

Dijkvegetatie goed gegrond

'Optimale indeling van de nevenfuncties: ecologie en agrarisch medegebruik binnen het dijkenareaal van Waterschap Rijn en IJssel'



Dijkvegetatie goed gegrond

'Optimale indeling van de nevenfuncties: ecologie en agrarisch medegebruik binnen het dijkenareaal van Waterschap Rijn en IJssel'

Afstudeerrapport

6 juni 2019

Afstuderen feb. – jun. 2019

Hogeschool Van Hall Larenstein
Land- en Watermanagement
Toegepaste hydrologie

Studenten

Naam	J. Hoogvorst	Naam	N. Schasfoort
Adres	Koningsboulevard 150 6852PM Huissen	Adres	Lichtenbergseweg 68A 7064CE Silvolde
Tel.	06 81724895	Tel.	06 44380982
E-mail	Julian.hoogvorst@hvhl.nl	E-Mail	Niek.schasfoort@hvhl.nl
Nr.	000009109	Nr.	000008543

Begeleiding Waterschap Rijn en IJssel

Naam	L. Post
Tel.	0314 369507
E-mail	l.post@wrij.nl

Begeleiding Hogeschool Van Hall Larenstein

Naam	K. Leevers
Tel.	06 22877595
E-mail	Karen.leevers@hvhl.nl

Beoordeling Hogeschool Van Hall Larenstein

Naam	D. de Jager
Tel.	026 3695764
E-mail	Dennis.dejager@hvhl.nl



Voorwoord

Voor u ligt de scriptie 'Dijkvegetatie goed gegrond' waarin onderzoek is gedaan naar de bepaling van de optimale indeling van nevenfuncties van de grasbekleding van het dijkenareaal van het Waterschap Rijn en IJssel. Deze scriptie is geschreven in het kader van ons afstuderen aan de opleiding Land- en Watermanagement aan de Hogeschool Van Hall Larenstein.

Bij deze willen wij graag onze interne begeleider, Leonard Post, bedanken voor zijn ondersteuning en advies bij het uitvoeren van het onderzoek. Daarnaast willen wij onze externe begeleider, Karen Leevers, bedanken voor begeleiding en feedback.

Wij wensen u veel leesplezier toe.

Julian Hoogvorst en Niek Schasfoort

Doetinchem, 6 juni 2019

Samenvatting

In dit onderzoek is een methode ontwikkeld om de ideale nevenfunctie van de grasbekleding, op het dijkenareaal van het Waterschap Rijn en IJssel, te bepalen. Het waterschap beschikt niet over een dergelijke methode, wat resulteert in een suboptimale verdeling van nevenfuncties. Voor de bepaling van de ideale nevenfunctie is onderscheid gemaakt in ecologie en agrarisch medegebruik. De eisen van de primaire functie waterveiligheid worden behaald wanneer de nevenfunctie ideaal is.

De bepaling van de ideale nevenfunctie bestaat uit een drietal stappen. Ten eerste zijn de verschillende vegetatietypen die binnen het graslandecosysteem van de dijken voorkomen, gedefinieerd. Onderscheid is gemaakt in een viertal hooilanden en een drietal weilanden, met ieder een kenmerkend beheertype, mate van soortenrijkdom en hoeveelheid biomassa-productie.

Ten tweede zijn de functie-eisen van de primaire functie en nevenfuncties onderzocht. Op basis van de functie-eisen zijn de functies gekoppeld aan kenmerkende vegetatietypen en beheertypen. De nevenfunctie ecologie wordt gekenmerkt door vegetatietypen met een hoge soortenrijkdom en lage biomassa-productie en wordt beheerd door te hooien of te beweiden zonder mestgift. De nevenfunctie agrarisch medegebruik wordt gekenmerkt door vegetatietypen met een lage soortenrijkdom en hoge biomassa-productie en wordt beheerd door te hooien of te beweiden met mestgift.

Ten derde zijn de dikeigenschappen die invloed hebben op de vegetatieontwikkeling onderzocht. Onderscheid is gemaakt in bodemopbouw en fysieke eigenschappen van de waterkering. De vegetatietypen binnen de nevenfunctie ecologie kennen over het algemeen een bodem met een laag stikstofgehalte, laag kaliumgehalte en laag lutumgehalte en gedijen goed op drogere gronden met een zuidexpositie en een steile helling. De vegetatietypen binnen de nevenfunctie agrarisch medegebruik kennen over het algemeen een bodem met een hoog stikstofgehalte, hoog kaliumgehalte en hoog lutumgehalte en gedijen goed op nattere gronden met een noordexpositie en een flauwe helling.

De vertaling van dikeigenschappen naar vegetatietypen en beheertypen is gedaan met een voor dit onderzoek ontwikkelde digitale-tool onder de naam 'Dijkgras'. Deze tool bevat de ideale standplaatsomstandigheden van de vegetatietypen. Met een Multicriteria-Analyse wordt vanuit dikeigenschappen het vegetatietype bepaald. Een algemene systematiek die gebruikmaakt van 'Dijkgras' is ontwikkeld en uitgevoerd op het dijkenareaal van het waterschap.

De vegetatietypen verkregen uit 'Dijkgras' zijn gekoppeld aan nevenfuncties. De ideale indeling van nevenfuncties van het dijkenareaal van het waterschap is 80% ecologie en 20% agrarisch medegebruik.

De ideale indeling van nevenfuncties is tot slot geoptimaliseerd aan de hand van de visie van het waterschap. Het waterschap wenst dat beweiding met schapen uitgefaseerd wordt. De geoptimaliseerde indeling van nevenfuncties van het dijkenareaal van het waterschap is 85% ecologie en 15% agrarisch medegebruik.

Met de ontwikkelde methodiek is het dus mogelijk om de grasbekleding van het dijkenareaal van het Waterschap Rijn en IJssel optimaal in te delen in de verschillende nevenfuncties.

Inhoudsopgave

Lijst met figuren.....	7
Lijst met tabellen	7
Lijst met grafieken	7
Lijst met afkortingen.....	8
Lijst met begrippen	8
1 Inleiding	9
1.1 Aanleiding.....	9
1.2 Probleembeschrijving.....	9
1.3 Doelstelling	10
1.4 Relevantie en functie	10
1.5 Kader.....	10
1.6 Hoofd- en deelvragen	11
1.7 Werkwijze.....	12
1.8 Leeswijzer.....	13
2 Van dikeigenschappen naar functies.....	14
2.1 Vegetatietypen	14
2.1.1 Soorten	16
2.1.2 Beheertypen	18
2.2 Functies.....	19
2.2.1 Waterveiligheid.....	19
2.2.2 Ecologie.....	20
2.2.3 Agrarisch medegebruik	21
2.3 Dikeigenschappen	22
2.3.1 Bodemopbouw.....	22
2.3.2 Fysieke eigenschappen	25
3 Bepaling van functies.....	27
3.1 Dijkgras.....	27
3.1.1 Standplaatsomstandigheden	27
3.1.2 Multi-Criteria Analyse	27
3.1.3 Technisch ontwerp	31
3.2 Systematiek	31
3.2.1 Gegevens verzamelen.....	31
3.2.2 Toepassing Dijkgras-tool.....	32
3.2.3 Kaart	34
3.3 Functies Waterschap Rijn en IJssel	34
3.3.1 Gegevens verzamelen.....	34
3.3.2 Toepassing Dijkgras-tool.....	37
3.3.3 Kaart	37
3.4 Droogte.....	40

4	Beoordeling van de functie-indeling.....	42
4.1	<i>Visie waterschap Rijn en IJssel.....</i>	<i>42</i>
4.2	<i>Beheerders</i>	<i>42</i>
4.3	<i>Nieuwe functie-indeling.....</i>	<i>43</i>
5	Conclusie	45
6	Discussie.....	47
7	Advies	48
	Literatuur	49
	Bijlagen.....	51
	<i>Bijlage I</i>	<i>51</i>
	<i>Bijlage II</i>	<i>54</i>
	<i>Bijlage III</i>	<i>55</i>

Lijst met figuren

Figuur 1 Primaire dijken WRIJ	11
Figuur 2 Fasering werkwijze	12
Figuur 3 Stroomschema van dikeigenschappen naar functies	14
Figuur 4 Stroomschema Dijkgras	27
Figuur 5 Stroomschema tool	31
Figuur 6 Schermafdruck welkomscherm Dijkgras-tool	32
Figuur 7 Schermafdruck invoerscherm Dijkgras-tool	33
Figuur 8 Schermafdruck analysescherm Dijkgras-tool	34
Figuur 9 Grondanalyselocaties primaire dijken Waterschap Rijn en IJssel	35
Figuur 10 Stroomschema bepaling dikeigenschappen	36
Figuur 11 Schermafbeelding ArcGIS-tabel dikeigenschappen	36
Figuur 12 Query huidige functie ecologie en nieuwe functie agrarisch medegebruik	38
Figuur 13 Huidige functie ecologie en nieuwe functie agrarisch medegebruik (Locatie: Tolkamer)	39
Figuur 14 Query huidige functie agrarisch medegebruik en nieuwe functie ecologie	39
Figuur 15 Huidige functie agrarisch medegebruik en nieuwe functie ecologie (Locatie: Doesburg)	40
Figuur 16 Aanpassing verantwoordelijke beheerder	43
Figuur 17 Nieuwe functie-indeling zonder weidevegetatie	44

Lijst met tabellen

Tabel 1 Vegetatietypen (Rijkswaterstaat, 2007)	15
Tabel 2 Voorbeeld MCA-invoergegevens	27
Tabel 3 Voorbeeld MCA-normering NPK en pH	28
Tabel 4 Voorbeeld MCA-effectentabel	29
Tabel 5 Voorbeeld MCA-standaardisatie	30
Tabel 6 MCA-weging parameters	30
Tabel 7 Voorbeeld MCA-vermenigvuldiging	30
Tabel 8 Voorbeeld MCA-resultaat	31
Tabel 9 Bodemeigenschappen areaal WRIJ	36
Tabel 10 Expositie areaal WRIJ	37
Tabel 11 Optimale indeling vegetatietypen	38
Tabel 12 Optimale indeling van functies	38
Tabel 13 Huidige indeling van functies	38
Tabel 14 Verdrogingssschade beheertypen	41
Tabel 15 Optimale indeling vegetatietypen zonder weidevegetatie	42
Tabel 16 Huidige indeling van beheerders	43
Tabel 17 Nieuwe indeling van beheerders zonder weidevegetatie	43
Tabel 18 Nieuwe functie-indeling zonder weidevegetatie	44

Lijst met grafieken

Grafiek 1 Gewenste hoeveelheid stikstof per vegetatietype	23
Grafiek 2 Gewenste hoeveelheid fosfor per vegetatietype	23
Grafiek 3 Gewenste hoeveelheid kalium per vegetatietype	24
Grafiek 4 Gewenste zuurgraad per vegetatietype	24
Grafiek 5 Gewenst lutumgehalte per vegetatietype (Zee, 1992) (STOWA, 2018)	25
Grafiek 6 Gewenst vochtgehalte per vegetatietype	26
Grafiek 7 MCA-normering nutriënten en zuurgraad	28
Grafiek 8 MCA-normering lutum H1, H2 en H3	28
Grafiek 9 MCA-normering lutum R, W1, W2 en W3	29

Lijst met afkortingen

AHN	Actueel hoogtebestand Nederland
JSON	JavaScript Object Notation
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
SQL	Structured Query Language
VTV2007	Voorschrift toetsen op Veiligheid 2007
WBI2017	Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017

Lijst met begrippen

Beheertype	Beheer van de grasbekleding in de vorm van hooi- of weidebeheer
Beheervisie	Beschrijving van de gewenste situatie van de grasbekleding.
Binnentalud	De kant van de dijk waar het water niet tegenaan stroomt.
Buitentalud	De kant van de dijk waar het water tegenaan stroomt.
Functie	Primaire functie waterveiligheid, nevenfuncties ecologie en agrarisch medegebruik.
Functie-eisen	Concrete en meetbare criteria van de functie waaraan de grasbekleding moet voldoen.
Standplaats-omstandigheden	Omstandigheden die van invloed zijn op de samenstelling en structuur van vegetatie.
Vegetatietype	Groep van planten die in geordend verband samen voorkomen (grasland).

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De zomer van 2018 (juni, juli en augustus) was met een gemiddelde landelijke neerslag van 105 mm extreem droog (KNMI, 2018). Het neerslagtekort heeft zijn weerslag gehad op de kwaliteit van de grasbekleding binnen het dijkenareaal van het Waterschap Rijn en IJssel. Bij dijkinspecties tijdens en na de droge periode zijn verdroogde vegetaties waargenomen met verslechtering van de grasbekleding tot gevolg. Een slechte grasbekleding heeft als gevolg dat de grasbekleding niet aan de eisen binnen de functie waterveiligheid voldoet. Dit betekent dat de kans op erosieschade toeneemt, waardoor veiligheid in het gering komt. Het waterschap heeft als taak om de waterveiligheid te waarborgen en wenst dus altijd een kwalitatief goede grasbekleding.

1.2 Probleembeschrijving

De primaire functie van de grasbekleding is waterveiligheid. De grasbekleding moet bestand zijn tegen belasting door golven, stromend water en oplopend water. De grasbekleding heeft ook nevenfuncties. Deze nevenfuncties bestaan uit ecologie en agrarisch medegebruik.

Nevenfuncties mogen de eisen binnen de primaire functie waterveiligheid niet uitsluiten. Dit betekent dat wanneer de primaire functie van groot belang is, de grasbekleding gesloten en volledig dekkend moet zijn (STOWA, 2018).

De ecologische functie richt zich op het verschralen van de bodem en de ondersteuning van bijen en andere insecten doormiddel van bloeiende kruiden en grassoorten. De ecologische inrichting op het buitentalud wordt met het huidige beoordelingssysteem vaak afgekeurd omdat het niet voldoet aan de bedekkingsgraadeisen die vereist zijn binnen de toetsingseisen voor waterveiligheid (WBI2017).

De functie agrarisch medegebruik richt zich op de productie van biomassa of beweiding. Omdat de kwaliteit van de graszode van de functie agrarisch medegebruik vaak als matig tot slecht wordt geclassificeerd, vanwege een slechte wortelzode, kan ook deze in strijd zijn met de eisen vanuit waterveiligheid.

De vereiste minimale bedekkingsgraad van de grasbekleding op het buitentalud is binnen iedere dijkkring van het waterschap volledig gesloten, ongeacht veiligheidsnorm. Het Waterschap Rijn en IJssel verschraalt de buitentaluds om een erosiebestendige grasbekleding te ontwikkelen. Echter bevindt zich op de buitentaluds vaak meer klei (lutum > 18%) dan op de binnentaluds, wat betekent dat verschalen minder effect heeft dan verschralen op het binnentalud. Dit kan leiden tot open plekken in de zode omdat soorten zich door de verstoorde nutriëntenverhouding minder goed kunnen handhaven of vestigen.

De **hypothese** binnen dit onderzoek luidt: de bepaling van nevenfuncties en bijbehorend beheertype voor de grasbekleding is suboptimaal omdat hiervoor geen methodiek wordt gehanteerd waarin de dikeigenschappen worden meegenomen.

Mogelijk vindt verschraling te vaak plaats op rijkere gronden en wordt op schralere gronden juist door pachters getracht om hooi te winnen. In het huidige beleid wordt grond verpacht als hier interesse in is door de pachter en wordt niet gekeken of dit een geschikte locatie is om biomassa te winnen.

Deze twee problemen zouden als gevolg kunnen hebben dat de waterveiligheid in het gering komt en dat beheerkosten voor het waterschap onnodig hoog zijn. Onderzocht wordt in hoeverre de huidige indeling van nevenfuncties moet worden heringedeeld om beheer te optimaliseren.

1.3 Doelstelling

Het waterschap streeft in eerste plaats altijd naar de functie waterveiligheid op de waterkeringen. Om de eisen binnen de functie waterveiligheid te halen is een optimale indeling van de nevenfuncties ecologie en agrarisch medegebruik op de waterkeringen gewenst.

Een optimale nevenfunctie kent verschillende voordelen. De grasbekleding is beter bestand tegen droogte, de waterkering is veiliger in hoogwatersituaties en onderhoudskosten voor beheerders kunnen worden gereduceerd. Dit betekent dat wanneer de nevenfunctie optimaal is, de primaire functie waterveiligheid wordt behaald.

Door een optimaal vegetatietype af te leiden uit de dikeigenschappen, volgens een nieuw ontwikkelde methodiek, kan een passend beheertype en een passende nevenfunctie worden bepaald voor de waterkeringen.

1.4 Relevantie en functie

De afgelopen jaren is in Nederland veel kennis vergaard over de grasbekleding op de waterkeringen. Deze kennis is sinds kort gebundeld in de '*Handreiking Grasbekleding*' en wordt nog steeds doorontwikkeld. Voor het waterschap blijkt het lastig om deze literatuur te vertalen naar de praktijk. Op dit moment wordt door het waterschap veelal hetzelfde beheertype op de waterkeringen toegepast omdat de passende nevenfunctie niet is bepaald.

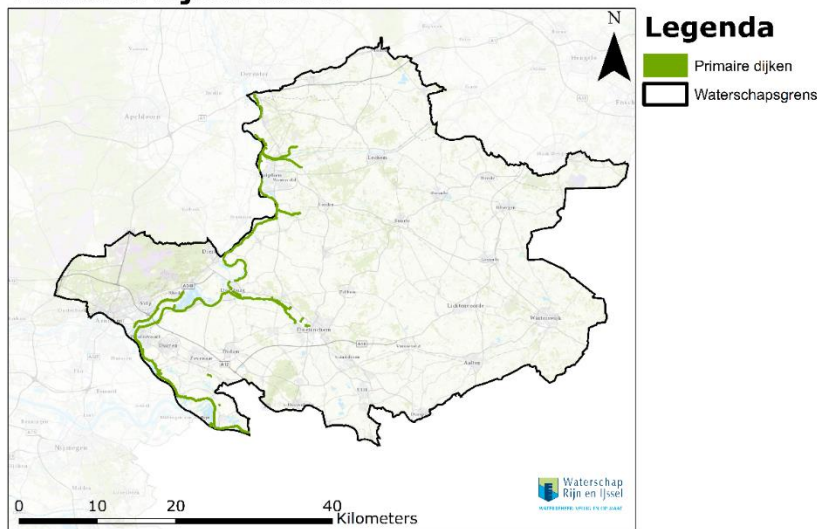
De vertaling van literatuur naar praktijk kan worden gefaciliteerd door een werkbare methodiek te ontwikkelen. Tot op heden bestaat er nog geen eenvoudige methode om de vertaling uit te voeren. Om deze reden is binnen dit onderzoek een digitale-tool ontwikkeld waarin vanuit de dikeigenschappen een optimaal vegetatietype wordt bepaald.

Wanneer het vegetatietype optimaal is worden verschillende duurzaamheidsaspecten behaald. Soortenrijke vegetatietypen hebben een positieve invloed op de biodiversiteit van de flora en fauna en bieden kansen aan bijen en andere insecten. Soortenarme hoogproductieve vegetatietypen zijn duurzaam in economische zin. De pachter kan hier voldoende biomassa winnen.

1.5 Kader

Het geografische kader van het onderzoek is weergegeven in Figuur 1. Het Waterschap Rijn en IJssel heeft 138 km primaire waterkeringen in zijn beheer. De primaire waterkeringen van het waterschap bevinden zich langs de rivier de IJssel, het Pannerdens kanaal en de Nederrijn. De waterkeringen bevinden zich voornamelijk in het westen van het beheergebied van het waterschap. De dijken zijn onderverdeeld in dijkringen (48 tot 51). Deze dijkringen kennen een veiligheidsnorm variërend van 1:300 tot 1:30.000 jaar. De dijken zijn onderverdeeld in dijkvlakken. De dijkvlakken worden beheerd door een pachter, het waterschap of door een derde partij. Als er sprake is van pachtbeheer wordt de dijkbekleding onderhouden door de pachter. Het waterschap blijft echter ook bij beheer door een pachter of derden, verantwoordelijk voor de waterveiligheidseisen van de grasbekleding.

Primaire dijken WRIJ



Figuur 1 Primaire dijken WRIJ

De functiebeoordeling van dit onderzoek beperkt zicht tot de primaire functie waterveiligheid en de nevenfuncties, ecologie en agrarisch medegebruik. Overige nevenfuncties, zoals landschap, recreatie en verkeer, zijn buiten het kader gelaten.

Om een passende nevenfunctie voor de dijkvlakken te bepalen is het vegetatietype van belang. Binnen het graslandecosysteem van de waterkeringen zijn zeven verschillende vegetatietypen te onderscheiden, onder te verdelen in weidevegetatie en hooilanden. De vegetatietypen hebben ieder een passend beheertype van maaien of beweiden.

Het vegetatietype is afhankelijk van de dikeigenschappen. De relevante dikeigenschappen binnen het kader zijn onderverdeeld in bodemopbouw en dijkfysieke eigenschappen. Deze eigenschappen zijn onder andere door STOWA (2018) bepaald.

Dit onderzoek zal geen antwoord geven op de vraag hoe een optimale functie gerealiseerd kan worden. Ook wordt geen uitspraak gedaan over de financiële effecten van een herindeling van functies. Wet- en regelgeving is buiten beschouwing gelaten.

1.6 Hoofd- en deelvragen

Om de hypothese in de probleemstelling te kunnen toetsen, is een hoofdvraag opgesteld: **'Hoe kan het dijkeneuraal van Waterschap Rijn en IJssel zo optimaal mogelijk worden ingedeeld in de nevenfuncties: ecologie en agrarisch medegebruik?'**. Gekozen is voor een hoe-vraag omdat het antwoord op de hoofdvraag wordt gegeven in de vorm van een methodiek. Deze hoofdvraag is beantwoord aan de hand van een viertal deelvragen.

- Door welke vegetatietypen en desbetreffende beheertypen worden de drie verschillende functies: waterveiligheid, ecologie en agrarisch medegebruik gekenmerkt?
- Welke verbanden zijn aanwezig tussen de vegetatietypen en de bodem- en fysieke-eigenschappen van een waterkering?
- Wat is de optimale indeling van nevenfuncties gebaseerd op de dikeigenschappen binnen het Waterschap Rijn en IJssel?
- Welke invloed heeft de visie van het Waterschap Rijn en IJssel op de optimale indeling van nevenfuncties?

1.7 Werkwijze

De hoofdvraag is beantwoord aan de hand van de verschillende deelvragen. De verschillende deelvragen zijn verdeeld in drie fasen weergegeven in Figuur 2.

In de eerste fase is literatuur verzameld om de eerste deelvraag *"Door welke vegetatietypen en desbetreffende beheertypen worden de drie verschillende functies: waterveiligheid, ecologie en agrarisch medegebruik gekenmerkt?"* te beantwoorden. De vegetatietypen zijn beschreven en gekoppeld aan een bijpassende beheercategorie. Vervolgens zijn de functies-eisen beschreven en is de functie gekoppeld aan het bijpassende beheertype en vegetatietype.

Eveneens is in de eerste fase literatuuronderzoek gedaan om de tweede deelvraag *"Welke verbanden zijn aanwezig tussen de vegetatietypen en de bodem- en fysieke-eigenschappen van een waterkering?"* te beantwoorden. De bodemopbouw, bestaande uit nutriëntensamenstelling (N, P, K), granulaire samenstelling (lutum), zuurgraad (pH) en de dijkfysieke eigenschappen, bestaande uit expositie en helling zijn in verband gebracht met de vegetatietypen. Standplaatsomstandigheden van de vegetatietypen zijn bepaald aan de hand van meetgegevens uit SynBioSys.

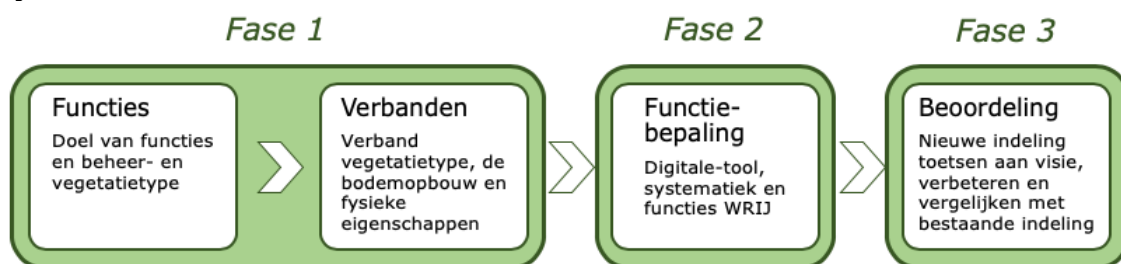
In de tweede fase is de derde deelvraag *"Wat is de optimale indeling van nevenfuncties gebaseerd op de dikeigenschappen binnen het Waterschap Rijn en IJssel?"* beantwoord.

De eerste stap bestaat uit het opbouwen van een digitale-tool. Deze tool bevat onder andere een Multicriteria-analyse (MCA). Een MCA is een evaluatiemethode om tussen diverse alternatieven een keuze te maken op basis van meerdere criteria. In de MCA worden gemeten dikeigenschappen van bodemonderzoek tegen SynBioSys gegevens uitgezet om tot een ideaal vegetatietype met bijbehorend beheertype te komen.

De tweede stap is het verzamelen van dijkgegevens van het Waterschap Rijn en IJssel aan de hand van grondanalyseresultaten.

De derde stap is het toepassen van de tool met de verzamelde dijkgegevens. Hieruit volgt een optimaal vegetatietype waar vervolgens een nevenfunctie aan gekoppeld is. De optimale indeling van nevenfuncties is vergeleken met de huidige indeling van functies. Het belang van deze optimale indeling is tot slot aangeduid doormiddel van een droogteanalyse.

In de derde fase is de vierde deelvraag *"Welke invloed heeft de visie van het Waterschap Rijn en IJssel op de optimale indeling van nevenfuncties?"* beantwoord. De functiekaart uit de derde deelvraag is geoptimaliseerd aan de hand van de specifieke eisen van het Waterschap Rijn en IJssel. Het resultaat van deze deelvraag vormt de basis voor het advies van herindeling van functies en beheerders binnen het dijkenareaal.



Figuur 2 Fasering werkwijze

1.8 Leeswijzer

De fasering beschreven in de werkwijze vormt de basis voor de hoofdstukindeling. In het tweede hoofdstuk worden de vegetatietypen en beheertypen beschreven en gekoppeld aan een functie. Dijkeigenschappen worden zijn in dit hoofdstuk gekoppeld aan vegetatietypen. Het derde hoofdstuk presenteert de ontwikkelde tool en de systematiek voor het bepalen van de ideale nevenfunctie. De ideale indeling van nevenfuncties binnen het waterschap is bepaald. In het vierde hoofdstuk is de ideale indeling van het voorgaande hoofdstuk geoptimaliseerd op basis van de visie van het waterschap. Tot slot is de conclusie met antwoord op de hoofd- en deelvragen weergegeven en is de discussie en advies gepresenteerd.

2 Van dikeigenschappen naar functies

Dit hoofdstuk beantwoordt de eerste en tweede deelvraag. Ten eerste zijn de vegetatietypen die op de dijken aanwezig zijn beschreven. Daarnaast wordt een indicatie gegeven van verschillende plantensoorten binnen de vegetatietypen en worden beheertypen toegelicht. Ten tweede zijn de verschillende functies van de grasbekleding benoemd. Hierin worden de verschillende functies beschreven aan de hand van de vegetatietypen en de desbetreffende beheertypen. Een drietal functies zijn te onderscheiden. De primaire functie is waterveiligheid en de nevenfuncties zijn ecologie en agrarisch medegebruik. Ten derde worden de verbanden die aanwezig zijn tussen de vegetatietypen en de dikeigenschappen bepaald. In **Figuur 3** **Error! Reference source not found.** is een stroomschema van dit proces weergegeven.

Binnen dit hoofdstuk is veelvuldig gebruikgemaakt van de 'Handreiking Grasbekleding' (STOWA, 2018). De handreiking is een verzameling van literaire onderzoeken en kennis. De handreiking is samengesteld door STOWA en Rijkswaterstaat binnen het gezamenlijke programma 'Professionalisering Inspectie Waterkeringen'.



Figuur 3 Stroomschema van dikeigenschappen naar functies

2.1 Vegetatietypen

In dit hoofdstuk is de samenhang van vegetatietypen en beheertypen beschreven (Figuur 3).

Binnen het graslandecosysteem van de dijken is een zevental vegetatietypen te onderscheiden. De bijbehorende beoordeling van de bedekking, worteldichtheid en kwaliteit van de graszode is weergegeven in Tabel 1. Deze tabel is verkregen uit het VTV2007. Inmiddels wordt het nieuwe Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium WBI2017 gehanteerd. Tussen de vegetatietypen en beoordelingscategorieën is in het WBI2017 geen directe relatie bekend (STOWA, 2018). Op dit moment wordt de relatie tussen vegetatietypen en kwaliteitsbeoordeling opnieuw gelegd door lopend onderzoek vanuit de Radboud Universiteit. Om in dit onderzoek een relatie tussen het vegetatietypen, beoordelingscategorieën en zodekwaliteit te leggen, is gebruik gemaakt van het VTV2007.

Biomassa en soortenrijkdom zijn aan de originele VTV-tabel toegevoegd aan de hand van onderzoeksgegevens van Zee (1992).

Tabel 1 Vegetatietypen (Rijkswaterstaat, 2007)

Vegetatietype	Beheer-categorie	Bedekking	Wortel-dichtheid	Kwaliteit graszode	Biomassa	Soortenrijkdom
W1: Beemdgras- raaigrasweide	B (KG+) C (WW++)	Goed	Slecht	Slecht	Hoog	Laag
W2: Soortenarme kamgrasweide	B (WW+)	Goed	Matig	Matig	Hoog	Laag
W3: Soortenrijke kamgrasweide	A (WW-)	Redelijk	Goed	Goed	Laag	Hoog
R: Ruig hooiland	D	Zeer Slecht	Slecht	Slecht	Hoog	Laag
H1: Soortenarm hooiland	C (HH++)	Slecht	Slecht	Slecht	Hoog	Laag
H2: Minder soortenarm hooiland	A (HH-)	Matig	Matig	Matig	Laag	Zeer hoog
H3: Soortenrijk hooiland	A (HH-)	Redelijk	Goed	Goed	Laag	Zeer hoog

2.1.1 Soorten

De verschillende vegetatietypen worden gekenmerkt door grassen en kruiden. Per vegetatietype is een aantal soorten weergegeven in de onderstaande figuren (Flora van Nederland, 2019). De figuren dienen als indicatie voor de vegetatietypen. De weergegeven soorten zijn kenmerkend voor het vegetatietype maar behoren niet exclusief tot dit vegetatietype. Een complete lijst met soorten en percentage van voorkomen binnen het desbetreffende vegetatietype is weergegeven in Bijlage I.



Vogelmuur



Gewone paardebloem



Kruisdistel



Akkerdistel



Witte klaver



Slipbladige ooievaarsbek



Engels raaigras



Kweek



Engels raaigras



Klein streepzaad

Beemdgras- raaigrasweide W1

Soortenarme kamgrasweide W2



Kleine klaver



Fluitenkruid



Madeliefje



Gewone hoornbloem



Grote brandnetel



Hondsdraf



Engels raaigras



Hopklaver



Glanshaver



Kleefkruid

Soortenrijke kamgrasweide W3

Ruig hooiland R

De vegetatietypen W1, W2, R en H1 zijn soortenarme vegetatietypen en bevatten voornamelijk grassoorten. De vegetatietypen W3, H2 en H3 zijn soortenrijke vegetatietypen en bevatten naast grassoorten ook veel kruiden.



Kweek



Krulzuring



Grote vossenstaart



Gewoon speenkruid



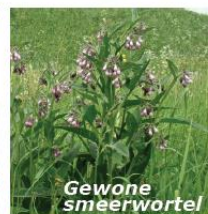
Vogelwikke



Gestreepte witbol



Glanshaver



Gewone smeerwortel



Glanshaver



Jacobskruid

Soortenarm hooiland H1

Minder soortenarm hooiland H2



Knoopkruid



Glad walstro



Rietzwenkgras



Glanshaver



Groot streepzaad

Soortenrijk hooiland H3

2.1.2 Beheertypen

Binnen het VTV2007 zijn vier beheercategorieën te onderscheiden en te koppelen aan de vegetatietypen. De vier categorieën zijn hieronder weergegeven.

- A: Hoge natuurwaarde, goede doorworteling: maaien en beweiden zonder mestgift.
- B: Lage natuurwaarde, mindere doorworteling: lichte mestgift of gazonbeheer.
- C: Geen natuurwaarde, slechte doorworteling: intensief gebruik, zware bemesting.
- D: Slechte zode: achterwege blijven beheer, klepelen, grootvee of zware bemesting.

Tot categorie A behoren de beheertypen hooien (HH-) en beweiden (WW-). Het beheertype met code HH- wordt gekenmerkt door jaarlijks twee keer te maaien. In voedselrijke situaties of enkele jaren na aanleg kan driemaal per jaar maaien nodig zijn. Het maaisel wordt binnen 7-10 dagen afgevoerd. Door het maaisel snel af te voeren wordt voorkomen dat voedingsstoffen uit het maaisel spoelen. Zo ontstaat een schrale situatie gewenst voor het vegetatietype H2 of H3. In voedselarme situaties kan, als gevolg van jarenlang consequent hooibeheer, met jaarlijks eenmaal maaien een zeer soortenrijk vegetatietype (H3) ontstaan.

Het beheertype met code WW- wordt gekenmerkt door periodiek of continue beweiding met schapen. Plaatsen waar de vegetatie niet is afgegraasd moeten worden gemaaid. Bij periodieke beweiding wordt in het voorjaar gehooid en in het najaar beweid. Een andere manier van periodieke beweiding is om twee tot viermaal per jaar intensief te beweiden (Rijkswaterstaat, 2007).

Weidebeheer zonder bemesting kan op lange termijn leiden tot het vegetatietype W3 (STOWA, 2018). Bijvoeren heeft vergelijkbare effecten als bemesten en wordt daarom achterwege gelaten. In de praktijk blijkt dat continue beweiding leidt tot schapenpaden. Deze paden hebben een negatieve invloed op de bedekkingsgraad waardoor allicht geen goed ontwikkeld W3 vegetatietype zal ontstaan.

Tot categorie B behoren de beheertypen aangepast agrarisch beheer (WW+) en gazonbeheer (KG+). Het beheertype met code WW+ wordt gekenmerkt door continue of periodieke beweiding met schapen. In tegenstelling tot WW- wordt bij WW+ licht bemest en is er sprake van een grotere veedichtheid. Dit beheertype kan leiden tot het vegetatietype W2.

Het beheertype met code KG+ wordt gekenmerkt door intensief te maaien (>16x/jaar). Dit beheertype kan leiden tot het vegetatietype W1 (STOWA, 2018).

Tot categorie C behoren de beheertypen intensief beweiden (WW++) en intensief hooien (HH++). Het beheertype met code WW++ wordt gekenmerkt door continue of periodieke beweiding en (zware) bemesting. Dit beheertype kan leiden tot het vegetatietype W1.

Het beheertype met code HH++ wordt gekenmerkt door intensief te hooien en te bemesten. Dit beheertype kan leiden tot het vegetatietype H1 (STOWA, 2018).

Categorie D wordt gekenmerkt door (klepel)maaien zonder afvoer of door achterwege blijven van voldoende beheer, zeer zware bemesting en intensieve beweiding met runderen en paarden. Deze vorm van beheer kan leiden tot het vegetatietype R (STOWA, 2018).

Voor de ontwikkeling en instandhouding van een vegetatietype is naast correct en passend beheer ook inzaai of doorzaai van plantensoorten nodig. Twee standaard zaadmengsels zijn D1 en D2. Het zaadmengsel D1 wordt toegepast voor weide vegetatietypen. Het zaadmengsel D2 wordt toegepast voor hooiland vegetatietypen (STOWA, 2018). Wanneer meer soortenrijkdom gewenst is, kunnen bloemen en kruiden door het standaard zaadmengsel worden gemengd.

2.2 Functies

In dit hoofdstuk is de samenhang van functie, vegetatietypen en beheertypen beschreven (Figuur 3). Aan deze functies zijn functie-eisen gekoppeld.

De primaire functie van grasbekleding op de dijk is waterveiligheid. Afhankelijk van de veiligheidsnorm en de dikeigenschappen kan een nevenfunctie worden bepaald. Deze nevenfuncties bestaan uit ecologie en agrarisch medegebruik.

2.2.1 Waterveiligheid

De primaire functie van de grasbekleding is het grondlichaam beschermen tegen erosie (STOWA, 2018). De functie-eis van de grasbekleding is dat de zode volledig gesloten is en dat de doorworteling van de toplaag voldoende is. Deze twee elementen worden momenteel beoordeeld middels het WBI2017. De grasbekleding moet aan kritische sterkte voldoen. Indien deze kritische sterkte wordt overschreden als gevolg van erosie door golven, zal de gesteldheid van de grasbekleding afnemen met mogelijk falen van de waterkering tot gevolg.

De kwaliteit van de graszode wordt bepaald middels een visuele beoordeling volgens de methode in het WBI2017 en wordt in eerste instantie geclassificeerd in een gesloten, open of fragmentarische graszode (Steendam, 2017).

- Een gesloten graszode is op het zicht een continue grasbekleding, de plantenafstand is minder dan 0,1 meter en tot 10% van het oppervlak mag de plantenafstand 0,2 meter bedragen. Er mogen niet meer dan twee beschadigingen per m² aanwezig zijn.
- Een open graszode is vergelijkbaar met een gesloten graszode. Echter mag de plantenafstand bij een open graszode tot 25% van het oppervlak 0,25 meter bedragen.
- Een fragmentarische graszode is op het zicht slechts begroeid met individuele, losstaande planten of pollen. De eventuele kleine planten vormen geen gesloten grasmat. De plantenafstand is op minimaal 25% van het oppervlak groter dan 0,25 meter.

In tweede instantie wordt de wortelzode geclassificeerd in een gesloten, open of fragmentarische wortelzode (Steendam, 2017).

- Een gesloten wortelzode is visueel dicht geweven. De onderbreking van wortels mag nergens groter dan 20 cm zijn. De wortels in een uitgestoken zodemonster moeten grotendeels intact zijn. Het uit elkaar trekken van het zodemonster moet enige moeite kosten.
- Een open wortelzode is visueel wijd geweven met plaatselijke verdichting. Het zodemonster kan alleen voorzichtig worden gestoken en valt uiteen bij het loskomen van de ondergrond. Onder geringe kracht is het zodemonster uit elkaar te trekken.
- Een fragmentarische wortelzode is visueel wijd geweven en kent slechts plaatselijke verdichting. De onderbreking van wortels is vaak groter dan 20 cm. Het is bijna niet mogelijk om een zodemonster op te nemen omdat deze uit elkaar valt.

In principe wordt ervanuit gegaan dat een correlatie tussen de bedekkingsgraad en het wortelnetwerk aanwezig is. Het wortelnetwerk neemt in omvang toe wanneer de bedekkingsgraad stijgt. Het beheer en onderhoud binnen de functie waterveiligheid is erop gericht dat er een geslote grasbekleding is of ontstaat (Steendam, 2017).

2.2.1.1 Beheertype

Het beheer binnen de waterveiligheidsfunctie stelt dat er minimaal tweemaal per jaar gemaaid moet worden (maaiperiode 1: 1 juni tot 15 juni en maaiperiode 2: september/oktober). De eerste maaibeurt gebeurt na de bloei van het gras zodat graszaad achterblijft voor herstel en aanvulling voor de graszode. Vanaf oktober dient de hoogte van het gras tussen 5 en 10 centimeter te zijn (Steendam, 2017). Wanneer de graszode kenmerken van een open graszode begint te vertonen, kan er (extra) worden bemest om verschraling en open plekken te bestrijden.

2.2.1.2 Vegetatietype

De vegetatietypen uit Tabel 1 die het beste bij de functie waterveiligheid aansluiten, zijn: H2, H3 en W3. Deze vegetatietypen hebben een redelijke tot goede bedekking, worteldichtheid en kwaliteit van de graszode.

Vanuit praktijkervaring van het Waterschap Rijn en IJssel blijkt dat een H3 vegetatietype soms open plekken gaat vertonen en de bedekkingsgraad afneemt (L. Post, persoonlijke communicatie, 11 maart 2019). In dergelijke situaties is het allicht beter om op een H2 vegetatietype te sturen. De ervaring van Waterschap Vallei en Veluwe bevestigt dit en benoemt dat een H3 vegetatietype moeilijk te bereiken en vast te houden is. Hierdoor kan de afweging zijn of H3 meerwaarde heeft ten opzichte van H2 (P. Boone, persoonlijke communicatie 15 april 2019).

Echter uit ervaring van Waterschap Rivierenland blijkt dat een H3 vegetatietypen minder open plekken vertoont in vergelijking met een H2 vegetatietype (J. Bronsveld, persoonlijke communicatie, 12 april 2019). Allicht kennen de open plekken binnen een H3 vegetatietypen een andere oorzaak.

De vegetatietypen H1, W1 en W2 kunnen ook aan de functie-eisen van waterveiligheid voldoen. Als deze vegetatietypen optimaal ontwikkeld zijn en optimaal worden beheerd, voldoen ze aan de bedekkingsgraadeisen.

2.2.2 Ecologie

De functie ecologie wordt gekenmerkt door een hoge biodiversiteit. Verschraling is positief voor de ontwikkeling van een hogere biodiversiteit. Bij verschraling wordt getracht om de onnatuurlijke verrijkte bodems terug te brengen naar de oorspronkelijke voedingstoestand. De kwaliteitseis van de grasbekleding mag niet in strijd zijn met de eisen vanuit de primaire functie waterveiligheid. Een ecologisch ingerichte waterkering is rijk aan bloeiende kruiden en kan ook als een bloemdijk worden omschreven. Voordelen van een ecologische functie is dat het een positieve invloed heeft op de biodiversiteit en kansen biedt voor zowel flora als fauna (insecten).

2.2.2.1 Beheertype

Wanneer een soortrijke, bloemrijke vegetatie gewenst is, dient pas na 21 juni gemaaid te worden. Dit biedt de kans om voor kruiden om te bloeien en zaden te verspreiden. De beheerder kan soms volstaan met één keer maaien per jaar (STOWA, 2018). In de praktijk blijkt echter dat toch twee keer per jaar gemaaid moet worden omdat er te veel biomassa ontstaat.

2.2.2.2 Vegetatietype

De vegetatietypen uit Tabel 1 die het beste bij de functie ecologie aansluiten zijn: H2, H3 en W3. Deze vegetatietypen hebben een matige tot goede bedekking, worteldichtheid en kwaliteit van de graszode. De vegetatietypen H2 en H3 hebben een zeer hoge soortenrijkdom. Het vegetatietypen W3 heeft een hoge soortenrijkdom.

2.2.3 Agrarisch medegebruik

De functie agrarisch medegebruik wordt gedefinieerd als pachtbeheer en wordt door particuliere agrariërs onderhouden. De agrariërs benutten de dijken voor de beweiding van vee of als hooiland. De kwaliteitseis van de grasbekleding mag niet in strijd zijn met de eisen vanuit de functie waterveiligheid.

Wanneer een agrariër de waterkering gebruikt voor het winnen van hooi is een voedselrijke bodemtoestand gewenst. Bij een voedselrijke bodemtoestand is de biomassaproductie het hoogst en levert dit voor de agrariër het meeste hooi op.

2.2.3.1 Beheertype

Wanneer productie gewenst is kan extensief beweid of intensief gehooid worden. Extensieve beweiding wordt gekenmerkt door een beweiding het hele jaar rond met relatief weinig schapen, maximaal 10 per hectare die vier weken grazen met vervolgens vier weken rust. Bij een soortenarme dijkvegetatie is het tijdstrip van begrazen niet van belang. Intensief hooibeheer wordt gekenmerkt door te bemesten en drie keer per jaar of vaker te maaien en af te voeren.

2.2.3.2 Vegetatietype

De vegetatietypen uit Tabel 1 **Error! Reference source not found.** die het beste bij de functie agrarisch medegebruik aansluiten zijn: H1, R, W1 en W2. Deze vegetatietypen hebben allemaal een hoge biomassaproductie. Deze vegetatietypen hebben een zeer slechte tot goede bedekking, worteldichtheid en kwaliteit van de graszode.

2.3 Dijkeigenschappen

In dit hoofdstuk is de samenhang van dikeigenschappen en vegetatietypen beschreven (Figuur 3).

De dikeigenschappen zijn onder te verdelen in bodemopbouw en fysieke eigenschappen. De dikeigenschappen zijn in verband gebracht met de groei en ontwikkeling van de vegetatietypen. De verschillende planten binnen de vegetatietypen kennen standplaatsomstandigheden die optimaal zijn voor de ontwikkeling van de plant.

Wanneer dikeigenschappen overeenkomen met de standplaatsomstandigheden van de planten binnen een vegetatietype, wordt gesproken van een ideaal vegetatietype. De standplaatsomstandigheden van de planten binnen de vegetatietypen zijn in een tabel verzameld. Voor meer inzicht zijn correlaties tussen verschillende standplaatsomstandigheden berekend en de sterkst correlerende standplaatsomstandigheden zijn weergegeven in Bijlage II.

2.3.1 Bodemopbouw

Binnen de bodemeigenschappen van een waterkering zijn drie categorieën te onderscheiden: nutriëntensamenstelling, zuurgraad en granulaire samenstelling. Per categorie zijn standplaatsomstandigheden van de verschillende vegetatietypen bepaald.

2.3.1.1 SynBioSys

Om gegevens per vegetatietype te bepalen is gebruik gemaakt van de database in SynBioSys. Deze database bevat per plant de Min, Q1, Mediaan, Q3 en Max van verschillende standplaatsomstandigheden. De waarden die in SynBioSys worden gehanteerd zijn Wamelink-indicatoren en zijn recente en historische vegetatieopnamen uit de Landelijke Vegetatie Databank (LVD) (Hannekens, Smits, & Schaminée, 2010).

Vanuit de database zijn gemiddelde standplaatsomstandigheden voor de vegetatietypen bepaald op basis van de karakteristieke (frequentie 61% - 100%) en trouwe (frequentie 11% - 60%) planten die in dit vegetatietypen voorkomen Bijlage I.

Per vegetatietype is per standplaatsomstandigheid de gemiddelde Min-waarde bepaald. De gemiddelde Min-waarde is de ondergrens waarin het vegetatietypen kan gedijen. Vervolgens is dezelfde stap uitgevoerd voor de Max-waarde. De gemiddelde Max-waarde is de bovengrens waarin het vegetatietypen kan gedijen. Het laatste gemiddelde is gebaseerd op de Mediaan-waarde per standplaatsomstandigheid. Dit gemiddelde is de ideale waarde van de standplaatsomstandigheid waarin het vegetatietypen kan gedijen. Deze Mediaan-waarde is bestempeld als de gewenste waarde voor het vegetatietype.

SynBioSys geeft voor de verschillende planten PO4 waarden. Het aandeel P binnen PO4 is berekend middels Formule 1. Dit is gedaan omdat bodemonderzoek vaak beschikbaar fosfor meet. De eenheid van de andere waarden kunnen zonder verdere berekeningen worden overgenomen uit SynBioSys.

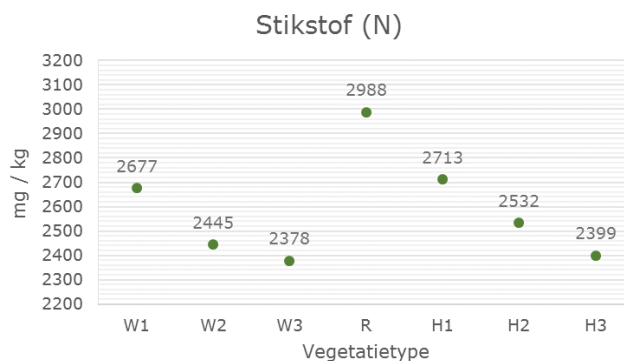
$$\text{Beschikbaar fosfor} = \left(\frac{\text{Massa PO4 in mg}}{\text{Molmassa PO4}} \right) * \text{Molmassa P} \quad (\text{Formule 1})$$

2.3.1.2 Nutriëntensamenstelling

De belangrijkste voedingsstoffen voor de groei van planten zijn stikstof, fosfor en kalium (NPK).

Stikstof (N) is positief voor de groei en fotosynthese van de plant. Stikstof wordt door de plant opgenomen in de vorm van nitraat (NO_3^-) of ammonium (HN_4^+). Met name tijdens de groeifase is stikstof van belang om voldoende biomassa op te bouwen om vervolgens over te kunnen schakelen naar de bloeifase. Een tekort aan stikstof heeft een negatief effect op de biomassaproductie van de plant (OCI Agro, 2013). Wanneer een hoogproductief, soortenarm vegetatietype (W1, W2, R en H1) gewenst is, zoals voor de functie agrarisch medegebruik, is een grote hoeveelheid stikstof vereist.

De gewenste hoeveelheid stikstof per vegetatietypen is in Grafiek 1 weergegeven.

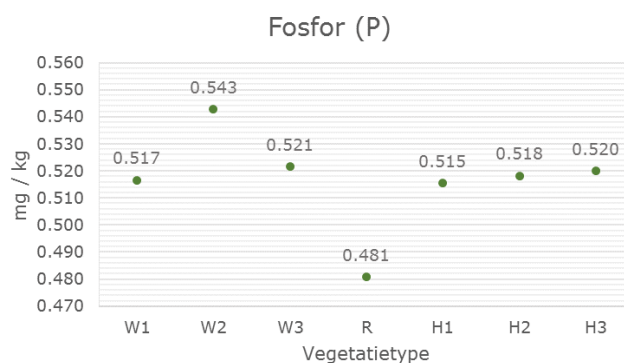


Grafiek 1 Gewenste hoeveelheid stikstof per vegetatietype

In de grafiek kennen de hoogproductieve, soortenarme vegetatietypen (W1, W2, R en H1) een hoog stikstofgehalte. De laagproductieve, soortenrijke vegetatietypen (W3, H2 en H3) kennen een lager stikstofgehalte.

Fosfor (P) is van belang voor wortelgroei van de plant. Fosfor komt in de natuur voor in de vorm van fosfaten: fosfaat (PO_4^-) en difosforpentoxide (P_2O_5). In het voorjaar heeft fosfaat een stimulerende rol voor de wortelgroei. Fosfaatgebrek resulteert in een slechtere gewasontwikkeling. Fosfaatovermaat is niet schadelijk gebleken voor gewassen (OCI Agro, 2013). Voor de verschillende vegetatietypen is enkel een minimale hoeveelheid fosfor vereist. Wanneer de fosforhoeveelheid boven de gewenste hoeveelheid reikt, wordt deze ook als geschikt beschouwd.

De gewenste hoeveelheid fosfor per vegetatietypen is in Grafiek 2 weergegeven.

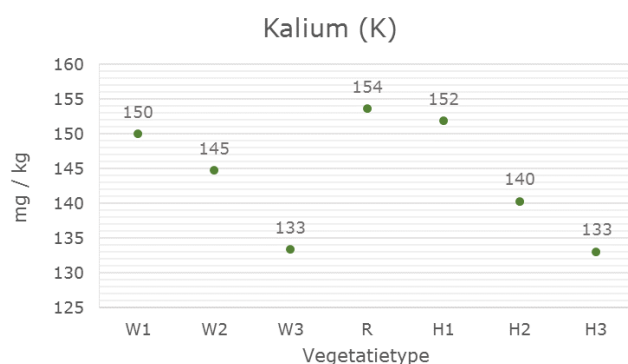


Grafiek 2 Gewenste hoeveelheid fosfor per vegetatietype

In de grafiek kennen de vegetatietypen met een goede worteldichtheid (W3 en H3) een hoog fosforgehalte. W2 heeft echter ook een hoog fosforgehalte nodig terwijl de doorworteling slecht is. Een laag fosforgehalte is zichtbaar bij de vegetatietypen met een matige tot slechte worteldichtheid (W2, H2 en R).

Kalium (K) is van belang voor de fotosynthese, productie en transport van koolhydraten en de vochthuishouding van de plant. Kalium wordt door de plant gebruikt om negatief geladen ionen (nitraat en fosfaat) te compenseren. Hierdoor kan transport van suikers en zetmeel worden verzorgd. Een tekort aan kalium uit zich in zwakke groei en verdrogingsverschijnselen (gele bladeren). Een overmaat aan kalium heeft als gevolg dat de plant moeilijker water kan opnemen (OCI Agro, 2013). Wanneer een hoog stikstofgehalte wordt gemeten binnen een hoogproductieve, soortenarm vegetatietype (W1, W2, R en H1) is ook een hoog kaliumgehalte gewenst.

De gewenste hoeveelheid kalium per vegetatietypen is in Grafiek 3 weergegeven.



Grafiek 3 Gewenste hoeveelheid kalium per vegetatietype

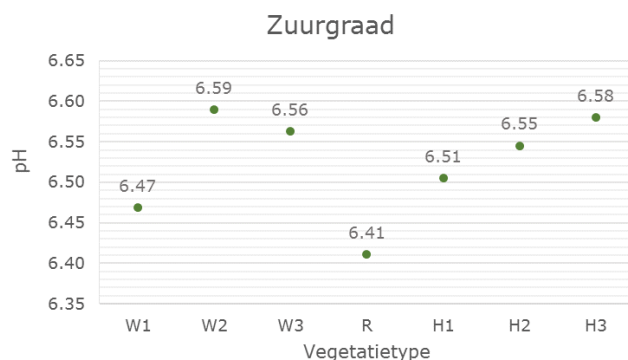
In de grafiek kennen de hoogproductieve, soortenarme vegetatietypen (W1, W2, R en H1) een hoog kaliumgehalte. De laagproductieve, soortenrijke vegetatietypen (W3, H2 en H3) kennen een lager kaliumgehalte.

2.3.1.3 Zuurgraad

Evenals bij nutriënten, is de gewenste zuurgraad gebaseerd op waarden uit SynBioSys.

De zuurgraad van de bodem wordt uitgedrukt in pH. De zuurgraad is van belang voor de vruchtbaarheid en de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem. Een lage pH remt de opname van nutriënten. Voor een goede fosfaatbeschikbaarheid is een neutrale pH gewenst (Brancheorganisatie akkerbouw, z.d.).

De gewenste zuurgraad per vegetatietype is in Grafiek 4 weergegeven.



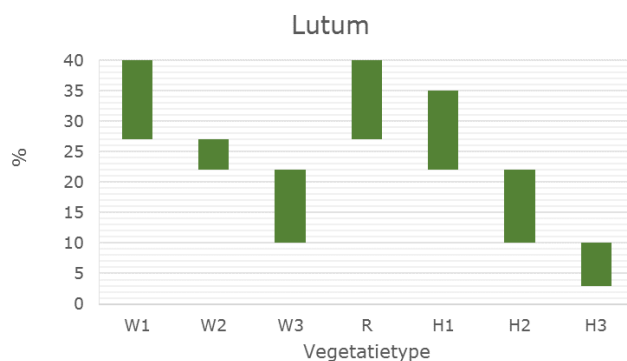
Grafiek 4 Gewenste zuurgraad per vegetatietype

In de grafiek kennen de vegetatietypen met een goede worteldichtheid (W3 en H3) een hoge zuurgraad en dus een goede fosfaatbeschikbaarheid Grafiek 2. W2 heeft echter ook een hoge zuurgraad terwijl de doorworteling slecht is. Een lage zuurgraad en daarmee een minder goede fosfaatbeschikbaarheid is zichtbaar bij de vegetatietypen met een zeer slechte tot matige worteldichtheid (H1, H2, W1 en R).

2.3.1.4 Granulaire samenstelling

De granulaire samenstelling omvat de korrelgroottes van de minerale deeltjes. Minerale deeltjes met een korrelgrootte van $<2\mu\text{m}$ zijn geclassificeerd als lutum. Bij een hoog lutum gehalte worden nutriënten beter vastgehouden waardoor de bodem voedselrijker is (STOWA, 2018). Een hoog lutum gehalte resulteert in een hoogproductief, soortenarm vegetatietype (W1, W2, R en H1). Een laag lutum gehalte resulteert in een laagproductief, soortenrijk vegetatietype (W3, H2 en H3).

In tegenstelling tot de nutriëntensamenstelling en zuurgraad zijn de lutumwaarden per vegetatietype niet uit SynBioSys verkregen. Daarnaast is er ook sprake van een gewenste range in plaats van een gewenste waarde. Het gewenste lutumgehalte per vegetatietype is in Grafiek 5 weergegeven en gebaseerd op data Zee (1992) en STOWA (2018).



Grafiek 5 Gewenst lutumgehalte per vegetatietype (Zee, 1992) (STOWA, 2018)

In de grafiek kennen de hoogproductieve, soortenarme vegetatietypen (W1, W2, R en H1) een hoog lutumgehalte variërend van 22% tot >40%. De laagproductieve, soortenrijke vegetatietypen (W3, H2 en H3) kennen een laag lutumgehalte variërend van 3% tot 22%.

2.3.2 Fysieke eigenschappen

Binnen de fysieke eigenschappen van een waterkering zijn twee categorieën te onderscheiden: expositie en helling. Beide categorieën hebben invloed op het vochtgehalte en helling is daarnaast van invloed op de uitspoeling van nutriënten. De gewenste vochtgehalten van de verschillende vegetatietypen zijn evenals de nutriëntensamenstelling en zuurgraad gebaseerd op waarden uit SynBioSys.

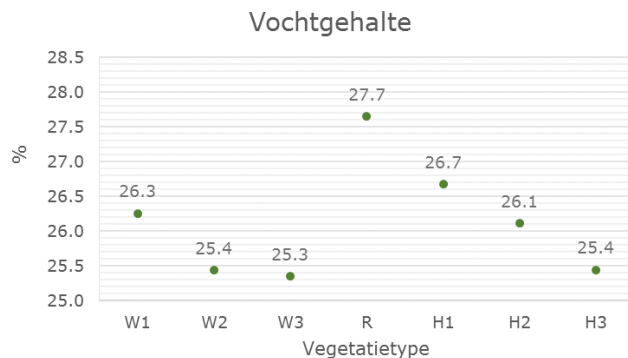
2.3.2.1 Expositie

Onder de expositie van een waterkering wordt de geografische gerichtheid verstaan. Onderscheid wordt gemaakt tussen acht richtingen: N, NO, O, ZO, Z, ZW, W en NW. De hoeveelheid zonlicht die de waterkering ontvangt is afhankelijk van de expositie.

- Noord: waterkeringen met een noordexpositie blijven in het algemeen het langste nat en hebben een hoger vochtgehalte;
- Oost: waterkeringen met een oostexpositie drogen in de ochtend sneller op dan een westexpositie;
- Zuid: waterkeringen met een zuidexpositie ontvangen naar verhouding het meeste zonlicht en hebben een lager vochtgehalte dan waterkering met een noordexpositie;
- West: waterkeringen met een westexpositie beginnen pas later op de dag op te drogen.

Soortenrijke vegetatietypen (W3, H2 en H3) hebben de meeste kans op ontwikkeling op waterkeringen met een zuidexpositie. Kruiden zijn beter bestand tegen droogte dan grassen. Soortenarme vegetatietypen (W1, W2, R en H1) hebben de meeste kans op ontwikkelen op waterkeringen met een noordexpositie (STOWA, 2018).

De hoeveelheid zonlicht is gekoppeld aan het vochtgehalte. Het gewenste vochtgehalte per vegetatietypen is in Grafiek 6 weergegeven.



Grafiek 6 Gewenst vochtgehalte per vegetatietype

2.3.2.2 Helling

De helling van een dijktaflop geeft aan in welke mate het talud van de waterkering schuin afloopt. Deze mate wordt uitgedrukt in de verhouding hoogteverschil: breedteverschil. Steile taludhellingen (steiler dan 1:3) zijn droger dan een flauwe taludhellingen. Regenwater dringt bij steile taludhellingen minder diep door in de bodem omdat het water sneller afstroomt. Bodemnutriënten worden uitgespoeld en hopen zich onder aan het talud op. Soortenrijke vegetatietypen (W3, H2 en H3) gedijen goed op steilere taludhellingen. Soortenarme vegetatietypen (W1, W2, R en H1) gedijen juist goed op flauwe taludhellingen.

3 Bepaling van functies

Dit hoofdstuk beantwoordt de derde deelvraag. Voor de toepassing van de theorie in hoofdstuk 2 voor het dijkenareaal van het Waterschap Rijn en IJssel is een digitale-tool ontwikkeld. In 3.1 wordt de digitale-tool gepresenteerd en zijn de functionaliteiten van de tool weergegeven. Daarnaast is ook het technisch ontwerp van de tool behandeld. In 3.2 is vervolgens een algemene systematiek uitgewerkt voor het bepalen van functies. Hierin is behandeld hoe dikeigenschappen verzameld kunnen worden, hoe de tool kan worden gebruikt en hoe resultaten kunnen worden gevisualiseerd. Tot slot is in 3.3 de algemene systematiek toegepast op het dijkenareaal van het Waterschap Rijn en IJssel, wordt een optimale indeling van functies gepresenteerd en is een link gelegd met de droge zomer van 2018.

3.1 Dijkgras

De digitale-tool onder de naam '*Dijkgras*' ondersteund bij de vertaling van theorie naar praktijk. Dijkgegevens worden door de tool omgezet naar een ideaal vegetatietype en beheertype. Met de tool worden de eerste 3 stappen van het functiestroomschema geautomatiseerd (Figuur 4). Voor de bepaling van een ideaal vegetatietype en beheertype maakt de tool gebruik van een Multi-Criteria Analyse (MCA).



Figuur 4 Stroomschema Dijkgras

3.1.1 Standplaatsomstandigheden

De standplaatsomstandigheden van de verschillende vegetatietypen zijn in de tool verwerkt. In hoofdstuk 2.3 is een tabel samengesteld met de gemiddelde Min-, Max- en Mediaan-waarde van standplaatsomstandigheden van de verschillende vegetatietypen. Deze tabel is vanuit Excel geëxporteerd naar een JSON-bestand. Dit type bestand kan gemakkelijk door de tool worden gebruikt.

3.1.2 Multi-Criteria Analyse

Voor de rangschikking van de verschillende vegetatietypen wordt een MCA uitgevoerd. De eerste stap binnen de MCA is om een normering uit te voeren. Vervolgens wordt een effectentabel opgebouwd, een standaardisatie gemaakt en een weging bepaald. Dit resulteert in een rangschikking.

Om het MCA-proces te verduidelijken is een voorbeeld gebruikt. In het voorbeeld gelden de meetwaarden in Tabel 2.

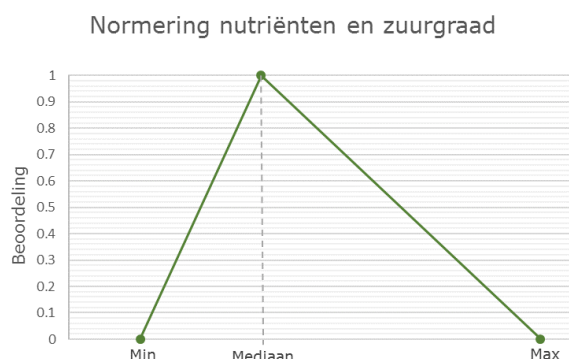
Tabel 2 Voorbeeld MCA-invoergegevens

N (mg N/ kg)	P (mg P/ kg)	K (mg K/ kg)	Zuurgraad (pH)	Lutum (%)	Expositie	Helling (1:x)
3000	0.5	20	6	20	Noord	2

3.1.2.1 Normering nutriënten en zuurgraad

Om bodemnutriënten en zuurgraad te beoordelen worden de gemiddelde Min-, Mediaan- en Max-waarde van de planten binnen de vegetatietypen gehanteerd. De invoergegevens wordt tussen de 0 en 1 genormaliseerd op basis van een interpolatie tussen de Min en Mediaan of tussen de Mediaan en Max. Indien het invoergegeven gelijk is aan de mediaan is de beoordeling 1. Indien de meetwaarde zich onder de min of boven de max bevindt wordt deze beoordeeld met 0. Een voorbeeld van de

normering van meetwaarden is weergegeven in Grafiek 7. De x-positie van de min, mediaan en max varieert per parameter en vegetatietypen.



Grafiek 7 MCA-normering nutriënten en zuurgraad

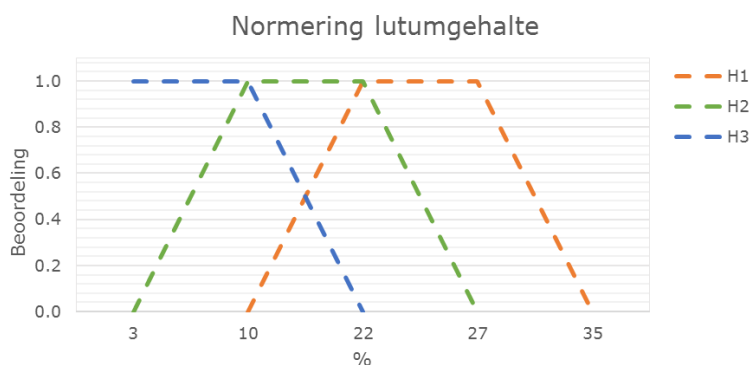
De normering van de van de bodemnutriënten en zuurgraad per vegetatietypen worden bij elkaar opgeteld in Tabel 3. Deze som wordt in de effectentabel van de MCA meegenomen.

Tabel 3 Voorbeeld MCA-normering NPK en pH

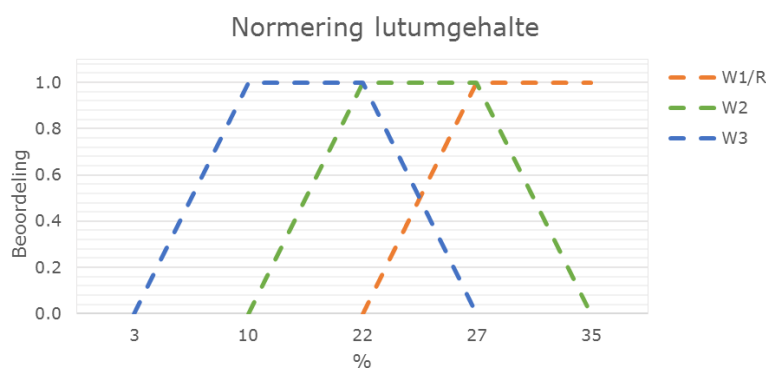
Parameter	Vegetatietypen						
	W1	W2	W3	R	H1	H2	H3
Stikstof (N)	0.92	0.85	0.83	1.00	0.93	0.88	0.83
Fosfor (P)	0.93	0.82	0.91	1.00	0.94	0.92	0.91
Kalium (K)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zuurgraad (pH)	0.57	0.41	0.44	0.63	0.52	0.47	0.41
Som	2.42	2.09	2.18	2.63	2.39	2.27	2.15

3.1.2.2 Normering lutum

Om lutum te beoordelen worden de min, ideale range en max van de vegetatietypen gehanteerd. Deze waarden zijn verkregen uit (Zee, 1992) en (STOWA, 2018). Wanneer de meetwaarde in de ideale range valt wordt deze beoordeeld met 1. Wanneer de meetwaarde zich onder de min of boven de max bevindt wordt deze beoordeeld met een 0. Tussen de range en de min en max wordt de beoordeling geïnterpoleerd. De normering van lutum is weergegeven in Grafiek 8 en Grafiek 9.



Grafiek 8 MCA-normering lutum H1, H2 en H3



Grafiek 9 MCA-normering lutum R, W1, W2 en W3

3.1.2.3 Effectentabel

De som van de normering van N, P, K en pH wordt meegenomen in de effectentabel. De normering van het lutumgehalte wordt direct in de effectentabel meegenomen.

Expositie wordt beoordeeld door deze te vergelijken met de ideale expositie per vegetatietype (0). Indien de expositie ideaal is voor het vegetatietype wordt deze beoordeeld met "++". Indien de expositie niet ideaal is wordt deze beoordeeld met "--". Exposities tussen ideaal en niet ideaal worden met "+", "0" of "-" beoordeeld.

Helling wordt beoordeeld door deze te vergelijken met de ideale helling per vegetatietype (2.3.2.2). Indien de helling overeenkomt met de ideale waarde wordt deze beoordeeld met "+". Indien de waarde niet overeenkomt met de ideale waarde wordt deze beoordeeld met "-". De effectentabel is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Voorbeeld MCA-effectentabel

Parameter	Eenheid	Vegetatietypen						
		W1	W2	W3	R	H1	H2	H3
NPK + pH	Waarde	2.42	2.09	2.18	2.63	2.39	2.27	2.15
Lutum	Waarde	0	0.83	1	0	0.83	1	0.17
Expositie	(-- / ++)	++	--	--	++	++	--	--
Helling	(-/ +)	-	+	+	-	-	+	+

3.1.2.4 Standaardisatie

De derde stap binnen de MCA is om de effectentabel om te zetten naar waarden met een schaal van 0 tot 1.

Voor NPK + pH wordt eerst de richtingscoëfficiënt van de reeks van vegetatietypen bepaald (Formule 2).

Vervolgens is de gestandaardiseerde waarde bepaald (Formule 3). Dit betekent dat de hoogste waarde in de reeks altijd een gestandaardiseerde waarde van 1 heeft en de laagste waarde in de reeks een gestandaardiseerde waarde van 0.

$$\text{richtingscoëfficiënt} = \frac{1}{\max(\text{Reeks}) - \min(\text{Reeks})}$$

(Formule 2)

$$\text{Gestandaardiseerde waarde} = (\text{beoordelingsWaarde} - \min(\text{Reeks})) * \text{richtingscoëfficiënt}$$

(Formule 3)

De gestandaardiseerde waarde van lutum is direct uit de effectentabel overgenomen. Bij helling krijgt "+" en "-" respectievelijk de gestandaardiseerde waarde van 1 en 0. Expositie is ook direct vanuit de effectentabel vertaald. Waarin "++", "+", "0", "-" en "--" respectievelijk de gestandaardiseerde waarde 1.00, 0.75, 0.50, 0.25 en 0.00 krijgen. De standaardisatietabel is weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5 Voorbeeld MCA-standaardisatie

Parameter	Vegetatietypen						
	W1	W2	W3	R	H1	H2	H3
NPK + pH	0.61	0.00	0.16	1.00	0.55	0.33	0.12
Lutum	0.00	0.83	1.00	0.00	0.83	1.00	0.17
Expositie	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00
Helling	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00

3.1.2.5 Weging

De vierde stap binnen de MCA is om een weging toe te kennen aan de verschillende parameters. De parameter die het meest belangrijk wordt geacht krijgt hierbinnen de hoogste score.

Vanuit eigen inzicht en de literatuur is een weging voor de verschillende parameters opgesteld. Deze weging is ter beoordeling voorgelegd aan experts. De weging voor de verschillende parameters is weergegeven in Tabel 6 en de som van de wegingen is 1.00.

Tabel 6 MCA-weging parameters

Parameter	Weging
NPK + pH	0.30
Lutum	0.40
Expositie	0.20
Helling	0.10

3.1.2.6 Rangschikking

De laatste stap binnen de MCA is de rangschikking. Hierin wordt de weging vermenigvuldigd met de gestandaardiseerde waarde. Per vegetatietypen worden de vermenigvuldigde gestandaardiseerde waarden opgeteld.

In Tabel 7 is de vermenigvuldiging weergegeven. De som van de vermenigvuldiging per vegetatietype vormt het resultaat. De hoogste waarde is het vegetatietype dat het beste aansluit bij de parameters en de laagste waarde is het vegetatietype dat het minst aansluit bij de parameters. Het resultaat is weergegeven in Tabel 8.

Tabel 7 Voorbeeld MCA-vermenigvuldiging

Parameter	Vegetatietypen						
	W1	W2	W3	R	H1	H2	H3
NPK + pH	0.18	0.00	0.05	0.30	0.16	0.10	0.04
Lutum	0.00	0.33	0.40	0.00	0.33	0.40	0.07
Expositie	0.20	0.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00
Helling	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.10	0.10

Tabel 8 Voorbeeld MCA-resultaat

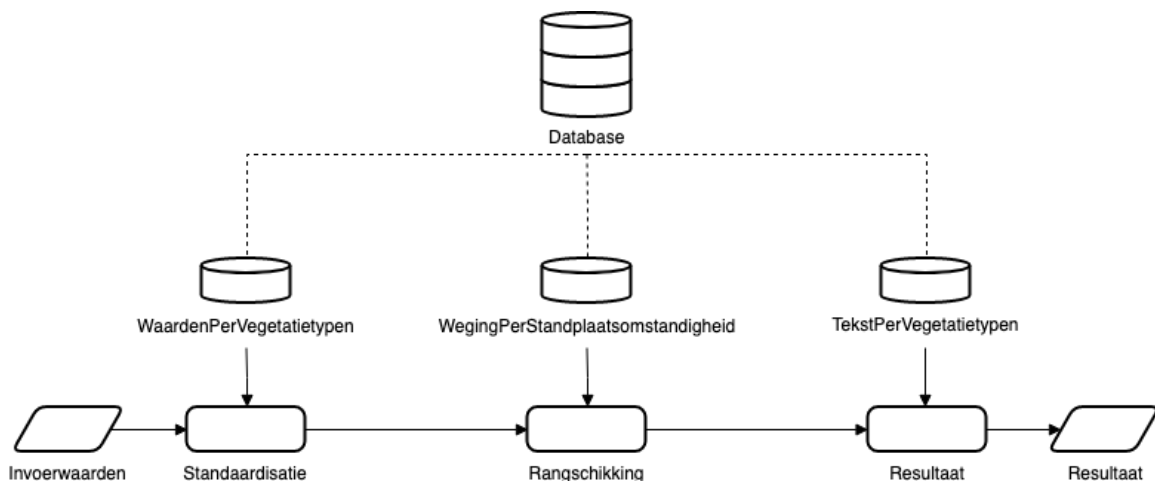
Parameter	Vegetatietypen						
	W1	W2	W3	R	H1	H2	H3
Totaal	0.38	0.43	0.55	0.50	0.69	0.60	0.21

De invoergegevens die gehanteerd zijn passen het beste bij een H1 vegetatietype met 69% en op de tweede plaats bij een H2 vegetatietype met 60%.

3.1.3 Technisch ontwerp

De standplaatsomstandigheden en de MCA in de voorgaande hoofdstukken zijn verwerkt in de tool. In

Figuur 5 is een stroomschema met de verschillende processen in de tool weergegeven.



Figuur 5 Stroomschema tool

De database in de tool bevat drie elementen: 'WaardenPerVegetatietypen', 'WegingPerStandplaatsfactor' en 'TekstPerVegetatietype'. De waarde die wordt ingevoerd wordt genormaliseerd en vervolgens omgezet naar een gestandaardiseerde waarde per vegetatietype. Om tot een rangschikking te komen, worden gestandaardiseerde waarden vermenigvuldigd met de weging van de standplaatsomstandigheid. Het vegetatietype wordt tot slot gecombineerd met een uitleg van het vegetatietype, beheertype en kenmerkende soorten. Het resultaat van de laatste stap vormt het eindresultaat.

3.2 Systematiek

De systematiek is onderverdeeld in drie onderdelen. Het eerste onderdeel bestaat uit de verkenning. Hierin wordt een gebied bepaald waarin voldoende gegevens en gebiedskennis beschikbaar is. Per ruimtelijk element (polygoon) in het gebied, moet een waarde voor de verschillende dikeigenschappen bepaald worden. Het tweede onderdeel bestaat uit het toepassen van de ontwikkelde tool. Het derde onderdeel is de vertaling van de resultaten van de tool naar kaarten in GIS.

3.2.1 Gegevens verzamelen

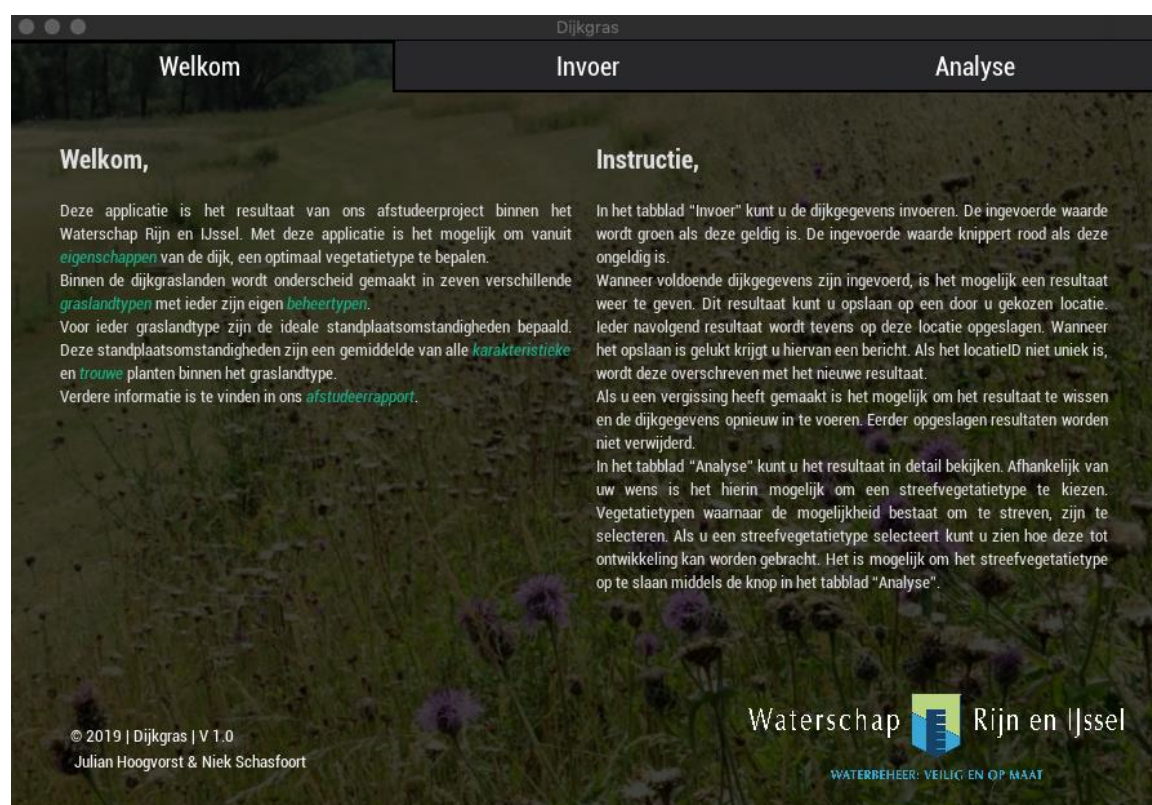
Per ruimtelijke element in het gebied moeten de dikeigenschappen verzameld worden. Dit zijn de dikeigenschappen beschreven 2.3. De bodemparameters: N, P, K, pH en lutum worden verkregen uit een grondanalyse van de dijken. Omdat grondanalyseresultaten uit puntelementen bestaan, is het van belang om voldoende analyseresultaten te verzamelen. Hoe groter het gebied, des te meer puntelementen benodigd zijn voor een nauwkeurig resultaat. Per bodemparameter wordt een interpolatie uitgevoerd om tot een gebiedsdekkende kaart te komen. Per ruimtelijk

element moet één waarde per bodemeigenschap bepaald worden. Deze waarde is het gemiddelde uit de interpolatie.

De fysieke dikeigenschappen expositie en helling worden aan de hand van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) bepaald. De expositiekaart wordt verkregen middels GIS-tools of visuele bepaling. De helling wordt bepaald door afstanden en hoogte te meten met behulp van de AHN-kaart. Ook is het mogelijk om in het veld de helling te bepalen. Evenals bij de bodemparameters moet voor expositie en helling het gemiddelde per ruimtelijke element bepaald worden.

3.2.2 Toepassing Dijkgras-tool

De tool bevat een drietal tabbladen. In het tabblad "Welkom" (Figuur 6) staat een algemene introductie en instructie.



Figuur 6 Schermafdruk welkomsscherm Dijkgras-tool

In het tabblad "Invoer" (Figuur 7) is het mogelijk om dijkgegevens in te voeren. Ingevoerde waarden worden groen als deze geldig zijn. De ingevoerde waarden knipperen rood als deze ongeldig zijn. Wanneer voldoende dijkgegevens zijn ingevoerd, is het mogelijk het resultaat weer te geven.

Dijkgras

Welkom Invoer Analyse

Locatie ID: 1

Vegetatietype: R

Stikstof: 3000 N mg/kg

Fosfor: 0.5 P mg/kg

Kalium: 20 K mg/kg

Zuurgraad: 6 pH

Lutum: 20 %

Expositie: Noord

Helling: 1:2

Resultaat

Wissen

Resultaat

Vegetatietype: Soortenarm glanshaverhooiland (H1). Soortenarm hooiland met een hoge biomassaproductie.

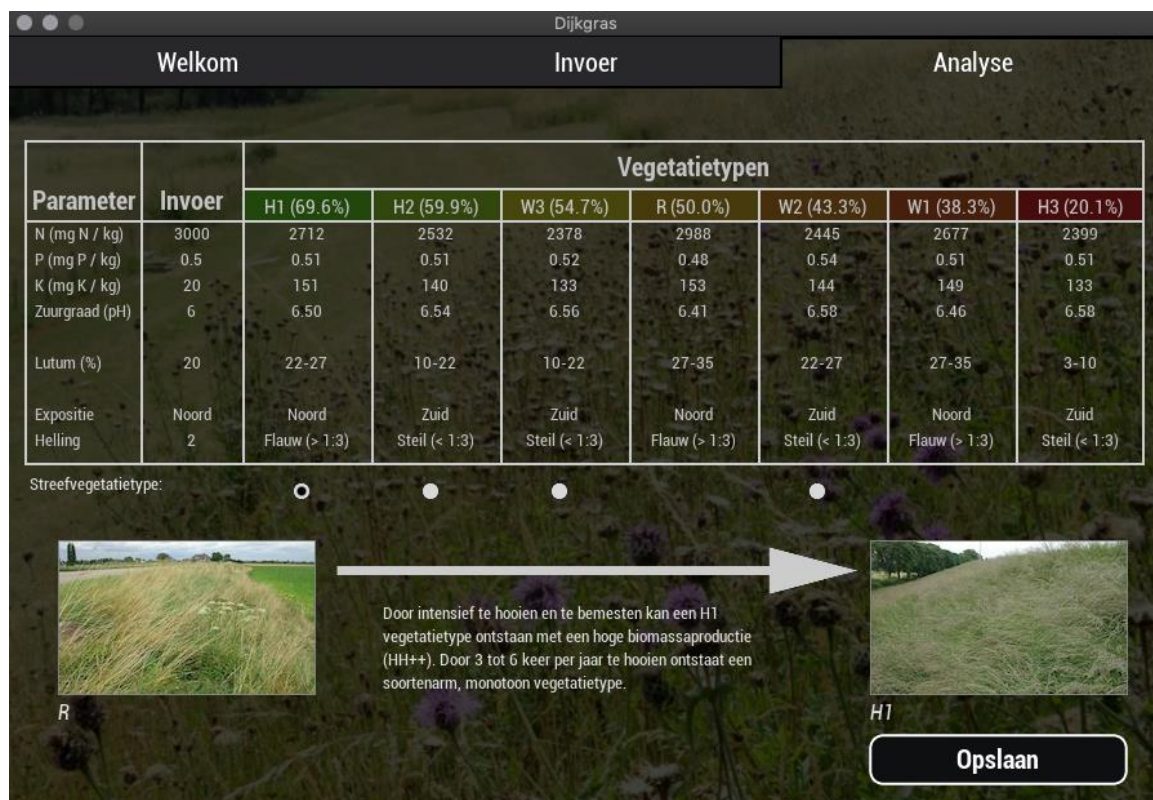
Beheertype: Intensief hooien (HH++) met bemesting.

Kenmerkende soorten: Glanshaver, Kweek, Grote vossenstaart, Gewoon speenkruid en Gewone smeerwortel.

Figuur 7 Schermafdruck invoerscherm Dijkgras-tool

In het tabblad "Analyse" (Figuur 8) is het resultaat in detail weergegeven. Het is in dit tabblad mogelijk om een streefvegetatie te selecteren. Het resultaat kan worden opgeslagen als een 'CSV'-bestand.

Het 'CSV'-bestand bestaat uit vijf kolommen: locatieID, huidig vegetatietype, gewenst vegetatietype en beheer. Het aantal rijen is afhankelijk van het aantal locaties dat is ingevoerd.



Figuur 8 Schermafbeelding analysescherm Dijkgras-tool

3.2.3 Kaart

Het 'CSV'-bestand geproduceerd door de tool kan worden omgezet naar ArcMap om resultaten te visualiseren als kaartmateriaal. Om deze koppeling uit te voeren moet het 'CSV'-bestand eerst worden opgeslagen als Excel-werkmap (.xlsx).

Vervolgens kan deze Excel-werkmap met de functie 'Excel To Table' aan ArcMap worden toegevoegd. De toegevoegde tabel kan worden gekoppeld aan de originele dataset met behulp van de 'Join' functie. De join is gebaseerd op het locatieID.

In GIS is het na deze koppeling mogelijk om de verschillende optimale vegetatietype te visualiseren. De functies van de grasbekleding kunnen aan de hand van deze vegetatietypen naar eigen inzicht worden toegekend.

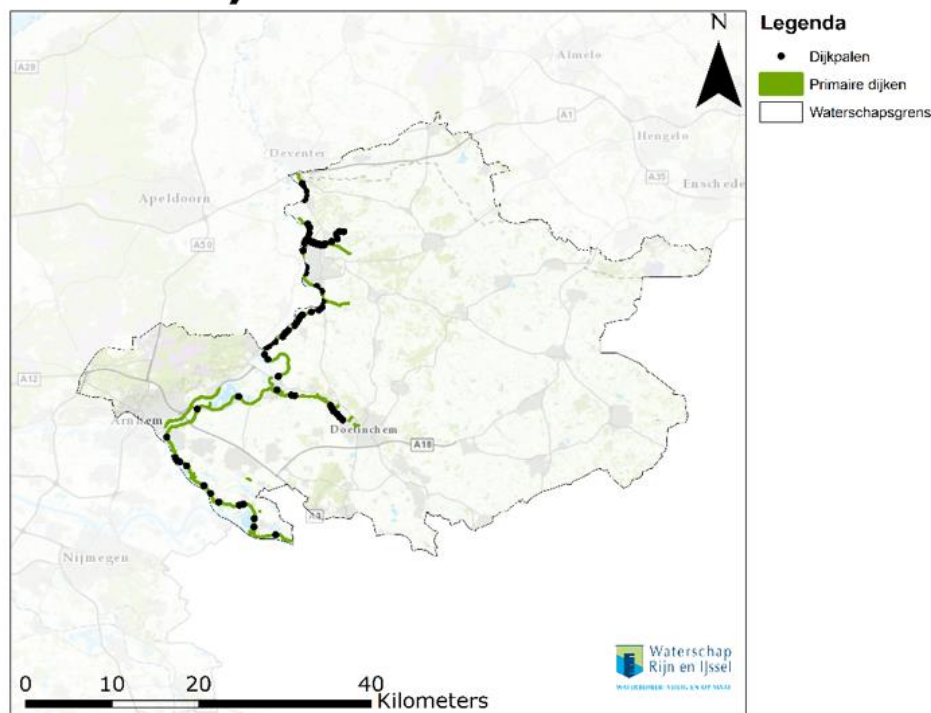
3.3 Functies Waterschap Rijn en IJssel

Voor de functie bepaling van de grasbekleding binnen het Waterschap Rijn en IJssel zijn de stappen die beschreven zijn in 3.2 toegepast. Grondanalyses en fysieke-eigenschappen zijn verzameld, verwerkt door de Dijkgras-tool en geëxporteerd naar een kaart in GIS.

3.3.1 Gegevens verzamelen

Voor het maken van een kaart met nutriënten- en granulaire samenstelling zijn 93 grondanalyselocaties gebruikt. De grondanalyses bevinden zich op de primaire dijken van het dijkareaal. De dichtheid van de grondanalyses is over het traject variabel. Boven Zutphen is de dichtheid van grondanalyses relatief groot. Het traject tussen Westervoort en Doesburg bevat relatief weinig grondanalyses. De verschillende grondanalyse locaties zijn weergegeven in Figuur 9 en zijn gekoppeld aan dijkpalen die zich in de buurt van de grondanalyse locaties bevinden.

Grondanalyselocaties



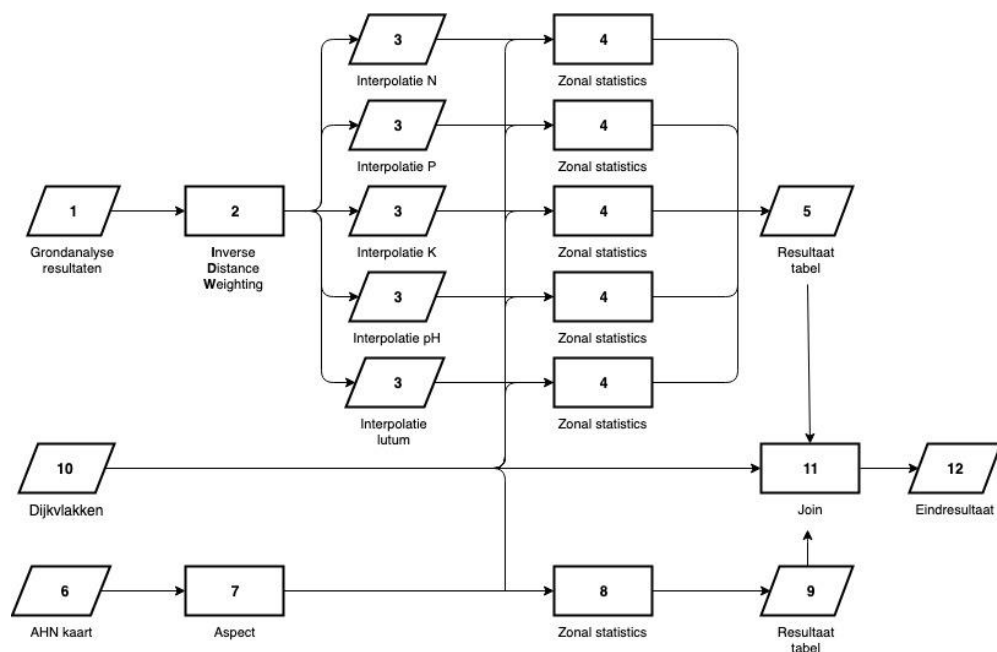
Figuur 9 Grondanalyselocaties primaire dijken Waterschap Rijn en IJssel

Vanuit de 93 grondanalyselocaties zijn van de resultaten (1) geïnterpoleerd. Deze interpolaties zijn gemaakt van de meetgegevens van stikstof, fosfor, kalium, pH en lutum. Als interpolatie methode is gekozen voor de '*Inverse Distance Weighting*' (IDW) methode (2). Deze methode interpoleert niet buiten de min en max waarden van de invoer en is geschikt voor een dataset met variabele puntenafstanden (Esri, 2016). De interpolatie is uitgevoerd voor de dijkvlakken van het binnentalud en het buitentalud. Deze splitsing tussen binnen en buiten talud is gemaakt omdat de dijkopbouw niet uniform is.

Vervolgens zijn vanuit de interpolaties (3) met behulp van de '*zonal-statistics-tool*' (4) gemiddelden per dijkvlak bepaald (5). Vanuit de AHN-kaart (6), met een resolutie van 0,5x0,5 meter, is de expositie van de dijken bepaald. De '*Aspect-tool*' (7) bepaald van elke cel in de AHN-kaart de kompasrichting. Onderscheid is gemaakt in acht richtingen. Met de '*zonal statistics-tool*' (8) is de meest voorkomende kompasrichting per dijkvlak bepaald en toegekend aan het dijkvlak (9).

De resultaattabellen (5 en 9) zijn aan de dijkvlakken (10) toegevoegd middels de '*join-tool*' (11). Het resultaat is één dataset waarin alle parameters aan de dijkvlakken zijn gekoppeld (12).

Dit proces is weergegeven in het stroomschema in Figuur 10. In Figuur 11 zijn de eerste acht resultaten van dit proces ter indicatie weergegeven.



Figuur 10 Stroomschema bepaling dikeigenschappen

DijkvlakNummer	Aspect	K	N	P	Lutum	pH
1	Noordoost	29,55429	1946,972	0,543567	16,9044	7,326364
2	Zuidwest	83,14893	2617,723	1,100069	17,50841	7,125751
3	Noordoost	36,23703	1405,892	0,342253	14,41496	7,431496
4	Noord	40,15744	1868,686	0,590768	16,7471	7,26208
5	West	43,48775	2282,149	0,509762	17,66578	7,205403
6	West	31,91415	977,1387	0,250879	12,76731	7,546614
7	Zuidoost	27,81411	2292,509	0,627657	19,93109	6,992588
8	Noordwest	27,83272	2293,041	0,628534	19,93038	6,992301

Figuur 11 Schermafbbeelding ArcGIS-tabel dikeigenschappen

In Tabel 9 is een overzicht van de dikeigenschappen van Waterschap Rijn en IJssel weergegeven. Van de bodemeigenschappen over het hele areaal is de minimum, maximum en het gemiddelde bepaald.

Tabel 9 Bodemeigenschappen areaal WRIJ

Bodemeigenschappen	Minimum	Maximum	Gemiddelde
Stikstof (N)	708.83	3589.88	2256.11
Fosfor (P)	0.20	6.26	0.85
Kalium (K)	15.35	113.80	38.32
Zuurgraad (pH)	5.80	7.60	7.09
Lutum (%)	5.30	27.82	17.14

Naast deze bodemeigenschappen is ook een overzicht gemaakt van de expositie van het dijkenareaal van het waterschap (Tabel 10).

Tabel 10 Expositie areaal WRIJ

Expositie	Aantal vlakken	Oppervlakte (ha)
Noord	332	50.1
Noordoost	329	46.6
Oost	257	20.4
Zuidoost	241	37.4
Zuid	302	55.0
Zuidwest	252	44.0
West	200	34.5
Noordwest	216	35.9
Onbekend	12	0.1

De meeste vlakken kennen een noordexpositie, maar het grootste oppervlak kent een zuidexpositie. De helling van het dijkensareaal is niet berekend maar is vastgesteld op 1:3 omdat dit in principe voor het gehele dijkensareaal geldt.

3.3.2 Toepassing Dijkgras-tool

De Dijkgras-tool is toegepast voor het dijkensareaal van het waterschap. Met de tool is het optimale vegetatietype voor alle 2141 dijkvlakken is bepaald. Om het proces van het bepalen van het optimale vegetatietype te versnellen is het invoeren van de dikeigenschappen geautomatiseerd.

3.3.3 Kaart

Het CSV-bestand met de 2141 vlakken is middels de methode in 3.2.3 gekoppeld aan ArcMap. De nieuwe indeling van vegetatietypen is weergegeven in Tabel 11. In de nieuwe indeling komt het vegetatietype W3 het meeste voor. Dit is te verklaren omdat de lutumpercentages van het dijkensareaal veelal geschikt zijn voor W3. Het vegetatietype H2 kent dezelfde ideale lutumrange (2.3.1.4). Echter wordt dit vegetatietype minder vaak toegekend omdat de bodemnutriënten voornamelijk overeenkomen met de ideale standplaatsomstandigheden voor W3. Omdat het kaliumgehalte van het gehele dijkensareaal relatief laag is en omdat lage stikstofgehalten veel voorkomen, is W3 in veel gevallen het meest geschikte vegetatietype.

Tabel 11 Optimale indeling vegetatietypen

Vegetatietype	Aantal vlakken	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte percentage
W1	15	<0.1	<0.1%
W2	184	34.0	10.5%
W3	1267	194.3	59.9%
R	23	1.7	0.5%
H1	216	31.3	9.6%
H2	334	53.6	16.5%
H3	102	9.0	2.8%
Totaal	2141	324.0	100.0%

De nieuwe indeling van functies is weergegeven in Tabel 12. De functies zijn ingedeeld volgens de literatuur in 2.2. De vegetatietypen W1, W2, R en H1 worden bij de functie agrarisch medegebruik ingedeeld. De vegetatietypen W3, H2 en H3 worden bij de functie ecologie ingedeeld.

Tabel 12 Optimale indeling van functies

Functie	Aantal vlakken	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte percentage
Agrarisch medegebruik	438	67.0	20.7%
Ecologie	1703	257.0	79.3%
Totaal	2141	324.0	100.0%

Om de optimale indeling te vergelijken met de huidige situatie, is van ieder dijkvlak bepaald wat de huidige functie is. Omdat de huidige vegetatietypen op veel locaties onbekend zijn is het moeilijk om de huidige functie te baseren op het huidige vegetatietype. De huidige functie van de grasbekleding is om deze reden gebaseerd op de huidige beheerder en het huidige beheertype en weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13 Huidige indeling van functies

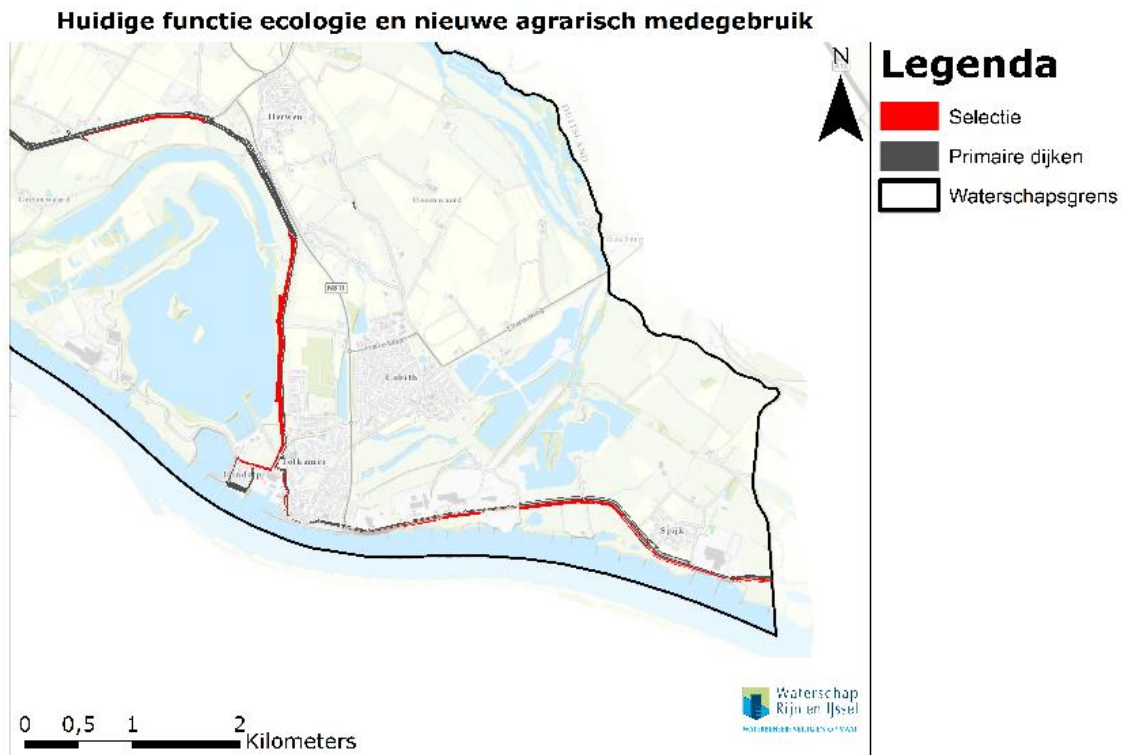
Functie	Aantal vlakken	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte percentage
Agrarisch medegebruik	930	151.8	46.9%
Ecologie	1097	163.0	50.3%
Overig	116	9.2	2.8%
Totaal	2141	324.0	100.0%

De twee functiekaarten zijn met elkaar vergeleken en locaties waar de functie verschilt zijn geselecteerd. Middels de query in Figuur 12 zijn locaties geselecteerd waar de huidige functie ecologie is en waar de nieuwe functie agrarisch medegebruik is. Dit zijn locaties waar op dit moment wordt verschaald terwijl biomassaproductie hier meer geschikt zou zijn. In totaal zijn er 204 vlakken waar dit verschil in functie is geconstateerd met een oppervlak van 32,1 ha. Het grootste cluster (67 vlakken) is in Figuur 13 weergegeven.

```
SELECT * FROM DijkvlakkenCompleet WHERE:
```

```
FuncH = 'Eco' AND FuncN = 'Agr'
```

Figuur 12 Query huidige functie ecologie en nieuwe functie agrarisch medegebruik



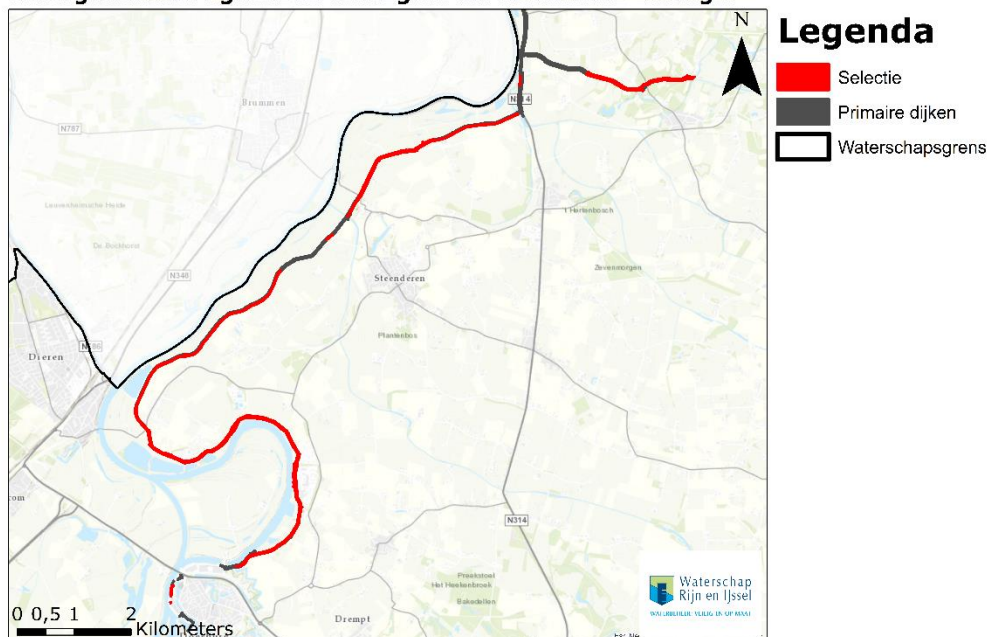
Figuur 13 Huidige functie ecologie en nieuwe functie agrarisch medegebruik (Locatie: Tolkamer)

Daarnaast is een tweede selectie gemaakt met de query in Figuur 14. De huidige functie van deze locaties is agrarisch medegebruik en de nieuwe functie is ecologie. Dit zijn locaties waar op biomassa wordt gewonnen terwijl ecologie zich hier beter zou kunnen ontwikkelen. In totaal zijn er 716 vlakken waar hier sprake van is met een oppervlak van 120,4 ha. In Figuur 15 is het grootste cluster (241 vlakken) weergegeven.

```
SELECT * FROM DijkvlakkenCompleet WHERE:
FuncH = 'Agr' AND FuncN = 'Eco'
```

Figuur 14 Query huidige functie agrarisch medegebruik en nieuwe functie ecologie

Huidige functie agrarisch medegebruik en nieuwe ecologie



Figuur 15 Huidige functie agrarisch medegebruik en nieuwe functie ecologie (Locatie: Doesburg)

De twee bovenstaande kaarten geven de grootste clusters weer waar een verschil in functie is geconstateerd.

3.4 Droogte

Om een verband aan te tonen tussen verdrogingverschijnselen en verandering van functie, is een inventarisatie gemaakt van locaties waar verdrogingsverschijnselen of verdrogingschade is geconstateerd in de zomer van 2018.

In eerste instantie is met behulp van 'Normalized Difference Vegetation Index' (NDVI) beelden het verschil in biomassa van voor, tijdens en na de zomer van 2018 te bepalen. De NDVI-beelden zijn vrij te downloaden van de website van het 'European Space Agency' (ESA). De NDVI-beelden kunnen in GIS worden ingeladen en weergegeven in een raster van 10x10 meter. Hier ontstaat echter het probleem dat een dijk met een relatief smal profiel binnen een raster van 10x10 meter snel wegvalt. Om deze reden is het in de praktijk moeilijk om met de NDVI-beelden een uitspraak te doen over de verdroging van de grasbekleding op een dijk.

In tweede instantie is vanuit veldobservaties tijdens de zomer van 2018 een inventarisatie gemaakt van verdrogingschade. Veldobservaties worden bijgehouden en geregistreerd in een daarvoor bestemde app. Binnen de veldobservaties is gezocht naar schaderegistraties waarbij droogte als oorzaak wordt genoemd. Hieruit zijn 50 locaties met verdrogingsschade in de zomerperiode van 2018 naar voren gekomen.

Het beheertype dat bij de 50 verdrogingsschadelocaties aanwezig is, is weergegeven in Tabel 14. Het beheertype dat het grootste aantal vlakken met verdrogingsschade heeft is maaien en afvoeren. Intensieve wisselbeweiding heeft relatief het meeste vlakken met verdrogingsschade.

Tabel 14 Verdrogingsschade beheertypen

Beheertype	Vlakken met verdrogingsschade	Totaal vlakken	Verdroging percentage
Maaien en afvoeren	37	1588	2.3%
Intensieve wisselbeweiding	10	91	11.0%
Natuur	2	74	2.7%
Onbekent	1	31	3.2%

In totaal zijn er 2141 dijkvlakken. Van dit totaal worden 920 ingedeeld bij een nieuwe functie. Van de 50 verdrogingsschadelocaties bevinden er zich 30 (3,3% van 920) binnen de herindeling en 20 (1,8% van 1105) buiten de herindeling. Van de overige dijkvlakken (116) waarvan de huidige functie onbekend is, kent geen enkel dijkvlak verdrogingsverschijnselen.

4 Beoordeling van de functie-indeling

Dit hoofdstuk beantwoordt de vierde deelvraag. Op basis van de visie van het Waterschap Rijn en IJssel zijn de vegetatietypen opnieuw ingedeeld. Vanuit deze nieuwe vegetatie-indeling is bepaald wie de passende beheerder is. Deze is vergeleken met de huidige beheerder, om zo locaties te bepalen waar een wijziging in verantwoordelijkheid moet plaatsvinden. De nieuwe functie-indeling zonder weidevegetatie is vergeleken met de functie-indeling met weidevegetatie.

4.1 Visie waterschap Rijn en IJssel

Het waterschap Rijn en IJssel heeft de visie om schapenbeweiding af te bouwen. Voor het waterschap is schapenbeweiding een relatief duur beheertype omdat de benodigde afrastering periodiek moet worden vervangen. Daarnaast geldt dat om waterveiligheidsredenen schapenpaden bij golfbelasting en overslag snel tot erosie leiden (WRIJ, 2014).

Vanuit dit uitgangspunt zijn de weide vegetatietypen uit de optimale verdeling gehaald. Het eerstvolgende vegetatietype dat geen weide vegetatietype is wordt aan de desbetreffende vlakken toegekend. In de meeste gevallen worden W3 vegetatietypen heringedeeld in H2 of H3. De W2 vegetatietypen worden heringedeeld in H1 of H2. De W1 vegetatietypen worden heringedeeld in R en H1. De optimale indeling van vegetatietypen zonder weide vegetatietypen is weergegeven in Tabel 15.

Tabel 15 Optimale indeling vegetatietypen zonder weidevegetatie

Vegetatietype	Aantal vlakken	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte percentage
W1	0	0	0.0%
W2	0	0	0.0%
W3	0	0	0.0%
R	36	8.2	2.1%
H1	317	49.5	14.8%
H2	1531	225.0	71.0%
H3	257	41.3	12.1%
Totaal	2141	324.0	100.0%

4.2 Beheerders

De nieuwe indeling van beheerders is gebaseerd op het optimale vegetatietype zonder weidevegetatie. Een H3 vegetatietype wordt beheerd door het waterschap en een R of H1 vegetatietype wordt beheerd door een pachter of aannemer. Het H2 vegetatietype wordt niet opnieuw ingedeeld omdat zowel een pachter als het waterschap dit nuttig kan gebruiken. In Tabel 16 is de huidige indeling van beheerders weergegeven. In de huidige indeling wordt onderscheid gemaakt tussen pachter en aannemers en het waterschap. Onder overig worden de gemeente, provincie en derden verstaan. Deze blijven in de nieuwe indeling van beheerders onveranderd. Tabel 17 geeft de nieuwe indeling van beheerders weer. In Figuur 16 zijn locaties weergegeven waar de verantwoordelijke beheerder verandert.

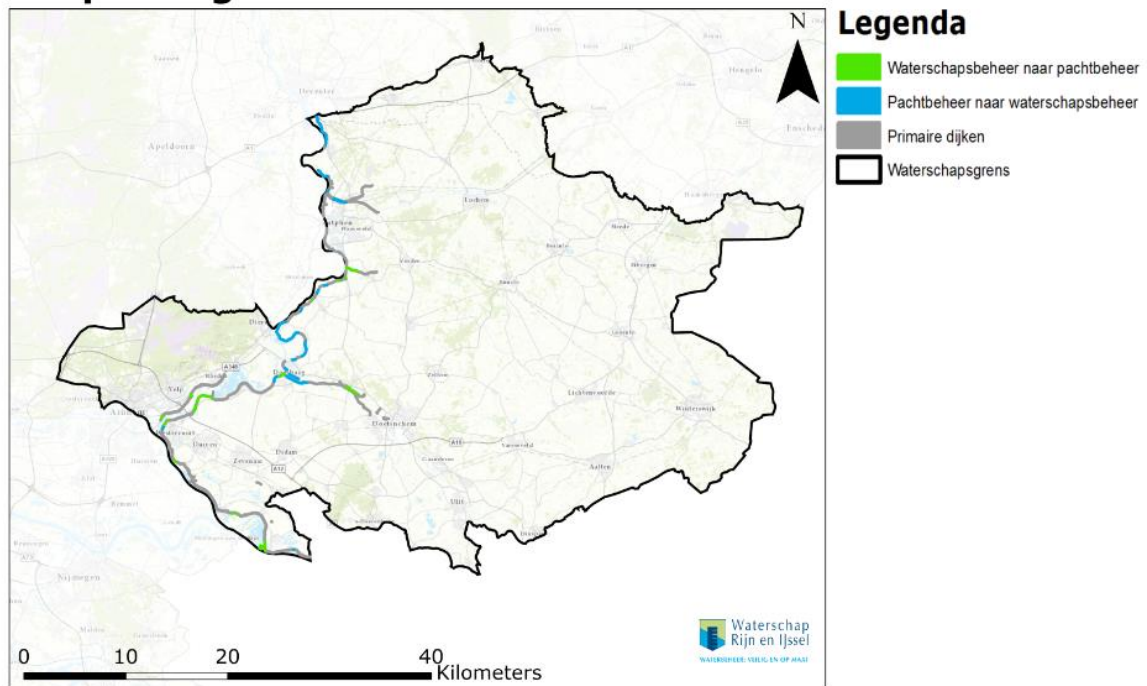
Tabel 16 Huidige indeling van beheerders

Beheerder	Aantal vlakken	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte percentage
Pachter/Aannemer	1366	219.8	67.8%
Waterschap	659	95.0	29.4%
Overig	116	9.2	2.8%
Totaal	2141	324	100.0%

Tabel 17 Nieuwe indeling van beheerders zonder weidevegetatie

Beheerder	Aantal vlakken	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte percentage
Pachter/Aannemer	1259	207.2	64.0%
Waterschap	766	107.6	33.2%
Overig	116	9.2	2.8%
Totaal	2141	324	100%

Aanpassing beheerder



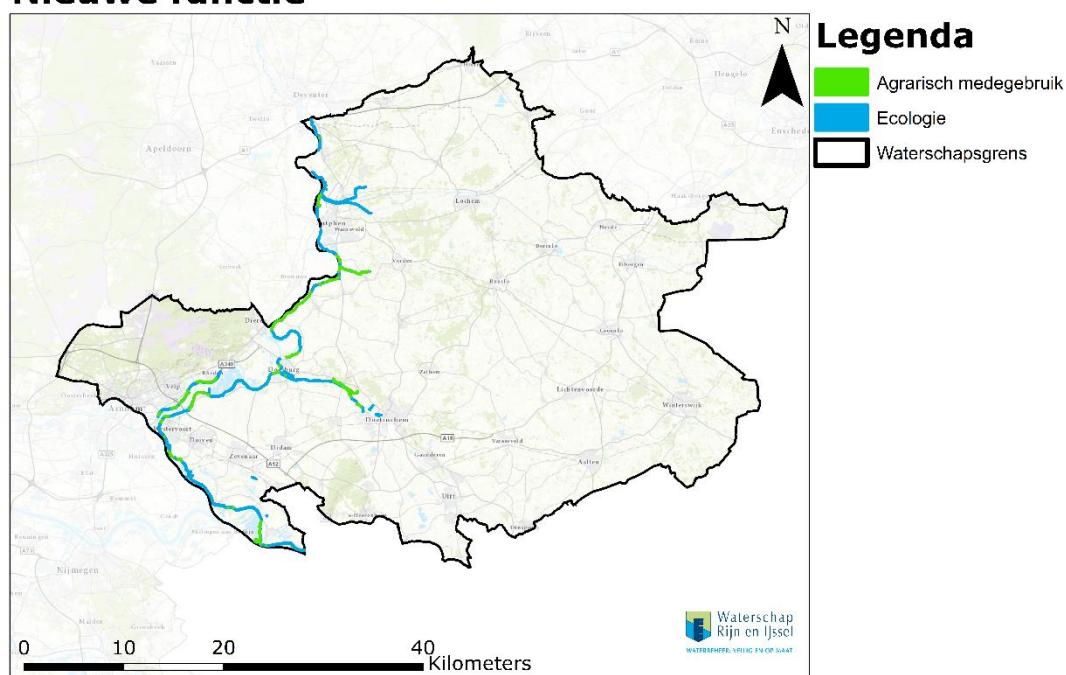
Figuur 16 Aanpassing verantwoordelijke beheerder

In totaal wordt het beheer van 303 vlakken opnieuw ingedeeld. Hiervan worden 205 vlakken ingedeeld bij het waterschap en worden 98 vlakken ingedeeld bij een pachter of aannemer. Dit betekent dat het waterschap 12,7 ha extra in zijn beheer krijgt.

4.3 Nieuwe functie-indeling

De nieuwe functie-indeling is nogmaals bepaald. De indeling is gebaseerd op het beste vegetatietype zonder weidevegetatie. De vegetatietypen H2 en H3 worden bij de functie ecologie ingedeeld. De vegetatietypen R en H1 worden bij de functie agrarisch medegebruik ingedeeld. De kaart met de nieuwe functie-indeling is weergegeven in Figuur 17.

Nieuwe functie



Figuur 17 Nieuwe functie-indeling zonder weidevegetatie

In tabel Tabel 18 zijn de oppervlaktes van de twee functie weergegeven.

Tabel 18 Nieuwe functie-indeling zonder weidevegetatie

Functie	Aantal vlakken	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte percentage
Agrarisch medegebruik	353	50.0	15.4%
Ecologie	1788	274.0	84.6%
Totaal	2141	324	100%

Ten opzichte van de functie-indeling in 3.3, waar weidevegetatie wél aanwezig is (Tabel 12), neemt het aandeel ecologie met 5,3% toe en neemt het aandeel agrarisch medegebruik met 5,3% af.

5 Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoordt op de hoofdvraag *"Hoe kan het dijkenareaal van Waterschap Rijn en IJssel zo optimaal mogelijk worden ingedeeld in de nevenfuncties: ecologie en agrarisch medegebruik?"*. Hiervoor zijn eerst de vier deelvragen beantwoord.

"Door welke vegetatietypen en desbetreffende beheertypen worden de drie verschillende functies: waterveiligheid, ecologie en agrarisch medegebruik gekenmerkt?"

De primaire functie waterveiligheid wordt gekenmerkt door vegetatietypen met een bedekkingsgraad en goede worteldichtheid. De eisen binnen de functie stellen dat minimaal 2 keer per jaar gemaaid moet worden. Wanneer de graszode kenmerken van een open graszode begint te vertonen, kan er extra worden bemest. De vegetatietypen die aansluiten bij de functie zijn: minder soortenrijk hooiland (H2), soortenrijk hooiland (H3) en soortenrijke kamgrasweide (W3). Deze vegetatietypen hebben een goede doorworteling en zijn daardoor erosiebestendig. Overige vegetatietypen kunnen ook binnen de functie passen mits deze een goede bedekkingsgraad kennen.

De nevenfunctie ecologie wordt gekenmerkt door een soortenrijk vegetatietype met een lage biomassa-productie. Dit vegetatietype wordt beheerd door jaarlijks 1 a 2 keer te maaien en het maaisel snel af te voeren of door periodiek of continu te beweiden met schapen (beheercategorie A). Vegetatietypen die het beste bij de functie ecologie aansluiten zijn: minder soortenrijk hooiland (H2), soortenrijk hooiland (H3) en soortenrijke kamgrasweide (W3).

De nevenfunctie agrarisch medegebruik wordt gekenmerkt door een soortenarm vegetatietype met een hoge biomassa-productie. Dit vegetatietype wordt beheerd door intensief te beweiden of intensief te hooien of door continue of periodieke beweiding met lichte bemesting (beheercategorie B en C). Vegetatietypen die het beste bij de functie agrarisch medegebruik aansluiten zijn: soortenarm hooiland (H1), ruig hooiland (R), beemdgras-raaigrasweide (W1) en soortenarme kamgrasweide (W2).

"Welke verbanden zijn aanwezig tussen de vegetatietypen en de bodem- en fysieke-eigenschappen van een waterkering?"

Hoogproductieve soortenarme vegetatietypen (W1, W2, R en H1) kennen over het algemeen een bodem met een hoog stikstofgehalte, hoog kaliumgehalte en een hoog lutumgehalte. Deze vegetatietypen hebben een slechte doorworteling en worden gekenmerkt door een bodem met een lage zuurgraad en een lage fosfaatbeschikbaarheid. Deze vegetatietypen gedijen goed bij een hoger vochtgehalte. De ideale expositie en helling van de waterkering die ideaal is voor deze vegetatietypen is respectievelijk een noordexpositie en een flauwe helling.

Laagproductieve soortenrijke vegetatietypen (W3, H2 en H3) kennen over het algemeen een bodem met een laag stikstofgehalte, laag kaliumgehalte en een laag lutumgehalte. Deze vegetatietypen hebben een goede doorworteling en worden gekenmerkt door een bodem met een hoge zuurgraad en hoge fosfaatbeschikbaarheid. Deze vegetatietypen gedijen goed op drogere gronden. De ideale expositie en helling van de waterkering die ideaal is voor deze vegetatietypen is respectievelijk een zuidexpositie en een steile helling.

"Wat is de optimale indeling van nevenfuncties gebaseerd op de dijk eigenschappen binnen het Waterschap Rijn en IJssel?"

Met behulp van de Dijkgras-tool, die ontwikkeld is binnen dit onderzoek, is voor alle primaire waterkeringen van Waterschap Rijn en IJssel het optimale vegetatietype bepaald. Het vegetatietype is bepaald op basis van de bodemeigenschappen en fysieke

kenmerken van de waterkeringen. Dit vegetatietype is gekoppeld aan een nevenfunctie. In de optimale indeling van nevenfuncties is 79,3% van het totale dijkoppervlak ingedeeld bij de functie ecologie en 20,7% bij de functie agrarisch medegebruik. Ten opzichte van de huidige indeling van functies neemt het aandeel ecologie met 29,0% toe en neemt het aandeel agrarisch medegebruik met 26,2% af. Een toename van de ecologische functie heeft een positieve invloed op de biodiversiteit en de insectenpopulatie. In de omgeving van Tolkamer en Doesburg bevindt zich een groot aandeel van de locaties waar een verandering plaatsvindt.

"Welke invloed heeft de visie van het Waterschap Rijn en IJssel op de optimale indeling van nevenfuncties?"

De visie van het Waterschap Rijn en IJssel stelt dat beweiding met schapen wordt uitgefaseerd. Weidevegetatie is heringedeeld bij het eerste optimale vegetatietype dat geen weide is. Op basis van de nieuwe indeling van vegetatietypen is de nieuwe beheerder bepaald en vergeleken met de huidige beheerder. In de nieuwe indeling van beheerders is 12,7 ha heringedeeld van pachtbeheer naar beheer door het waterschap. In de nieuwe indeling van nevenfuncties, zonder weidevegetatie, is 84,6% van het totale dijkoppervlak ingedeeld bij de functie ecologie en 15,4% bij de functie agrarisch medegebruik. Ten opzichte van de eerder bepaalde optimale functie-indeling met weidevegetatie, neemt het aandeel ecologie nog verder toe met 5,3% en neemt het aandeel agrarisch medegebruik met 5,3% af.

"Hoe kan het dijkengedraai van Waterschap Rijn en IJssel zo optimaal mogelijk worden ingedeeld in de nevenfuncties: ecologie en agrarisch medegebruik?"

Uit dit onderzoek is gebleken dat het dijkengedraai van het Waterschap Rijn en IJssel optimaal kan worden ingedeeld in de nevenfuncties door vegetatietypen te koppelen aan de functies.

Dijkeigenschappen worden naar een optimaal vegetatietype vertaald met behulp van de Dijkgras-tool. Vanuit dit optimale vegetatietype en de visie van het waterschap wordt de optimale functie bepaald. Het verschil tussen de nieuwe indeling van functies en de huidige indeling van functies toont aan dat de hypothese, *"De bepaling van nevenfuncties en bijbehorend beheertype voor de grasbekleding is suboptimaal omdat hiervoor geen methodiek wordt gehanteerd waarin de dikeigenschappen worden meegenomen."*, niet wordt verworpen. De bepaling van nevenfuncties en bijbehorend beheertype voor de grasbekleding is in de huidige situatie suboptimaal.

6 Discussie

Binnen dit onderzoek is gebruik gemaakt van standplaatsomstandigheden van planten uit SynBioSys. Van deze planten is een gemiddelde bepaald om tot een waarde voor de verschillende vegetatietypen te komen. Wanneer de waarden per vegetatietype vergeleken worden met resultaten verkregen door Van der Zee, is er een wezenlijk verschil zichtbaar. Echter, classificeert Van der Zee de vegetatietypen op een andere wijze, wat vergelijking bemoeilijkt. Wanneer de waarden vergeleken worden met indicatiewaarden per vegetatietype verzameld door Waterschap Rivierenland zijn vergelijkbare waarden te vinden. Om deze reden worden de resultaten verkregen uit SynBioSys als betrouwbaar beschouwd.

Binnen het dijkengedraai van het Waterschap Rijn en IJssel zijn de dikeigenschappen afgeleid uit 93 grondanalyselocaties. Deze grondanalyselocaties zijn geïnterpoleerd, met als gevolg dat er een onzekerheid ontstaat. Door meer grondanalyselocaties te gebruiken, kan deze onzekerheid worden gereduceerd. Daarnaast is voor de taludhellingen van het dijkengedraai de uniforme helling 1:3 gehanteerd omdat de gegevens binnen het waterschap niet aanwezig zijn. Dit is gedaan op basis van gebiedskennis van medewerkers van het waterschap.

Voor het bepalen van een correlatie tussen droogteschade, beheervorm en een suboptimale functie, is gebruik gemaakt van registraties in de veldobservatie app van het waterschap. Uit deze app zijn slechts 50 locaties met droogteschade naar voren gekomen, terwijl de verwachting is dat er veel meer zouden moeten zijn. Allicht kunnen in het vervolg met behulp van drone beelden meer locaties met droogteverschijnselen worden geïnterpreteerd. Met behulp van dergelijke beelden is het mogelijk om beter een correlatie te leggen tussen droogte en het vegetatietype, beheertype en functie.

De Dijkgras-tool geeft voor de grasbekleding op het dijkengedraai van het waterschap W3 als meest ideale vegetatietype. Dit is te verklaren door de lutum gehalten en de lage stikstof- en kaliumgehalten. Omdat het bestaande vegetatietype op veel locaties onbekend is, is de haalbaarheid van dit ideale vegetatietype moeilijk te bepalen. Door het bestaande vegetatietype wel mee te nemen kan de realistische haalbaarheid van het ideale vegetatietype beter worden bepaald.

7 Advies

Voor het bepalen van de optimale nevenfunctie kan de Dijkgras-tool worden gebruikt zoals in dit onderzoek is gedaan. De Dijkgras-tool levert echter geen optimale functie-indeling op basis van praktische haalbaarheid. Voor een verbetering van de indeling van nevenfuncties inclusief de praktische haalbaarheid moet afstand tot pachters, maaitijdstip, afvoer van maaisel, oppervlakte, huidige vegetatietype en vegetatietypen in de omgeving worden meegenomen. Daarnaast wordt aangeraden om de financiële gevolgen van een herindeling te inventariseren.

De concentratie van grondanalyses is tussen Westervoord en Doesburg is momenteel relatief laag. Het waterschap zou hier meer grondanalyses kunnen laten uitvoeren om de betrouwbaarheid van de dikeigenschappen te verhogen.

Als de functie en het vegetatietype op locaties wijzigt, wordt aangeraden om op de lange termijn te inventariseren hoe het vegetatietype zich ontwikkeld en standhoud. Toekomstige locaties met droogteverschijnselen kunnen worden geïnventariseerd middels luchtfoto's. Omdat voor het bepalen van droogteverschijnselen vanuit luchtfoto's geen vaste methodiek bestaat, zal deze ontwikkeld moeten worden.

Literatuur

- Asuero, A. G., Sayago, A., & González, A. G. (2006). *The Correlation Coefficient: An Overview*. The University of Seville, Department of Analytical Chemistry. Seville: Taylor and Francis Group, LLC. doi:10.1080/10408340500526766
- Brancheorganisatie akkerbouw. (z.d.). *Effect pH op beworteling, opname, mineralisatie en beschikbaarheid nutriënten*. Opgeroepen op maart 20, 2019, van handboekbodembemesting: <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/pH-en-bekalking/Effect-pH-op-beworteling-opname-mineralisatie-en-beschikbaarheid-nutriënten.htm>
- Esri. (2016). *How IDW works*. Opgeroepen op mei 7, 2019, van arcgis: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-idw-works.htm>
- EurEco. (2018). *Vegetatietypen op dijken: karakteristieke en trouwe soorten*. Opgeroepen op maart 25, 2019, van zodenaandedijk: <https://www.zodenaandedijk.com/vegetatietypen-op-dijken-karakteristieke-en-trouwe-soorten/>
- Flora van Nederland. (2019). *Flora van Nederland*. Opgeroepen op maart 19, 2019, van Flora van Nederland: <http://www.floravannederland.nl/home/>
- Hannekens, Smits, & Schaminée. (2010). *SynBioSys Nederland versie 2*. Wageningen: Alterra Wageningen UR. Opgeroepen op april 4, 2019
- KNMI. (2018, september 3). *Zomer 2018 (juni, juli, augustus)*. Opgeroepen op februari 4, 2019, van KNMI: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maanden-en-seizoensoverzichten/2018/zomer>
- OCI Agro. (2013). *Waarom heeft een plant fosfor nodig*. Opgeroepen op maart 20, 2019, van NutriNorm: <https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Hoofdelementen-Waarom-heeft-een-plant-fosfor-nodig.aspx#.XJIQbXIYbcs>
- OCI Agro. (2013). *Waarom heeft een plant kalium nodig*. Opgeroepen op maart 20, 2019, van NutriNorm: <https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Hoofdelementen---Waarom-heeft-een-plant-kalium-nodig.aspx#.XJID93IYbct>
- OCI Agro. (2013). *Waarom heeft een plant stikstof nodig*. Opgeroepen op maart 20, 2019, van NutriNorm: <https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Hoofdelementen-Waarom-heeft-een-plant-stikstof-nodig.aspx#.XJH-4nIYbcv>
- Rijkswaterstaat. (2007). *Voorschrift toetsen op veiligheid primaire waterkeringen*. Opgeroepen op maart 11, 2019, van <https://handreikinggrasbekleding.nl/wp-content/uploads/2018/03/vtv20061.pdf>
- Steendam, G. (2017). *Eisen Grasbekleding*. Maarn: Infram Mobiliteit, Ruimte en Water. Opgehaald van <https://handreikinggrasbekleding.nl/wp-content/uploads/2018/03/Rapport-eisen-grasbekledingen-v2.0-incl-bijlage-Infram-2017.pdf>
- STOWA. (2018). *Beheer bloemdijken*. Opgeroepen op maart 11, 2019, van Handreiking Grasbekleding: <https://handreikinggrasbekleding.nl/beheer-specifiek/beheer-bloemdijken/>
- STOWA. (2018). *Beheercategorieën o.b.v. VTV2006*. Opgeroepen op maart 7, 2019, van Handreiking Grasbekleding: <https://handreikinggrasbekleding.nl/beheer/beheercategorieen-o-b-v-vtv2006/>
- STOWA. (2018). *Beweidings- / begrazingsbeheer*. Opgeroepen op maart 8, 2019, van Handreiking Grasbekleding: <https://handreikinggrasbekleding.nl/beheer/beweidings-begrazing/>
- STOWA. (2018). *Bodemopbouw en samenstelling*. Opgeroepen op maart 21, 2019, van Handreiking Grasbekleding:

- <https://handreikinggrasbekleding.nl/grasbekleding/standplaatsomstandigheden/bodemopbouw-en-samenstelling/>
- STOWA. (2018). *Helling en expositie*. Opgeroepen op maart 21, 2019, van Handreiking Grasbekleding:
<https://handreikinggrasbekleding.nl/grasbekleding/standplaatsomstandigheden/helling-en-expositie/>
- STOWA. (2018). *Opbouw grasbekleding*. Opgeroepen op februari 18, 2019, van Handreiking Grasbekleding:
<https://handreikinggrasbekleding.nl/grasbekleding/opbouw-grasbekleding/>
- STOWA. (2018). *Standplaatsomstandigheden*. Opgeroepen op maart 4, 2019, van Handreiking Grasbekleding:
<https://handreikinggrasbekleding.nl/grasbekleding/standplaatsomstandigheden/>
- STOWA. (2018). *Vegetatietypen*. Opgeroepen op april 15, 2019, van Handreiking Grasbekleding:
<https://handreikinggrasbekleding.nl/grasbekleding/vegetatietypen/>
- STOWA. (2018). *Visie, (functie-)eisen en streefbeelden*. Opgeroepen op maart 7, 2019, van Handreiking Grasbekleding:
<https://handreikinggrasbekleding.nl/waterkeringen-algemeen/visie-functieeisen-en-streefbeelden/>
- STOWA. (2018). *Zaadmengsels en -bronnen*. Opgeroepen op mei 23, 2019, van Handreiking Grasbekleding:
<https://handreikinggrasbekleding.nl/aanleg/aanleg-algemeen/zadenmengsels-en-bronnen/>
- WRIJ. (2014). *BESTUURSRAPPORTAGE WATERSCHAP RIJN EN IJSSEL 2014-3*. Doetinchem. Opgeroepen op maart 16, 2019, van https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj8NPryZ_iAhWFUIAKHcx5ARwQFjAAegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.wrij.nl%2Fpublish%2Fpages%2F2823%2Fvst_bestuursrapportage_2014-3_170315_bijlage.pdf&usg=AOvVaw2RaoYYrhbx
- Zee, F. v. (1992). *Botanische samenstelling, oecologie en erosiebestendigheid van rivierdijkvegetaties*. Wageningen: Wageningen Universiteit. Opgeroepen op maart 11, 2019, van http://www.zodenaandedijk.com/artikelen/TU-Delft_A3_92_15_Botanischesamenstellingoecologieenerosiebestendigheidvanrivierdijkvegetaties.pdf

Bijlagen

Bijlage I

Soorten in de gemeenschappen

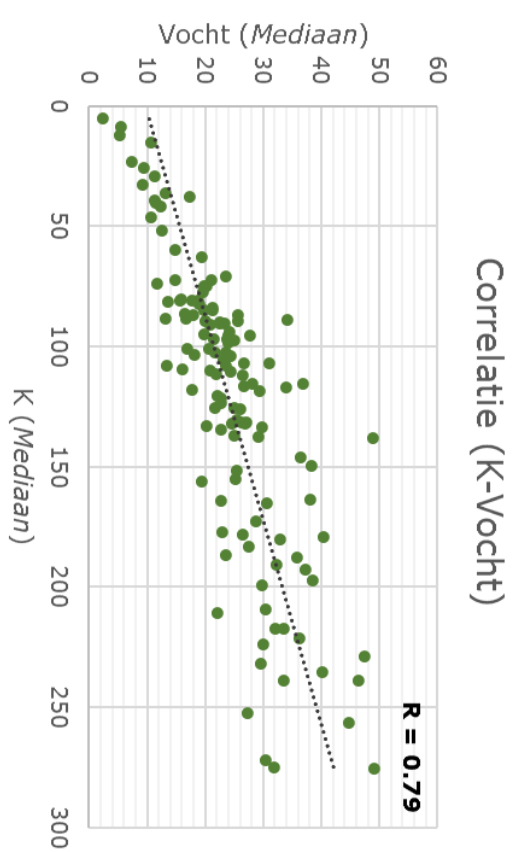
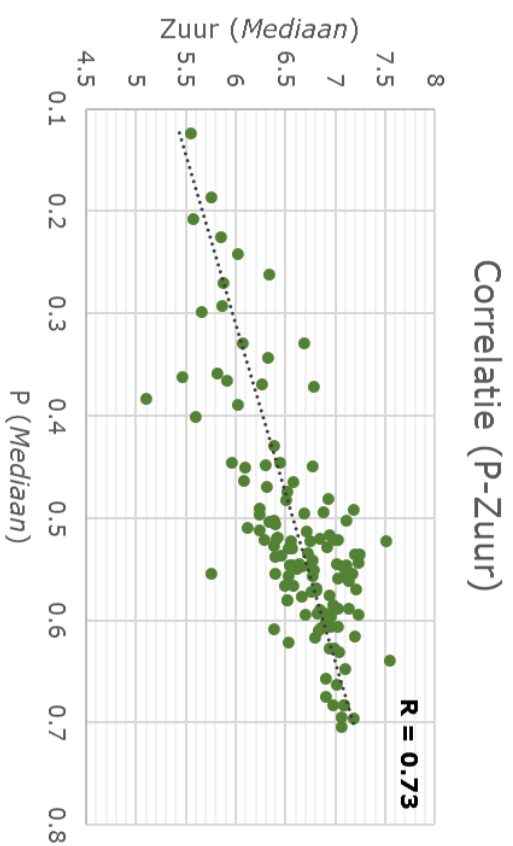
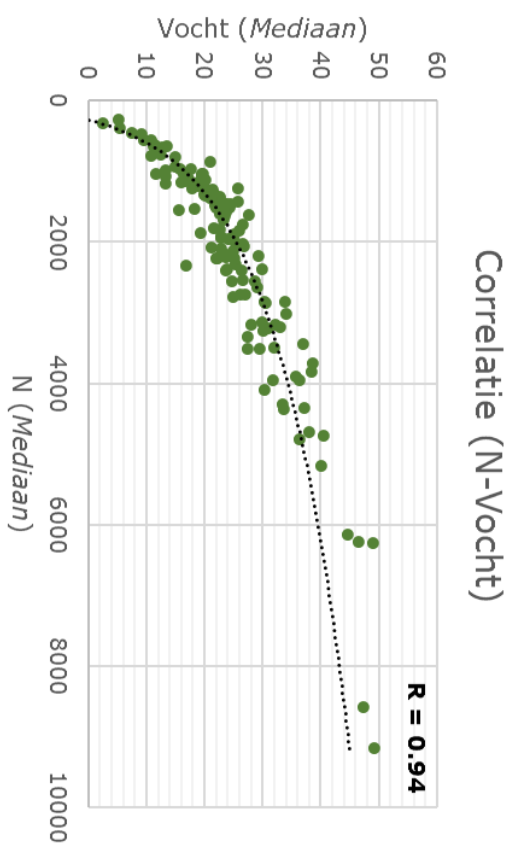
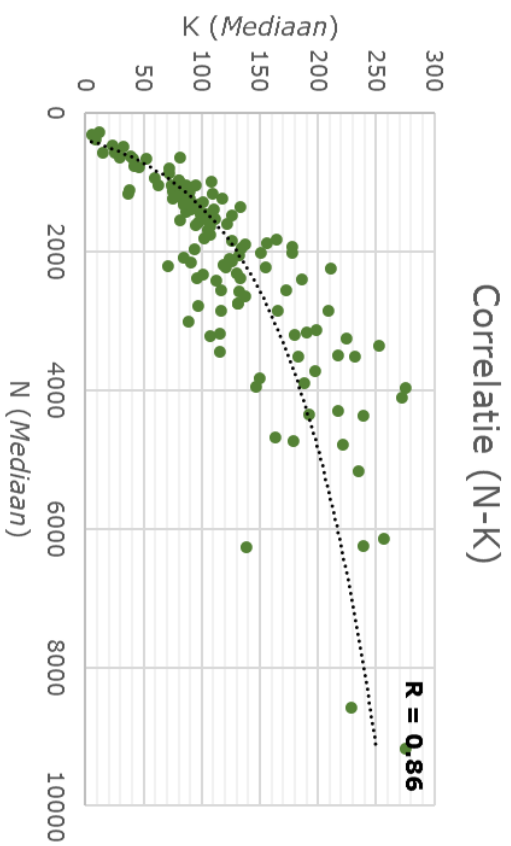
	GEMEENSCHAPPEN (%)						
Nederlandse naam	W1	W2	W3	Ru	H1	H2	H3
Akkerdistel	60	45	52	18	25	52	36
Akkervergeet-mij-nietje	3	9	8	7	10	17	20
Akkerwinde	7	9	30	20	27	26	45
Beemdkroon	0	0	0	0	1	1	15
Beemdlangbloem	0	0	43	0	3	14	42
Bergdravik	0	0	0	0	0	1	0
Bermooievaarsbek	0	0	0	3	0	4	9
Bermzuring	3	0	0	3	11	6	8
Blaassilene	0	0	0	0	0	1	1
Bochtige klaver	0	0	0	0	0	1	0
Boerenwormkruid	0	0	13	0	0	7	20
Dauwbraam	0	9	13	7	7	11	13
Echt bitterkruid	0	0	8	0	0	8	9
Echte kruisdistel	0	9	13	0	1	1	5
Engels raaigras	100	100	100	15	67	74	80
Fluitenkruid	20	9	43	98	87	71	68
Geel walstro	0	0	13	0	0	7	16
Gekroesde melkdistel	23	27	17	1	16	11	15
Geoorde zuring	0	0	13	5	4	12	27
Gestreepte witbol	28	18	82	26	50	81	93
Gevlekte rupsklaver	0	0	4	0	0	1	0
Gewone agrimonie	0	0	0	0	0	0	4
Gewone berenklauw	11	45	56	83	87	78	79
Gewone brunel	0	0	21	0	1	12	13
Gewone ereprijs	7	9	17	0	4	9	27
Gewone hoornbloem	63	54	91	15	47	77	80
Gewone margriet	3	9	47	0	6	43	79
Gewone paardebloemen	83	100	95	66	89	89	90
Gewone pastinaak	3	9	21	1	1	8	22
Gewone rolklaver	0	0	43	0	0	20	63
Gewone smeewortel	3	9	8	35	39	30	27
Gewone veldsla	3	0	4	1	5	4	17
Gewone vogelmelk	0	0	8	0	3	2	6
Gewoon duizendblad	28	90	78	3	10	53	91
Gewoon reukgras	0	9	47	0	6	25	78
Gewoon speenkruid	20	9	21	58	55	20	11
Gewoon struisgras	0	9	39	3	0	9	16
Glad walstro	3	9	56	24	20	53	83
Glanshaver	60	81	95	100	99	100	100

Goudhaver	3	36	82	7	11	45	97
Grasklokje	0	0	0	0	0	0	6
Groot streepzaad	11	9	73	26	19	70	93
Grote bevernel	0	0	13	0	0	2	19
Grote brandnetel	28	9	26	96	54	19	11
Grote centaurie	0	0	13	1	0	3	12
Grote keverorchis	0	0	0	0	0	1	0
Grote pimpernel	0	0	0	0	0	1	0
Grote tijm	0	0	0	0	0	0	1
Grote vossenstaart	40	27	65	94	93	69	71
Haagwinde	3	9	0	11	10	6	3
Harige ratelaar	0	0	4	0	0	0	7
Heermoes	7	27	47	9	34	44	56
Heggenwikke	0	0	13	3	12	21	28
Heksenmelk	0	0	8	0	1	2	18
Hondsdrif	31	54	69	75	55	59	59
Hopklaver	3	18	78	1	8	45	68
IJle dravik	7	0	4	22	12	8	5
Jakobskruid	7	36	47	7	19	50	71
Kamgras	3	18	73	0	3	17	59
Karwijvarkenskervel	0	0	0	0	0	2	13
Kattendoorn	0	0	0	0	0	0	3
Kleefkruid	0	0	0	20	7	2	0
Klein streepzaad	11	45	30	0	7	14	9
Kleine klaver	31	81	100	1	21	70	88
Kleine pimpernel	0	0	4	0	0	4	19
Kleine ratelaar	0	0	0	0	0	0	1
Klimopereprijs	0	0	4	13	9	0	0
Kluwenhoornbloem	40	36	52	11	20	18	41
Knikkende distel	7	0	0	0	0	0	1
Knolboterbloem	36	36	82	1	10	35	85
Knoopkruid	3	0	65	0	8	49	93
Kraailook	3	9	26	22	33	47	73
Kropaar	83	81	86	92	99	92	98
Kruipende boterbloem	47	54	73	24	63	64	52
Kruisbladwalstro	0	0	4	0	0	0	4
Kruldistel	47	9	8	11	14	6	9
Krulzuring	7	0	30	22	23	31	24
Kweek	92	90	82	92	96	91	84
Kweekdravik	0	0	13	0	0	1	18
Madeliefje	60	81	95	1	41	61	73
Muskuskaasjeskruid	0	0	8	0	2	8	8
Oosterse morgenster	0	0	0	0	0	3	18
Paarse morgenster	0	0	0	0	0	1	1
Peen	3	36	86	1	15	62	78
Penningkruid	0	0	4	5	10	5	13

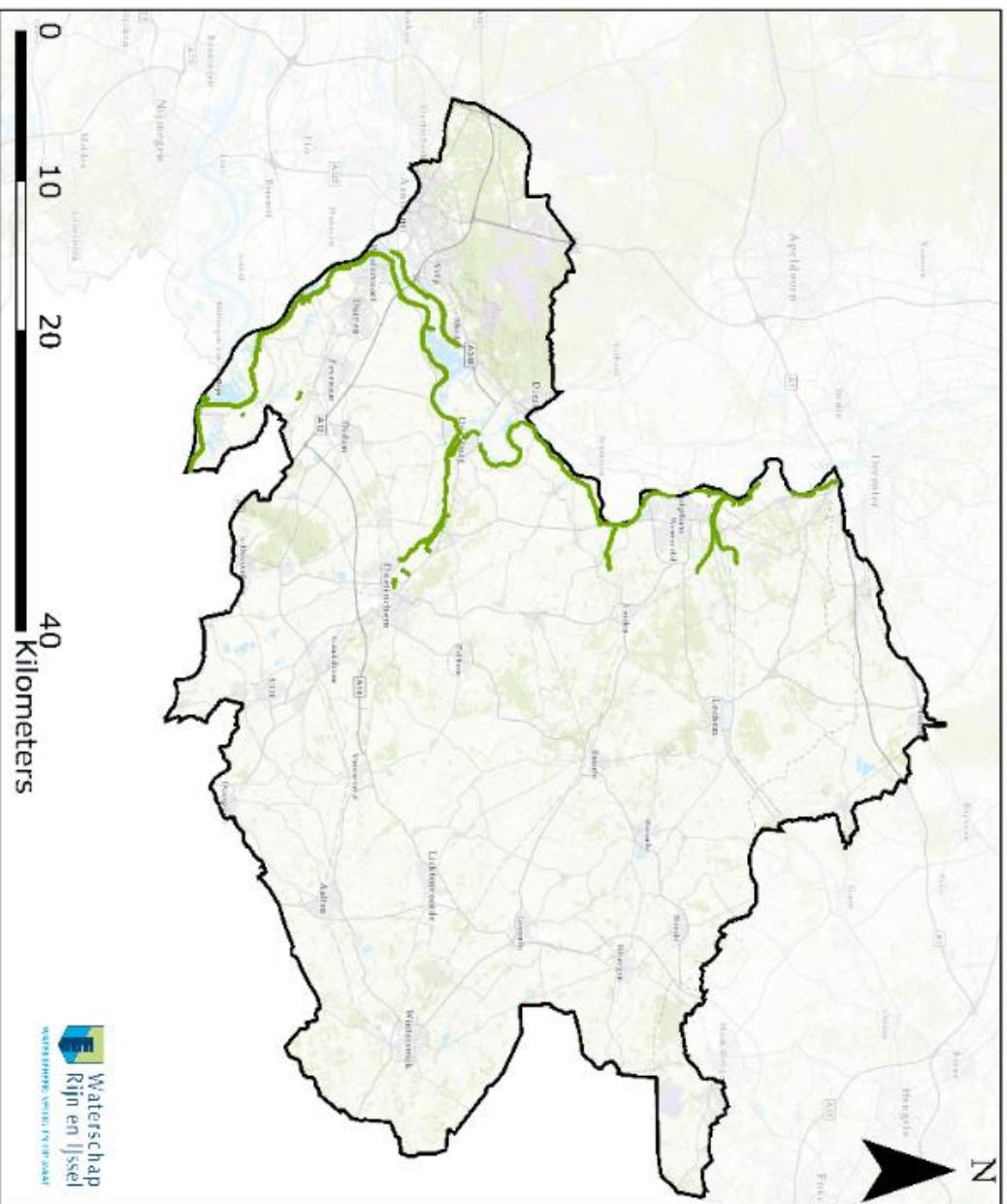
Pijlkruidkers	0	0	0	0	0	1	0
Pinksterbloem	23	0	17	33	39	20	15
Rapunzelklokje	0	0	0	0	0	0	5
Reuzenberenklauw	0	0	0	1	0	1	0
Ridderzuring	28	0	4	30	29	20	10
Rietgras	0	9	0	16	10	5	0
Rietzwenkgras	20	0	47	18	36	48	83
Ringelwikke	0	0	26	0	0	18	42
Rode klaver	11	18	86	9	30	81	92
Rood zwenkgras	47	90	100	54	81	97	100
Ruig viooltje	0	0	0	0	0	1	0
Ruige leeuwentand	0	0	13	0	0	0	3
Ruige zegge	3	0	17	1	6	12	16
Ruw beemdgras	100	100	100	90	97	98	96
Ruw vergeet-mij-nietje	0	0	0	0	0	0	1
Scherpe boterbloem	28	63	91	54	68	91	93
Sikkelklaver	0	0	0	0	0	0	4
Slipbladige ooievaarsbek	43	63	47	15	35	56	48
Smal beemdgras	0	0	0	0	0	1	1
Smalle weegbree	15	18	91	16	47	91	97
Smalle/Vergeeten wikke	7	18	47	7	22	76	91
Speerdistel	36	63	47	3	10	14	12
Timoteegras	15	18	30	7	13	16	12
Veenwortel	11	36	30	49	42	41	31
Veldbeemdgras	40	45	82	5	33	51	77
Veldereprijs	11	36	43	0	5	12	34
Veldlathyrus	3	18	26	3	18	24	36
Veldsalie	0	0	4	0	0	0	3
Veldzuring	20	9	65	32	28	52	72
Vierzadige wikke	0	0	4	0	0	1	0
Vijfvingerkruid	40	36	65	32	48	56	81
Vogelmuur	72	9	8	26	28	9	7
Vogelwikke	0	9	26	11	24	36	58
Wilde cichorei	0	0	30	0	1	13	37
Wilde marjolein	0	0	4	0	0	0	9
Wit vetkruid	0	0	0	0	0	1	0
Witte dovenetel	11	0	0	24	16	7	3
Witte klaver	68	100	91	11	34	46	22
Wouw	0	0	0	0	0	1	1
Zachte dravik	51	72	86	32	47	78	89
Zachte haver	0	0	0	0	0	2	21
Zwarte toorts	0	0	0	0	0	0	2
Zwenkdravik	0	0	0	0	0	0	5

Bijlage II

Correlaties standplaatsomstandigheden



Primaire dijken WRIJ



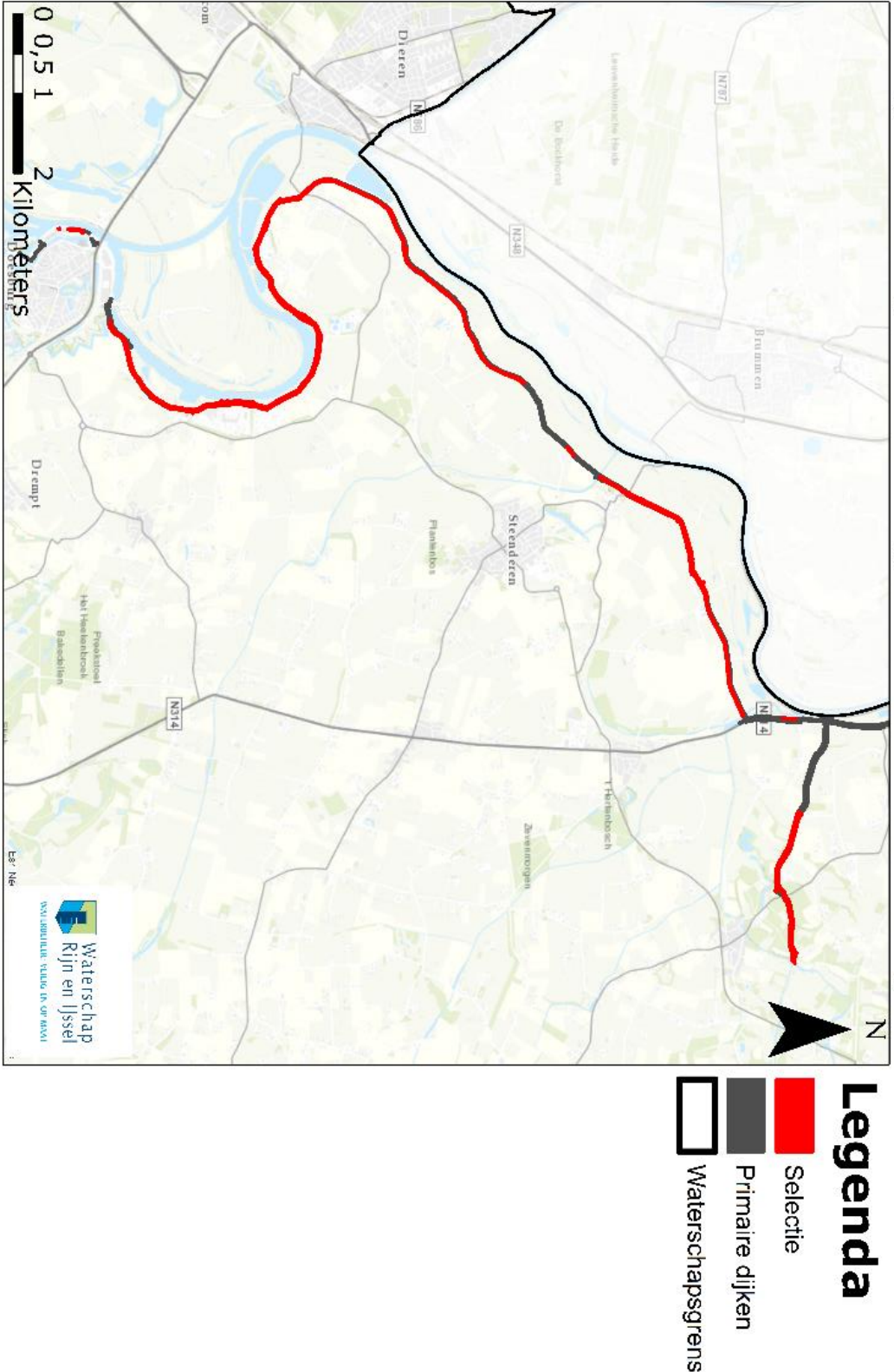
Legenda

- Primaire dijken
- Waterschapsgrens

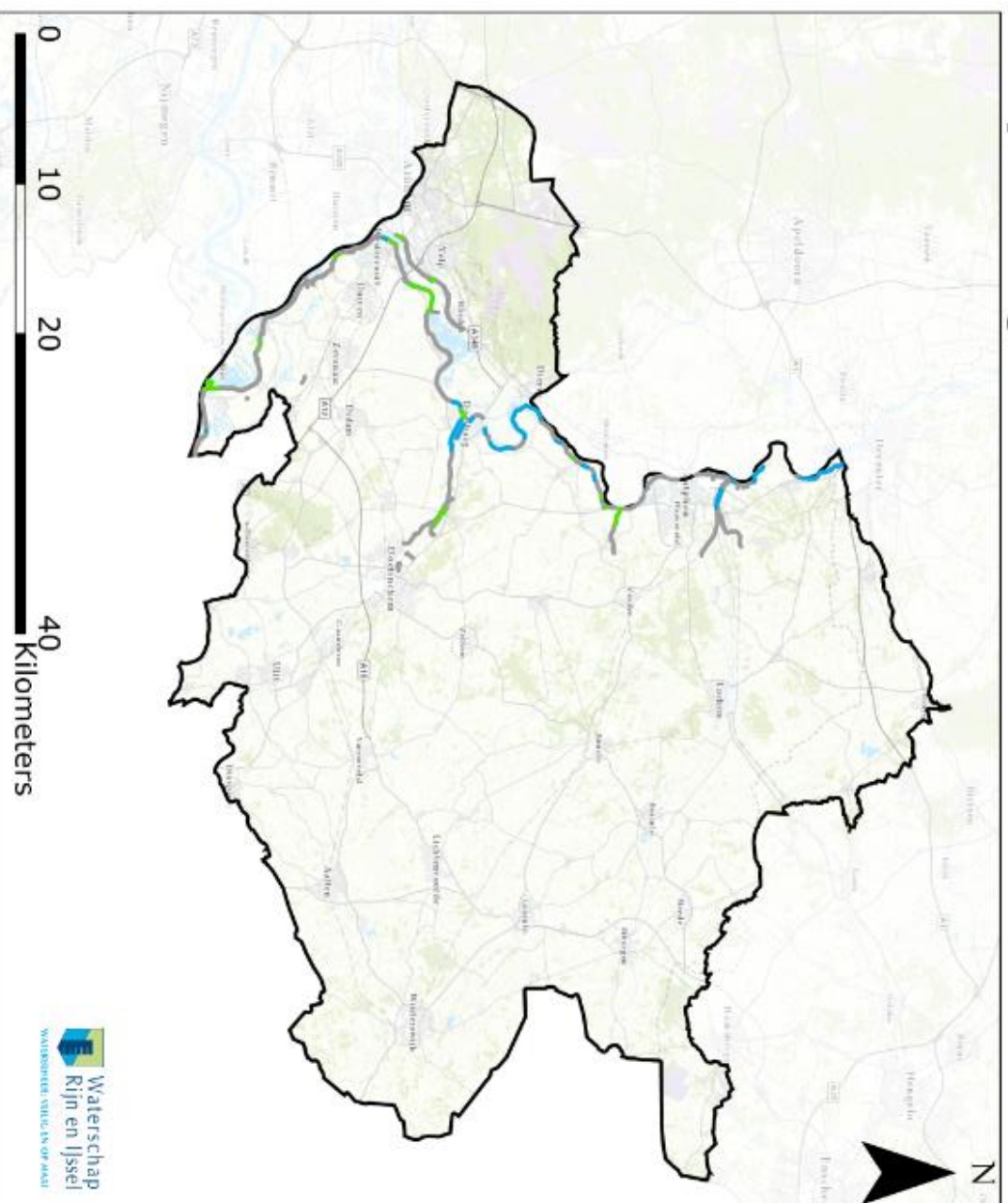
Huidige functie ecologie en nieuwe agrarisch medegebruik



Huidige functie agrarisch medegebruik en nieuwe ecologie



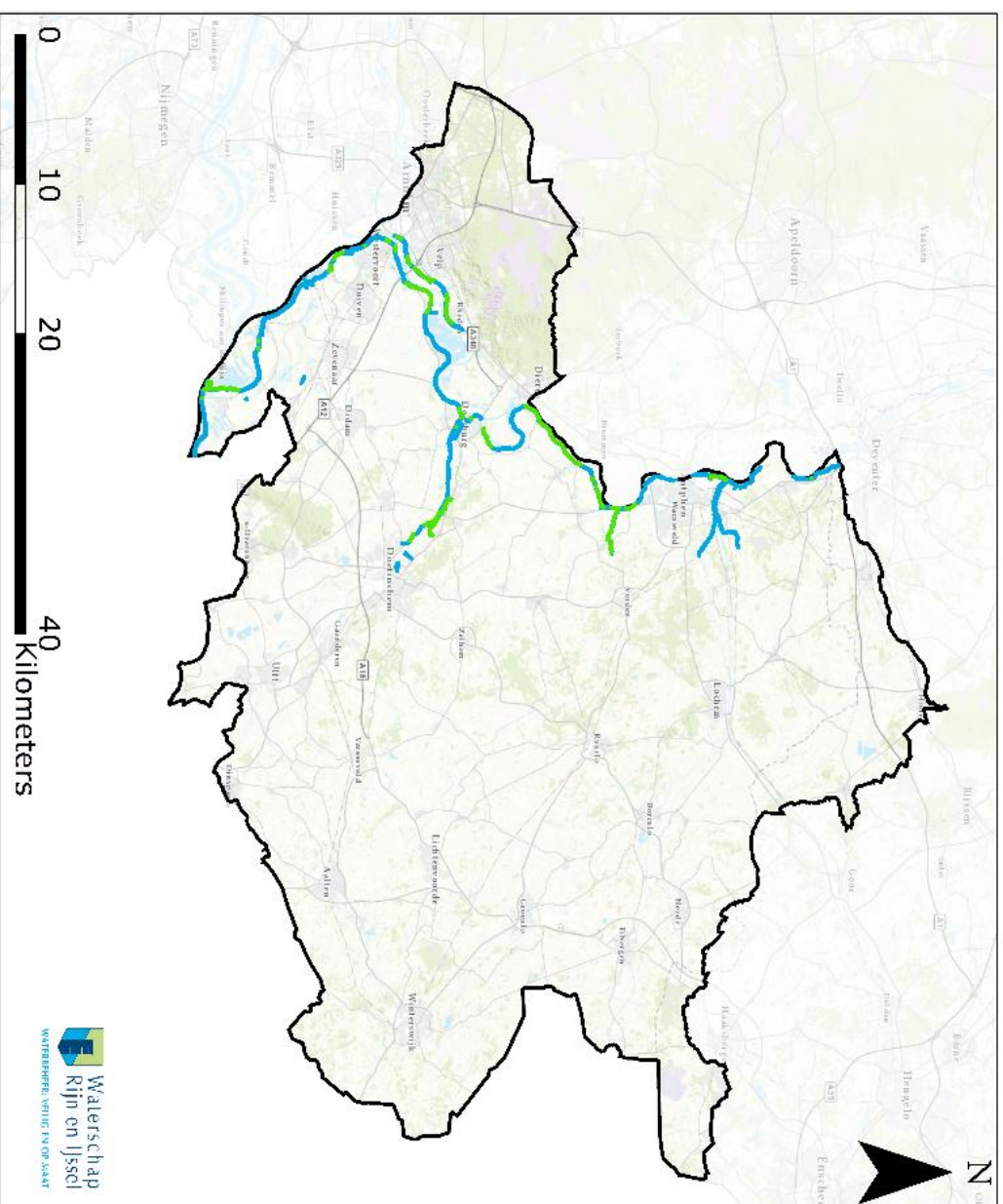
Aanpassing beheerder



Legenda

- Waterschapsbeheer naar pachtbeheer
- Pachtbeheer naar waterschapsbeheer
- Primaire dijken
- Waterschapsgrens

Nieuwe functie



Legenda

- Agrarisch medegebruik
- Ecologie
- Waterschapsgrens