaar even sterk. In figuur b11.2 is te zien dat de er in de winter van '18/'19 meerdere streefpeilen zijn gehanteerd. Dit resulteert in een winter Qh-relatie die een zwakkere relatie weergeeft tussen het debiet en de waterstand in vergelijking met de winter Qh-relatie '17/'18. Gedurende de winter '17/'18 is er sprake van een relatief gelijkblijvend streefpeil (figuur b11.1).
- Volgens het beheer is er niet direct noodzaak voor een MaaibOS.



Figuur B11.1 Voorbeeld Qh-relaties in het traject stuwpand Rulerweg- Gelkenhorst

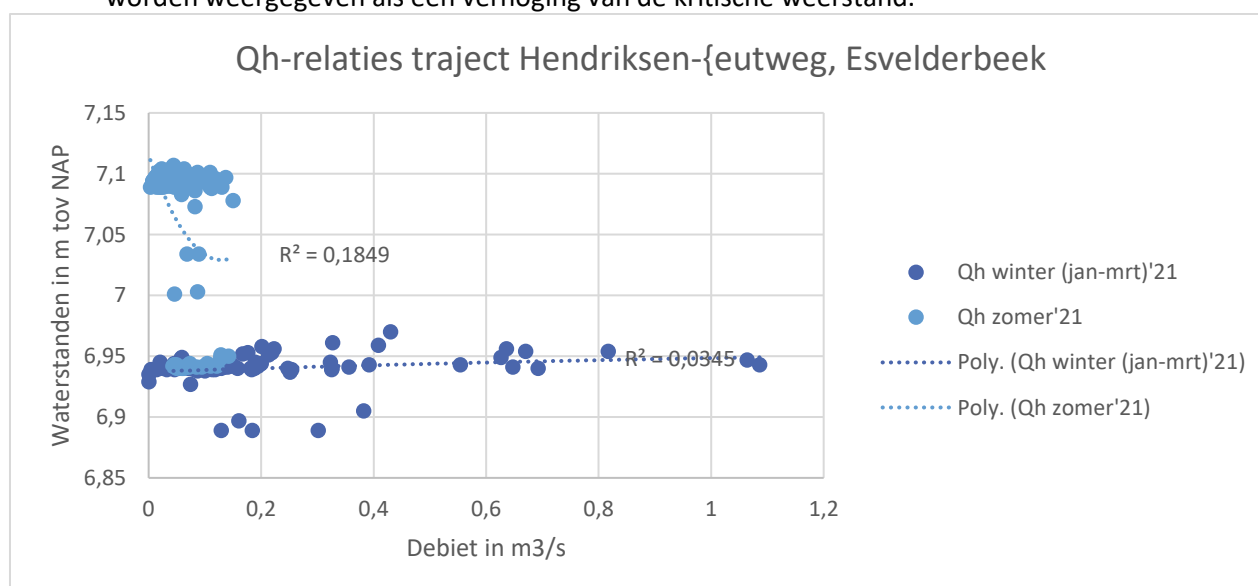


Figuur B11.2 Voorbeeld debiet, waterstanden en het gehanteerde streefpeil in het traject stuwpand Rulerweg- Gelkenhorst (Deltares, 2014)

2. Esvelderbeek

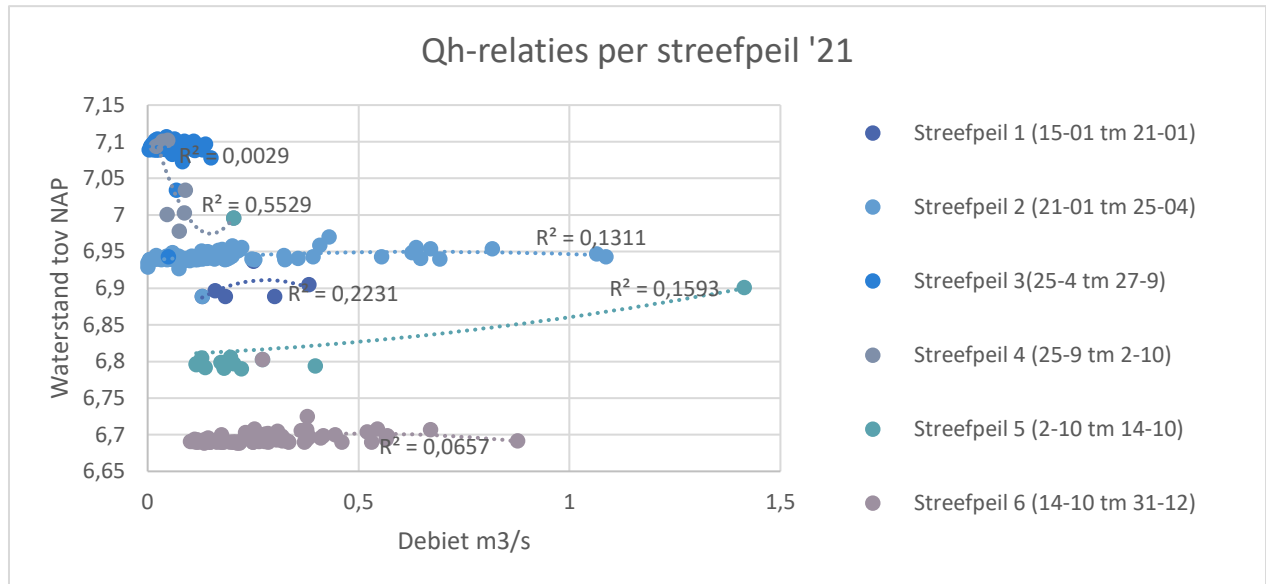
Tussen stuw Hendriksen en stuw van der Haar zijn 8 stuwpanden onderzocht. Er kan geconcludeerd worden dat er geen geschikte MaaiBOS trajecten zijn binnen de Esvelderbeek. Samenvattend zijn de meeste trajecten op grond van de volgende punten afgekeurd;

- In meerdere trajecten is sprake van veel variatie in gehanteerde streefpeilen (figuur b11.3 en b11.4). Hierdoor is wordt het complex om een MaaiBOS in te voeren. Meerdere streefpeilen in de winter zorgen voor het ontbreken van een duidelijke nulsituatie in de winter. In het groeiseizoen kan een variërend streefpeil zorgen voor verkeerde maaisignalen in een MaaiBOS. In het geval een streefpeil hoger komt te staan, zal een automatische stuw corrigeren door de stuw hoger te zetten. Een MaaiBOS is ingesteld op een vast peil of stabiele nulsituatie. Een verhoging van het streefpeil zal in het MaaiBOS daarom foutief worden weergegeven als een verhoging van de kritische weerstand.



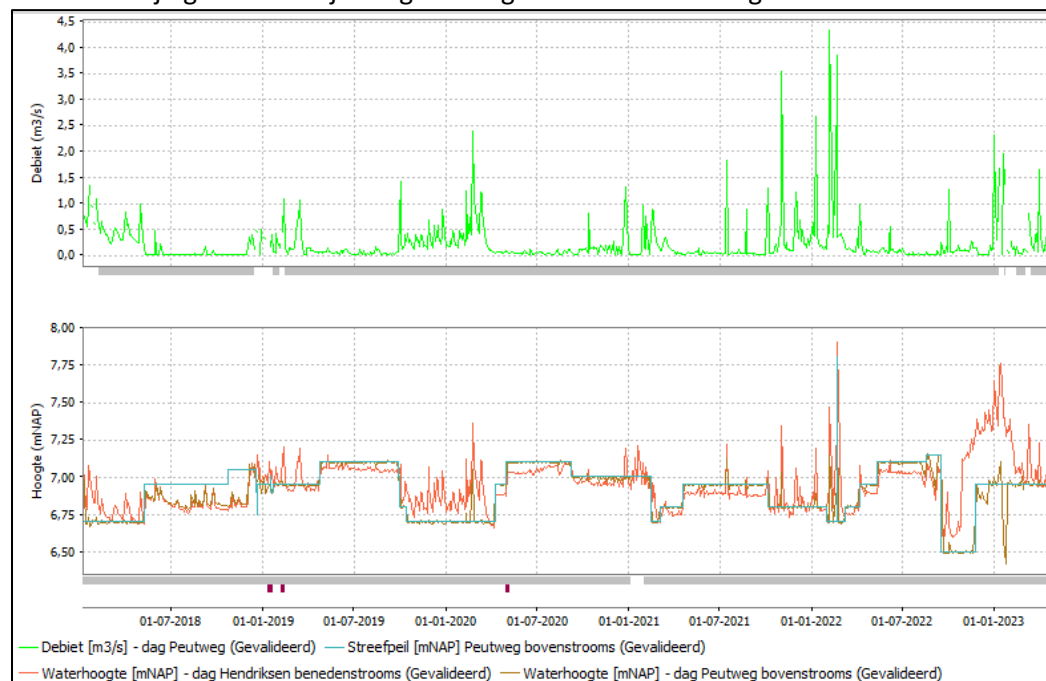
Figuur B11.3 Qh-relaties traject Hendriksen-Peutweg, Esvelderbeek

- Niet alle zwakke Qh-relaties kunnen verklaard worden door variatie in streefpeil. Zoals in figuur b11.3 t/m b11.5 te zien is, zijn er in 2021 veel verschillende streefpeilen gehanteerd. Er is per streefpeil gekeken of er een sterke relatie te zien is tussen het debiet en de waterstand. Deze relaties zijn in de meeste gevallen iets sterker dan de Qh-relaties in de wintersituatie en groeisezoensituatie. De Qh-relaties van de meeste streefpeilen blijven echter zwak. Vermoedelijk speelt een andere storende factor hier een grotere rol. Binnen dit traject stromen meerdere A-watergangen uit. Van deze watergangen zijn geen gegevens bekend.



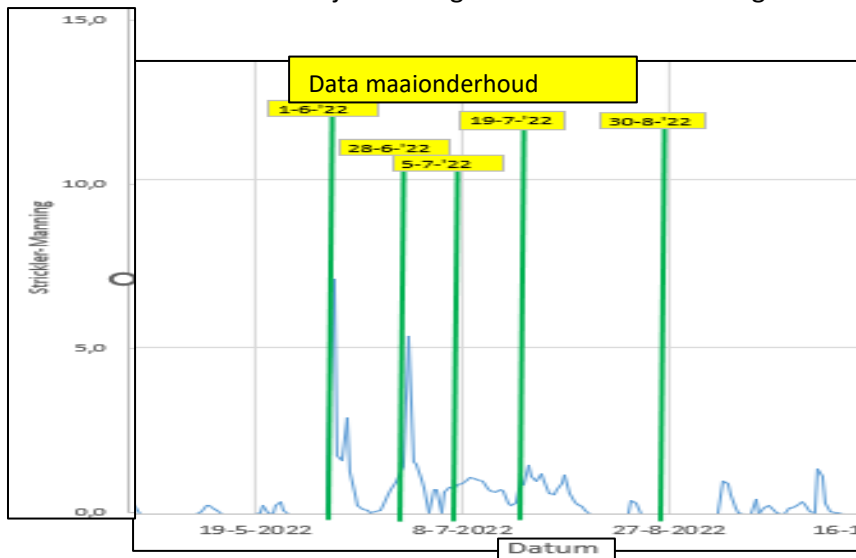
Figuur B11.4 Analyse Qh-relatie in het jaar '21 per streefpeil in het traject Hendriksen-Peutweg, Esvelderbeek

- Er zijn trajecten waar negatief verval voorkomt. Het is de vraag of de meetdata valide is.
- Er zijn geen duidelijke vegetatiesignalen zichtbaar in figuur b11.5.



Figuur B11.5 Voorbeeld debiet, waterstanden en het gehanteerde streefpeil in het traject Hendriksen-Peutweg, Esvelderbeek (Deltares, 2014)

- In figuur b11.6 laat de Strickler-Manning coëfficiënt wel enkele pieken zien die lijken te correleren met maaidata. Hier kan echter niet veel mee gedaan worden doordat de Qh-relaties niet sterk zijn. Er kan geen MaaibOS worden ingericht.

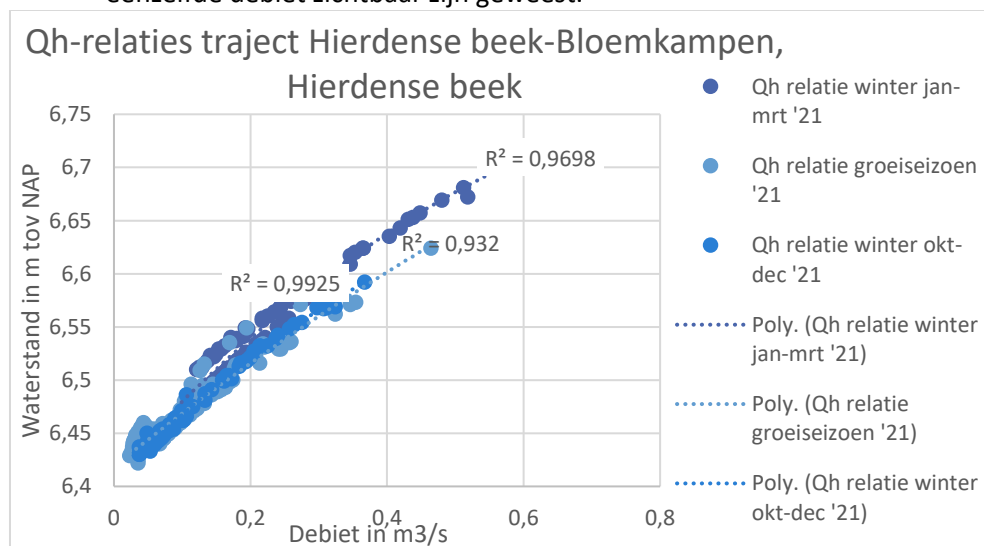


Figuur B11.6 Validatie van het effect van maaionderhoud in Strickler-Manning met maaidata uit GISIB in traject Hendriksen-Peutweg, Esvelderbeek

3. Hierdense beek

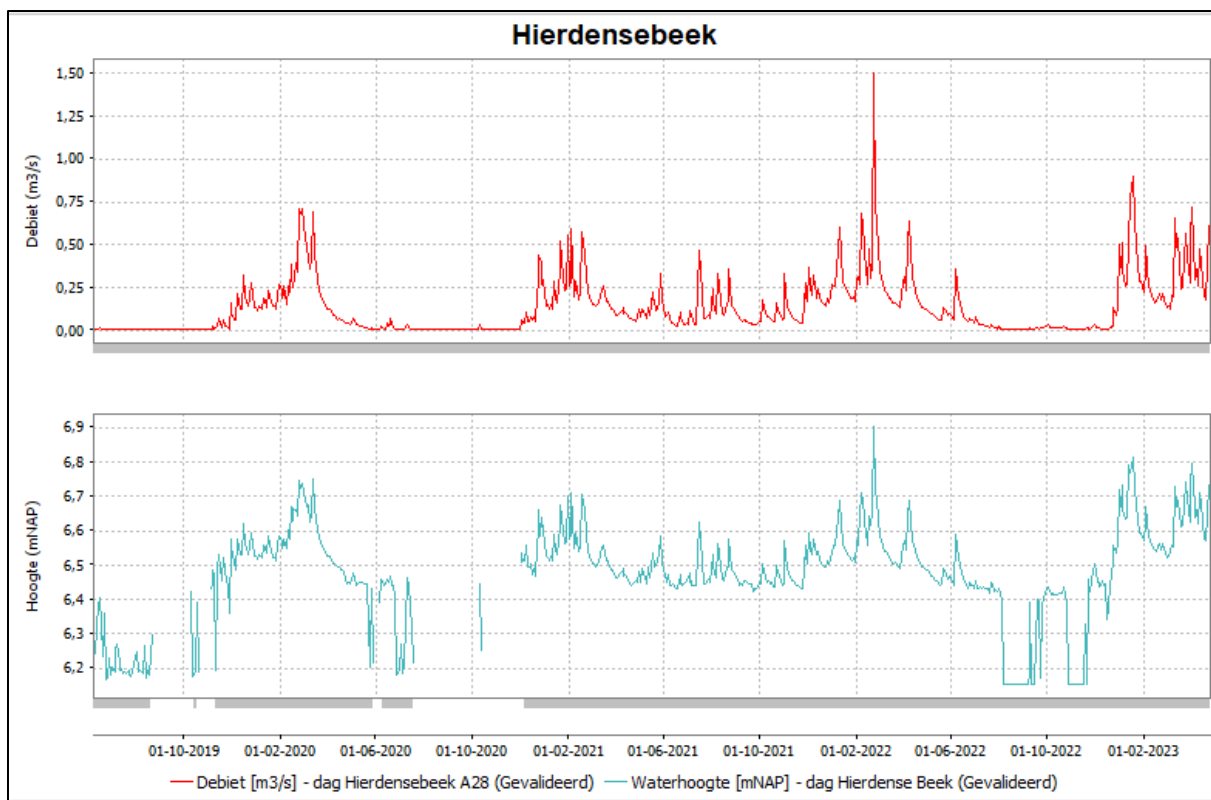
Al snel bleek dat het bovenstroomse deel door bosrijk gebied heen stroomt. Dit traject bevindt zich tussen debietmeetpunten Grote koloniebeek/Leuvenumse beek en stuw Hierdense beek. Doordat dit deel beschaduwd is in het groeiseizoen, zal vegetatiegroei hier geen grote rol spelen. Er is verder gekeken in het traject Hierdense beek – Bloemkampen. Er kan geconcludeerd worden dit geen geschikt MaaibOS traject is. Samenvattend is het traject op grond van de volgende punten afgekeurd;

- Geen vegetatiesignaal. In figuur b11.7 is te zien dat er geen verschil is tussen de Qh-relaties in de winter en in het groeiseizoen. Bij invloed van vegetatie zou een hogere waterstand bij eenzelfde debiet zichtbaar zijn geweest.



Figuur B11.7 Qh-relaties traject Hierdense beek-Bloemkampen, Hierdense beek

- Er zijn periodes geweest waarin geen afvoer is gemeten (figuur b11.8). Vermoedelijk is er ook sprake geweest van droogval.

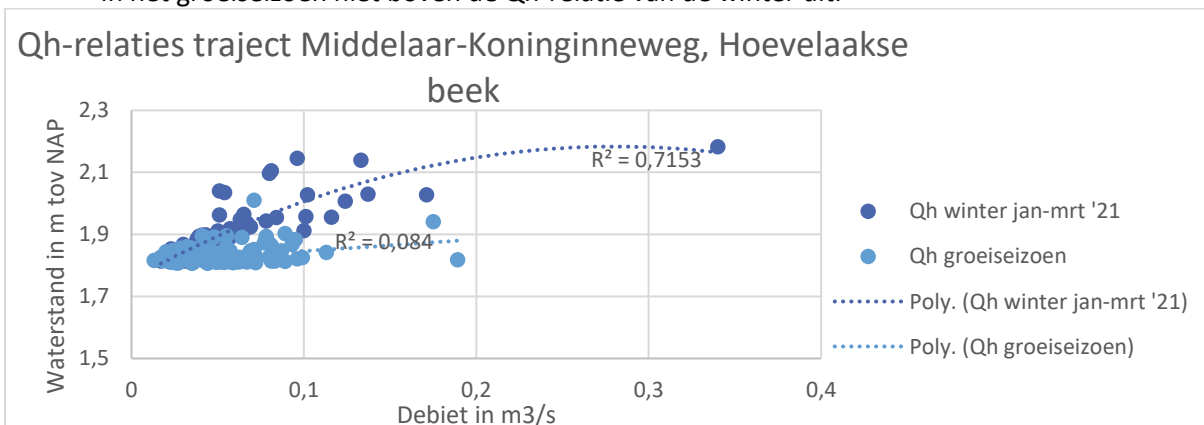


Figuur B11.8 Voorbeeld debiet, waterstanden en het gehanteerde streefpeil in het traject Hierdense beek-Bloemkampen, Hierdense beek (Deltares, 2014)

4. Hoevelaakse beek

Tussen stuw Klarwater en debietmeter de Wieken zijn 4 stuwpanen onderzocht. Er kan geconcludeerd worden dat er geen geschikte MaaibOS trajecten zijn binnen de Hoevelaakse beek. Samenvattend zijn de meeste trajecten op grond van de volgende punten afgekeurd;

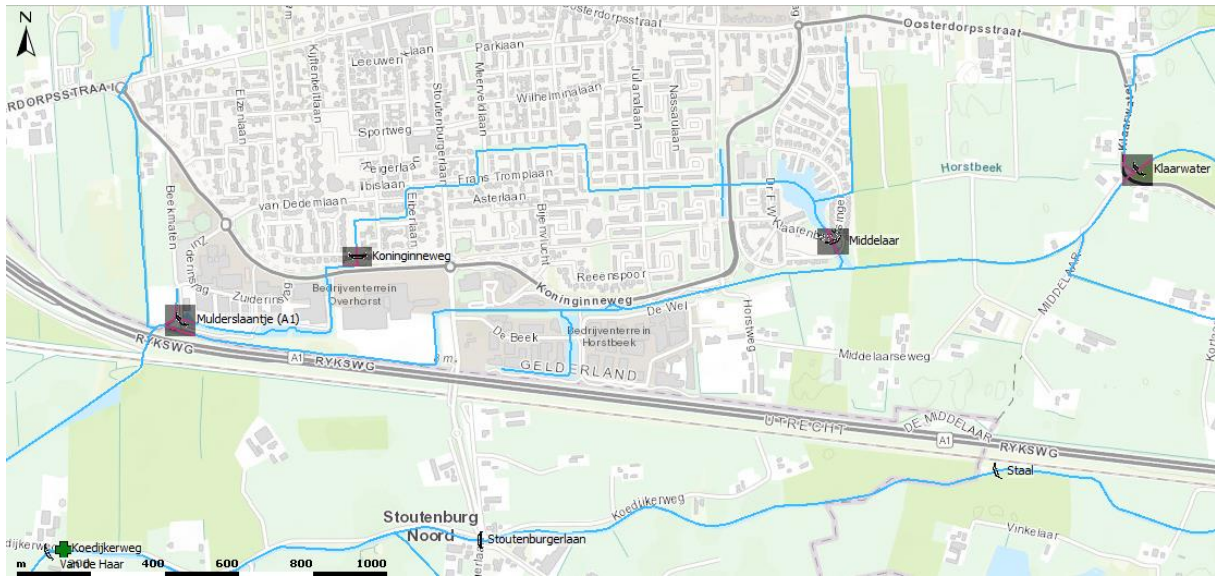
- Er zijn grotere perioden zonder afvoer in het groeiseizoen.
- Er is geen vegetatiesignaal waargenomen. Zoals in figuur b11.9 te zien is, komt de Qh-relatie in het groeiseizoen niet boven de Qh-relatie van de winter uit.



Figuur B11.9 Qh-relaties in het traject Middelaar-Koninginneweg, Hoevelaakse beek.

- In de data van debietpunt De Wieken staan negatieve debieten vermeld. Het is de vraag hoe valide de data is.
- De meetpunten in de Hoevelaakse beek staan niet op gunstige posities. In figuur b11.10 is te zien dat er tussen de meetpunten van meerdere trajecten meerdere watergangen uitstromen. Van deze watergangen is geen data beschikbaar. Daarnaast kan het traject Middelaar-Koninginneweg gezien worden als een zijloop door het stedelijke gebied. Idealiter

had het meetpunt Middelaar in de Hoevelaakse beek gestaan en had er stroomafwaarts nog een meetpunt gestaan.



Figuur B11.10 Locatie enkele meetpunten in de Hoevelaakse beek (Deltares, 2014)

5. Lunterse beek

Tussen stuw Klarwater en debietmeter de Wieken zijn 4 stuwpanden onderzocht. Er kan geconcludeerd worden dat er geen geschikte MaaibOS trajecten zijn binnen de Hoevelaakse beek. Samenvattend zijn de meeste trajecten op grond van de volgende punten afgekeurd;

- Ondanks relatief sterke winter Qh-relaties is er geen vegetatiesignaal waargenomen in de Lunterse beek.
- Er is sprake van negatief verval en negatief debiet binnen meerdere trajecten (meetfouten).
- Er stromen A-watgangen uit in de Lunterse beek waar geen data van beschikbaar is.
- De gebiedscoördinatoren ziet geen noodzaak/heil in monitoren met een MaaibOS in deze watgang.
- Er staan te weinig meetpunten die een goed beeld schetsen van alle instroom en waterstanden. Er zijn weinig goede debietmeetpunten. Er is veelal gewerkt met een paar debiet meetpunten terwijl er meerdere watgangen zonder meetdata in het Valleikanaal uitstromen.

6. Valleikanaal

Volgens de beheerder is er binnen het Valleikanaal geen noodzaak om te monitoren voor maaierwerkzaamheden. Daarnaast zijn de onderzochte trajecten op de volgende punten afgekeurd;

- Er stromen veel A-watgangen het Valleikanaal in waar geen data van beschikbaar is.
- Volgens de beheerder is er binnen het Valleikanaal geen noodzaak om te monitoren voor maaierwerkzaamheden.

7. Voorsterbeek

De Voorsterbeek is niet geschikt voor een MaaibOS. Op basis van de volgende punten;

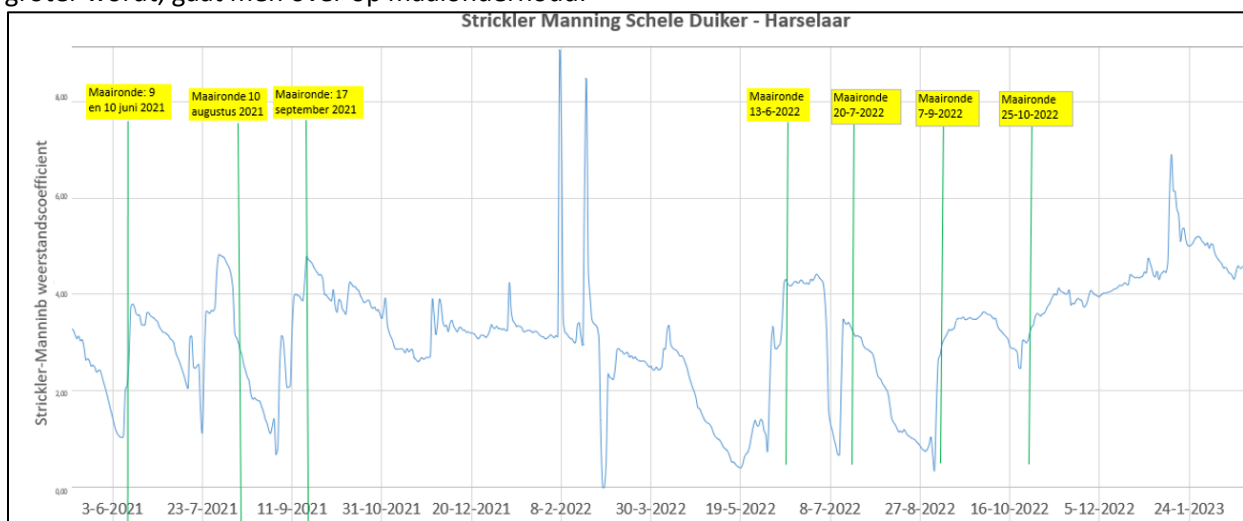
- Vanaf 2022 zijn lagere periodes zonder afvoer zichtbaar in de meetdata
- Er is sprake van negatief debiet bij debietmeter Rijksweg en negatief verval tussen stuw Mulder en Rietman (meetfouten).
- Geen duidelijk vegetatiesignaal zichtbaar.
- Er is invloed van storende factoren op de Qh-relaties. Er stromen meerdere A-watgangen zonder meetdata uit in de trajecten.

8. Woudenbergse Grift

Er lijkt binnen het traject Schele Duiker en Harselaar wel een vegetatiesignaal zichtbaar te zijn. Dit signaal is met behulp van maaidata ook gevalideerd conform stap 3 uit de implementatiemethode. Ook in de Strickler-Manning grafiek zijn de maaidata zichtbaar. Het valt echter op de Woudenbergse Grift door het hele jaar heen een relatief lage Strickler-Manning coëfficiënt heeft. Dit kan duiden op een hogere weerstand door andere factoren. Mogelijk beïnvloeden de aanwezige stuwen de weerstand in het profiel. Het traject Schele duiker-Harselaar staat bij de regiocoördinator ook bekend als gedeelte wat het snelste dichtgroeit.

Echter is het traject niet goed bruikbaar voor een MaaiBOS doordat de winter Qh-relaties na het seizoen '17/'18 steeds zwakker worden. Hierdoor is er geen duidelijke nulsituatie om een MaaiBOS op te bouwen. Mogelijke oorzaken zijn het dynamisch peilbeheer wat bij de stuw Harselaar meer toegepast. De invloed van A-watergangen zonder meetdata die uitkomen in het traject.

Verder gaf de gebiedscoördinator aan dat er in de Woudenbergse Grift gekeken wordt naar het verschil in afvoer bij de Schele Duiker en de afvoer over de stuw in Amersfoort. Als het verschil groter wordt, gaat men over op maaionderhoud.



Figuur B11.11 Strickler-Manning coëfficiënt en validatie van maaimomenten

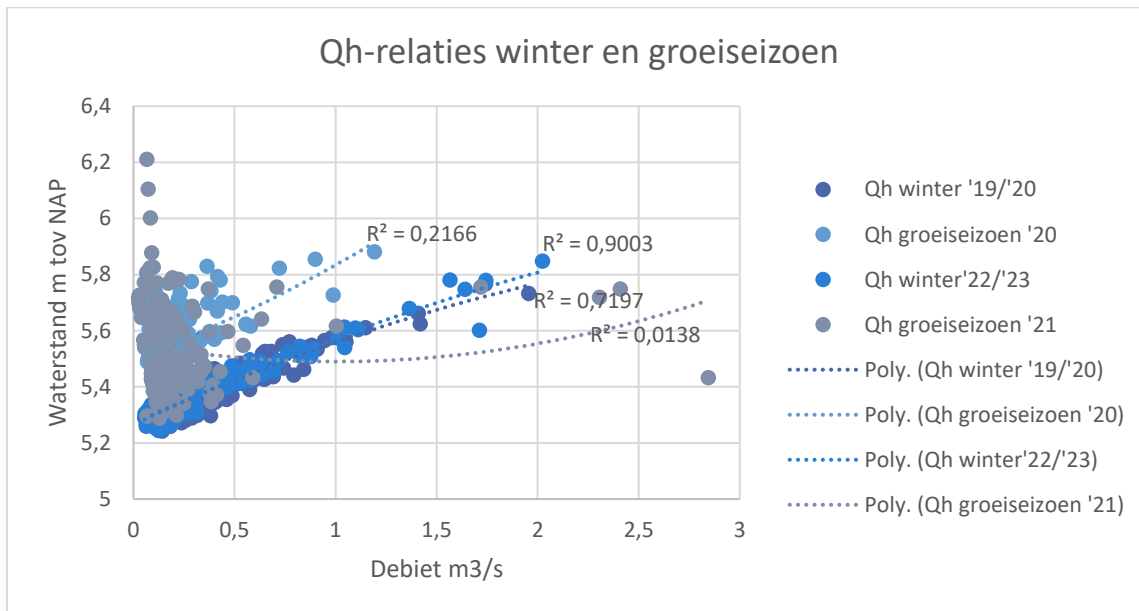
Binnen de Woudenbergse Grift zijn voor de stuwen Harselaar, Rottegatsteeg, Driestapel, Haarsteeg en Geerenstein debietgegevens uit TMX in FEWS geplaatst. Daarbij kon geen uitspraak worden gedaan over de betrouwbaarheid van de data. Aangezien er sprake is van negatief verval wordt ervan uitgegaan dat deze data niet valide is.

Er wordt door de beheerder een eigen soort MaaiBOS gebruikt. Er wordt gekeken naar het verschil in debiet. Als er bij de Schele Duiker meer water wordt ingelaten dan er in Amersfoort binnenstroomt, is dat een teken voor de beheerder om in het veld te gaan kijken. Er wordt gestuurd op debietverschil.

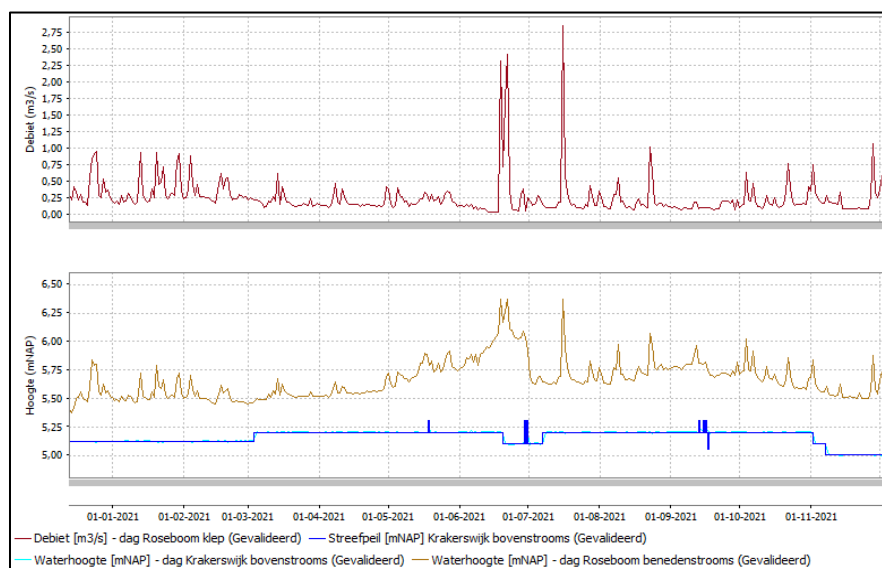
9. Zijdewetering

In de Zijdewetering is in het traject Rooseboom-Krakerswijk mogelijk een vegetatiesignaal zichtbaar. De meest recente winter Qh-relaties laten een sterke relatie zien tussen het debiet en de waterstanden. Daarnaast geven de Qh-relaties in het groeiseizoen een zwakke relatie tussen de afvoer en de waterstanden. Dit is een tweede indicatie van een vegetatiesignaal. De Strickler-Manning coëfficiënt laat op het geregistreerde maaimoment geen duidelijke overeenkomst zien. Daaromheen zijn wel veel pieken en dalen te zien die soms aan een toename van het debiet is toe te schrijven.

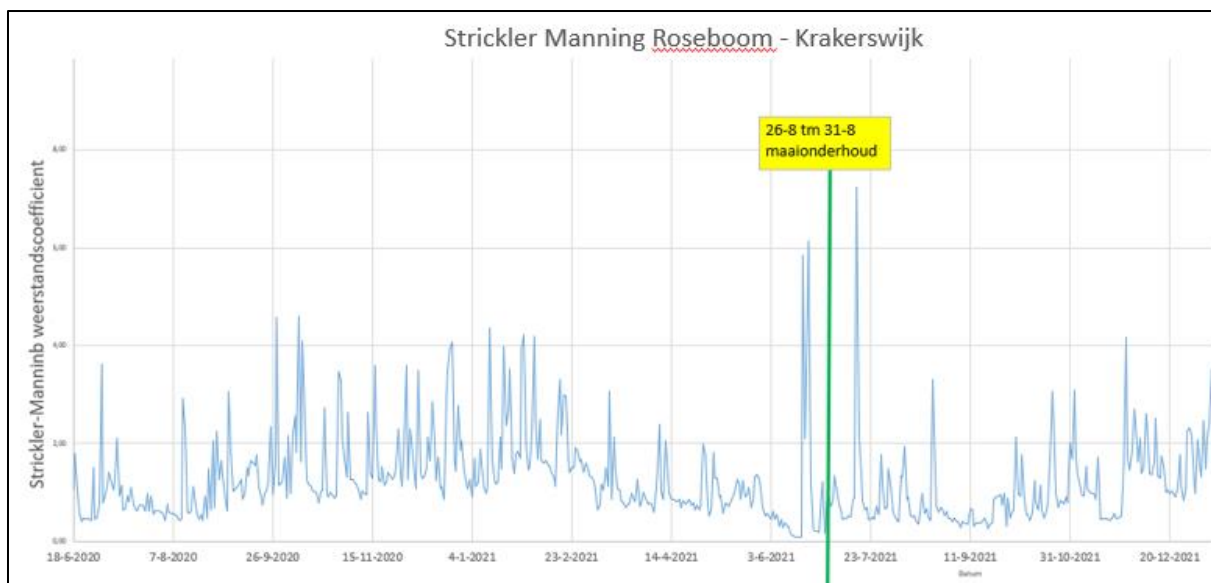
Er kan echter geen MaaiBOS worden opgericht. Het vegetatiesignaal is duidelijk zichtbaar in 2020 en 2021. Het streefpeil was vanaf april in die jaren een periode vrij constant, maar gedurende het jaar varieert het streefpeil regelmatig. Vanaf april 2022 is bijvoorbeeld meer variatie in streefpeilen zichtbaar waardoor het vegetatiesignaal niet duidelijk vast te stellen valt. Dit verstoort de werking van een MaaiBOS doordat correcties (hogere kruin) van een hoger streefpeil leiden tot een foutief maaiadvies in het MaaiBOS.



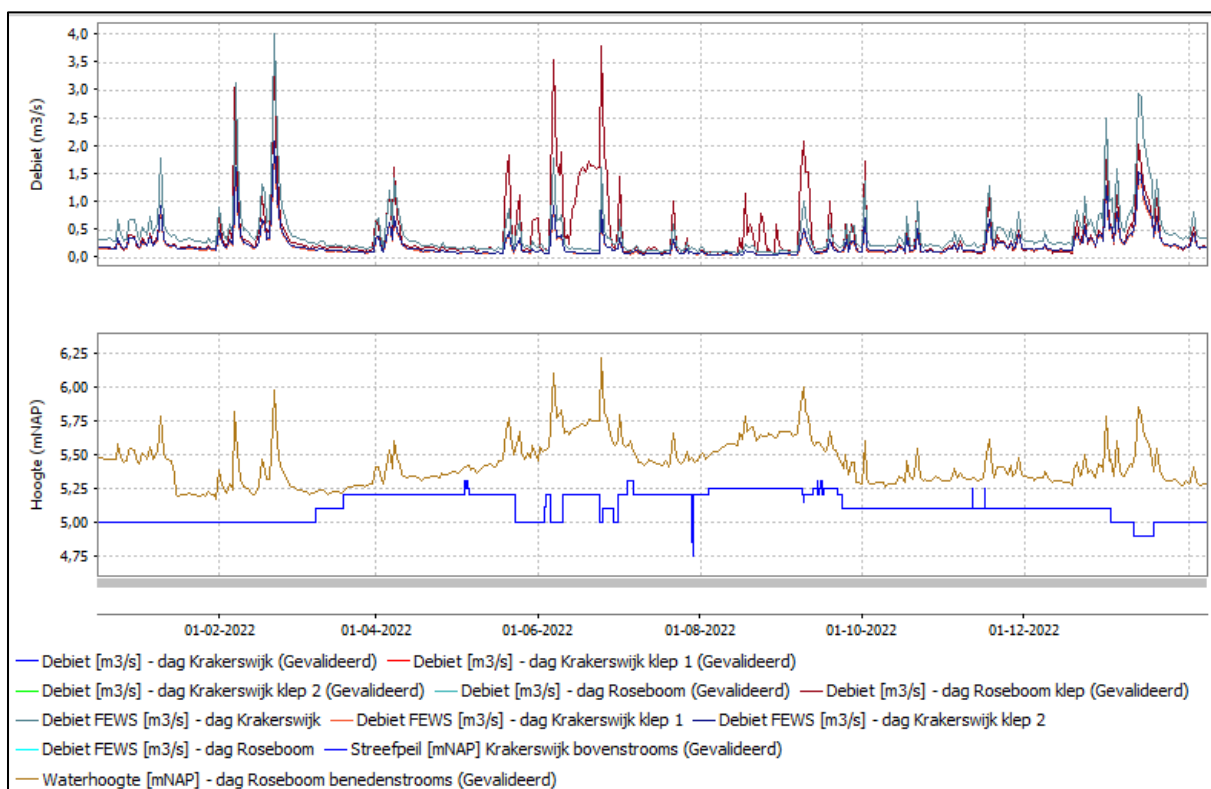
Figuur B11.12 Qh-relatie traject Roseboom-Krakerswijk, Zijdewetering



Figuur B11.13 Mogelijk vegetatiesignaal (1-4 t/m 1-6-'21) traject Roseboom-Krakerswijk, Zijdewetering



Figuur B11.14 Strickler-Manning coëfficiënt en validatie van maaimomenten traject Roseboom-Krakerswijk, Zijdewetering



Figuur B11.15 Geen vegetatiesignaal rond april door verstoring variatie in streefpeilen.