

Een rijke waard

Inrichtingsplan voor behoud en ontwikkeling van de soortenrijke
kalkminnende vegetatie op de Makkumer Noordwaard



Nelleke Geenevasen, juni 2021

Een rijke waard

Inrichtingsplan voor behoud en ontwikkeling van de soortenrijke kalkminnende vegetatie op de Makkumer Noordwaard

Auteur: Nelleke Geenevasen
Opleiding: Bos- en natuurbeheer deeltijd
Specialisatie: Toegepaste ecologie
Opleidingsinstituut: Hogeschool Van Hall Larenstein
In opdracht van: It Fryske Gea
Afstudeerbegeleiders: Hedwig van Loon en Chris Bakker

Versie: 1.1
Datum: 3 juni 2021

Foto's in dit rapport zonder bronvermelding betreffen eigen foto's

Voorkant: Makkumer Noordwaard weergegeven in mozaïek van plantensoorten uit de klasse van de kleine zeggen. Bron foto's: verspreidingsatlas.nl

Voorwoord

Voor u ligt het rapport 'Een rijke waard'. Dit rapport bevat een inrichtingsplan voor behoud en ontwikkeling van de soortenrijke kalkminnende vegetatie op de Makkumer Noordwaard. Om tot geschikte maatregelen op de juiste locaties te komen is een uitgebreid onderzoek gedaan naar de huidige abiotische condities op de Makkumer Noordwaard.

Vier jaar geleden begon ik vol enthousiasme aan de opleiding Bos en natuurbeheer. Ik wilde mijn passie voor de natuur omzetten naar actie en iets betekenen voor de prachtige Nederlandse natuur. Tijdens de vier opleidingsjaren heb ik enorm veel beleefd, genoten en geleerd. Zowel op de dinsdagen op school in Velp als de buitenschoolse activiteiten, zoals vogelcursussen, excursies en mijn stage bij A&W waar ik heb geholpen bij veldwerk voor het klutenonderzoek.

Sinds augustus 2020 ben ik als leerling medewerker in dienst bij It Fryske Gea. Heel dankbaar ben ik voor deze kans en de prachtige afstudeeropdracht die ik voor deze organisatie mocht uitvoeren. Wat een unieke ervaring en bijzonder avontuur is het werken aan deze afstudeeropdracht geweest! Ik heb voor dit onderzoek veel veldwerk gedaan en was daardoor regelmatig op het eiland te vinden. Normaal gesproken is de Makkumer Noordwaard niet voor publiek toegankelijk. Dit maakte het extra speciaal om daar zo vaak te mogen vertoeven. Hierbij werd ik meestal vergezeld door de vossen, reeën en vele vogels die op het eiland wonen.

Het veldwerk bracht veel nieuwe vaardigheden met zich mee. Allereerst moest ik om op het eiland te komen leren bootje varen. Dit had ik gelukkig snel onder de knie. Ook voerde ik bodemboringen uit, heb ik met verschillende methoden bodemonster geanalyseerd en heb ik René Buijs geholpen met het plaatsen van peilbuizen. Vooral dit laatste was een uitdagende klus, wat René kan beamen. De benodigde spullen voor het plaatsen van de peilbuizen zijn altijd zwaarder dan je denkt en het eiland is in werkelijkheid altijd groter dan je denkt. Er zijn dagen geweest dat we de zaklamp hard nodig hadden en de avondklok van 9 uur niet redden. Maar ik had hier niets van willen missen!

Afstuderen doe je niet alleen. Graag wil ik Hedwig bedanken voor de prettige begeleiding vanuit school, de waardevolle feedback en altijd snelle reacties op mijn e-mails en vragen. Daarnaast wil ik Chris bedanken voor de begeleiding vanuit It Fryske Gea, de inhoudelijke feedback en de ruimte die ik kreeg om dit onderzoek uit te voeren. En Martin van der Weiden (Universiteit Utrecht) voor zijn hulp bij de opstart van het project en zijn schat aan kennis over drooggevalen zandplaten in afgesloten zeearmen.

Ook bedank ik mijn collega's en Wibe Altenburg voor hun hulp en input en Germ voor de leuke en leerzame veldbezoeken en tips. Roos Loeb van B-Ware bedank ik voor het meedenken, de nuttige feedback en het organiseren van het in no-time uitvoeren van de analyses van mijn bodemonsters. René voor de gezellige tijd die we hadden tijdens het plaatsen van de peilbuizen. Mijn klasgenoten wil ik bedanken voor de mooie dagen en in het bijzonder Annemieke. Haar vriendschap en uitspraken als: 'als anderen het kunnen, kunnen wij het ook' hebben mij door moeilijke perioden tijdens de opleiding heen geloodst. Ook wil ik mijn familie (Marjolijn en Maaike in het bijzonder voor de review) en vrienden (Sanne en Anouska in het bijzonder voor de review) bedanken voor hun medeleven, begrip en hulp tijdens mijn opleiding. Tot slot bedank ik mijn vriend Mark voor zijn steun, medeleven, geduld en eindeloos vertrouwen in mij.

Samenvatting

De Makkumer Noordwaard is een onbewoond eiland met een omvang van 280 hectare langs de Friese IJsselmeerkust ter hoogte van Makkum. Kenmerkend voor de Makkumer Noordwaard is de bijzondere en soortenrijke kalkminnende vegetatie die zowel overeenkomsten vertoont met het habitatype overgangs- en trilvenen als vochtige (kalkrijke) duinvalleien. Uit de florakartering in 2019 komt echter naar voren dat de soortenrijkdom en bedekking van de kalkminnende vegetatie terugloopt en de bedekking van zuurminnende soorten toeneemt. Oorzaken die hiervoor worden aangewezen zijn verzuring door opstapeling van organisch materiaal, stagnatie van neerslagwater en beheerkeuzes in het verleden die ongunstig waren voor deze vegetatie. De huidige abiotische condities en processen die aan de achteruitgang van de soortenrijke kalkminnende vegetatie ten grondslag liggen zijn echter niet voldoende helder in beeld.

Met dit inrichtingsplan wordt na een onderzoek en analyse van gewenste en huidige condities van de aangewezen zoekgebieden, inrichtingsmaatregelen voorgesteld die bijdragen aan de ontwikkeling en behoud van de kalkminnende vegetatie. Als zoekgebieden zijn aangewezen: bestaand grasland, gedeelten van het rietland en de schelpenbank aan de rand van het IJsselmeer. De methode voor het onderzoek is een afgeleide van de Landschapsecologische systeemanalyse (LESA). Met deze methode wordt een zo volledig beeld van de ontwikkeling en de huidige abiotiek verkregen en de processen die hieraan ten grondslag liggen. Na analyse van de condities en processen is een basis gelegd om tot adequate maatregelen te komen en *Een rijke waard* te behouden en ontwikkelen.

De optimale samenstelling van de gewenste kalkminnende vegetatie bestaat uit een groot aandeel van de kensoorten van de associatie van schorpioenmos en ronde zegge en de knopbies-associatie. Beide associaties vallen onder het knopbies-verbond uit de klasse van de kleine zeggen. De vegetatie kenmerkt zich door hoge soortenrijkdom (>20 soorten/m²) en een groot aandeel kalkminnende soorten. De vegetatie geeft de voorkeur aan zoete, natte, voedselarme tot matige voedselrijke en zwak zure tot basische condities (hoge zuurgraad).

Op basis van de resultaten en randvoorwaarden zijn het grasland en de overgang van de schelpenbank naar het rietland het meest geschikt voor behoud en ontwikkeling van de kalkminnende vegetatie. Een gunstig aspect van het grasland is dat de zuurgraad, organisch stofgehalte en voedingstoestand al vrij geschikt zijn voor de kalkminnende vegetatie. Het grootste knelpunt in het grasland is het grondwater dat te diep uitzakt. In het rietland blijft door kunstmatige bevoeiing de grondwaterstand gedurende het hele jaar tot aan het maaiveld staan. Daarentegen vormen in het rietland de relatief lage zuurgraad en dikke organische laag van ongeveer 30 centimeter knelpunten. Tevens is vanwege de lage ligging van het rietland het risico dat er bij plagmaatregelen een laagte wordt gecreëerd waarin (jaarrond) water blijft staan waarmee deze locatie te nat wordt voor de kalkminnende vegetatie. Om voorgaande redenen is de locatie in het rietland niet meegenomen in het inrichtingsplan. De abiotische condities op de schelpenbank zijn voor een groot deel jaarrond te droog. Door de kalkrijke omstandigheden in combinatie met de gradiënt (droog-nat, kalkrijk-zwak zuur) op de overgang naar het rietland heeft de schelpenbank hoge potenties voor pioniersoorten en kalkminnende soorten. De kleine gedeelten rond de schelpenbank met de juiste vochtigheidsgraad, zijn met name kansrijk voor de doelvegetatie.

Voorgestelde (beheer)maatregelen zijn plaggen/schrapen, verwijderen van bos en struweel en zomer-maaien. In het ontwerp zijn de maatregelen als volgt opgenomen: Het grasland inclusief een gedeelte van het rietland aan de oostkant worden geplagd tot de Sotterumergeul, zodat (zuur) neerslagwater afgevoerd kan worden. Op enkele locaties op de schelpenbank wordt de organische laag weg geschrapt. Plaggen en schrapen zorgen voor een pionierssituatie waarop kalkminnende soorten zich kunnen vestigen. Zowel op de schelpenbank als in het grasland wordt een gedeelte van het bos en struweel verwijderd. Hierdoor wordt meer oppervlakte gecreëerd voor de kalkminnende vegetatie en de invloed van de bomen en struiken op het uitzakken van het grondwater wordt beperkt. Voor het vervolgbeheer wordt maaien en afvoeren van het maaisel in de zomer geadviseerd.

Inhoud

Voorwoord

Samenvatting

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	8
1.2	Probleemanalyse	9
1.3	Doel, duurzaamheid en product	12
1.4	Randvoorwaarden en afbakening	13
2	Methode en werkwijze	14
2.1	Gewenste condities	14
2.1.1.	Gewenste vegetatie	15
2.1.2.	Gewenste abiotische condities	15
2.1.3.	Aanvullende randvoorwaarden	15
2.2	Ontwikkeling en huidige condities	16
2.2.1.	Vegetatie	16
2.2.2.	Abiotiek	17
2.3	Analyse condities en locaties	21
2.4	Maatregelen en schetsontwerp	21
3	Resultaten gewenste condities	22
3.1	Gewenste vegetatie	22
3.1.1.	Samenstelling	22
3.1.2.	Soortenrijkdom en abundantie	22
3.1.3.	Structuur	23
3.2	Resultaten optimale abiotische standplaatscondities	23
3.2.1.	Vochttoestand	23
3.2.2.	Voedselrijkdom en zuurgraad	23
3.3	Resultaten aanvullende randvoorwaarden	24
4	Resultaten: ontwikkeling en huidige vegetatie	26
4.1	Vegetatieontwikkeling	26
4.2	Samenstelling	27
4.3	Soortenrijkdom	27
4.4	Abundantie	27
4.5	Structuur	29
5	Resultaten: ontwikkeling en huidige abiotiek	30
5.1	Het ontstaan van de Makkumer Noordwaard	30
5.2	Vochtbeschikbaarheid	31
5.2.1.	Bodem	31
5.2.2.	Grondwater	31
5.2.3.	Neerslag kwantiteit	33
5.2.4.	Overstromingsfrequentie	34
5.3	Voedselrijkdom + zuurgraad	36
5.3.1.	Bodemkwaliteit	36
5.3.2.	Neerslagkwaliteit en stikstofdepositie	38
5.3.3.	IJsselmeerwater kwaliteit	39
5.4	De antropogene invloeden	39

6	Analyse	41
6.1	Analyse: vegetatie	41
6.1.1.	Patronen, processen en dynamiek	42
6.2	Analyse: abiotiek	42
6.2.1.	Patronen, processen en dynamiek	43
6.3	Analyse locaties	44
6.4	Locatiekeuze	45
7	Maatregelen	47
7.1	Aan te passen standplaatscondities	47
7.2	Keuze maatregelen	47
8	Schetsontwerp	50
8.1	Grasland	50
8.2	Schelpenbank	52
8.3	Beheermaatregelen	54
8.4	Globale kostenraming	55
9	Discussie en kritische reflectie	56
10	Aanbevelingen	58
	Bibliografie	60
	Bijlage 1 – Geraadpleegde bronnen gewenste vegetatie en abiotiek	63
	Bijlage 2 – Sturende factoren	64
	Bijlage 3 – Uitgebreide beschrijving methode en werkwijze huidige abiotiek	65
	Bijlage 4 – Locaties en resultaten QuickScan	68
	Bijlage 5 – Hoogtekaart en resultaten hoogtemetingen	72
	Bijlage 6 – Locaties en resultaten peilbuizen	74
	Bijlage 8 – Gewenste vegetatie	78
	Bijlage 9 – Optimale abiotiek gewenste vegetatie	80
	Bijlage 10 – Vergelijking vegetatie op niveau van klasse en verbond	81
	Bijlage 11 – Vegetatietabellen 1988, 2006 en 2016	82
	Bijlage 12 – Vergelijking vegetatietypen	91
	Bijlage 13 – Groeiplaatsen kensoorten van de klasse van de kleine zeggen	97
	Bijlage 14 – Bodemopbouw	101
	Bijlage 15 – Resultaten analyse bodem	103
	Bijlage 16 – Meetresultaten 1980	112
	Bijlage 17 – Locatie en meetresultaten IJsselmeerwater	113
	Bijlage 18 – Overzicht mogelijke maatregelen	114

1 Inleiding

De Makkumer Noordwaard is een onbewoond eiland met een omvang van circa 280 hectare langs de Friese IJsselmeerkust ter hoogte van Makkum (Figuur 1). Kenmerkend voor de Makkumer Noordwaard is de soortenrijke kalkminnende vegetatie. De laatste jaren neemt het oppervlak van zuurminnende soorten toe en dreigt de soortenrijkdom terug te lopen. Dit rapport presenteert allereerst het onderzoek naar de oorzaak van de achteruitgang en vervolgens de maatregelen en inrichtingsschetsen voor behoud en ontwikkeling van de kalkminnende vegetatie.



Figuur 1: Makkumer Noordwaard (Esri, z.d.)

De Makkumer Noordwaard is ontstaan als een zandplaat in de Zuiderzee en bestaat daardoor van oorsprong uit kalkrijk zand. Sinds de afsluiting van de Zuiderzee na aanleg van de Afsluitdijk in 1932, ligt de plaat als eiland in het IJsselmeer en is begroeid met rietland, bos, ruigte- en graslandvegetaties (Vries & Hosper, 1987). Het eiland is een vlakke plaat met aan de westkant schelpenbanken die in de loop van de jaren met zuidwesterstormen zijn ontstaan en inmiddels op sommige plekken bijna 1,5 meter hoog zijn. Op de lagere en nattere gedeeltes van de waard groeit hoofdzakelijk riet dat al jarenlang rond maart door rietsnijders wordt gemaaid. Zij pachten gedeeltes van het eiland van It Fryske Gea, beheerder van het eiland die het in erfpacht heeft van het Rijk. Op het rietmaaien, beheer en enkele door It Fryske Gea georganiseerde excursies na, is het eiland niet toegankelijk voor publiek.

Vanwege de kalkrijke ondergrond heeft zich op diverse plekken op het eiland een bijzondere en soortenrijke vegetatie gevestigd, die zowel overeenkomsten met het overgangs- en trilvenen als met vochtige kalkrijke duinvalleien vertoont met voor beide habitattypen indicerende plantensoorten zoals de vleeskleurige orchis (*Dactylorhiza incarnata*) en groenknolorchis (*Liparis loeselii*). Mede hieraan heeft de Makkumer Noordwaard de aanwijzing in het Natura2000 besluit te danken (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2009-a).

Als ecologisch systeem is een kalkrijke zandplaat in een afgesloten estuarium niet zo gemakkelijk te plaatsen. Ecologische processen die vaak in trilvenen en duinvalleien spelen, zoals aanvoer van basenrijke kwel en instuiving met kalkrijk zand (duinvalleien), zijn op de Makkumer Noordwaard niet aanwezig. De kalkrijke ondergrond die grotendeels is ontstaan voor de afsluiting van de Zuiderzee zorgt nog decennia en mogelijk eeuwenlang voor condities die geschikt zijn voor plantensoorten die

kenmerkend zijn voor beide habitattypen (Grootjans, Stuyfzand, & Leeuw, 2009). De huidige botanische waarden zijn een relictsituatie van deze omstandigheden en ontstaanswijze. De opgave is om deze relictsituatie zo lang mogelijk te behouden.

De lage vegetatie (dus struweel en bos uitgesloten) waar dit onderzoek en inrichtingsplan zich op richt, is door deze ontstaanswijze en unieke condities niet onder één plantengemeenschap of habitatype te duiden en wordt daarom als kalkminnende vegetatie aangeduid. Deze benaming is niet helemaal juist. Het gaat de plant meestal niet zozeer om de hoeveelheid kalk, maar om de zuurgraadcondities die op hun beurt weer invloed hebben op de beschikbaarheid van de voedingsstoffen en het vastleggen van toxische stoffen (Grootjans, Lammerts, & Beusekom, 1995). Omdat de benaming 'kalkminnende vegetatie' zowel wordt gehanteerd bij It Fryske Gea als in de documenten over Natura2000-habitattypen, wordt deze benaming ook in dit rapport aangehouden.

1.1 Aanleiding

Op de Makkumer Noordwaard is in het kader van de Natura2000 wetgeving in totaal 4 hectare aangewezen als habitatype overgangs- en trilvenen subtype A (H7140A) met groenknolorchis (Rijkswaterstaat, 2017; Rijkswaterstaat, 2016). Het relatief belang van overgangs- en trilvenen in Europa is zeer groot (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2008). Gemeenschappen van trilvenen en overgangsvenen beslaan een groot areaal in Europa, maar in het gehele verspreidingsgebied zijn ze als soortenrijke begroeiingen zeldzaam en bedreigd. De instandhoudingsdoelstelling voor dit habitatype op de Noordwaard is behoud in omvang en kwaliteit. Ook ligt hier de opgave om de omstandigheden voor de groenknolorchis te verbeteren (Rijkswaterstaat, 2016). Dit habitatype is gekozen vanwege de aanwezigheid van ronde zegge (*Carex diandra*) (m.m. H. Jager, 2021), kensoort van de associatie van schorpioenmos en ronde zegge, een trilveengemeenschap (Schaminee, et al., 2019) aangetroffen bij vegetatieopnames in 2006.

In 2019 is in het kader van de Subsidieregeling Natuur en Landschap een florakartering uitgevoerd op de Makkumer Noordwaard. In vergelijking met eerdere vegetatie- en florakarteringen in 2006 en 2016, kwam uit de florakartering in 2019 naar voren dat de soortenrijkdom van de kalkminnende vegetatie terugloopt. Als typische soort van overgangs- en trilvenen werd alleen de ronde zegge aangetroffen (Jager H., 2020). De groenknolorchis is voor het laatst waargenomen in 2005 (Rijkswaterstaat, 2016).

Voor de huidige beheerperiode (2016-2023) staat gepland om maatregelen te treffen voor behoud/herstel van overgangs- en trilveen met groenknolorchis (Rijkswaterstaat, 2017). Hierbij wordt aangemerkt dat herstel van deze vegetatie en eventuele terugkeer van de groenknolorchis vermoedelijk meerdere beheerperiodes in beslag gaat nemen na uitvoering van de maatregelen en wanneer er adequaat beheer plaatsvindt. De genoemde maatregelen zijn nog niet onderzocht en uitgevoerd. Over locaties en maatregelen wordt in het ontwerp-beheerplan IJsselmeergebied 2016-2023 het volgende aangegeven (Rijkswaterstaat, 2016, p. 37):

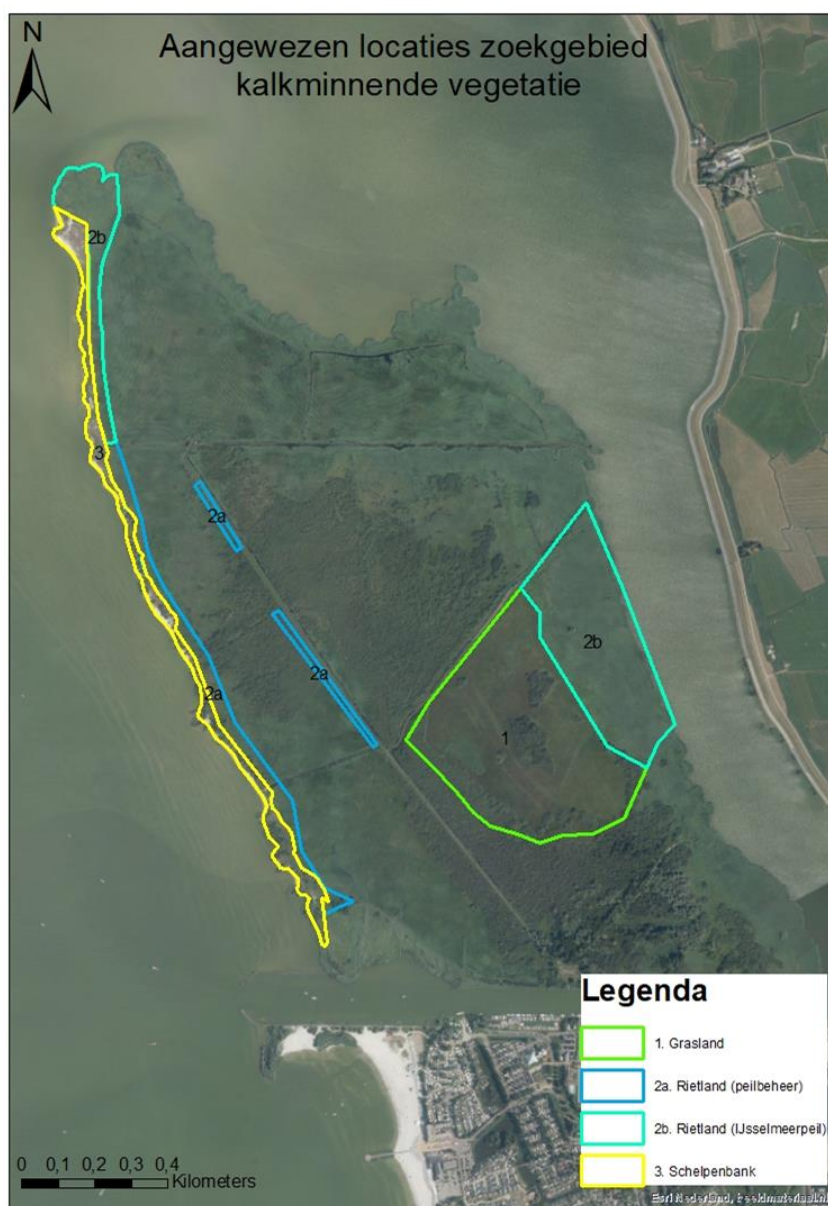
'Om de omstandigheden te verbeteren voor groenknolorchis en 'overgangs- en trilvenen' wordt één hectare verruigd rietland eenmalig geplagd en wordt het gebied vervolgens beheerd door middel van maaien en afvoeren. Het gaat om een gebied rondom de oorspronkelijke groeiplaats van de groenknolorchis in de Makkumer Noordwaard (....). Hierbij wordt o.a. gedacht aan plekken op en rondom schelpenbanken.'

Op dit moment vindt uitvoering van het project *Versterking Friese IJsselmeerkust* plaats. Dit project is gericht op herstel van erosie langs de Friese IJsselmeerkust en de negatieve effecten die het onnatuurlijke peilbeheer (winterpeil laag, zomerpeil hoog) op de natuur heeft (Kollen, 2018). Hierbij voert provincie Fryslân de regie, met ecologische begeleiding vanuit It Fryske Gea. De uitvoering van de maatregelen die uit dit inrichtingsplan naar voren komen, kunnen worden georganiseerd vanuit het project *Versterking Friese IJsselmeerkust*.

1.2 Probleemanalyse

Kenmerkend voor de habitattypen overgangs- en trilvenen en vochtige (kalkrijke) duinvalleien is de aanwezigheid van soorten uit de klasse van de kleine zeggen en de hoge soortenrijkdom van meer dan 20 soorten per vierkante meter (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2008). De standplaatsfactoren kenmerken zich door een oligotroof tot mesotroof karakter in combinatie met hoge kalkgehalten en vochtige tot natte omstandigheden.

Door It Fryske Gea is een aantal zoeklocaties aangewezen voor de ontwikkeling van de gewenste kalkminnende vegetatie (Figuur 2). De overige locaties worden in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten in verband met geplande projecten en de aanwezigheid van bos met een blauwe reigerkolonie. De zoeklocaties zijn ingedeeld in drie locatietypen op basis van de aanwezige vegetatie: het grasland met kruidenrijke vegetatie, het rietland (met en zonder peilbeheer) met overwegend rietvegetaties en de schelpenbank met schrale tot ruigte vegetaties.



Figuur 2: De aangewezen zoekgebieden voor de kalkminnende vegetatie opgesplitst in 3 locatietypen: 1. Het grasland bestaat uit een middelhoge vegetatie met kruiden en riet. 2. De rietlanden bestaan uit een vrij hoog opgaande vegetatie van riet met kruiden. Enkele rietlanden staan onder peilbeheer en worden vanaf het voorjaar bevoeid (2a), de andere rietlanden staan onder invloed van IJsselmeerpeil (2b). 3. De schelpenbank bestaat uit een schrale tot ruigte vegetatie.

1. Grasland

Het grasland verdeelt zich in twee kenmerkende vegetatiestructuren: de lagere vegetaties met een groot aandeel kleine zeggensoorten, kruiden en riet en het hoger opgaande wilgenstruweel dat zich aan de randen en op enkele plekken in het grasland bevindt. Ondanks dat in het IJsselmeer een onnatuurlijk peil wordt gehanteerd (winter laag, zomer hoog), kent het grasland een tamelijk natuurlijk peil: in de winterperiode staat het water boven het maaiveld en in het voorjaar zakt het water ver uit. Aan de oostkant gaat het grasland over in een rietland, dat uitkomt op de Sotterumergeul (geul rechts van vlak 2b, Figuur 2). Zowel in de zomer als in de winterperiode is kans op overstroming aanwezig vanuit de Sotterumergeul. Het grasland wordt jaarlijks gemaaid in de zomer en het maaisel wordt afgevoerd. Op de lagere en nattere gedeelten groeien gewone waternavel (*Hydrocotyle vulgaris*) en egelboterbloem (*Ranunculus flammula*) en er is een hoge abundantie van zwarte zegge (*Carex nigra*) en veenpluis (*Eriophorum angustifolium*). Deze soorten met voorkeur voor wat zuurdere condities zijn de afgelopen jaren toegenomen. In het grasland is sprake van opslag van kruipwilg (*Salix repens*). Aan het eind van de zomer begint ijl riet (*Phragmites australis*) het vegetatiebeeld te domineren (Figuur 3).



Figuur 3: Vegetatie in het grasland. Links: het met riet gedomineerde grasland. Rechts: kruipwilg in het grasland

2. Rietland

De rietlanden kenmerken zich door een hoog opgaande begroeiing met een hoge abundantie riet en veelal met de aanwezigheid van moeraskruiden zoals watermunt (*Mentha aquatica*), penningkruid (*Lysimachia nummularia*), moeraswalstro (*Galium palustre*) en grote boterbloem (*Ranunculus lingua*) (Figuur 4). Op enkele plekken zijn de rietvegetaties verruigd en dichtgegroeid met grauwe wilg (*Salix cinerea*). In de rietlanden heeft zich op het zand een venige bodem ontwikkeld. De organische laag is gemiddeld 30 centimeter dik. Op enkele locaties in oude sloten langs de beheerpaden hebben zich drijftillen gevormd (Offereins, 2016). De bevoelde rietlanden kennen een onnatuurlijk peilbeheer doordat het water in de vakken rond april wordt opgezet en vanaf oktober weer uitzakt. In de winterperiode worden de rietlanden gemaaid. Waar de rietvegetatie minder vaak wordt gemaaid en er grote schommelingen in de grondwaterstand aanwezig zijn, begint hennegras (*Calamagrostis canescens*) te domineren en verschijnt moeraslathyrus (*Lathyrus palustris*) (Offereins, 2016).



Figuur 4: Rietland. Links; Grote boterbloem (Jager H., 2020). Rechts; rietvegetatie met wilgenstruweel

3. Schelpenbank

De schelpenbank kenmerkt zich door het aanwezige reliëf (0,5-1,5 meter +NAP) en de aanwezigheid van grof zand en schelpen. Hierdoor is de schelpenbank behoorlijk kalkrijk. Op de hogere delen is de schelpenbank droog, op de lager gelegen delen vochtig. De organische laag is gering en op de vochtige delen iets dikker dan op de droge delen. Enkele stukken op de schelpenbank zijn open en schraal met pionierssoorten op de wat vochtigere plaatsen als zeekool (*Crambe maritima*) en zeeraket (*Cakile maritima*) en kalkminnende soorten zoals scherpe fijnstraal (*Erigeron acer*). Andere stukken zijn verruigd met soorten als koninginnenkruid (*Eupatorium cannabinum*) wilgenstruweel (Figuur 5). Het noordelijke deel van de schelpenbank is in 2015 ontdaan van bos- en struweel. Op de schelpenbank vindt op dit moment geen beheer plaats (Jager H. , 2020).



Figuur 5: Schelpenbank. Links; open schrale vegetatie. Rechts; ruigtevegetatie met kruipwilg en koninginnenkruid

De afgelopen decennia heeft zich door het onnatuurlijke peil in het IJsselmeer en natuurlijke voortgaande successie een organische laag gevormd. Door de kalkrijke ondergrond heeft vorming van de organische laag in eerste instantie vertraagt plaatsgevonden. Eenmaal aanwezig, zorgt de organische laag in combinatie met stagnatie van neerslagwater voor zuurdere condities waardoor de ophoping van de organische laag wordt versneld en daardoor de condities voor de planten steeds zuurder worden (Jager, 2020; Grootjans et.al., 2009). Daarnaast zorgt stagnatie en infiltratie van neerslagwater voor ontkalking van de bovenste laag van de minerale grond. Dit is terug te zien in de ontwikkeling in de vegetatiesamenstelling. De soortenrijkdom van de kalkminnende vegetatie loopt terug waarbij soorten als groenknolorchis en blaaszegge (*Carex vesicaria*) verdwenen zijn en soorten van zuurdere milieus verschijnen of zich uitbreiden zoals waternavel, egelboterbloem, moerasstruisgras (*Agrostis canina*) en zwarte zegge (Jager, 2020).

Ook hebben beheerkeuzes in het verleden in het grasland en de rietlanden op enkele locaties geleid tot verruiging waardoor soorten als moerasstruisgras en hennegrass in bedekking toenemen (Offereins, 2016). Op de schelpenbank heeft geen (consequent) beheer plaatsgevonden waardoor hier op enkele locaties kalkminnende soorten zijn verdwenen en ruigtes zijn ontstaan met koninginnenkruid, grote kattenstaart (*Lythrum salicaria*) en haagwinde (*Convolvulus sepium*). Een groot deel van de schelpenbank is begroeid met diverse wilgensoorten zoals grauwe wilg en schietwilg (*Salix alba*).

De veranderingen in soortensamenstelling en soortenrijkdom indiceren een verandering in de abiotische omstandigheden. Echter, de huidige abiotische omstandigheden en de processen die hieraan ten grondslag liggen, zijn niet voldoende helder in beeld. Het is niet duidelijk hoe snel deze processen verlopen en wat de achterliggende oorzaak precies is. Daarom is niet bekend waar en hoe duurzaam behoud en ontwikkeling van kalkminnende vegetatie mogelijk is. Door het inzichtelijk maken van de processen, de huidige abiotische condities en de gewenste condities kan worden bepaald welke inrichtings- of beheermaatregelen nodig zijn om de kalkminnende vegetatie te behouden of ontwikkelen op een aantal aangewezen locaties (Figuur 2).

Om tot efficiënte maatregelen op de juiste locaties te komen en daarmee een gedegen inrichtingsplan te maken, wordt aan de hand van de volgende vraagstelling onderzoek verricht:

Hoofdvraag

Waar en hoe kunnen de standplaatscondities voor de soortenrijke kalkminnende vegetatie op de Makkumer Noordwaard worden geoptimaliseerd voor een duurzaam behoud en ontwikkeling?

Deelvragen

Gewenste condities

- Hoe ziet de goed ontwikkelde kalkminnende vegetatie eruit?
- Wat zijn optimale abiotische standplaatscondities voor de kalkminnende vegetatie?
- Welke aanvullende randvoorwaarden zijn er om tot de gewenste situatie te komen?

Ontwikkeling en huidige condities

- Hoe is de ontwikkeling van de kalkminnende vegetatie verlopen?
- Hoe ziet de huidige kalkminnende vegetatie er op de aangewezen locaties uit?
- Hoe is de ontwikkeling van de abiotische condities verlopen?
- Wat zijn de huidige abiotische standplaatscondities van de aangewezen zoekgebieden voor kalkminnende vegetaties?

Analyse condities

- Wat is het verschil tussen de gewenste en huidige vegetatie en abiotische condities?
- Welke processen liggen ten grondslag aan de ontwikkelingen van de vegetatie en abiotiek?
- Wat zijn de kwaliteiten, knelpunten en potenties per locatietype?
- Welke locaties zijn geschikt voor ontwikkeling en behoud van de kalkminnende vegetatie?

(Inrichtings)maatregelen

- Welke standplaatscondities moeten op deze locaties aangepast worden ten behoeve van de kalkminnende vegetatie?
- Welke maatregelen zijn nodig om de standplaatscondities voor de kalkminnende vegetatie te optimaliseren?

1.3 Doel, duurzaamheid en product

Het doel van de opdracht is om geschikte locaties aan te wijzen en maatregelen per locatie aan te dragen die na uitvoering leiden tot behoud en uitbreiding van de soortenrijke kalkminnende vegetatie op de Makkumer Noordwaard. Het onderzoek voorafgaand aan het inrichtingsplan draagt bij aan kennisontwikkeling over de abiotische conditie en vegetatieontwikkeling van zandplaten in afgesloten zeearmen. Daarnaast levert uitvoering van het inrichtingsplan bij aan de instandhoudingsdoelstelling voor Natura2000 ten aanzien van indicerende soorten van het habitatype overgangs- en trilvenen.

Duurzaamheid

Beoogd is om maatregelen in het inrichtingsplan op te nemen die een zo lang mogelijk positief effect op de kalkminnende vegetatie hebben met minimale beheerinspanning achteraf. Hiervoor is naar de duurzaamheid en effecten van maatregelen in referentiegebieden gekeken. Daarnaast zijn de achterliggende processen van abiotische condities inzichtelijk gemaakt. Op deze manier wordt de mogelijke oorzaak van de terugloop van de kalkminnende vegetatie helder en in welk tijdsbestek dit mogelijk plaatvond. In combinatie met gegevens van de referentiegebieden is op deze manier een inschatting gemaakt van hoe lang het effect van de maatregelen standhoudt. Ook is bij de locatiekeuze rekening gehouden met natuurlijke processen die van invloed kunnen zijn op de duurzaamheid.

Product

Het uiteindelijke product is een inrichtingsplan bestaande uit de volgende onderdelen:

- Informatie over de gewenste en huidige biotische en abiotische condities
- Advies over locatie en maatregelen
- Ontwerpschets als suggestie voor inrichting inclusief globale kostenraming
- Aanbevelingen voor verder onderzoek en beheer

1.4 Randvoorwaarden en afbakening

Dit onderzoek richt zich specifiek op de kalkminnende vegetatie. Andere vegetatietypen worden niet meegenomen in dit inrichtingsplan. Daarnaast beperken het onderzoek, de schetsontwerpen en het advies zich tot de aangewezen zoeklocaties. Ook is de fauna buiten beschouwing gelaten.

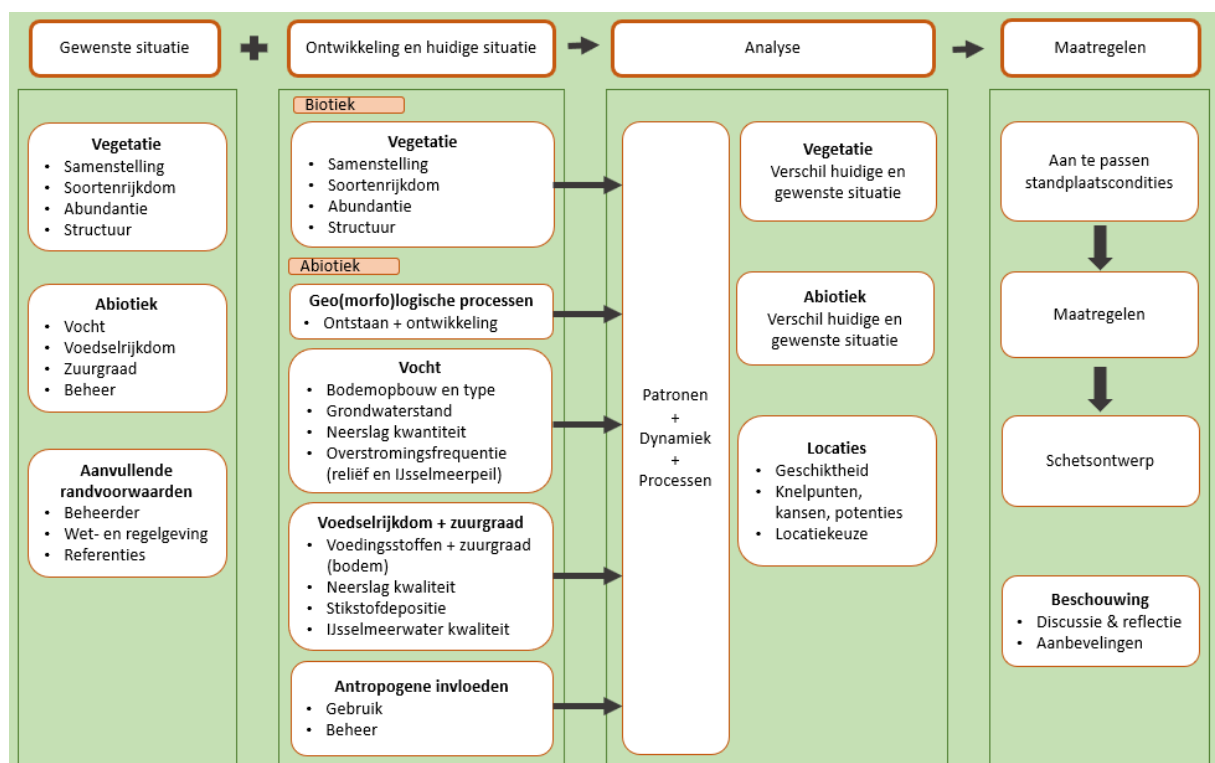
Op de standplaatscondities van de groenknolorchis wordt niet specifiek ingegaan omdat dit inrichtingsplan zich richt op de gewenste kalkminnende vegetatie als geheel. Uit het document *Ontwikkeling van zoet-zout gradiënten met en zonder dynamisch kustbeheer* (Grootjans A. , et al., 2014) blijkt dat de groenknolorchis op verschillende standplaatsen andere eisen heeft en dat het verschijnen en verdwijnen lastig te voorspellen is. Er wordt vanuit gegaan dat wanneer de juiste condities voor de kalkminnende vegetatie worden gecreëerd, de kans op terugkeer van de groenknolorchis wordt vergroot.

In het inrichtingsplan wordt rekening gehouden met behoud van al aanwezige bronpopulaties. Zaaddispersie van orchideeën zoals de groenknolorchis vindt voornamelijk plaats door de wind (Bouman, Boesewinkel, Bregman, Devente, & Oostermeijer, 2000). Van de orchideeën, waaronder de groenknolorchis is bekend dat deze zich door de wind verspreiden. Nader onderzoek naar zaadverspreiding en (her)introductie van soorten die (nog) niet op het eiland aanwezig zijn, valt buiten het bestek van dit onderzoek.

Beschikbaarheid van voedingsstoffen voor planten is een complex samenspel tussen diverse chemische elementen. Binnen dit onderzoek is met name gekeken naar de voedingsstoffen stikstof en fosfaat (de voorraad en de plant-beschikbare fractie). Een nadere analyse van de micronutriënten viel buiten het bestek van dit onderzoek.

2 Methode en werkwijze

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke methoden en werkwijzen zijn gebruikt om de deelvragen en daarmee de hoofdvraag te beantwoorden om vervolgens tot een duurzaam inrichtingsplan te komen. Onderstaand schema (Figuur 6) geeft de gehanteerde methode en structuur van dit rapport weer. Deze methode is een afgeleide van de Landschapsecologische Systeemanalyse (LESA) (Molen, Baaijens, Grootjans, & Jansen, 2010). De LESA beschrijft een uitgebreid onderzoek naar de standplaatscondities, de processen op landschapsschaal die de abiotische condities aansturen en de invloed van ingrepen daarop. Aanvullend hierop zijn voor dit rapport de gewenste condities, door de beheerder aangegeven doelstellingen en de uiteindelijke maatregelen uitvoerig beschreven. Na analyse en interpretatie van de resultaten wordt uiteindelijk bepaald welke maatregelen kunnen worden uitgevoerd om uiteindelijk het doel te realiseren: behoud en ontwikkeling van de kalkminnende vegetatie.



Figuur 6: Schema (afgeleide van de LESA) dat in dit rapport wordt gebruikt om door middel van een onderzoek via analyse tot maatregelen en een schetsontwerp te komen

Achtereenvolgens wordt de gebruikte methode voor de gewenste situatie in paragraaf 2.1 beschreven, de ontwikkeling en huidige situatie in paragraaf 2.2, de analyse in paragraaf 2.3 en tot slot de methode om te komen tot maatregelen en een inrichtingsplan in paragraaf 2.4.

2.1 Gewenste condities

In deze paragraaf wordt ingegaan op de methode die gebruikt is voor beschrijving van de gewenste biotische en abiotische condities. Hiermee wordt antwoord gegeven op de volgende deelvragen:

- Hoe ziet de optimale kalkminnende vegetatie eruit?
- Wat zijn optimale abiotische standplaatscondities voor de kalkminnende vegetatie?
- Welke aanvullende randvoorwaarden zijn er om tot de gewenste situatie te komen?

2.1.1. Gewenste vegetatie

De gewenste vegetatie is beschreven op basis van literatuuronderzoek. De hierbij gebruikte bronnen zijn te vinden in bijlage 1. Op basis van de profielendocumenten van de habitattypen overgangs- en trilvenen en vochtige duinvalleien, is bepaald welke plantengemeenschappen voorkomen in de betreffende habitattypen. Deze gegevens zijn naast vegetatieopnamen van referentiegebieden en de Makkumer Noordwaard gelegd om te bepalen welke plantengemeenschappen realistisch zijn om hier te verwachten. Vervolgens is bekeken welke klassen, orden, verbonden en associaties het best passen bij de habitattypen en de ecologie van de Makkumer Noordwaard (Aggenbach, et al., 2017; Schaminee, et al., 2019).

Per geraadpleegd document is de beschreven vegetatie weergegeven in tabelvorm op basis van:

- Samenstelling: welke soorten / vegetatietypen er samen voor komen
- Soortenrijkdom: hoeveelheid soorten per vierkante meter
- Abundantie: bedekkingsgraad en verhouding tussen soorten onderling
- Structuur: de gelaagdheid van de vegetatie. Horizontaal: regelmatigheid van onderlinge afstanden tussen planten (homogeniteit en dispersie). Verticaal: verschillende vegetatielagen zoals mos (laag) of riet (hoog)

2.1.2. Gewenste abiotische condities

De (plantensoorten van de) associaties waarop de gewenste vegetatie gebaseerd is, stellen bepaalde eisen aan hun omgeving. De geraadpleegde bronnen en referenties om deze eisen in kaart te brengen zijn opgenomen in bijlage 1. De optimale abiotische standplaatscondities zijn weergegeven in tabelvorm aan de hand voor de vegetatiesamenstelling sturende factoren (Grootjans et.al., 1995):

- Vochttoestand: nat, vochtig of droog en aantal dagen droogtebestendig, overstromings-tolerantie en gemiddeld laagste grondwaterstand
- Voedselrijkdom: NO₃, NH₄, P-Olsen, P-totaal, organische stofgehalte en kritische waarde stikstofdepositie, zoutgehalte, en het percentage organische stofgehalte
- Zuurgraad: pH

2.1.3. Aanvullende randvoorwaarden

Om tot een realistisch plan te komen en het draagvlak en de duurzaamheid van het plan te vergroten zijn aanvullende randvoorwaarden in kaart gebracht. Aanvullende randvoorwaarden vanuit de beheerders van de Makkumer Noordwaard zijn door middel van ongestructureerde open interviews op een rijtje gezet en de gestelde voorwaarden vanuit de wet- en regelgeving en referentiegebieden door middel van literatuuronderzoek. Hierbij is gebruikt gemaakt van documenten van Natura2000 en documenten over de effecten van uitgevoerde maatregelen in het Lauwersmeergebied en op Texel. Deze gebieden hebben vergelijkbare condities met de Makkumer Noordwaard zoals kalkrijk zand en een overeenkomstig vegetatiebeeld. Met de genoemde randvoorwaarden wordt rekening gehouden bij de locatiekeuze, maatregelen en het schetsontwerp.

2.2 Ontwikkeling en huidige condities

Deze paragraaf beschrijft de gehanteerde methode voor onderzoek naar de ontwikkeling en huidige condities van de biotiek in subparagraaf 2.2.1 en de abiotiek in subparagraaf 2.2.2.

2.2.1. Vegetatie

Deze subparagraaf beschrijft de methode en werkwijze waarmee antwoord is gevonden op de deelvragen:

- Hoe ziet de huidige kalkminnende vegetatie er op de aangewezen locaties uit?
- Hoe is de ontwikkeling van de kalkminnende vegetatie verlopen?

Literatuuronderzoek

De volgende documenten zijn gebruikt om de vegetatie(ontwikkeling) op de Makkumer Noordwaard te beschrijven:

- De Piamer Kooiwaard en Makkumerwaard (Feekes, 1943)
- Atlas fan de floara fan Fryslân (Ploeg, 1977)
- Fegetaasje-kartearring Makkumer Noordwaard (Boer, 1988)
- Vegetatiekartering 2006 Henk Jager (Jager H. , 2007)
- Vegetatie-, flora-, en structuurkartering Fryske Iselmarkust in 2016 (Offereins, 2016)
- Kartering aandachtssoorten (planten) van aan het IJsselmeer gelegen Fryske Gea-terreinen in 2019 (Jager, 2020)

Werkwijze en analyse

De vegetatieopnames uit 1988, 2006 en 2016 zijn op verschillende locaties uitgevoerd. Opnames die dicht bij elkaar liggen, zijn vergeleken. Gekeken is of een toe- of afname van (zure en/of kalkminnende) plantensoorten zichtbaar was in aantallen en abundantie. De vegetatieopnames uit het systeem Turboveg zijn overgezet naar Excel met daarachter de Ellenberggetallen voor vocht, voedselrijkdom en zuurgraad. De vegetatietabellen zijn gebruikt voor beschrijving van de samenstelling, soortenrijkdom, abundantie en structuur. Vervolgens zijn de gegevens uit Turboveg naar SynBioSys overgezet. In SynBioSys is door middel van de plantensociologische analyse op klasse- en verbonds niveau bekeken van welke klassen en verbonden de meeste plantensoorten aanwezig waren. Deze gegevens zijn gebruikt voor de beschrijving van de samenstelling en abundantie.

Tot slot is de totale oppervlakte van de klassen die naar voren komen uit de lokale vegetatietypologie in GIS over 2006 en 2016 vergeleken (deze informatie was niet beschikbaar over 1988). Met deze informatie is de ontwikkeling van de plantengemeenschappen op klassenniveau in kaart gebracht. Hiermee is een eventuele af- of van de klasse van de kleine zeggen in beeld gebracht. Deze informatie is gebruikt om de beschrijving van de huidige abundantie van de kleine zeggenvegetaties aan te vullen.

Dataverwerking

De verkregen data uit de plantensociologische analyse in SynBioSys is verwerkt in een tabel. De verkregen data uit de vergelijking van de oppervlakten van de klassen (grasland of overgang rietland-schelpenbank) is verwerkt in staafdiagrammen om zo de toe- of afname weer te geven. Op basis van deze informatie is de ontwikkeling en de huidige vegetatie beschreven aan de hand van samenstelling, soortenrijkdom, abundantie en structuur

2.2.2. Abiotiek

In deze subparagraaf staan de methoden en werkwijzen beschreven waarmee antwoord is gevonden op de deelvragen:

- Hoe is de ontwikkeling van de abiotische condities verlopen en welke processen liggen hieraan ten grondslag?
- Wat zijn de huidige abiotische standplaatscondities van de aangewezen zoekgebieden voor kalkminnende vegetaties?

Om een begrip te krijgen van de omgevingsfactoren die van invloed zijn op de vegetatiesamenstelling op de Makkumer Noordwaard is gebruik gemaakt van het schema opgenomen in bijlage 2. De voor de vegetatie op de Makkumer Noordwaard sturende factoren zijn met name: vocht, voedingsstoffen en zuurgraad (Grootjans et.al., 1995). In onderstaande tabel (Tabel 1) wordt per parameter beschreven wat onderzocht werd, hoe dit werd uitgevoerd en wat het beoogde resultaat was.

	Wat	Hoe	Resultaat
Geo(morfo)logische processen	Ontstaanswijze + opbouw Makkumer Noordwaard	Literatuur + DINOloket	Oorspronkelijke (dynamische)processen
Vochttoestand	Bodemopbouw + Grondsoort	DINOloket + Literatuur + Veldwerk	Doorlaatbaarheid bodem + vochtvasthoudend vermogen
	Grondwaterstand	Peilbuizen + rapport Slager	Beschikbaar vocht (en zuurstof)
	Neerslag kwantiteit + verdamping	KNMI	Hoeveelheid beschikbaar vocht door het jaar heen
	Overstromingsfrequentie - Reliëf - Peilen IJsselmeer	AHN + meting RWS	Aanvoer vocht door overstroming door vergelijking van de gehanteerde waterpeilen met de huidige hoogteligging
Voedingsstoffen + zuurgraad	NO ₃ , NH ₄ , P-totaal, P- Olsen, organisch stofgehalte	Veld- en labwerk	Beschikbare voedingsstoffen
	Zuurgraad - pH	Veld- en labwerk	pH-verloop bodem
	Regenwater kwaliteit	RIVM	Aanvoer voedingsstoffen door regen
	Stikstof depositie	PBL	Aanvoer stikstof
	IJsselmeerwater kwaliteit	RWS	Aanvoer voedingsstoffen bij overstroming
Antropogene invloeden	Vroeger en nu	Literatuur	Menselijke invloed op abiotische condities

Tabel 1: Overzicht van de onderzochte abiotische standplaatscondities aangevuld met methode en beoogde resultaat

Deze gegevens geven informatie over de oorsprong van het water (vocht), de voedingsstoffen en de zuurgraad waarmee het systeem op de Makkumer Noordwaard wordt gevoed en maakt inzichtelijk welke processen, dynamiek en patronen hieraan ten grondslag liggen. De informatie is gebruikt om te bepalen welke maatregelen geschikt zijn voor duurzame optimalisatie van de abiotische condities.

Hieronder wordt kort beschreven op welke manier de abiotische condities in kaart zijn gebracht. In bijlage 3 is een uitvoerige beschrijving van de werkwijze van het onderzoek naar de abiotische condities opgenomen.

Literatuuronderzoek

De geomorfologische processen en de antropogene invloeden en een gedeelte van de vochttoestand en voedingsstoffen zijn op basis van literatuuronderzoek in kaart gebracht.

Veldwerk

Voor bepaling van de huidige factoren die van invloed zijn op de vochttoestand, voedingsstoffen en zuurgraad, is in aanvulling op het literatuuronderzoek veldwerk uitgevoerd.

QuickScan

Tijdens een verkennende quickscan is op 12 punten in het grasland, 10 punten op de schelpenbank en 12 punten in de rietvakken tot 1 meter diepte geboord met een Edelman boor (voor locaties en resultaten zie bijlage 4). Het doel van deze quickscan was om een eerste indruk te krijgen van de abiotische condities zoals de grondsoort, dikte van de organische laag en het pH-verloop in de bodem om op basis van deze gegevens te bepalen of en hoeveel aanvullend onderzoek nodig was.

Peilbuizen

In maart 2021 zijn vier peilbuizen op de Makkumer Noordwaard geplaatst (Figuur 7). De peilbuizen zijn geplaatst om inzicht te krijgen in het huidige grondwaterverloop. Op locatie M1B en M4B is een dubbele buis geplaatst om de verwachting van lokale kwel op overgangen en randen te toetsen (Menke & Lenselink, 1998). De peilbuisfilters zijn in het zand geplaatst tot op een diepte van 1,5 – 2,0 meter (Slager, 1983). De peilbuizen zijn voorzien van een logger die het verloop van de waterstand registreert. De gegevens over de periode 28 maart tot 21 april 2021 zijn voor dit rapport gebruikt. Met deze gegevens, aangevuld met de resultaten van het literatuuronderzoek, is het verloop van de grondwaterstand in beeld gebracht en de meest waarschijnlijke oorsprong. Deze informatie is gebruikt om te bepalen of de vochttoestand door middel van maatregelen te beïnvloeden is.

Hoogtemetingen

De hoogtekartaal van de ANH3 (Actueel Hoogtebestand Nederland, z.d.) geeft een beeld van het aanwezige reliëf op de Makkumer Noordwaard, maar vertoont afwijkingen. Hierdoor kon met de gegevens van de ANH3 de overstromingsfrequentie niet precies bepaald worden en zijn aanvullende hoogtemetingen uitgevoerd met een GPS hoogtemeter GNSS, Trimble Catalyst met een resolutie van 2 centimeter. De hoogtemetingen zijn uitgevoerd in de aangewezen zoekgebieden in een aantal raaien waarin ongeveer elke 20 meter een meting is gedaan (zie bijlage 5 voor locaties en raaien).

De resultaten van de hoogtemetingen zijn in een grafiek weergegeven en vergeleken met de gemeten waterstanden bij Kornwerderzand-binnen. Met deze gegevens is ingeschat hoe vaak per jaar mogelijk overstroming van de zoekgebieden plaatsvindt. De overstromingsfrequentie is vervolgens bepaald door de hoogte van het maaiveld ten opzichte van het NAP te vergelijken met het IJsselmeerpeil.

Bemonstering

Voor bepaling van de hoeveelheid voedingsstoffen en zuurgraad op de aangewezen zoeklocaties zijn bodemon monsters en porievocht genomen. In het rapport *Evaluatie strategieën: omgang met overmatige voedingsstoffen* (Aggenbach, et al., 2017) staan referentiewaarden voor goed ontwikkelde vegetatietypen van het knopbies-verbond waarop de gewenste vegetatie gebaseerd is. De referentiewaarden zijn beschikbaar voor de volgende parameters:

- Nitraat (NO₃)
- Ammonium (NH₄)
- Voor planten beschikbaar fosfaat (P-Olsen)
- Totaal fosfaat (P-totaal)
- Percentage organische stofgehalte
- Zuurgraad bodem (pH)

Daarnaast zijn de volgende parameters gemeten:

- Calciumcarbonaat (CaCO₃)
- Chloride (Cl)

De uitkomsten de calciumcarbonaat, chloride en pH zijn vergeleken met de resultaten uit het verleden om de (snelheid) van de verandering en ontwikkeling van deze parameters in te kunnen schatten en daarmee een uitspraak te kunnen doen over de duurzaamheid.

Op 14 locaties (Figuur 7) binnen het zoekgebied voor de kalkminnende vegetatie zijn bodemonsters genomen voor de bepaling van onderstaande parameters door middel van boringen met een Edelmanboor. De locaties zijn verspreid over de drie locatietypen en gekozen op basis van vegetatieopnames uit 2016 en de locatie van de peilbuis in het grasland in 1980 (zie bijlage 6). De monsters zijn op twee dieptes genomen: 0-20 en 30-40 centimeter beneden maaiveld. Dit zijn voornaamste dieptes waarin de planten zich wortelen en hiermee is zowel de organische bovenlaag als de minerale laag bemonsterd. Voor bepaling van het chloride-gehalte is poriewater uit de bodem gehaald met behulp van filters (bijlage 7). De resultaten zijn een momentopname en kunnen door het jaar heen verschillen, maar geven een beeld van de huidige condities en van de verschillen tussen de locaties onderling.



Figuur 7: Locaties van de peilbuizen en (boor- en) bemonsteringspunten (Esri, z.d.). Deels overeenkomstig met de locaties van vegetatiekarteringen in 2016. De peilbuizen staan op vier typen locaties: 1. schelpenbank, 2. rietvak met peilbeheer, 3. grasland, 4. rietvlak onder invloed van het IJsselmeerpeil. De locatiennaam begint met de M van Makkumer Noordwaard gevolgd door een locatienummer met toevoeging van een B wanneer hier ook een peilbuis aanwezig is.

Analyse en verwerking gegevens

De analyses van de bodemonsters en poriewater zijn door onderzoekscentrum B-Ware in het laboratorium uitgevoerd. De analyses voor bepaling van het calciumcarbonaatgehalte (CaCO_3) en het pH-profiel (QuickScan) zijn zelf uitgevoerd met daarvoor door It Fryske Gea en Hogeschool Van Hall Larenstein beschikbaar gestelde meetinstrumenten. In onderstaande tabel (Tabel 2) geeft per parameter een overzicht van de analysemethode en manier waarop de gegevens worden verwerkt.

Parameter	Analysemethode	Verwerking gegevens
NO_3 , NH_4 , P-totaal, P- Olsen in de bodem (B-Ware)	Poriewater; Bodem-extractie met 0,2 M NaCl, Olsen-extractie bodem, HNO_3 - destructie	Met deze gegevens is inzicht in de voedselrijkdom verkregen. Door de gegevens te refereren aan de waarden van een goed ontwikkeld knopbies-verbond zoals beschreven in het rapport 'Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen' (Aggenbach, et al., 2017) is bepaald of de huidige voedselrijkdom gunstig is voor de ontwikkeling van de kalkminnende vegetatie.
% droge organische stof (B-Ware)	Loss-on-ignition	Het huidige organische stofgehalte en de pH-waarden (KCl/NaCl) zijn vergeleken met de gegevens van de heer Slager (Slager, 1983)). Bij gelijke waarden spelen waarschijnlijk andere factoren in rol in de verandering van de vegetatiesamenstelling. Bij verandering van de waarden kunnen deze factoren (mede) van invloed zijn op de veranderende vegetatiesamenstelling.
pH (grond) (B-Ware)	Extractie met 0,2 M NaCl	De resultaten van de pH metingen zijn vergeleken met de pH's in de referentie om te bepalen of en hoeveel de waarden afwijken. Daarnaast zijn ze vergeleken met de gegevens van de heer Slager om te bepalen of de omstandigheden zijn veranderd.
Chloride (B-Ware)	Poriewater	Omdat het eiland ooit een zandplaat in de zoute Waddenzee was, kan er nog zout in de (diepe) ondergrond aanwezig zijn. Door bepaling van het chloride-gehalte is vastgesteld of zout in de ondergrond aanwezig is dat mogelijk (in de toekomst) een rol kan spelen op de vegetatie.
CaCO_3 (eigen meting)	08.53 calcimeter + droogstoof	Calciumcarbonaat (CaCO_3) speelt een rol in de zuurbuffering, in het buffertraject is dit de eerste stof die reageert met zuur. Zolang het CaCO_3 -gehalte meer dan 0,25-0,30% bedraagt buffert CaCO_3 de bodem (Aggenbach, Grijpstra, & Jalink, 2002). De hoogte van het CaCO_3 -gehalte bepaalt daarmee de duurzaamheid van de bodem om zuren te bufferen. Door vergelijking van het CaCO_3 gehalte uit 1980 met het huidige CaCO_3 - gehalte, is bepaald of er sprake is van daling van CaCO_3 -gehalte en wat mogelijk de invloed hiervan is op de duurzaamheid van de kalkminnende vegetatie.
pH (grond) (eigen meting)	Extractie met 0,2 M KCl, multi- parameter HI9829, Hanna instruments	Op basis van de pH-metingen is per locatietype de pH bepaald, of er verschillen binnen en tussen de locatietypen zijn in pH-verloop en tot hoe ver mogelijk sprake is van verzuring in de organische laag en de bovengrond. Resultaten van pH-waarden gemeten op basis van KCl en NaCl zijn vergelijkbaar (m.m. R. Loeb, 2021).

Tabel 2: Overzicht van de analysemethode en verwerking van de meetgegevens van de in de bodem gemeten parameters

2.3 Analyse condities en locaties

In deze paragraaf wordt de methode beschreven waarop de analyse plaatsvindt tussen de gewenste en huidige situatie en de locatiekeuze. Met deze analyse worden de volgende deelvragen beantwoord:

- Wat is het verschil tussen de gewenste en huidige vegetatie en abiotische condities?
- Welke processen liggen ten grondslag aan de ontwikkelingen van de vegetatie en abiotiek?
- Wat zijn de kwaliteiten, knelpunten en potenties per locatietype?
- Welke locaties zijn geschikt voor ontwikkeling en behoud van de kalkminnende vegetatie?

Analyse gewenste en huidige condities + processen

Per locatie(type) worden de gewenste situatie van de vegetatie en de abiotiek vergeleken met de huidige situatie. De vergelijking wordt per locatietype in tabelvorm weergegeven waarbij met kleuren visueel wordt gemaakt op welke punten de huidige situatie gelijk is aan de gewenste situatie, deze slechts benadert of nog sterk afwijkt. Vervolgens worden de processen die ten grondslag liggen aan de huidige situatie in kaart gebracht. Dit geeft informatie over de werking van het ecologische systeem en daarmee over de effectiviteit van bepaalde maatregelen.

Analyse locaties en locatiekeuze

Met de uitkomsten van analyse van de gewenste en huidige situatie en de processen, worden de kwaliteiten, knelpunten en potenties per locatietype beschreven. Op basis hiervan wordt bepaald welke locatietypen en locaties geschikt zijn voor ontwikkeling van de kalkminnende vegetatie.

2.4 Maatregelen en schetsontwerp

Met de beschreven methode in deze paragraaf is antwoord gevonden op de volgende deelvragen:

- Welke standplaatscondities moeten op de gekozen locaties worden aangepast ten behoeve van de kalkminnende vegetatie?
- Welke maatregelen zijn nodig om de standplaatscondities voor de kalkminnende vegetatie te optimaliseren?

Literatuuronderzoek

Met het literatuuronderzoek zijn diverse bronnen geraadpleegd waarin (herstel)maatregelen zijn beschreven van de habitattypes overgangs- en trilvenen en vochtige kalkrijke duinvalleien en van referentiegebieden zoals het Lauwersmeergebied en Texel. Met deze gegevens zijn de adviezen en effecten van maatregelen in kaart gebracht.

Open ongestructureerde interviews

Beheerders, collega's en betrokkenen bij de Makkumer Noordwaard met veel ecologische ervaring, expertise en veldkennis zijn geïnterviewd. Er is gevraagd naar ideeën voor maatregelen voor herstel van de kalkminnende vegetaties in de aangewezen zoekgebieden.

Verwerking gegevens

De genoemde maatregelen worden in tabelvorm weergegeven en getoetst aan de randvoorwaarden, analyse en de referentiegebieden. De maatregelen worden relatief gescoord door middel van een eenvoudige multicriteria analyse met een 5-puntsschaal (++ , + , = , - , --). op basis van de criteria die uit de aanvullende randvoorwaarden naar voren kwam: kansrijkdom (effect), aansluiting bij al aanwezige natuurlijke processen, natuurlijkheid, duurzaamheid, praktische uitvoerbaarheid en beheer nadien. De totaalscore is een optelling van de plussen waarvan de minnen zijn afgetrokken. De 'gelijk aan' tekens zijn neutraal en hebben daarmee geen effect op de totaalscore. Op basis van de scoringstabel is een keuze gemaakt welke maatregelen in het advies en schetsontwerp worden meegenomen (=/> vier plussen). Vervolgens wordt de keuze onder de tabel toegelicht. Tot slot worden de maatregelen in het schetsontwerp in ArcMap getekend waarbij rekening wordt gehouden met de randvoorwaarden.

3 Resultaten gewenste condities

In dit hoofdstuk wordt in paragraaf 3.1 een beeld geschetst van de gewenste vegetatie en daaropvolgend de gewenste optimale abiotische condities in paragraaf 3.2. In paragraaf 3.3 worden de randvoorwaarden van de beheerder, wet- en regelgeving en referentiegebieden beschreven.

3.1 Gewenste vegetatie

De beschrijving van de gewenste vegetatie betreft een streefbeeld. Het streefbeeld is gebaseerd op in de literatuur beschreven optimale vorm van overgangs- en trilvenen en vochtige (kalkrijke) duinvalleien. De uitwerking van dit literatuuronderzoek opgenomen in bijlage 8. De geraadpleegde bronnen zijn opgenomen in bijlage 1. De gewenste vegetatie is beschreven aan de hand van samenstelling, soortenrijkdom, abundantie en structuur.

3.1.1. Samenstelling

In onderstaande tabel (Tabel 3) wordt de vegetatiesamenstelling van de gewenste kalkminnende vegetatie inzichtelijk gemaakt aan de hand van klasse, verbond, associatie.

Streefbeeld kalkminnende vegetatie		Toelichting
Klasse	Klasse van de kleine zeggen	Kleine zeggenvegetaties zijn kenmerkend voor de habitattypen overgangs- en trilvenen en vochtige (kalkrijke) duinvalleien
Verbond	Knopbies-verbond	De basischere kant van de kleine zeggenvegetaties
Associatie	Associatie van schorpioenmos en ronde zegge (r9Ba1)	Kenmerkende plantengemeenschap binnen het knopbies-verbond voor overgangs- en trilvenen (Schaminee, et al., 2019; Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2008)
	Knopbies-associatie (r9Ba4)	Kenmerkende plantengemeenschap voor vochtige (kalkrijke) duinvalleien passend bij de ecologie en huidige vegetatie op de Makkumer Noordwaard. (Aggenbach, et al., 2017; Schaminee, et al., 2019; Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2009)

Tabel 3: Samenstelling van de gewenste kalkminnende vegetatie

De optimale samenstelling van de kalkminnende vegetatie bestaat uit een groot aandeel van kensoorten op verbondsniveau die in de huidige situatie ook al aanwezig zijn, zoals echt vetmos (*Aneura pinguis*), gewoon moerasvorkje (*Riccardia chamedryfolia*), armbloemige waterbies (*Eleocharis quinqueflora*), veenknikmos (*Bryum pseudotriquetrum*), vleeskleurige orchis en groenknolorchis. Met kensoorten op associatieniveau zoals; ronde zegge en moerasplakkaatmos. Aangevuld met een aandeel kensoorten van de klasse van de kleine zeggen, zoals zomprus (*Juncus articulatus*), gewone waternavel, zwarte zegge, gewoon puntmos (*Calliergonella cuspidata*), wateraardbei (*Comarum palustre*), egelboterbloem, moerasbasterdwederik (*Epilobium palustre*), moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*), en zeegroene muur (*Stellaria palustris*). In het grasland en de rietlanden is riet als constante soort aanwezig. De vegetatie bestaat door zijn zowel horizontale als verticale gradiëntrijkheid uit veel zeldzame en bedreigde soorten (Schaminee, et al., 2019).

3.1.2. Soortenrijkdom en abundantie

De kalkminnende vegetatie bestaat uit vegetatie met een hoge soortenrijkdom van meer dan 20 plantensoorten per vierkante meter. Er is sprake van een hoge abundantie van kalkminnende soorten die een pH van hoger dan 6,5 prefereren (Grootjans et.al., 1995). Er zijn veel verschillende soorten kruiden, kleine zeggen en bladmossen met een hoge abundantie aanwezig. Grassen, waaronder riet en hennegras, zijn aanwezig maar hebben een lage abundantie. Er is minimale opslag van struweel en bomen aanwezig en kruipwilg komt voor, maar is niet dominant aanwezig.

Typische- en kensoorten zoals de groenknolorchis, ronde zegge, armbloemige waterbies, vleeskleurige orchis, moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*) en slanke gentiaan (*Gentianella amarella*) verschijnen en/of hun abundantie neemt in de loop van de jaren toe.

3.1.3. Structuur

Wat betreft de horizontale gelaagdheid bestaat de vegetatie uit een heterogene structuur door de aanwezigheid van zowel horizontale als verticale gradiënten. De moslaag is vrij dicht, de kruidlaag is wat ijler en meer open tot gesloten. Er zijn enkele locaties aanwezig die zich aan het begin van de pioniersfase bevinden. De verticale gelaagdheid kenmerkt zich door een laagblijvende kruidlaag met cypergrassen van enkele decimeters hoog boven een enkele centimeters dikke moslaag.

3.2 Resultaten optimale abiotische standplaatscondities

Zoals beschreven in paragraaf 3.1 bestaat de gewenste kalkminnende vegetatie op de Makkumer Noordwaard vooral uit soorten uit de klasse van de kleine zeggen en dan met name het knopbies-verbond. In deze paragraaf worden de optimale abiotische standplaatscondities voor de gewenste kalkminnende vegetatie op de Makkumer Noordwaard beschreven aan de hand van de gewenste vochttoestand, voedselrijkdom inclusief zuurgraad en zouttolerantie. In bijlage 9 staat de uitgebreide tabel waarop deze gegevens gebaseerd zijn, de geraadpleegde bronnen voor deze tabel en de beschrijving in deze paragraaf (3.2) zijn te vinden in bijlage 1.

3.2.1. Vochttoestand

Het meest ideaal voor de kalkminnende vegetatie is een natuurlijk peil waarbij het water in de winter boven maaiveld staat en in de zomer maar weinig uitzakt zodat de standplaats jaarrond vochtig tot nat blijft (van 20 cm boven maaiveld tot < 20 cm beneden maaiveld). Voor de associatie van schorpioenmos en ronde zegge is het van belang dat de grondwaterstand het hele jaar rond het maaiveld schommelt. Voor de knopbies-associatie kan de waterstand wat verder uitzakken tot 50 centimeter beneden maaiveld. Daarnaast zijn gradiënten in vochttoestand gewenst (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2009). De vegetatie is maar weinig overstromingstolerant in het groeiseizoen en stelt de eis dat er geen overstroming plaats vindt in het groeiseizoen of in ieder geval minder dan 10 dagen.

3.2.2. Voedselrijkdom en zuurgraad

De gewenste vegetatie eist voedselarme tot matig voedselrijke standplaatscondities met een zo laag mogelijk stikstof- en fosfaatgehalte. In onderstaande tabel (Tabel 4) staat een overzicht van de referentiewaarden van goed ontwikkelde vegetaties van het knopbies-verbond (*Caricion davallianae*).

Caricion davallianae (knopbies-verbond)			
		Streefwaarde	Maximum
NO ₃	μmol/l	< 65	100
NH ₄	μmol/l	< 60	90
P-totaal	mmol/l	< 7,8	9
P-Olsen	μmol/l	< 225	300
Organische stof	%	< 10	23
Kritische depositie waarde (N)	mol/ha/jr	<1429	1429
Cl (zout)	mg/l	<150 – 1000	1000
pH	KCl/NaCl	5,0 – 8,1	8,1

Tabel 4: Referentiewaarden van voedingsstoffen, organische stofgehalte, zoutgehalte (op basis van Cl) en pH voor goed ontwikkelde vegetaties binnen overgangs- en trilvenen en vochtige (kalkrijke) duinvalleien (Aggenbach, et al., 2017; Grootjans, Adams, Huiskes, & Smits, 2016; Van Dobben, Barendregt, van Hinsberg, & Bal, 2012; Schaminee, et al., 2019).

De soortenrijkdom van de kalkminnende vegetatie wordt medebepaald door de zuurgraad en de gradiënten in zuurgraad door verticale stratificatie; zuurder neerslagwater en organische laag op basischere grondwater en minerale grond. De optimale pH (KCl/NaCl) ligt tussen 5,0 en 8,1. Hierbij heeft de trilveenvegetatie (associatie van schorpioenmos en ronde zegge) de voorkeur voor een wat zwakzure omgeving (pH-KCl 5,0 – 6,5). De duinvallei vegetatie (knopbies-associatie) heeft voorkeur voor een meer basische standplaats (pH-KCl 6,5 – 8,1). Kalkminnende plantensoorten zoals armbloedige waterbies hebben voorkeur voor standplaatscondities met een pH boven de 6,5. De

gegevens uit het profielendocument van het habitatype overgangs- en trilvenen zijn voor bepaling van de pH buiten beschouwing gelaten omdat deze deels gebaseerd zijn op standplaatsen van het (zuurdere) verbond van de zwarte zegge.

Beide associaties zijn aanwezig onder zoete omstandigheden. De knopbies-associatie kan iets brakkere omstandigheden verdragen. Gradiënten in voedselrijkdom en zuurgraad (verticaal en horizontaal) zijn belangrijk voor beide habitattypen omdat zij zorgen voor diversiteit van de standplaats en daarmee een hoge soortenrijkdom (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2009).

3.3 Resultaten aanvullende randvoorwaarden

De aanvullende randvoorwaarden zijn gebaseerd op de randvoorwaarden die vanuit de beheerders van It Fryske Gea worden benoemd, voorwaarden ten aanzien van de wet- en regelgeving en voorwaarden die voortkomen uit bevindingen van herstelmaatregelen in referentiegebieden.

Beheerder

De Makkumer Noordwaard is een natuurgebied en afgesloten voor recreatie en toerisme. De voornaamste belanghebbende op de Noordwaard is It Fryske Gea als beheerder die de Makkumer Noordwaard in erfpacht van het Rijk heeft (m.m. C. Bakker, 2021) en de rietpachters. Bij het aanwijzen van de zoeklocaties is door de beheerder al rekening gehouden met de belangen van de rietsnijders door locaties aan te wijzen waar het riet al van mindere kwaliteit is. Daarom worden de belangen van de rietsnijders verder buiten beschouwing gelaten.

Natuurlijkheid

Met name op de schelpenbank en het grasland natuurlijk gevormde patronen en reliëf aanwezig. Dit is schaars in een land als Nederland waar veel (kunstmatige)ingrepen het landschapsbeeld bepalen. Bij een maatregel als plaggen moet daarom het reliëf van de minerale bodem worden gevolgd en bij inrichtingsmaatregelen moet deze natuurlijkheid zoveel mogelijk behouden blijven. Het heeft de voorkeur om kunstmatige ingrepen als pompjes, stuwtjes of andere kunstwerken te vermijden.

Duurzaamheid

Maatregelen in het grasland als plaggen, mogen niet meer dan 50% van het oppervlak beslaan omdat niet precies bekend is wat de gevolgen en resultaten na plaggen op de Makkumer Noordwaard zijn en hoe duurzaam deze maatregel is. Ook moet bij het uitvoeren van inrichtingsmaatregelen rekening gehouden worden met de huidige botanische waarden, bronpopulaties en moeten kwetsbare en zeldzame soorten gespaard blijven zodat deze zich weer kunnen uitzaaïen op de geplagde delen. Om snelle verzuring en ophoping van organische stof tegen te gaan, is het niet gewenst dat er laagtes worden gecreëerd waarin regenwater kan stagneren.

Praktische uitvoerbaarheid

Om goed (vervolg)beheer te kunnen uitvoeren na uitvoering van de maatregelen, is het belangrijk dat locaties waar de abiotiek voor de kalkminnende vegetaties wordt geoptimaliseerd goed bereikbaar zijn en het beheer makkelijk uit te voeren. Een voorbeeld hiervan is dat gradiënten een verhang van minimaal 1:7 hebben zodat ook de gradiënt gemaaid kan worden. En dat bij verwijdering van bos en struweel het de voorkeur heeft om grote oppervlakten te verwijderen en niet teveel kleine oppervlakten te creëren waar omheen gemaaid moet worden.

Het rietland aan de oostzijde van het grasland (vlak 2b, zie Figuur 2) mag maar voor een beperkt gedeelte gebruikt worden omdat het de bedoeling is dat het grootste gedeelte van dit vlak wordt omgevormd naar waterriet.

Wet- en regelgeving

De Makkumer Noordwaard valt onder de wetgeving van Natura2000. De instandhoudings-doelstelling voor de overgangs- en trilveenvegetatie van 4 hectare waarvoor de Makkumer Noordwaard is aangewezen moet behouden blijven in oppervlakte en kwaliteit (Rijkswaterstaat, 2017). Bij werkzaamheden moet vooraf worden getoetst of deze de instandhoudingsdoelstellingen niet aantasten en of er vergunningen moeten worden aangevraagd voor de werkzaamheden.

Referentiegebieden

Er zijn twee referentiegebieden bestudeerd waarvan de abiotische omstandigheden vergelijkbaar zijn met de Makkumer Noordwaard.

Het Land van Juffrouw Ali, Lauwersmeergebied

In het Lauwersmeergebied ligt deelgebied *het Land van juffrouw Ali* met vergelijkbare abiotische omstandigheden als op de Makkumer Noordwaard; een kalkrijke bodem (pH 6-7 (Jong & Berg, 2020)) waar sprake is van verzuring van de top laag door stagnatie van regenwater en ophoping van organisch materiaal. In het gebied is de knopbies-associatie aanwezig maar men zag de soortenrijkdom van deze associatie teruglopen wat geweten werd aan verzuring in de top laag (Staatbosbeheer, 2020). Daarom zijn in 2018 op enkele plekken plagwerkzaamheden verricht door middel van het creëren van proefvlakken waar de organische laag tot op de minerale grond is geplagd, met de bedoeling om een pionierssituatie te creëren van waaruit de knopbies-associatie kan ontstaan (Kloosterhuis, 2018).

In 2020 is de vegetatie gemonitord. De plagwerkzaamheden zijn kortgeleden uitgevoerd, dus de effecten op lange termijn zijn nog niet bekend, maar de eerste resultaten worden als hoopgevend gezien. De begroeiing op de geplagde plekken is laag (20-30%), de vegetatie bevindt zich nog in de pioniersfase. Wel hebben zich al kensoorten van de knopbies-associatie gevestigd en diverse kalkminnende plantensoorten (Staatbosbeheer, 2020).

Duinvallei Het Grootte Vlak, Texel

In het artikel *Restauratie van Duinvalleien* (Grootjans, Adema, Aggenbach, Everts, & Jansen, 2007) worden bevindingen gepresenteerd van een aantal locaties in duinvalleien waar is geplagd, vaak in combinatie met begrazing naderhand. De omstandigheden van het *Grootte vlak*, onderdeel van de Mokslootvalleien op Texel zijn vergelijkbaar met de Makkumer Noordwaard; kalkrijke bodem en door neerslag en oppervlaktewater gevoed systeem. Een verschil met de Makkumer Noordwaard zijn echter de voedselrijkere omstandigheden op Het Grootte Vlak. In 1993 zijn hier plagwerkzaamheden verricht.

Vijf jaar na het plaggen had *Het Grootte Vlak* driemaal zoveel soorten. Na tien jaar steeg het percentage organische stof en waar geen begrazing plaatsvond trad verduiking op. Vestiging van soorten was geen probleem. Soorten uit de directe omgeving vestigden zich vrijwel direct op de plagplekken en er verschenen soorten die nog niet eerder gezien waren. Doelsoorten met een kortlevende zaadbank moeten wel gespaard blijven, waardoor het verstandig is om niet alles in één keer te plaggen. Geadviseerd wordt om de hele gradiënt te plaggen en om herstelbeheer te integreren in integrale landschapontwikkeling op basis van natuurlijke processen zoals duinvorming en natuurlijke afwatering (Grootjans et.al., 2007)

4 Resultaten: ontwikkeling en huidige vegetatie

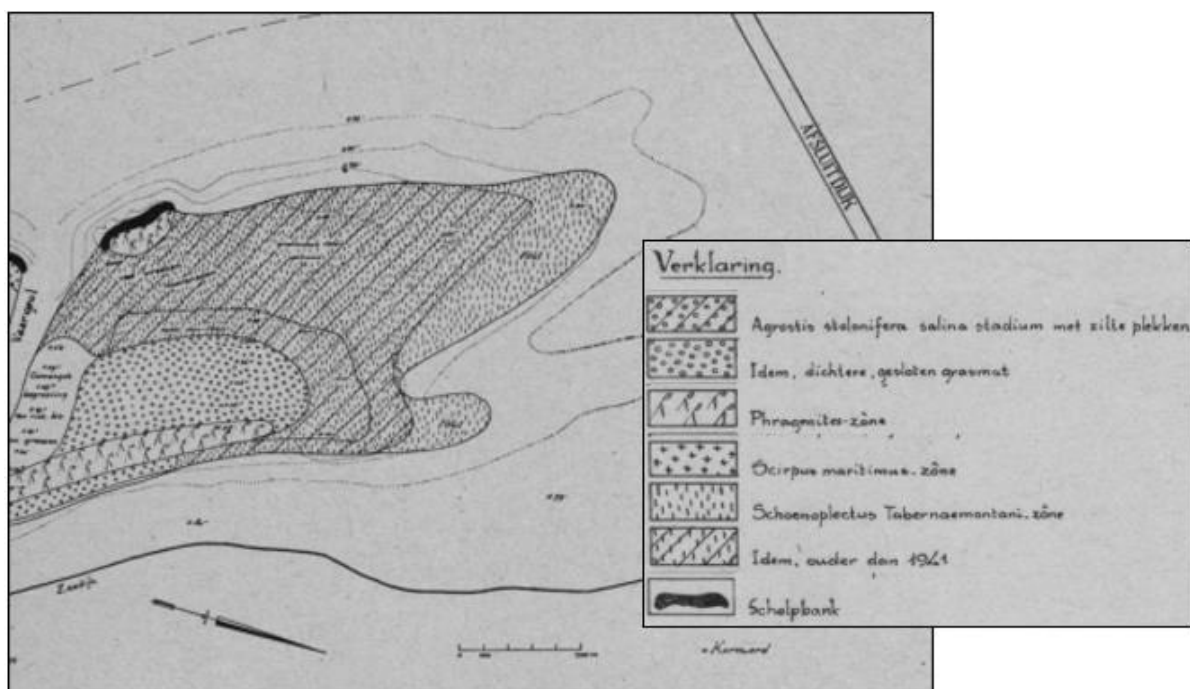
Dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkeling en de huidige vegetatie op de aangewezen zoeklocaties voor de kalkminnende vegetatie. In paragraaf 4.1 wordt allereerst de ontwikkeling van de vegetatie na het droogvallen van de Makkumer Noordwaard in 1932 in kaart gebracht om zo een beeld te krijgen van de veranderingen in de vegetatie. Vervolgens wordt in paragraaf 4.2 – 4.5 achtereenvolgens ingegaan op de ontwikkeling en huidige vegetatie op basis van samenstelling, soortenrijkdom, abundantie en structuur. In de analyse in hoofdstuk 6 worden de resultaten beschouwt en de achterliggende patronen, processen en dynamiek beschreven.

4.1 Vegetatieontwikkeling

De heer Feekes heeft tussen 1939 en 1943 onderzoek gedaan naar de vegetatie op de Makkumer Noordwaard. Over de eerste vegetatieontwikkelingen schrijft hij (Feekes, 1943):

‘Vóór 1932 (voor afsluiting van de Waddenzee) was de zandplaat begroeid met zeegras. In het eerste jaar na droogvallen zal de plaat geheel overtrokken zijn geweest met een blauwwieren-diatomeeënvilt. Waarschijnlijk vond de vestiging van land- en moerasplanten al in 1933 plaats’.

In de beginjaren bestond de vegetatie op het eiland uit zoutminnende planten. Dit verschoof al snel naar een vegetatie met overwegend zoutmijdende plantensoorten. Na verzoeting van het eiland werd de basis van de huidige structuren en patronen al snel gelegd zoals te zien is op onderstaande vegetatiekaart uit 1941 (Figuur 8).



Figuur 8: Begroeiing op de Makkumer Noordwaard in 1941 (Feekes, 1943). Hierop zijn de eerste rietzones te zien en op de locatie van het huidige grasland een fioringras-zone

Al snel na de verzoeting ontstond er een explosieve groei aan riet (*Phragmites australis*) en in de loop van de jaren vond op locaties waar geen (maai)beheer plaatsvond struweel en bosvorming plaats (Boer, 1988). Op de locatie die hedendaags als grasland wordt beheerd, ontwikkelde zich binnen enkele jaren een fioringras-zone (Feekes, 1943).

4.2 Samenstelling

De samenstelling van de klassen en verbonden lijkt in de loop van de jaren niet veel veranderd als gekeken worden naar de vegetatieopnames uit 1988, 2006 en 2016 (zie bijlage 10 + 11). In het grasland zijn vooral soorten uit de klasse van de matig voedselrijke graslanden aanwezig gevolgd door de rietklasse en de klasse van de kleine zeggen. Op verbonds-niveau zijn met name soorten aanwezig uit het dotterbloem-verbond (16Ab), zilverschoon-verbond (12Ba) en het knopbies-verbond (09Ba).

In de rietlanden zijn de meeste soorten uit de rietklasse aanwezig gevolgd door klasse van de kleine zeggen en de klasse van de matig voedselrijke graslanden. Op verbonds-niveau zijn met name soorten aanwezig uit het vlotgras-verbond (08Aa), riet-verbond (08-Ba), dotterbloem-verbond en knopbies-verbond. De vegetatiesamenstelling in het gras- en rietland bestaat vooruit uit rompgemeenschappen van onder andere zwarte zegge en moerasstruisgras (9RG1) en hennegras (9RG4) (Offereins, 2016).

Op de schelpenbank zijn op de hogere, drogere en schralere gedeelten soorten van klasse van de droge graslanden op zandgrond (klasse 14) aanwezig met vooral soorten uit het duinsterretjes-verbond (14Ca) en op de lagere, nattere delen soorten van weegbreekklasse (klasse 12), klasse van de matig voedselrijke graslanden, klasse van de akkergemeenschappen (klasse 31) en klasse van de ruderaal gemeenschappen (klasse 32) aanwezig met vooral soorten uit het zilverschoon-verbond.

4.3 Soortenrijkdom

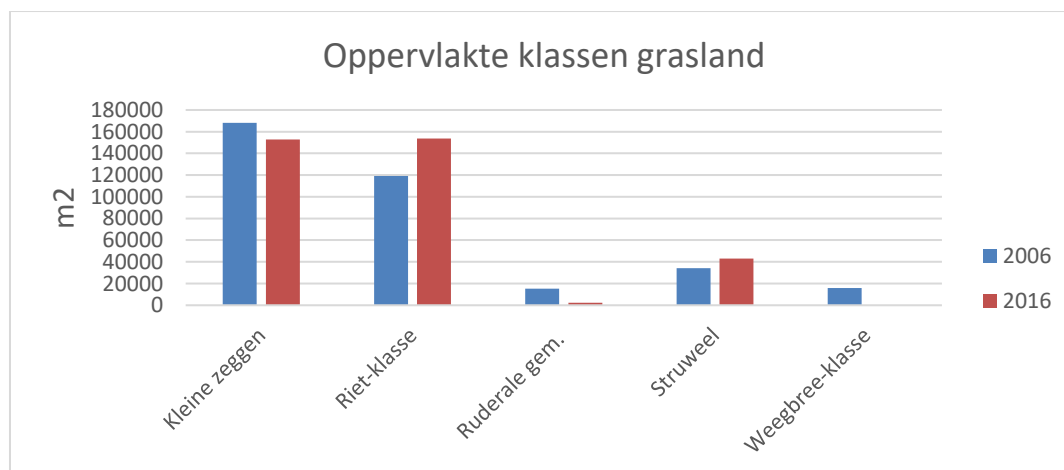
In onderstaande tabel (Tabel 5) wordt weergegeven van 1988, 2006 en 2016 hoeveel soorten er per locatietype werden genoteerd. De vlakken waarin de vegetatieopnames zijn uitgevoerd zijn voor deze locaties allemaal 4 m² groot. De locaties en vegetatieopnames waarop deze gegevens gebaseerd zijn, zijn opgenomen in bijlage 11.

Locatietype	Aantal soorten / 4 m ²		
	1988	2006	2016
Grasland	13-28	14-35	6-15
Rietland	12-24	11-32	11-14
Schelpenbank	19-21	11-30	11-20

Tabel 5: Aantal genoteerde soorten per locatietypen over de jaren 1988, 2006 en 2016 in vlakken van 4 m²

4.4 Abundantie

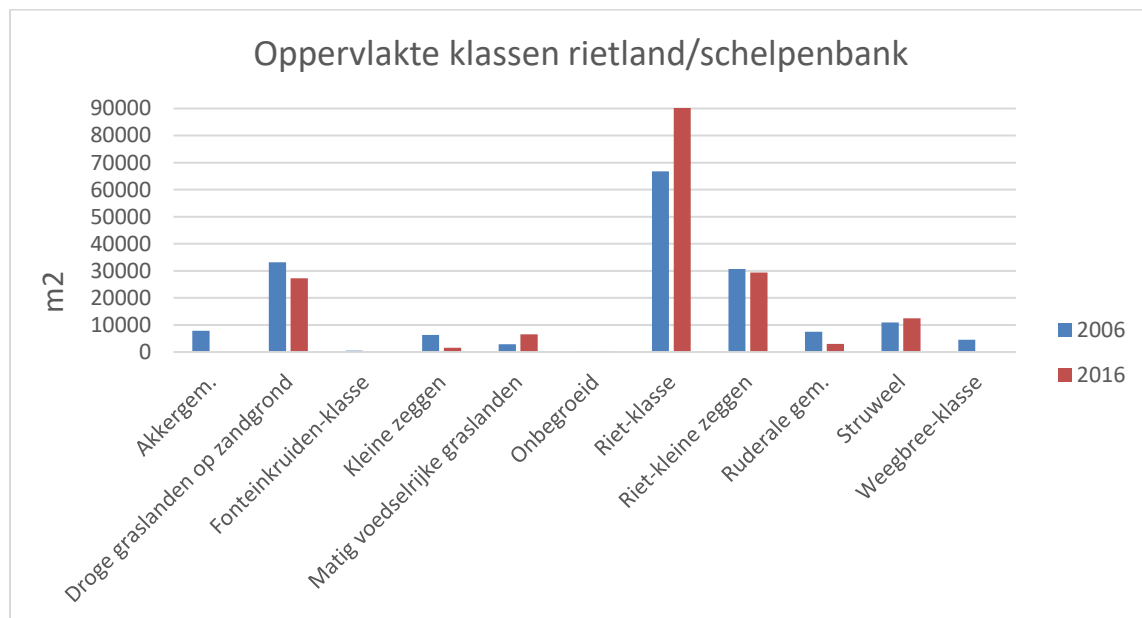
De oppervlakten van de verschillende klassen in 2006 en 2016 voor grasland, rietland en schelpenbank worden weergegeven in Figuur 9 en Figuur 10. De gegevens zijn gebaseerd op de vegetatieopnames uit 2006 en 2016 (Jager, 2007; Offereins, 2016).



Figuur 9: Oppervlakten in vierkante meter van de verschillende gekarteerde klassen in het grasland in 2006 en 2016

In het grasland valt op dat de rietklasse en de klasse van de kleine zeggen de hoogste abundantie hebben. Tussen 2006 en 2016 is de rietklasse toegenomen en de klasse van de kleine zeggen afgenomen. Ook valt op dat klasse 16 niet aanwezig is, terwijl er wel soorten van klasse 16 aanwezig zijn als gekeken wordt naar de classificatie in SynBioSys. Het struweel is in oppervlak toegenomen.

Van de associatie van schorpioenmos en ronde zegge is op associatieniveau alleen ronde zegge aanwezig met een bedekking tussen de 51 en 500 exemplaren. Voor de locaties zie bijlage 12.



Figuur 10: Oppervlakten in vierkante meter van de verschillende gekarteerde klassen in het rietland en op de schelpenbank in 2006 en 2016

In het rietland is de rietklasse het meest dominant aanwezig gevolgd door de klasse van de kleine zeggen. Het gaat hier met name om rompgemeenschappen uit deze klassen. Daarnaast zijn grassen (riet en hennegras) dominant aanwezig in de bovenlaag. Kleine zeggensoorten, mossoorten en soorten uit het verbond van zwarte zegge hebben een hoge bedekking. Ook wilgenstruweel en grassen als riet en hennegras zijn met een hoge bedekking aanwezig. Kruiden zijn minder dominant aanwezig.

Net als in het grasland is in het rietland ook als enige kensoort op associatieniveau ronde zegge aanwezig met een bedekking tussen de 51 en 500 exemplaren. De groenknolorchis heeft ooit in een bevoeid rietland gestaan (voor locatie zie bijlage 13), deze locatie valt niet onder de voor dit onderzoek aangewezen zoeklocaties.

De schelpenbank heeft een hoge abundantie van de klasse van de droge graslanden op zandgrond. Het oppervlak van deze klasse is iets afgenomen ten opzichte van 2006. Op de schelpenbank zijn nauwelijks bladmossoorten aanwezig en is sprake van hoge abundantie kalkminnende soorten waaronder scherpe fijnstraal, bleke steenhoornbloem en harig wilgenroosje. Op de schelpenbank zijn geen kensoorten op associatie-niveau aanwezig.

Uit de vegetatieopnames (bijlage 11) is geen trend te halen van de abundantie op soort of verbond-niveau. Naar aanleiding van de florakartering in 2019 geeft de heer Jager aan dat in het gras- en rietland een toename in oppervlakte is te zien van soorten als egelboterbloem en zwarte zegge, soorten van het verbond van de zwarte zegge die de voorkeur geven aan wat zuurdere omstandigheden. Ook is verruiging waargenomen door toename van onder andere hennegras en moerasstruisgras en het oppervlak kruipwilg is behoorlijk uitgebreid (Jager, 2020; Offereins, 2016). Een aandeel kalkminnende soorten zoals fraai duizendguldenkruid en armbloemige waterbies zijn alleen aanwezig op de beheerpaden (Jager, 2020). Voor de locaties zie bijlage 13.

4.5 Structuur

De horizontale variatie lijkt te zijn afgenomen als de vegetatiekaart van 2006 wordt vergeleken met de die van 2016 (bijlage 12). Wat in het veld opvalt is dat de vegetatiestructuur met name in de kruidlaag dichter is geworden door verruiging (Jager, 2020). Door toename van riet en struweel is de verticale structuur hoger geworden.

Het grasland is vlak waardoor de vegetatie vrij homogeen is. Op enkele locaties in het grasland waar veel water stagneert, is sprake van een dichtere vegetatiestructuur. Op de wat drogere locaties is de vegetatiestructuur meer open. In de rietlanden is de vegetatie vrij homogeen en is de riet- en kruidlaag dicht. In zowel riet als grasland is sprake van een vrij dichte moslaag.

Op de schelpenbank zijn duidelijke patronen in bedekking te zien. Op enkele plekken zijn open zandige stukken met weinig vegetatie aanwezig, op andere plekken is er sprake van dichte begroeiing van kruiden of struweel. Op de overgang van de schelpenbank naar het rietland is sprake van een gradiënt waardoor er sprake is van heterogene patronen in bedekking. Naar het rietland toe wordt de bedekking dichter.

Wat betreft de verticale structuur is deze waar riet dominant aanwezig is in het grasland, vrij hoog opgaand. Ook is er sprake van enkele bosjes van struwelen in en langs de rand van het grasland. In het rietland is de vegetatie overwegend hoog opgaand door dominantie van riet. Ook in het rietland zijn bosjes van struwelen aanwezig. Op locaties op de schelpenbank waar de vegetatie dichter en ruiger is, is deze ook meer hoog opgaand. De variatie in verticale structuur is op de schelpenbank het grootst.

5 Resultaten: ontwikkeling en huidige abiotiek

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de ontwikkeling en huidige abiotiek gepresenteerd. In paragraaf 5.1 wordt ingegaan op het ontstaan van de Makkumer Noordwaard en de processen en dynamiek die hierbij een rol spelen. Paragraaf 5.2 en 5.3 beschrijven de voor vegetatie sturende (operationele) factoren vochtbeschikbaarheid, voedselrijkdom en zuurgraad (ook een conditionele factor). Tot slot gaat paragraaf 5.4 in op de antropogene invloeden die een rol spelen of speelden op de Makkumer Noorwaard. In de analyse in hoofdstuk 6 worden deze resultaten beschouwt en de achterliggende patronen, processen en dynamiek beschreven.

5.1 Het ontstaan van de Makkumer Noordwaard

Voordat de afsluitdijk in 1932 werd aangelegd was de Makkumerwaard een zandplaat in de Zuiderzee die onder invloed stond van de getijdebewegingen van de Waddenzee. Bij vloed stond de zandplaat onder zoutwater, bij eb viel de plaat droog (Feekes, 1943). Op onderstaande afbeelding (Figuur 11, foto links) is te zien dat de Makkumerwaard een lang gerekte zandplaat was. Na aanleg van de afsluitdijk in 1932 werd de Zuiderzee afgesloten van de Waddenzee. Het meer dat hierdoor ontstond werd IJsselmeer genoemd. De getijdenbeweging verdween en het IJsselmeer kreeg een lager peil waardoor de vlakke zandplaat als permanent eiland in het IJsselmeer bleef liggen. In 1933 werd door de Makkumerwaard een scheepvaartkanaal gegraven die de Makkumerwaard in de Noordwaard en de Zuidwaard verdeelde (Boer, 1988) (Figuur 11, foto rechts).



Figuur 11: Makkumer Noordwaard als zandplaat in de Zuiderzee in 1930 (links) en als drooggevalen eiland in 1950 ongeveer 18 jaar na aanleg van de afsluitdijk (Kadaster, z.d.)

Het IJsselmeerwater verzoette binnen vijf jaar na afsluiting door aanvoer van zoet rivierwater. Door de verzoeting van het water stierven miljarden zeeschelpdieren. Hun schelpen werden door wind en golfwerking op de Makkumer Noorwaard afgezet (Hosper, 1994). Door overheersende zuidwestenwinden vormde zich hierdoor op de zuidwestpunt de eerste schelpenbanken. Deze breidden zich later uit over de hele westrand van het eiland en zijn inmiddels 1850 meter lang (Boer, 1988). Het eiland overstromde in de wintermaanden regelmatig. Ontzilting van het eiland zelf verliep trager maar binnen enkele jaren was de bovenlaag ontzilt waardoor de plaat geschikt werd voor zout mijdende plantensoorten (Feekes, 1943).

5.2 Vochtbeschikbaarheid

Sturende factoren voor de vochtbeschikbaarheid zijn grondsoort en bodemopbouw, grondwaterstand, neerslag kwantiteit en overstromingsfrequentie door aanwezig reliëf in combinatie met peilbeheer. Deze factoren worden achtereenvolgens in deze paragraaf beschreven.

5.2.1. Bodem

De Makkumer Noordwaard heeft geen duidelijk ontwikkeld bodemprofiel en kan bodemkundig bij de kalkrijke vlakvaaggronden (Zn10A) worden ingedeeld. De bodem is zeer schraal en de bovenlagen bestaan uit kalkrijk zeer fijn zand met op enkele plekken zeer lichte zavel en hier en daar overgaand in kleihoudend zand (Hosper, 1994; Boer, 1988). Daarnaast zijn er verspreid op het eiland sporadisch lagen in de bodem aanwezig met zeer grof zand en grote schelpen.

Bodemopbouw

Door de zandige bodem op de Makkumer Noordwaard is het vochtvasthoudend vermogen en de capillaire werking van de minerale bodem gering. Op de bovenste laag is in de loop van de tijd een venige laag ontstaan. De dikte hiervan verschilt per locatietype. In het grasland is deze laag tussen de 10 en 20 centimeter dik, in het rietland tussen de 20 en 45 centimeter en op de schelpenbank meestal minder dan 5 centimeter (voor de bodemprofielen zie bijlage 14). De organische laag heeft een groot vochtvasthoudend vermogen en een grotere capillaire nalevering dan de minerale ondergrond (Zwart, Kikkert, Wolfs, Termorshuizen, & Van der Burgt, 2013). Hoe dikker de organische laag is, hoe langer er vocht voor de planten beschikbaar blijft in droge perioden.

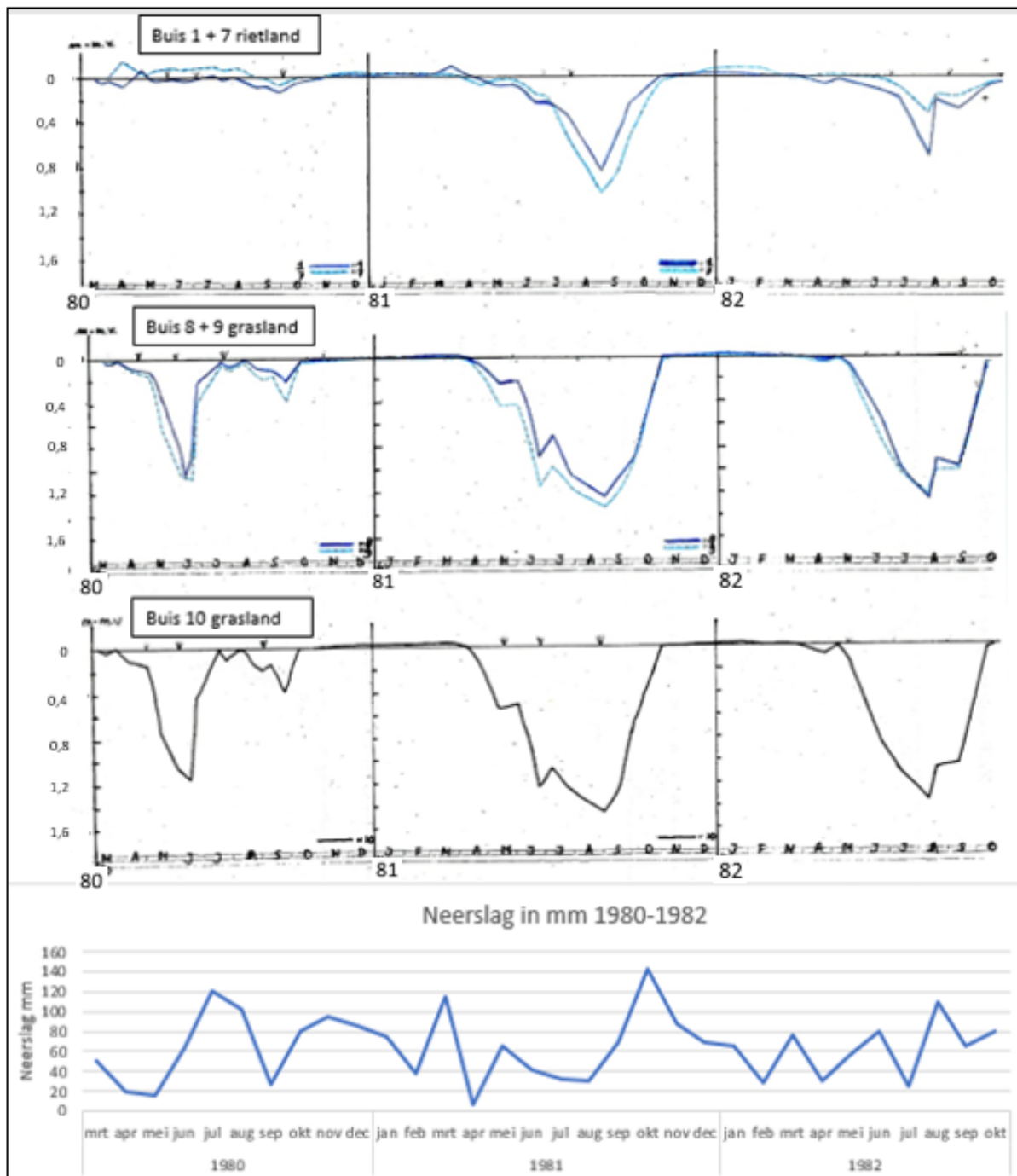
In de diepere ondergrond is een kleilaag aanwezig. In het noordwesten van het eiland ligt de kleilaag op meer dan twee meter diepte. Richting het zuidoosten komt de kleilaag dichterbij het maaiveld en ligt hij op een diepte van ongeveer anderhalf tot twee meter (DINOloket, z.d.). Dit is te zien op de doorsnede van de bodem die is opgenomen in bijlage 14. De kleilaag zorgt voor stagnatie van neerslagwater en het tegenhouden van kwel vanuit het IJsselmeer. Zie hiervoor de toelichting in de volgende subparagraaf.

5.2.2. Grondwater

In deze subparagraaf wordt onderscheid gemaakt in locaties zonder peilbeheer en locaties met peilbeheer omdat peilbeheer in de vorm van bevoeiing van rietlanden de grondwaterstand beïnvloed. Eerst worden de resultaten van de peilbuizen uit 1980-1982 beschreven. Vervolgens wordt ingegaan op de eerste resultaten van de in maart 2021 geplaatste peilbuizen.

Locaties zonder peilbeheer

Tussen maart 1980 en december 1982 stonden er peilbuizen op de Makkumer Noordwaard (voor de locaties zie bijlage 6). Onderstaande afbeelding (Figuur 12) geeft de resultaten van de peilbuizen in en rond de aangewezen zoeklocaties per jaar weer met daaronder de neerslaggegevens gemeten in Makkum over dezelfde periode.



Figuur 12: Grondwaterstanden op de Makkumer Noordwaard gemeten tussen maart 1980 en december 1982 (Slager, 1983) met daaronder de hoeveelheid neerslag in mm gemeten in Makkum over dezelfde periode (KNMI, z.d.-a). Het rietland waarin buis 1 en 7 stonden, werd in 1980 nog bevoeid, in 1981 en 1982 werd de bevoeiing gestopt. Het grasland met de buizen 8, 9 en 10 is nooit bevoeid geweest.

Uit bovenstaande grafieken blijkt dat zonder bevoeiing (buis 1+7 in 1981 en 1982 en buizen 8, 9 en 10) de grondwaterstand sterk afhankelijk is van de hoeveelheid neerslag die er valt. Het systeem wordt (voornamelijk) door neerslagwater gevoed.

Het water staat in de winterperiode tot boven het maaiveld en in de (droge) zomerperiode kan het grondwater uitzakken tot 1.40 meter door verdamping en transpiratie. Locaties met een dikke veenachtige bovenlaag zoals in het rietland (buis 1 + 7), houden langer vocht vast. Hierdoor vindt daling van de grondwaterstand vertraagd plaats. Als het grondwater eenmaal onder de venige laag uitkomt, gaat daling van het grondwater snel maar zakt minder ver uit dan in het grasland (Slager, 1983).

De grondwaterstand van de schelpenbank zit waarschijnlijk dieper onder het maaiveld doordat de schelpenbank hoog ligt ten opzichte van de omgeving en bestaat uit grof zand met schelpen waardoor de bodem goed doorlaatbaar is waardoor de grondwaterstand op de schelpenbank verder uitzakt.

Locaties met peilbeheer

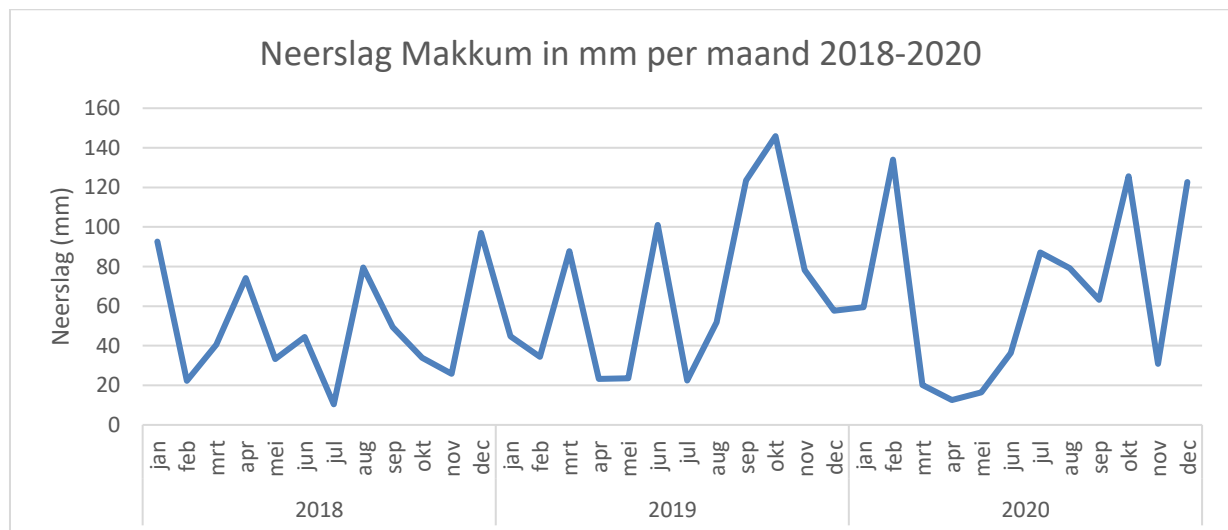
De rietlanden worden rond april met water bevoeid zodat het water boven maaiveld komt te staan. De bevoeiing heeft een nivellerende werking op de grondwaterfluctuaties (Boer, 1988). In de herfst wordt getracht het water af te laten, maar deze oppervlakte afwatering heeft meestal weinig resultaat waardoor ook in de winter het water boven maaiveld staat (Slager, 1983). Dit is terug te zien in de gegevens van 1980 van buis 1 en 7 (Figuur 12).

Huidige peilbuizen

Zichtbaar in de eerste resultaten is dat na een korte droge periode in maart en april 2021 daling van de grondwaterstand plaatsvindt (bijlage 6). Door de ondoorlatende kleilagen in de bodem en het geringe reliëf wordt geen kwel verwacht. Op plaatsen waar deze kleilaag ontbreekt en grover zand aanwezig is, zoals langs de randen van het eiland en langs de schelpenbank, kan mogelijk lokale kwel optreden (Menke & Lenselink, 1998). Om dit te kunnen meten zijn op locatie M1B en M4B dubbele peilbuizen geplaatst. Er is (nog) geen opwaartse druk van grondwater en verschil in stijghoogte in deze peilbuizen waargenomen. Hierdoor kan op dit moment niet worden bepaald of er sprake is van kwel. De grote verschillen in grondwaterstand maken de hydrologische situatie op het eiland zeer dynamisch.

5.2.3. Neerslag kwantiteit

In Nederland valt gemiddeld 873 mm neerslag per jaar. Regenwater valt over het algemeen vrij verspreid over het jaar, maar de laatste jaren valt in het voorjaar en de zomer overwegend minder neerslag en in de winterperiode meer (Compendium van de leefomgeving, z.d.) en wordt het neerslagpatroon grilliger (Figuur 13). Daarbij komt dat in de zomerperiode de verdamping kan oplopen tot gemiddeld 100 mm per maand, in tegenstelling tot de winterperiode wanneer dit gemiddeld 9 mm is (KNMI, z.d.-b)



Figuur 13: Neerslaggegevens gemeten in Makkum tussen 2018 en 2020 (KNMI, z.d.-a)

Wanneer de trend van langere droogteperiodes in de zomer zich doorzet, betekent dit voor de vegetatie op de Makkumer Noordwaard als neerslagwater gevoed systeem, dat bij de langere droogteperiodes in de zomer het grondwater nog dieper uitzakt door de hoge verdamping en de lage aanvoer van neerslagwater.

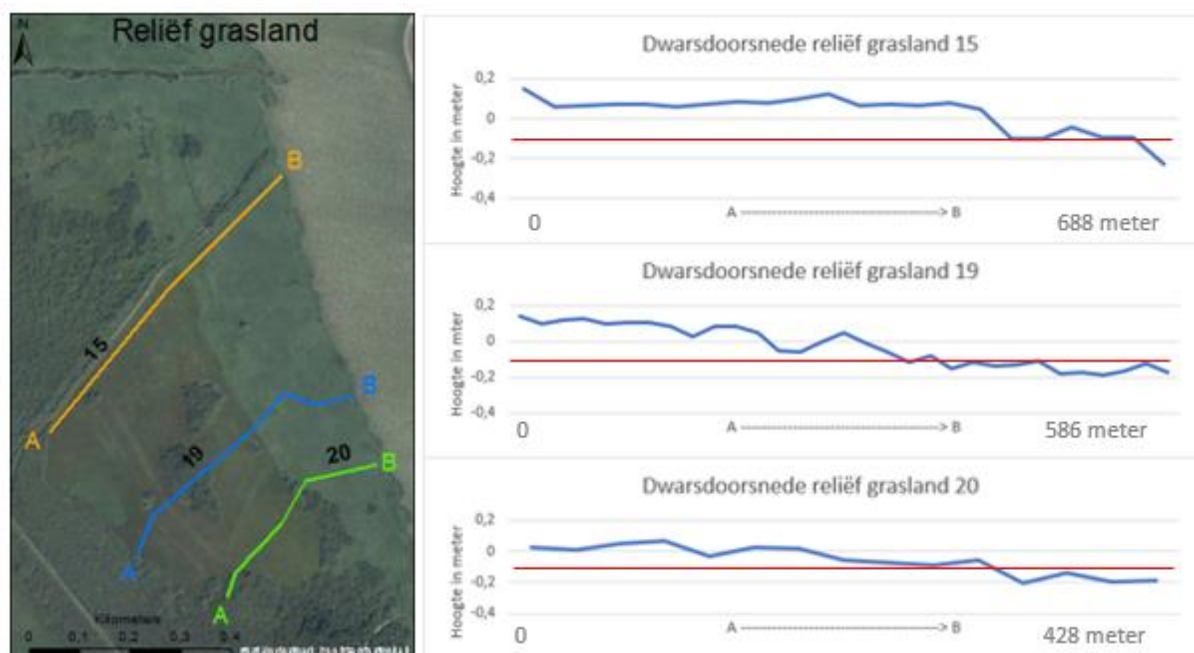
5.2.4. Overstromingsfrequentie

De overstromingsfrequentie wordt bepaald door het reliëf (hoogteligging ten opzichte van NAP) en het IJsselmeerpeil. Deze subparagraaf beschijft eerst het aanwezig reliëf, daarna de gehanteerde IJsselmeerpeilen om vervolgens een uitspraak te doen over de overstromingsfrequentie.

Reliëf

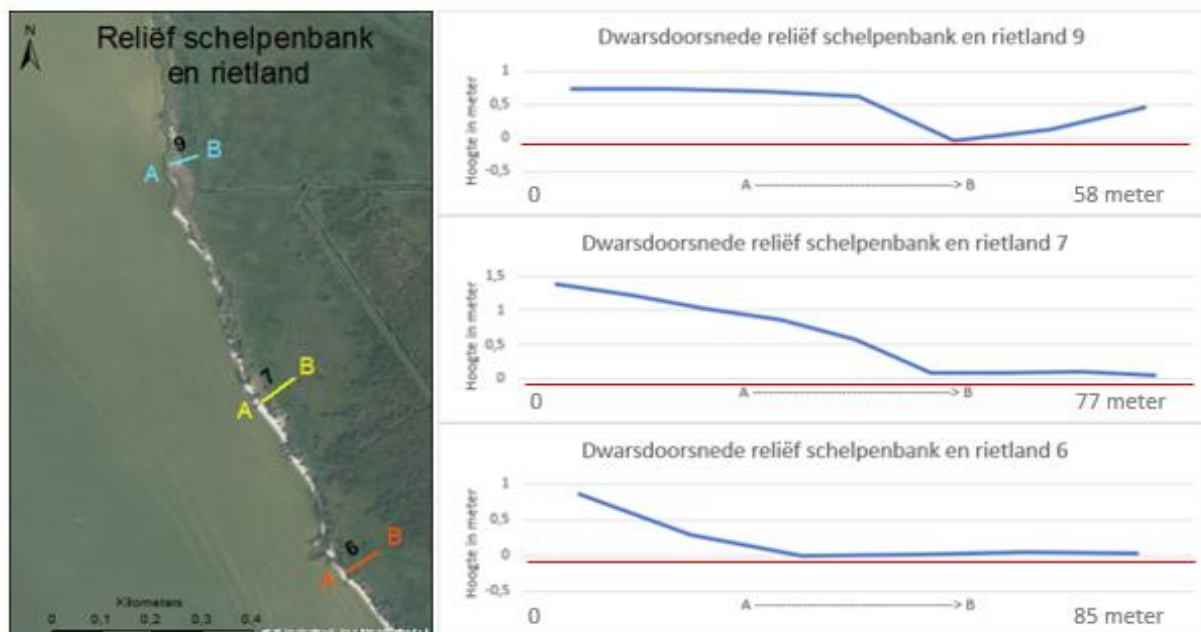
Het maaiveld van de gras- en rietlanden ligt tussen de 0,20 meter - NAP en 0,20 meter + NAP. De kades en beheerpaden liggen tussen 0,60 en 1,0 meter + NAP. De schelpenbank is op sommige plaatsen tot 1,50 meter + NAP hoog (Actueel Hoogtebestand Nederland, z.d.). Dit is terug te zien in bijlage 5 op de hoogtekaart en de kaart met meetresultaten van de aanvullende hoogtemetingen.

Op de gemeten raaien loopt het grasland af in hoogte richting de Sotterumergeul. De hoogte van het grasland schommelt tussen de 0,20 en 0,0 meter + NAP. Richting de Sotterumergeul (oostkant) wordt het enkele centimeters lager en schommelt de hoogte tussen de 0 en 0,20 meter – NAP (Figuur 14).



Figuur 14: Resultaten van de hoogtemetingen in het grasland met aan de linkerkant de locaties van de raaien en aan de rechterkant de dwarsdoorsnede van de gemeten hoogtes ten opzichte van NAP in de raaien op drie locaties. De rode lijn is de maximale hoogte van het ingestelde zomerpeil.

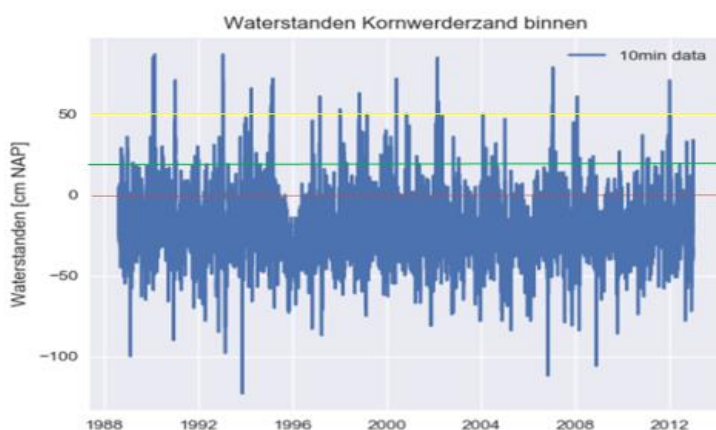
De schelpenbank kent grotere hoogteverschillen dan het grasland en verschilt per locatie van hoogte, breedte en manier waarop hij afloopt. Op onderstaande afbeelding (Figuur 15) is zichtbaar dat op locatie 6 en 7 de schelpenbank met een geleidelijke gradiënt overgaat in het rietland. Op locatie 9 is deze overgang minder geleidelijk en zelfs vrij steil. De hoogste delen van de schelpenbank liggen tussen de 0,5 en 1,4 meter + NAP. Het rietland schommelt rond de 0,05 meter + NAP en 0,05 meter – NAP. Op meetpunt 9 is te zien dat het hier een smalle laagte betreft die richting de oostkant oploopt.



Figuur 15: Resultaten van de hoogtemetingen vanaf de schelpenbank het rietland in met aan de linkerkant de locaties van de raaien en aan de rechterkant de dwarsdoorsnede van de gemeten hoogtes ten opzichte van NAP in de raaien op drie locaties. De rode lijn is de maximale hoogte van het ingestelde zomerpeil.

IJsselmeerpeilen

Van 1940 tot 2019 werd een zomerpeil (april – oktober) van 0,20 m – NAP en winterpeil van 0,40 m – NAP gehanteerd (Hosper, 1994). In 2019 is een flexibeler peil ingesteld. Het zomerpeil fluctueert binnen de bandbreedte 0,10 tot 0,30 m – NAP. Het winterpeil verandert niet. Rijkswaterstaat zorgt dat het winterpeil niet beneden de 0,40 m – NAP uitzakt in verband met scheepvaart (Rijkswaterstaat, z.d.). Onderstaande afbeelding (Figuur 16) geeft de 10 minuten metingen bij *Kornwerderzand binnen* weer over de periode 1988-2012 gelegen ten noorden van de Makkumer Noordwaard. Bij zuidwesterstorm kunnen hier de waterstanden enorm oplopen. Deze grafiek presenteert de gemeten waterstanden van het gemiddelde IJsselmeerpeil en op- en afwaaiing. Extremen kunnen oplopen tot NAP +0,9 m en kunnen dalen tot NAP -1,2 m (Kollen, 2018).



Figuur 16: Gemeten 10 minuten waterstanden bij Kornwerderzand binnen (Kollen, 2018). De ruimte tussen de rode en groene lijn betreft de maaiveldhoogte van het grasland (0 tot 0,20 m +NAP). De gele lijn geeft het laagste gedeelte van de schelpenbank aan (0,5 m +NAP).

Overstromingsfrequentie

Op basis van bovenstaande gegevens blijkt het grasland gemiddeld 2 tot 3 keer per jaar overstroomt en de schelpenbank ongeveer eenmaal per twee jaar. De kans dat het rietland achter de schelpenbank overstroomt is zeer klein.

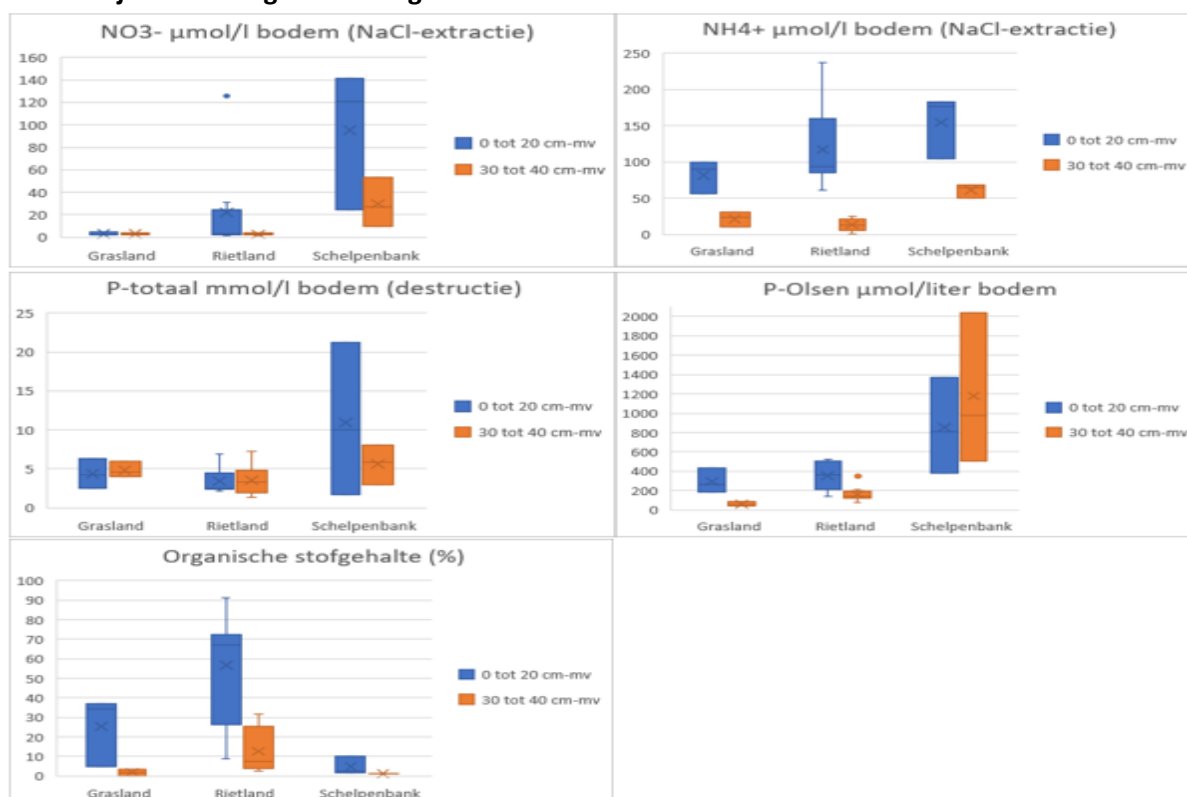
5.3 Voedselrijkdom + zuurgraad

De huidige voedselrijkdom en zuurgraad worden in deze paragraaf beschreven aan de hand van de bodemkwaliteit waarbij analyses van enkele parameters van de bodem zijn gedaan, de neerslag kwaliteit en stikstofdepositie en de kwaliteit van het IJsselmeerwater.

5.3.1. Bodemkwaliteit

De resultaten van de analyse worden doormiddel van onderstaande staafdiagrammen (Figuur 17) weergegeven doormiddel van box-and-whiskers grafieken. De box geeft de waarden tussen de kwartielen (25%-75%) waarbij de gemiddeld waarde wordt aangegeven. De whiskers geven de uitschieters aan. De meetgegevens waarop de staafdiagrammen in deze paragraaf gebaseerd zijn en grotere weergave van de staafdiagrammen per meetpunt is opgenomen in bijlage 15. In deze bijlage zijn voor de volledigheid in aanvulling op dit rapport gebruikte resultaten, de resultaten van alle parameters opgenomen.

Voedselrijkdom en organisch stofgehalte

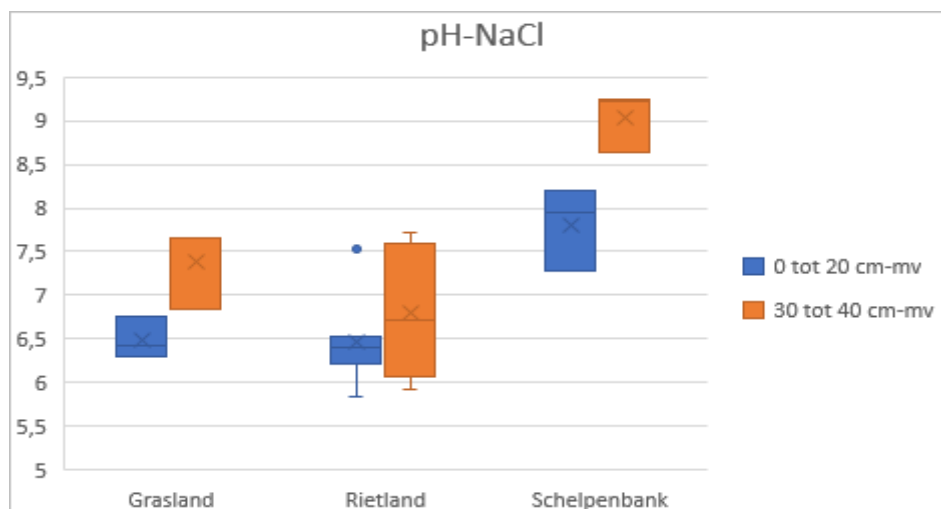


Figuur 17: Resultaten analyse bodemonsters NO₃, NH₄, P-totaal, P-Olsen en organisch stofgehalte in %

Opvallend is dat bijna alle waarden hoger zijn in de bovenste 20 centimeter van de bodem. De gemeten organische stofgehaltes liggen in lijn met wat verwacht werd en gezien in het veld: in het rietland zijn deze waardes hoog, op de schelpenbank laag en het grasland zit daar tussenin. Het organische stofgehalte is gestegen ten opzichte van de metingen in 1980 (zie bijlage 16). Met name het organische stofgehalte in het rietland op een diepte van 30-40 centimeter is behoorlijk gestegen (van 0,1-2,5% naar 2,5-31,5%). Het fosfaatgehalte op de schelpenbank is hoog. Hierbij valt op dat het voor planten beschikbare fosfaat (P-Olsen) op 30 tot 40 cm-mv hoger is dan op 0-20 cm-mv.

Zuurgraad

In de ondergrond is de pH over het algemeen hoger (basischer) dan in de bovenlaag van de bodem. In het rietland is de organische laag overwegend tussen de 30 en 40 centimeter dik (Figuur 18). Dit terug te zien in het pH-verloop. De pH blijft lager ten opzichte van het grasland en de schelpenbank en de stijging op een diepte van 30-40 centimeter is minder groot, of soms zelfs lager. Deze trend is ook terug te zien in de pH-profielen uit de QuickScan (bijlage 4).



Figuur 18: Het gemeten pH gehalte op 0-20 cm-mv en 30-40 cm-mv in het grasland, rietland en op de schelpenbank.

De pH in het rietland is ten opzichte van 1980 gedaald in de bovenste 40 centimeter van de bodem. In het grasland zijn de waarden vergelijkbaar met elkaar.

Calciumcarbonaat (CaCO₃)

Calciumcarbonaat zorgt voor buffering van zuren. Zolang het CaCO₃-gehalte meer dan 0,25-0,30% bedraagt buffert CaCO₃ de bodem (Aggenbach, Grijpstra, & Jalink, 2002). Uit de metingen (Tabel 6) komt naar voren dat het CaCO₃ gehalte in de eerste 20 centimeter van de bodem op vier locaties lager dan 0,25% is. Op deze diepte is de buffering door calciumcarbonaat nihil en zorgt het adsorptiecomplex (met name de hoge calciumwaardes die gemeten zijn (bijlage 15)) van de bodem voor buffering; basische kationen worden uitgewisseld tegen H⁺ (zuur) waardoor de bodem-pH minder snel daalt (O+BN Natuurkennis, z.d.-a).

Op 30-40 centimeter beneden maaiveld zorgt calciumcarbonaat voor buffering. Dit geldt niet voor locatie M1B (rietvlak zonder peilbeheer), hier zijn de waarden precies andersom. Wat de reden hiervoor is, is niet bekend. De locatie ligt tegen de schelpenbank aan. Wellicht is er sprake van inmeniging van zand in de bovenlaag en is er op 30-40 veel organisch materiaal aanwezig geweest.

Locatie	0-20 cm - mv	30-40 cm-mv
M1B – rietland zonder peilbeheer	2,5	0,1
M2B – rietland met peilbeheer	0,1	0,3
M3B – grasland	0,2	2,7
M4B – rietland onder invloed IJsselmeerpeil	0,5	3,4
M12 – schelpenbank	6,6	19,4

Tabel 6: Resultaten van de calciumcarbonaat (CaCO₃) metingen van vijf locaties

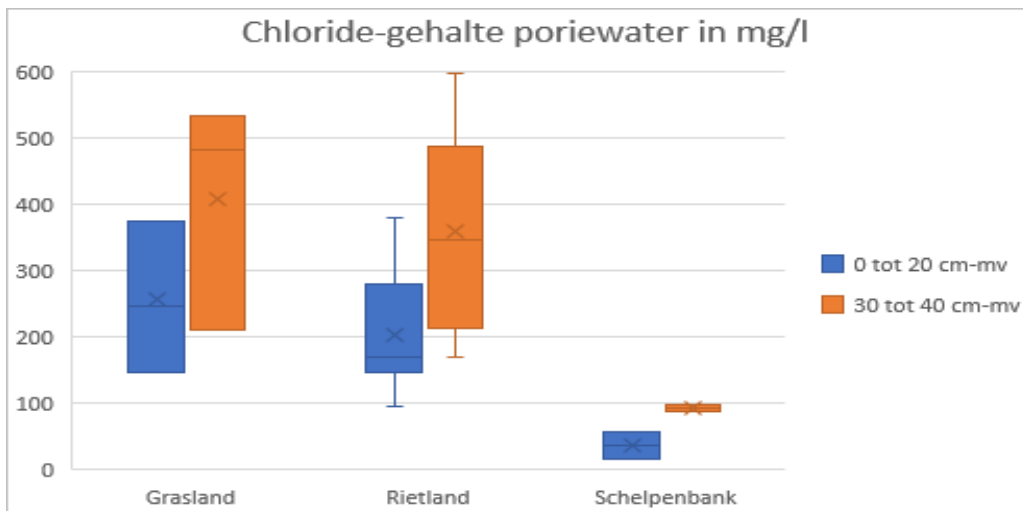
Wanneer de huidige waarden met de gemeten waarden uit 1980 worden vergeleken lijkt er geen directe achteruitgang te zijn van de CaCO₃ waarden (zie bijlage 16). In de bovenste 20 centimeter liggen in 1988 de meeste waarden ook onder de 0,25% en is een stijging te zien van het CaCO₃-gehalte dieper in de bodem.

Zoutgehalte

De Makkumer Noordwaard lag tot 1932 in de zoute Zuiderzee. Om te beoordelen in hoeverre de invloed van dit zout nog in de bodem aanwezig is en daarmee invloed kan hebben op de vegetatie is het chloridegehalte van het poriewater gemeten. De volgende indeling (Tabel 7) van watertypen is hiervoor gehanteerd, gebaseerd op de indeling van Gotjé *et al* (Gotjé, et al., 2002):

Chloridegehalte in mg/l	Benaming
0-300	Zoet
300 – 1.000	Zeer licht (zwak) brak tot zoet
1.000 – 3.000	Licht (zwak) brak
3.000 – 10.000	Matig brak

Tabel 7: Indeling watertypen op basis van chloridegehalte (Gotjé, et al., 2002)



Figuur 19: Chloride gehalte in mg/l van het poriewater in de bodem van het grasland, rietland en de schelpenbank. Op locatie M5 was de grond te droog om poriewater te kunnen bemonsteren.

Dieper in de bodem stijgt het chloride gehalte. Op enkele plaatsen in het gras- en rietland is het water zeer licht (zwak) brak tot zoet en is de invloed van het zoute water van de Zuiderzee nog zichtbaar.

5.3.2. Neerslagkwaliteit en stikstofdepositie

Sommige voedingsstoffen worden via de lucht aangevoerd door middel van neerslag of stikstofdepositie. In deze subparagraaf worden de waarden weergegeven van deze voedingsstoffen. In hoofdstuk 6 wordt in de analyse verder ingegaan wat dit betekent voor de abiotiek en vegetatie.

Neerslagkwaliteit

De dichtstbijzijnde locatie waar de kwaliteit van de neerslag is gemeten is Wieringerwerf (Tabel 8). De gegevens vanaf 2014 waren op moment van opvragen (nog) niet beschikbaar.

Wieringerwerf			
	1988-1994	2001-2007	2007-2014
pH	5,2	5,5	5,5
NH4 µmol/l	81	55	54
NO3 µmol/l	46	35	36
PO4 µmol/l	0,38	0,19	0,24
Cl mg/l	0	0	0

Tabel 8: Gemiddelde waarden van de kwaliteit van de neerslag in Wieringerwerf over 3 periodes vanaf 1988

Stikstofdepositie

De stikstofdepositie voor Natura2000-gebied IJsselmeer is berekend op ongeveer 670 mol/ha/jaar. Lokaal kan het onzekerheidspercentage van dit getal op 70% (1.139 mol/ha/jaar) liggen (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2010). Doordat de wind voornamelijk uit het zuidwesten komt, dus vanaf het IJsselmeer en in mindere mate vanaf de Afsluitdijk waar een grotere uitstoot wordt verwacht, wordt verwacht dat 670 mol/ha/jaar in de buurt kan liggen van de werkelijke waarde.

5.3.3. IJsselmeerwater kwaliteit

Het IJsselmeer wordt gevoed door onder andere rivier de IJssel. In het verleden was deze rivier sterk vervuild en was het IJsselmeerwater zeer voedselrijk waardoor er veel aanvoer was van nutriënten zoals stikstof en fosfaat en verontreinigende stoffen (Hosper, 1994). De afgelopen jaren is de kwaliteit van rivierwateren waaronder de IJssel verbeterd en daarmee ook de kwaliteit van het IJsselmeerwater. In onderstaande tabel (Tabel 9) worden de resultaten weergegeven (omgerekend van mg/l naar $\mu\text{mol/l}$) van de metingen van een aantal parameters in het IJsselmeerwater. Voor de grafieken van deze resultaten zie bijlage 17.

Parameter	Range	Opmerking
Nitraat (NO_3)	0,8 – 60,6 $\mu\text{mol/l}$	Van +/- november – juli/augustus zijn de hoogste waarden gemeten. In juli – november ligt de waarde rond de 0,8.
Ammonium (NH_4)	0,6 – 8,9 $\mu\text{mol/l}$	Rond januari en februari werden de hoogste waarden gemeten.
Totale fosfaat	0,3 – 2,5 $\mu\text{mol/l}$	Rond april – juli liggen de waardes tussen 0,01 en 0,02.
Zuurgraad (pH)	8,3 - 9,2	Gemeten pH was in beide jaren van juli - september het hoogst.
Chloride (Cl)	60 – 290 mg/l	Het chloorgehalte wisselt gedurende de maanden en jaren.

Tabel 9: De range van de waarden van nitraat, ammonium, totale fosfaat, zuurgraad en chloridegehalte in het IJsselmeerwater

5.4 De antropogene invloeden

De Makkumer Noorwaard is altijd in gebruik geweest als natuurgebied en jaarlijks in de winter voor het winnen van biez en riet (Hosper, 1994). Er is geen bebouwing op het eiland en recreatie is niet toegestaan.

Gebruik

Enkele jaren na droogval ontstonden er biez- en rietvelden op het eiland. Gedurende een korte periode werden de biez in de zomer gesneden voor verkoop (Feeke, 1943). In diezelfde periode is gestart met riet snijden in de winter. Vanaf de jaren 70 werden de rietvelden in vlakken verdeeld. Er werden dijkjes aangelegd en er vond bevoeiing plaats met IJsselmeerwater.

Ook is in de jaren 70 een aantal jaar gebruik gemaakt van herbiciden om de Haagwinde (*Calystegia sepium*) te bestrijden, het bestrijdingsmiddel AA Mos-ex tegen mossen en het kunstmest Kalizout 40 werd gebruikt (Boer, 1988).

Tot op de dag van vandaag vindt de bevoeiing (in april) en het rietmaaien (eind winter) nog steeds plaats. De afgelopen jaren werd rond half maart het riet gemaaid en afgevoerd door de rietpachters. Er worden dan grote zware machines gebruikt waardoor spoorvorming optreedt. Er worden sinds tientallen jaren geen mest of pesticiden meer gebruikt.

Beheer

In 1988 schrijft De Boer in zijn rapport (Boer, 1988):

'In 1977 is het grasland ontdaan van wilgenopslag en in maaibeheer genomen op advies van Staatsbosbeheer. Het beheer vond destijds onregelmatig en vaak te vroeg in het groeiseizoen plaats. Dit kwam doordat het dan meestal te nat was om te maaien. In drogere zomers als het grondwater tot wel 1.20 m – mv uitzakte werd wel gemaaid. Hierdoor vond oxidatie en verdroging plaats waardoor de milieudynamiek ongewenst werd vergroot. Er werden zware landbouwmachines gebruikt voor het maaien. Deze hadden spoorvorming en nivellering tot gevolg'.

Sinds 1977 is het grasland nog steeds in zomermaai-beheer. De afgelopen 10 jaar vond het maaibeheer consequent plaats. Het is bekend dat de periode daarvoor het maaibeheer (door omstandigheden) niet altijd consequent is uitgevoerd. Enkele jaren geleden is een aantal maal sinusmaai-beheer ingezet in het grasland ten behoeve van aanwezige insecten. Voor de vegetatie had dit als consequentie dat er meer verruiging optrad en een dichtere structuur ontstond op locaties waar niet gemaaid was.

Tijdens het maaien worden nog steeds zware landbouwmachines gebruikt. De spoorvorming die dit oplevert is duidelijk zichtbaar in het veld en zorgt op die locaties voor verdichting van de bodem waardoor het water hier langer stagneert en soorten met een voorkeur voor wat zuurdere standplaatsen als egelboterbloem en waternavel verschijnen (Jager, 2020) en op deze locaties de condities voor de gewenste vegetatie verslechteren.

6 Analyse

In dit hoofdstuk is de analyse van de gevonden resultaten beschreven. De vergelijking van de huidige en gewenste condities van de vegetatie met aanvullend een analyse van de patronen, processen en dynamiek is in paragraaf 6.1 opgenomen en van de abiotiek in paragraaf 6.2. Aansluitend gaat paragraaf 6.3 in op de kwaliteiten, knelpunten en potenties van de locatietypen. In paragraaf 6.4 wordt beschreven waar de locatietypen aan moeten voldoen om als geschikt te worden aangemerkt. Vervolgens worden de locaties relatief van elkaar gewogen om tot een locatiekeuze te komen.

6.1 Analyse: vegetatie

In onderstaande tabel (Tabel 10) wordt de gewenste en huidige situatie van de vegetatie per locatietype vergeleken. De kleuren geven het volgende aan:

- Gele vlakken: de huidige abiotiek is op orde
- Witte vlakken: de waarden wijken niet sterk af, maar benaderen de gewenste abiotiek nog niet
- Rode vlakken: afwijking van de gewenste abiotische condities is groot

Gewenst	Huidig		
	Grasland	Rietland	Schelpenbank
Samenstelling			
Klasse van de kleine zeggen (klasse 9) is dominant aanwezig	Klasse 9 is aanwezig, maar niet dominant en met name het verbond van de zwarte zegge	Rietklasse dominant aanwezig. Klasse 9 is aanwezig, met name het verbond van zwarte zegge	Klasse van de kleine zeggen is niet aanwezig op de schelpenbank
Associaties van *Schorpioenmos en Ronde zegge *Knopbies associatie	De samenstelling binnen klasse 9 bestaat vooral uit romp-gemeenschappen van het zwarte zegge verbond. Kensoorten op associatieniveau ontbreken veelal.	De samenstelling binnen klasse 9 bestaat vooral romp-gemeenschappen van het zwarte zegge verbond. Kensoorten op associatieniveau ontbreken veelal.	De vegetatiesamenstelling bestaat vooral uit soorten van de klasse van de droge graslanden op zandgrond (klasse 14).
Soortenrijkdom			
>20 soorten/m ²	6 – 15 soorten / 4 m ²	11-14 soorten / 4 m ²	11-20 soorten / 4 m ²
Abundantie			
Kensoorten van klasse 9 op klasse-verbonds- en associatieniveau	Op ronde zegge na zijn alleen kensoorten op klasse- en verbondsniveau aanwezig van klasse 9.	Op ronde zegge na zijn alleen kensoorten op klasse- en verbondsniveau aanwezig van klasse 9.	Er zijn nauwelijks kensoorten aanwezig op klasse-, verbond- en associatieniveau van klasse 9.
Groot aandeel kalkminnende soorten	Klein aandeel kalkminnende soorten	Klein aandeel kalkminnende soorten	Groot aandeel kalkminnende soorten
Kleine zeggen, bladmossen en kruiden met hoge abundantie. Lage abundantie van grassen en struweel.	Hoge bedekking van kleine zeggen, mossoorten en kruiden op een aantal locaties. Bedekking van grassen varieert. Op enkele locaties hoge bedekking van struweel.	Kleine zeggensoorten en kruiden komen beperkt voor in lage bedekking. Mossoorten en grassen hebben een hoge abundantie. Op enkele locaties hoge bedekking van struweel.	Kruiden hebben een hoge abundantie. Er zijn nauwelijks tot geen bladmossen aanwezig. Op enkele locaties hoge bedekking van struweel.
Structuur - horizontaal			
Heterogene structuur	Vrij homogene vegetatiestructuur door weinig gradiënten	Homogene vegetatiestructuur Overgang schelpenbank-rietland heterogene structuur	De vegetatiestructuur op de schelpenbank en de overgang naar het rietland is heterogeen
Dichte moslaag en open kruidlaag	Dichte moslaag. Kruidlaag is vrij open waar riet domineert is een dichtere structuur.	Vrij dichte mos- en kruidlaag	Van open plekken tot vrij dichte ruigte. Lage abundantie mos.
Structuur - verticaal			
Laagblijvende vegetatie van enkele decimeters hoog	Varieert: als kruiden dominant zijn is vegetatie enkele decimeters hoog, waar riet dominant is, is dit hoger.	Hoog opgaande vegetatie van soms wel enkele meters hoog.	Van open nauwelijks begroeide plekken tot hoog opgaande begroeiingen van ruigte en struweel.

Tabel 10: Vergelijking van de gewenste en huidige vegetatie van het grasland, rietland en de schelpenbank.

6.1.1. Patronen, processen en dynamiek

Het grootste aandeel van de klasse van de kleine zeggen is aanwezig in de graslanden. In het hele zoekgebied is zowel de kwaliteit als kwantiteit van de klasse van de kleine zeggen afgenomen. De rietklasse heeft zich uitgebreid en er is sprake van toename van verruiging. Waar sprake is van kleine zeggen vegetaties, gaat dit vaak niet om het gewenste knobbies-verbond maar om het zuurdere verbond van zwarte zegge, en om rompgemeenschappen van zwarte zegge, moerasstruisgras en hennegras. Deze gemeenschappen ontwikkelen zich bij ontwatering en daaraan gekoppelde verzuring (Schaminée, et al., 2015). De begroeiing op de schelpenbank wijkt af van de begroeiing in de gras- en rietlanden. Er zijn andere plantensoorten en meer kalkminnende vegetatietypen aanwezig zoals de klasse van de droge graslanden op zandgrond.

Uit vergelijking van de vegetatieopnames van 2006 en 2016 blijkt dat de soortenrijkdom afneemt. Ook is tussen 1988 en 2016 de structuur veranderd. Door toename van concurrentiekrachtige soorten als riet en struweel is de vegetatiestructuur dichter en hoger geworden en de vegetatie homogener.

6.2 Analyse: abiotiek

In onderstaande tabel (Tabel 11) wordt de gewenste en huidige situatie van de abiotische condities per locatietype vergeleken. De kleuren geven het volgende aan:

- Gele vlakken: de huidige abiotiek is op orde
- Witte vlakken: de waarden wijken niet sterk af, maar benaderen de gewenste abiotiek nog niet
- Rode vlakken: afwijking van de gewenste abiotische condities is groot

	Gewenst	Huidige situatie					
		Grasland		Rietland (bevoeid)		Schelpenbank	
Vochttoestand							
GLG in cm-mv	< 47	< 140		< ?	?	> 140	
Overstromingsduur (dgn) groeiseizoen	<10	< ?		< ?		< 1	
Voedselrijkdom							
NO3 (μmol/l)	< 65	< 10		< 10 - 125		25 - 140	
NH4 (μmol/l)	< 60	< 100		< 100 - 140		100 - 180	
P-totaal (mmol/l)	< 7,8	< 6		< 5 - < 7		2 -21	
P-Olsen (μmol/l)	< 225	< 450		< 500		400 - 1400	
Organisch stofgehalte (%)	< 10	< 40		< 60-90		< 10	
Kritische N-waarde (mol/ha/jaar)	<1214	670 - 1.139		670 - 1.139		670 - 1.139	
Cl (mg/l)	< 1000	150 - 375		90 - 380		< 60	
Associatie schorpioenmos en ronde zegge							
pH 0 – 20 cm – mv	5,0 – 6,5	6,3 -6,8		5,8 -7,5		7,3 - 8,2	
pH 30 – 40 cm – mv		6,8 - 7,7		5,9 - 7,7		8,6 - 9,3	
Knobbies-associatie							
pH 0 – 20 cm – mv	6,5 – 8,1	6,3 -6,8		5,8 -7,5		7,3 - 8,2	
pH 30 – 40 cm – mv		6,8 - 7,7		5,9 - 7,7		8,6 - 9,3	

Tabel 11: Vergelijking van de gewenste en huidige abiotische condities van het grasland, rietland en de schelpenbank. De zuurgraad is uitgesplitst naar associatie van schorpioenmos en ronde zegge (zuurdere kant) en de knobbies-associatie (basischere kant). De grondwaterstand in het bevoeide rietland en de overstromingsduur zijn dit moment niet bekend.

Voor weergave van de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) is gekozen omdat deze naast dat hij specifiek in de profielendocumenten wordt aangegeven, meer zegt over de droogtetolerantie van de habitattypen dan de gemiddelde voorjaars grondwaterstand (GVG).

In de tabel is uitgegaan van het gewenste percentage organische stofgehalte van de knopbies vegetatie (Aggenbach et.al., 2017; Grootjans et.al., 1995). Voor soorten van overgangs- en trilvenen mag het organische stofgehalte aanzienlijk hoger zijn (tot wel 100%).

Aangezien de associatie van schorpioenmos en ronde zegge wat zuurdere omstandigheden preferereert dan de knopbies-associatie, is de pH voor beide associaties weergegeven om de spreiding in pH te verkleinen. Wat direct opvalt is dat het pH-gehalte op alle locatietypen vrij hoog is, soms zelfs hoger dan de referentiewaarde aangeeft, met name voor de associatie van schorpioenmos en ronde zegge. Voor kalkminnende plantensoorten zal dit geen groot probleem vormen. In het rietland is de pH in de bovenste 20 centimeter van de bodem aan de lage kant voor de knopbies-associatie. De voedselrijkdom is op alle locatietypen te hoog.

6.2.1. Patronen, processen en dynamiek

De hydrologie op de Makkumer Noordwaard is dynamisch. De grondwaterstanden wisselen gedurende het jaar sterk. De vegetatie is in niet bevoeide delen afhankelijk van neerslag en in droge perioden van capillaire nalevering van de bodem. In bevoeide delen is de vegetatie afhankelijk van het moment van bevoeiing. Door de zandige bodem op de Makkumer Noordwaard is het vochtvasthoudend vermogen en de capillaire werking van de minerale bodem gering. Op overstroming na, dit is een half-natuurlijk proces omdat sprake is van een gestuurd en onnatuurlijk peil, zijn alle processen die spelen op de Makkumer Noordwaard natuurlijke processen.

Externe aanvoer van voedingsstoffen lijkt op de Makkumer Noordwaard nauwelijks aanwezig te zijn. Uit de resultaten van de neerslagkwaliteit, IJsselmeerwaterkwaliteit en stikstofdepositie blijkt dat deze waarden gemiddeld genomen lager zijn dan de referentiewaarden voor kalkminnende vegetatie. Dit verkleint de kans op eutrofiering vanuit deze bronnen.

Overstroming

Op basis van de huidig beschikbare gegevens blijkt dat er in het groeiseizoen een aantal keer per jaar kans is op overstroming van het grasland en op de lagere delen van de schelpenbank. Het is niet zeker of het water het grasland bereikt door de aanwezig rietstrook aan de oostzijde van het grasland. Na een verwachte overstroming werd in het veld gezien dat het water enkele dagen blijft staan in de zomerperiode, het is echter niet precies bekend hoe lang. Buiten het groeiseizoen, in de winterperiode staat het water boven maaiveld en is de overstromingsduur daardoor langer (m.m. G. van der Burg, 2021). Locaties bevoeid worden of overstromen, worden niet alleen met regenwater gevoed maar ook met IJsselmeerwater. Omdat de voedingswaarden en bufferstoffen zoals calciumcarbonaat in het IJsselmeer niet hoog zijn, of in ieder geval niet hoger dan op de gemeten locaties, vindt hiervan beperkte aanvoer plaats. De pH van het IJsselmeerwater (pH <8) is wel hoger dan van regenwater (pH +/- 5,5) waardoor IJsselmeerwater een minder verzurend effect heeft dan regenwater.

Ontzilting

Na afsluiting van de Zuiderzee zijn het water van het IJsselmeer en de bovenste lagen in de bodem van de Makkumer Noordwaard verzoet. Tussen 30 en 40 centimeter beneden maaiveld is het chloride gehalte hoger en gaat het richting zoet tot licht brakke omstandigheden. Het aanwezige chloride heeft waarschijnlijk geen tot weinig effect op de kalkminnende vegetatie.

Ontkalking/verzuring

De schelpenbank is niet tot nauwelijks ontkalkt, het grasland is ondiep ontkalkt en in het rietland is sprake van diepe ontkalking. De ontkalking wordt met name veroorzaakt door neerslagwater en opbouw van organische stof. Neerslagwater dat wegzakt in het zand, zorgt voor het oplossen van kalk van de bovenste minerale laag (O+BN Natuurkennis, z.d.). Het ontstaan van de organische laag lijkt het proces van ontkalking te versnellen. Dit zichzelf versterkende proces is ook bekend uit duinvalleien:

meer organische stof -> meer ontkalking -> lagere pH -> meer fosfaat beschikbaarheid -> meer productie + vertraagde afbraak -> meer organische stof (Grootjans et al., 1995).

Dieper in de bodem hebben neerslagwater en organisch stofgehalte minder tot geen invloed en neemt het pH-gehalte van de bodem toe van de minerale grond. Ten opzichte van 1980 lijkt het calciumcarbonaatgehalte niet achteruit gegaan te zijn. Op 20-30 centimeter beneden maaiveld is dit nog steeds de voornaamste bufferstof voor alle locaties.

Reliëfvorming

Door wind- en golfwerking slaan met zuidwesterstorm de golven op en over de schelpenbank, hierdoor verandert de schelpenbank van vorm en reliëf. Er worden stukken van de schelpenbank afgeslagen en aangevoerde schelpen zorgen voor ophoging van de schelpenbank en aanvoer van basenrijk materiaal. Deze aanvoer blijft beperkt tot op en net over (oostzijde) van de schelpenbank.

Successie

Op alle locatietypen heeft in meer of mindere mate successie plaatsgevonden. Op plaatsen in het gras- en rietland zonder maai-beheer neemt verstruweling en bebossing toe. Op de schelpenbank zijn alle successiestadia aanwezig; open onbegroeide plekken, schrale vegetatie, ruigte vegetatie en het laatste successiestadium: struweel en bos.

Op de bovenste laag van de bodem is door begroeiing in de loop van de tijd een venige laag ontstaan. De dikte hiervan verschilt per locatietype. In het grasland is deze laag rond de 20 centimeter dik, in het rietland rond de 30 centimeter en op de schelpenbank gemiddeld rond de 5 centimeter. Binnen 50 jaar na ontstaan van het eiland was het organische stofgehalte in het gras- en rietland tussen de 29 en 60% (Slager, 1983). Hoe snel het organische stofgehalte werd opgebouwd na droogval van het eiland is niet bekend. In de Lauwersmeerpolder waar na de afsluiting in 1969 grote zandplaten droogvielen, bleek het organische stofgehalte al binnen 23 jaar te zijn opgelopen tot 35-40% (Grootjans, Lammerts, & Beusekom, 1995). Omdat de condities in de Lauwersmeerpolder vergelijkbaar zijn, is het zeer waarschijnlijk dat de toename van het organische stofgehalte op de Makkumer Noordwaard op eenzelfde snelheid is verlopen. In vergelijking met gebieden die gevoed worden met kwel, zoals de Koegelwieck op Terschelling waar het organische stofgehalte 40 tot 90 jaar beneden de 16% bleef (Grootjans et al., 1995) vond de opbouw van het organische stofgehalte op de Makkumer Noordwaard vrij snel plaats.

6.3 Analyse locaties

Locaties die in aanmerking komen voor behoud en ontwikkeling van de kalkminnende vegetatie liggen binnen de aangewezen zoeklocaties en moeten enigszins kansrijk zijn. Dit houdt in dat er al enkele gewenste abiotische en biotische condities aanwezig moeten zijn. Daarnaast moet na de uitvoeren van de maatregelen op de betreffende locatie de vegetatie duurzaam ontwikkeld en behouden kunnen worden. In deze paragraaf worden de kwaliteiten, knelpunten en potenties per locatietype benoemd.

Grasland

Kwaliteiten van het grasland zijn dat op enkele plekken de vegetatie kenmerken van de gewenste vegetatie heeft: hoge abundantie kleine zeggen, bladmossen en kruiden in combinatie met een vrij open vegetatiestructuur en een dichte moslaag. Op abiotische vlak zijn met name de lage voedselrijkdom en huidige zuurgraad geschikt voor de gewenste kalkminnende vegetatie.

Het grootste knelpunt in het grasland is de grondwaterstand. Deze fluctueert te veel en zakt te diep uit. Met name voor de associatie van schorpioenmos en ronde zegge met als eis jaarrond water tot aan maaiveld, vormt dit het grootste probleem. Voor de knopbies-associatie is dit een minder groot probleem en mag het grondwater ver tot onder het maaiveld uitzakken (Schaminee, et al., 2019). Een

ander knelpunt is de stagnatie van neerslagwater dat met een pH van rond de 5,5 (zie paragraaf 5.3.2) tamelijk zuur is en daarmee een grote rol speelt bij de verzuring (Staatbosbeheer, 2020).

De potenties in het grasland zijn de vrij ondiepe (tussen de 10 en 20 centimeter) kalkrijke minerale in de ondergrond en de mogelijkheid om het (zure) neerslagwater af te laten stromen doordat het maaiveld afloopt in de richting van de Sotterumergeul. Het grasland beslaat tevens een grote oppervlakte waardoor om bronpopulaties heen gewerkt kan worden.

Rietland

De grootste kwaliteit van het rietland is de grondwaterstand. Deze fluctueert door de bevoeiing maar beperkt wat voor de associatie van schorpioenmos en ronde zeggen zeer geschikt is.

De knelpunten in de rietlanden zijn het hoge organische stofgehalte en de lage zuurgraad. Om het organisch stofgehalte te verlagen en de zuurgraad te verhogen, moet meer dan 30 centimeter van de bovenlaag worden verwijderd en de bovenste ontkalkte laag van de minerale bodem. Het maaiveld wordt daarmee meer dan 30 centimeter lager ten opzichte van de rest van het rietland, met als gevolg dat er een soort greppel wordt gemaakt waarin waarschijnlijk jaarrond water boven maaiveld staat door toestroming van water.

Een potentie in het rietland met peilbeheer is de mogelijkheid om de grondwaterstand te beïnvloeden en daarmee af te stemmen op de gewenste vegetatie, door het inlaten van IJsselmeerwater.

Schelpenbank

De kwaliteiten op de schelpenbank zijn dat een groot aandeel kalkminnende soorten aanwezig is en de heterogene vegetatiestructuur door gradiënten vanwege het aanwezige reliëf. Daarnaast zijn het organische stofgehalte en de hoge pH zeer geschikt voor kalkminnende soorten en enkele kensoorten van de knopbies-associatie.

Het grootste knelpunt op de schelpenbank is de grondwaterstand. Het grondwater komt op de schelpenbank nooit tot aan maaiveld en zakt zeer diep weg. Voor beide associaties is de schelpenbank te droog. Dat blijkt ook uit de aanwezige vegetatie: er zijn nauwelijks soorten van de klasse van de kleine zeggen aanwezig.

Een potentie op de schelpenbank is de mogelijkheid voor ontwikkeling van een zeer soortenrijke en heterogene vegetatie door het aanwezige reliëf. Met name de overgang naar het lager gelegen rietland vormt een natuurlijke gradiënt in vocht, kalk en voedselrijkdom.

6.4 Locatiekeuze

Op basis van bovenstaande analyses is bepaald dat het grasland en de schelpenbank (overgang naar het rietland) het meest geschikt zijn voor behoud en ontwikkeling van de gewenste kalkminnende vegetatie. Hierbij is rekening gehouden met de aanvullende randvoorwaarden. In deze paragraaf wordt de locatiekeuze beargumenteerd.

Grasland

Uit de analyse komt naar voren dat het grasland het meest kansrijk is voor behoud en ontwikkeling van de gewenste kalkminnende vegetatie. Het grasland goed toegankelijk waardoor werkzaamheden en beheer eenvoudig uit te voeren zijn. Op de grondwaterstand na, is de abiotiek vrijwel op orde. Het aanpassen van de grondwaterstand is zonder kunstmatige ingrepen niet mogelijk. Kwelstromen die hersteld kunnen worden zijn niet aanwezig door de topografische ligging van het eiland en het aanwezige bodemtype. De vochtbeschikbaarheid in het grasland is niet tot nauwelijks beïnvloedbaar.

De zuurgraad daarentegen is wel te beïnvloeden. De kalkrijke minerale bodem zit op 10 tot 20 centimeter onder de iets zuurdere organische laag. Verwijderen van deze laag leidt direct tot verhoging van de zuurgraad. Bij een hogere zuurgraad zorgen de bufferende capaciteiten van de bodem voor versnelde afbraak van organisch materiaal waardoor de opstapeling van organisch materiaal wordt vertraagd (OB+N Natuurkennis, z.d.-b).

In het grasland kan worden aangesloten op de natuurlijke processen door de aanwezigheid van en vrije verbinding met de Sotterumergeul. Hierdoor kan afstroming van (zuur) neerslagwater plaatsvinden en toestroming van water vanuit het IJsselmeer in droge periodes. Dit kan de duurzaamheid van de maatregelen positief beïnvloeden.

Rietland

De aangewezen strook in het rietland is op dit moment niet kansrijk. Verwacht wordt dat het water hier op de maanden september en oktober na bijna jaarrond boven het maaiveld staat, dus ook in het groeiseizoen. Om het organische stofgehalte te verlagen en de pH te verhogen, moet er meer dan 30 centimeter van de organische laag worden verwijderd en zelfs een deel van de (ontkalkte) minerale bodem. Dit is in strijd met de randvoorwaarden om het natuurlijke reliëf van de minerale bodem te behouden. Wanneer de organische laag alleen op de aangewezen strook verwijderd wordt, wordt een laagte in het veld gecreëerd waar het water naar toe kan stromen. Hoogstwaarschijnlijk is dit daarna jaarrond te nat is voor de gewenste vegetatie en voor adequaat beheer nadien. Daarbij komt dat het uitvoeren van een maatregel als plaggen kostbaar is door de dikke organische laag, zeker wanneer er geen duurzaam resultaat wordt verwacht.

Schelpenbank

De schelpenbank is kalkrijk en daarmee geschikt voor kalkminnende soorten en associaties. Het hoge kalkgehalte zorgt voor natuurlijke buffering van de bodem. Samen met de overwegend droge condities is dit waarschijnlijk een van de redenen dat een aantal plekken zich nog in het pioniersstadium bevinden (OB+N Natuurkennis, z.d.-b).

Op de schelpenbank zorgt overstroming voor aanvoer van IJsselmeerwater, kalkrijk zand en schelpen. Dit zorgt voor aanvoer van basenrijk materiaal en mogelijk terugzetten van de successie waardoor de condities op deze locatie vrij duurzaam zijn. Door de lage overstromingsfrequentie is deze situatie niet te dynamisch is voor de gewenste vegetatie. Net als in het grasland kan de grondwaterstand niet beïnvloed worden zonder kunstmatige ingrepen. Processen die voor de beschikbaarheid van vocht zorgen zijn hierdoor lastig tot niet te beïnvloeden.

De overgang van schelpenbank naar rietland vormt een waardevolle gradiënt: droog-nat, kalkrijk-zwak zuur en voedselarm-voedselrijk. Het aanwezige zand en schelpen zorgen voor de kalkrijke condities op de schelpenbank en daarmee versnelde afbraak van de organisch materiaal. De hoogste delen op de schelpenbank zijn schraal en te droog voor de associaties van de gewenste vegetatie. Deze delen zijn echter zeer geschikt voor kalkminnende (pioniers)soorten als scherpe fijnstraal (*Erigeron acer*) en sierlijke vetmuur (*Sagina nodosa*). Op de lagere en nattere delen is een ruigere vegetatie ontstaan en heeft zich een dunne organische laag gevormd. Het verwijderen van de organische laag is een relatief eenvoudig uit te voeren maatregel om de successie terug te zetten en de voedselrijkdom te verlagen.

De praktische uitvoerbaarheid op de schelpenbank is ten opzichte van het grasland kleiner. De schelpenbank is op sommige plaatsen smal en reliëfrijk waardoor het lastiger is om er met machines te komen. Op sommige plaatsen moet daarom eerst een beheerpad worden aangelegd alvorens maatregelen en beheer uitgevoerd kunnen worden. De maatregelen worden daarmee kostbaarder. Als het beheerpad eenmaal goed is aangelegd komt dit de beheerinspanning in de toekomst ten goede.

7 Maatregelen

Dit hoofdstuk beschrijft de mogelijke maatregelen om de standplaatscondities zodanig aan te passen dat ze geschikt(er) zijn voor behoud en ontwikkeling van de gewenste kalkminnende vegetatie. In paragraaf 7.1 wordt ingegaan op de standplaatscondities die moeten worden aangepast. In paragraaf 7.2 wordt een analyse gedaan van mogelijke maatregelen waarbij de voor- en nadelen per maatregel worden gewogen. De gekozen maatregelen worden vervolgens toegelicht.

7.1 Aan te passen standplaatscondities

Uit de vergelijking van de gewenste met de huidige abiotische condities (Tabel 11) komt naar voren welke standplaatscondities afwijken van de gewenste situatie en daarmee aangepast moeten worden om richting de gewenste condities te bewegen. Alleen standplaatscondities die aangepast kunnen worden, worden in deze paragraaf benoemd.

Grasland

De grondwaterstand en het organische stofgehalte wijken in het grasland het sterkst af van de gewenste condities. De huidige zuurgraad (6,3-6,8) is geschikt voor de associatie van schorpioenmos en ronde zegge (gewenst: 5,0-6,5) maar aan de lage kant voor de knobbies-associatie (gewenst: 6,5-8,1). Gezien de voortgaande ontkalking en toename van zuurminnende soorten is een verhoging van de zuurgraad een waardevolle aanpassing. Daarnaast is het beschikbare fosfaat (P-Olsen) te hoog.

Schelpenbank (inclusief overgang naar rietland)

Door vorming van een organische laag is op enkele plekken geen pionierssituatie meer aanwezig en is het organische stofgehalte te hoog. Daarnaast zorgen bos- en struweel voor vermindering van oppervlakte van de natuurlijke gradiënt, de overgang van de schelpenbank naar het rietland.

7.2 Keuze maatregelen

In bijlage 18 is het overzicht van inrichtings- en beheermaatregelen uit de literatuur en interviews met collega's opgenomen. In onderstaande tabellen (Tabel 12 en Tabel 13) worden de maatregelen per locatietype op basis van zes criteria relatief van elkaar gescoord. Gekeken is naar het verwachte effect van de maatregel op de betreffende criteria. Maatregelen met een totaalscore van vier of meer plussen worden meegenomen in het advies en schetsontwerp. De gekozen maatregelen worden onder de tabel toegelicht.

Maatregel	Kansrijkdom (effect)	Aansluiting natuurlijke processen	Natuurlijk- heid	Duurzaam- heid	Praktische uitvoerbaar- heid	Beheer nadien	TOTAAL
Grasland							
Plaggen grasland tot op minerale bodem	++	+	=	+	++	=	+++++
Verwijderen (deel van) struweel	+	=	=	+	+	++	++++
Aanleggen watervoerende slenk	+	++	--	+	+	=	+++
Aanleggen greppelsysteem	+	++	--	+	+	=	+++
Plaggen (deel van) rietland oostzijde grasland	+	+	=	+	++	=	+++++
Zomermaai-beheer	++	=	=	+	++	=	++++

Tabel 12: Scoringstabel voor het grasland met een 5-puntsschaal (++, +, =, -, --) van maatregelen op basis van zes criteria. De scores zijn relatief van elkaar gescoord. Bij de totaalscores zijn de plussen opgeteld, hier zijn de minnen afgetrokken. De 'gelijk aan' staan voor neutraal en hebben daarmee geen effect op de eindscore.

Maatregel	Kansrijkdom (effect)	Aansluiting natuurlijke processen	Natuurlijkheid	Duurzaamheid	Praktische uitvoerbaarheid	Beheer nadien	TOTAAL
Schelpenbank							
Afvlakken schelpenbank	++	-	- -	+	++	=	++
Schrappen (oppervlakkig plaggen)	+	+	=	+	+	=	++++
Verwijderen (deel van) bomen en struiken	+	+	=	+	=	++	++++
Zomermaai-beheer (inclusief zoombeheer rietland)	++	=	=	+	+	=	++++

Tabel 13: Scoringstabel voor de schelpenbank met een 5-puntsschaal (++, +, =, -, --) van maatregelen op basis van zes criteria. De scores zijn relatief van elkaar gescoord. Bij de totaalscores zijn de plussen opgeteld, hier zijn de minnen afgetrokken. De 'gelijk aan' staan voor neutraal en hebben daarmee geen effect op de eindscore.

Maatregelen grasland

Op basis van de scoringstabel blijken de maatregelen plaggen (grasland en rietland), verwijderen van struweel en zomermaaien de meest geschikte maatregelen te zijn.

Voor het grasland is plaggen de meest effectieve maatregelen voor directe verhoging van de pH van ongeveer 6,5 naar < 7 en verlaging van het organische stofgehalte van < 10% naar < 10%. Daarnaast verlaagt plaggen het maaiveld, wat mogelijk een positieve invloed heeft op de diepte van het wegzakken van de grondwaterstand. Een ander voordeel van plaggen is dat de voedselrijkdom wordt verlaagd. Daarnaast wordt een pionierssituatie gecreëerd door terugzetten van de successie, waar soorten als fraai duizendguldenkruid, zeggroene zegge en mogelijk groenknolorchis van kunnen profiteren (Grootjans et.al.,1995).

Een nadeel van plaggen is dat er mogelijk een laagte wordt gecreëerd met ophoping en stagnatie van neerslagwater als gevolg. Door (een deel van) het rietland aan de oostzijde tot aan de Sotterumergeul mee te plaggen, kan dit effect gedeeltelijk worden ondervangen, omdat het maaiveld licht afloopt richting deze geul en water na plaggen die richting op afstroomt in plaats van stagneert op het maaiveld.

Een ander nadelig effect van plaggen is dat de zaadbank grotendeels wordt verwijderd. Een deel van de plantensoorten van kleine zeggenvegetaties heeft een gering dispersievermogen en kortlevende zaadbank (Aggenbach, et al., 2013). Dit betekent dat voor veel plantensoorten de zaden uit de directe omgeving moeten komen. Dit kan bereikt worden door slechts een gedeelte van het grasland te plaggen waardoor de bronpopulatie van de al aanwezige vegetatie wordt behouden. Daarnaast zullen zaden worden aangevoerd met de wind (Dorp, 1993) en door overstroming (Aggenbach, et al., 2013) van IJsselmeerwater.

Het aandeel struweel in het grasland is vrij hoog. Struiken onttrekken veel water aan de bodem door evaporatie (Slinger & Smits, 2019). Dit kan in een neerslag gevoed systeem als de Makkumer Noordwaard grote invloed hebben op de grondwaterstand. De verwachting is dat door het verwijderen van struweel de grondwaterstand minder snel afneemt door beperking van de evaporatie. Daarnaast zorgt het verwijderen van struweel voor uitbreiding van het oppervlak waarop de kalkminnende vegetatie zich kan ontwikkelen.

Na zorgvuldige afweging is ervoor gekozen geen slenk of afwateringssysteem in het grasland aan te leggen. Redenen hiervoor zijn:

- Slenken zijn van oorsprong niet aanwezig op de Makkumer Noordwaard waardoor met de aanleg van een slenk de natuurlijkheid en oorspronkelijke morfologie van het grasland wordt aangetast. Een van de randvoorwaarden genoemd door It Fryske Gea is een zo natuurlijk mogelijke inrichting en het vermijden van kunstmatige ingrepen.
- Het effect van de slenk is lastig te voorspellen door de wisselende IJsselmeerpeilen en doordat niet bekend is in hoeverre zijwaartse grondwaterstroming plaatsvindt. Enerzijds wordt verwacht dat wanneer de slenk continu watervoerend is, er water vanuit de slenk een deel van de omringende bodem intrekt waardoor de grondwaterstand juist in de richting van het grasland wordt verhoogd. Anderzijds wordt verwacht dat de slenk juist een drainerende werking heeft en daarnaast een negatief effect kan hebben op de vegetatie door aanvoer van (voedselrijk) slib.

Als beheermaatregel wordt zomermaaien geadviseerd. Om de gewenste vegetatie te behouden en ontwikkelen is het belangrijk dat de abiotische condities worden onderhouden. In het grasland zijn natuurlijke processen die ervoor zorgen dat successie wordt teruggezet niet tot nauwelijks aanwezig. Hierdoor krijgt successie een kans, wat op de Makkumer Noordwaard tot struweel- en bosvorming leidt. Maaien en afvoeren kan de successie niet stoppen maar wel vertragen (Grootjans et.al.,1995).

Maatregelen schelpenbank

Voor de schelpenbank wordt het verwijderen van bomen en struiken, schrapen en zomermaaibeheer geadviseerd. Het afschrapen van de organische laag zorgt voor een pionierssituatie met een hoge kalkrijkdom zodat kalkminnende (pioniers)soorten zich hier kunnen vestigen. Het verwijderen van bomen en struwelen op de overgang van de schelpenbank naar het rietland, zorgt voor een groter oppervlak van de gewenste gradiënt. Het verwijderen van de organische laag heeft niet het gewenste effect op de voedselrijkdom (P-Olsen) doordat deze dieper in de bodem eveneens te hoog is (zelfs nog hoger wordt).

Het afvlakken van de schelpenbank is een maatregel om met locatie-eigen materiaal een geleidelijke gradiënt te creëren en de pH te verhogen. Een ongewenst en nadelig effect van deze maatregel is aantasting van het door natuurlijke dynamiek en processen gevormde reliëf en patroon. Daarom is ervoor gekozen om deze maatregel niet in het schetsontwerp op te nemen.

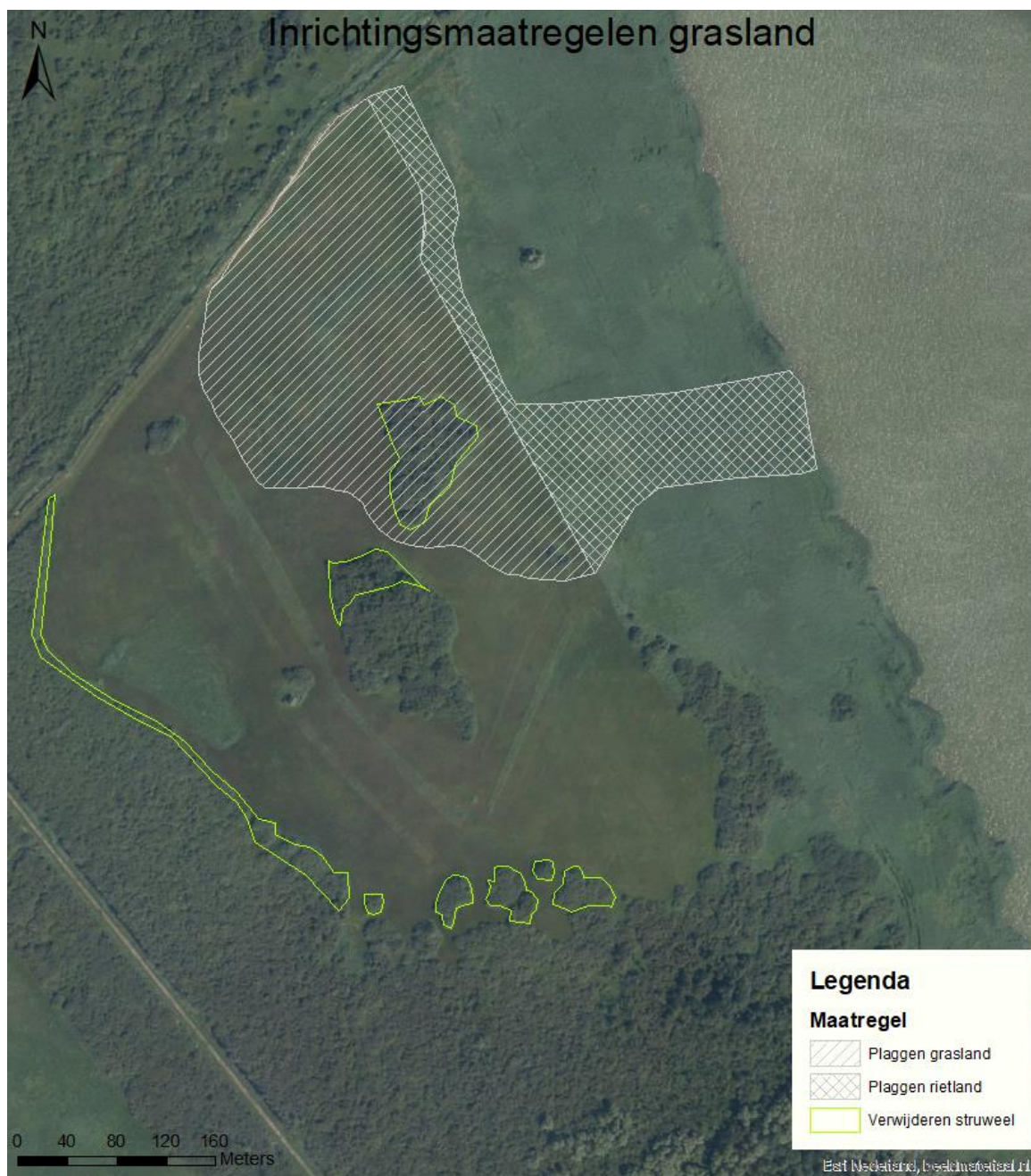
Slechts op een klein gedeelte van de schelpenbank is kans op overstroming waarbij de successie wordt teruggezet. Om de successie op de hele schelpenbank te vertragen wordt hier als beheermaatregel zomermaaien geadviseerd.

8 Schetsontwerp

In dit hoofdstuk worden de geadviseerde maatregelen per locatie op kaart weergegeven. Hierbij is rekening gehouden met de randvoorwaarden van de abiotiek zoals genoemd in paragraaf 3.3. Onder de maatregelenkaarten wordt een toelichting van het ontwerp gegeven. In paragraaf 8.1 is de maatregelenkaart van het grasland opgenomen inclusief toelichting en in paragraaf 8.2 van de schelpenbank. De kaart met beheermaatregelen, aangevuld met beheeradvies is opgenomen in paragraaf 8.3. Tot slot staat in paragraaf 8.4 een globale kostenraming van de inrichtingsmaatregelen.

8.1 Grasland

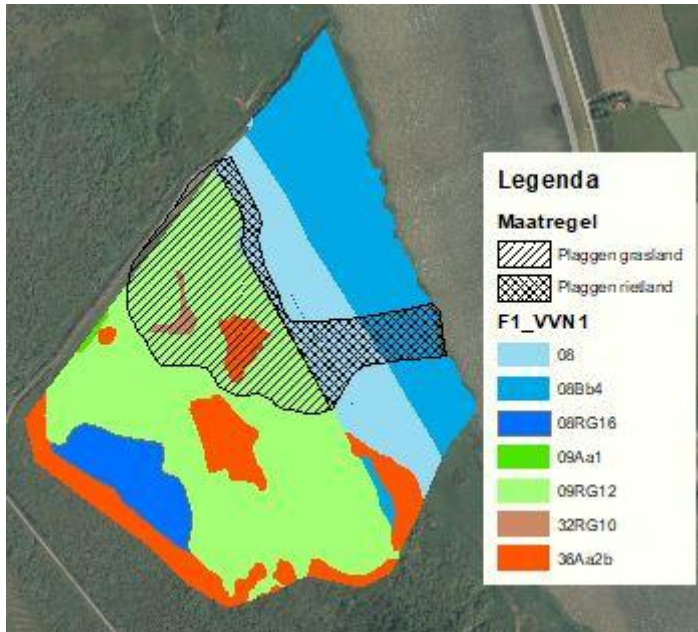
Op onderstaande schetsontwerp (Figuur 20) zijn inrichtingsmaatregelen voor het grasland ingetekend.



Figuur 20: Schetsontwerp inrichtingsmaatregelen grasland

Plaggen

De organische laag tot op de minerale grond wordt verwijderd waarbij het reliëf van de minerale grond gevolgd wordt. Ook de gradiënt van het beheerpad is opgenomen om geplagd te worden (Grootjans et.al., 2007). De dikte van de te plaggen organische laag in het grasland is ongeveer 20 centimeter en in het rietland ongeveer 30 centimeter. Bij het intekenen van de plaglocatie zijn laagtes zoveel mogelijk vermeden. Ook is ervoor gezorgd dat in ieder geval de rompgemeenschap met hennegras wordt geplagd (Schaminee, et al., 2019) en een groot gedeelte van de rompgemeenschap van de tweerijige zegge (09RG12). Dit is in onderstaande figuur duidelijk gemaakt (Figuur 21).



Figuur 21: Vegetatietypen die worden geplagd op basis van de ontwerpsschets

In het ontwerp (Figuur 20) wordt in totaal ongeveer 6,1 hectare grasland en 2,6 hectare rietland geplagd. Het grasland bestaat in totaal ongeveer 22,7 ha. Dat betekent dat er 27% van het grasland wordt geplagd. Daarmee voldoet het ontwerp aan de randvoorwaarden om maatregelen uit te voeren op minder dan 50% van grasland waarbij bronpopulaties worden behouden.

Verwijderen struweel

In totaal wordt ongeveer 1,5 hectare struweel verwijderd. Bij het verwijderen van struweel is het belangrijk dat de stobben worden verwijderd. Het verwijderen van stobben kan doormiddel van frezen.

8.2 Schelpenbank

Op onderstaande schetsontwerp (Figuur 22) zijn de inrichtingsmaatregelen voor de schelpenbank ingetekend. De maatregelen worden onder de afbeelding toegelicht.



Figuur 22: Schetsontwerp inrichtingsmaatregelen schelpenbank

Alleen locaties die goed bereikbaar en te beheren zijn, zijn meegenomen in het ontwerp. Op locaties waar geen maatregelen zijn ingetekend is de schelpenbank te smal of is er sprake van veel reliëf wat het beheer bemoeilijkt of onmogelijk maakt. Om de bereikbaarheid en beheerbaarheid te vergroten zou het aanwezige reliëf uitgevlakt moeten worden. Het onder natuurlijke processen en dynamiek gevormde elementen in het landschap aangetast. Dit is in strijd met de aanvullende voorwaarden.

Schrapen

Op enkele locaties waar ruigte aanwezig is, heeft zich een organische laag gevormd. Door deze laag te schrapen wordt de successie weer teruggezet en het kalkrijke zand- en schelpengrond weer open gelegd. Hierdoor wordt een pioniersachtige situatie voor kalkminnende soorten gecreëerd die onder andere gunstig is voor kalkminnende en pionierssoorten. In totaal beslaan de te schrapen stukken in het schetsontwerp 1,1 hectare.

Verwijderen bos/struweel

De afgelopen decennia zijn op de schelpenbank steeds meer bomen en struiken gekomen. Onder de bomen en struiken is de begroeiing schaars, daarnaast onttrekken deze bomen en struiken veel vocht aan de bodem. Door verwijdering van de bomen en struiken aan de oostzijde van de schelpenbank wordt de voor de kalkminnende vegetatie waardevolle gradiënt richting het rietland hersteld en meer oppervlakte gecreëerd. Het gaat hier vooral om wilgenstruwelen (boswilg). Er staan enkele andere struiken tussen zoals tweestijlige meidoorn, vlier en duindoorn. Deze struiken komen sporadisch voor en zorgen voor structuur en variatie en breiden zich op de Makkumer Noordwaard niet snel uit. De wens is daarom om dergelijke struiken te sparen.

8.3 Beheermaatregelen

Op onderstaande kaart (Figuur 23) worden de geadviseerde beheermaatregelen weergegeven.



Figuur 23: Schetsontwerp beheermaatregelen grasland en schelpenbank

Beheeradvies

Om de gewenste condities na uitvoering van de maatregelen duurzaam te behouden is het advies om in de nazomer te maaien en het maaisel af te voeren. De reden hiervoor is dat op de Makkumer Noordwaard processen die zorgen voor het terugzetten van de successie nauwelijks aanwezig zijn. Als natuurlijk proces is overstroming aanwezig. De overstromingsfrequentie en intensiteit is echter minimaal waardoor het effect op de successie zeer beperkt is. Successie krijgt hierdoor een kans uiteindelijk leidt tot afname van de kalkminnende vegetatie. Maaien en afvoeren kan de successie niet stoppen maar wel vertragen (Grootjans et.al., 2007).

8.4 Globale kostenraming

In onderstaande tabel (Tabel 14) is een globale kostenraming van uitvoering van de inrichtingsmaatregelen opgenomen. De bedragen en onderdelen in de raming zijn gebaseerd op de normkosten uit de offerte en nota van twee verschillende aannemers: De ene aannemer voerde in februari 2021 plagwerkzaamheden in de zuidwestpunt van het eiland uit. De andere aannemer heeft in 2015 bomen en struiken verwijderd op de noordpunt van de schelpenbank en op enkele locaties langs de beheerpaden.

Onderdeel	Opp. (m)	Dikte (m)	M3	Kosten/m3	Totaal
Werkzaamheden					
Plaggen grasland	61.000	0,2	12.200	€ 3,50	€ 42.700,00
Plaggen rietland	26.000	0,3	7.800	€ 3,50	€ 7.803,50
Schrapen schelpenbank	11.000	0,1	1.100	€ 3,50	€ 3.850,00
Verwijderen bos en struweel inclusief stobbenfrezen	25.000	-	-	-	€ 100.000,00*
				Subtotaal	€ 150.507,35
Vervoerskosten					
Aan- en afvoer werkmateriaal					€ 17.500,00
Vervoer organisch materiaal			21100	€ 7,70	€ 162.470,00
Verwerken organisch materiaal in depot			21100	€ 3,20	€ 67.520,00
				Subtotaal	€ 247.490,00
Eenmalige kosten					
Werkvoorbereiding en projectleiding					€ 12.000,00
Algemene kosten					€ 30.000,00
Winst en risico					€ 11.000,00
				Subtotaal	€ 53.000,00
				TOTAAL	€ 450.997,35

Tabel 14: Globale kostenraming uitvoeringskosten gebaseerd op offertes en nota's eerder uitgevoerde werkzaamheden

*Verwijderen bos en struweel

Het bos en struweel dient inclusief stobben verwijderd te worden. Het bedrag van € 100.000,00 is gebaseerd op de nota van het aannemers- en bomenrooierijbedrijf die in 2015 bos- en struweel heeft verwijderd op de schelpenbank. Het is niet bekend op welke manier deze kosten precies zijn berekend en hoeveel bos- en struweel destijds is weggehaald. Aan de hand van informatie en foto's die destijds zijn gemaakt is hiervan een inschatting gemaakt. Verwacht wordt dat met dit inrichtingsplan ongeveer tweemaal zoveel bos wordt verwijderd dan in 2015. Destijds waren de kosten in totaal € 50.000,00 euro inclusief aanvoer van werkmateriaal, stobbenfrezen en afvoer van organisch materiaal.

Afvoer materiaal

Het organische materiaal kan het beste van het eiland worden afgevoerd, maar dit brengt te hoge kosten met zich mee. Advies is om een depot op het eiland in te richten in het zuidelijke bosgedeelte, waar het materiaal heen gebracht kan worden. Een andere optie is om het materiaal te verwerken tegen de oost-west georiënteerde beheerpaden langs het rietland. Nader onderzoek naar de mogelijke effecten hiervan is gewenst.

9 Discussie en kritische reflectie

In dit hoofdstuk worden de resultaten en methodiek in relatie tot de doelstelling kritisch beschouwd. Beoordeeld wordt in hoeverre de maatregelen en het advies bijdragen aan het optimaliseren van de abiotische condities voor behoud en ontwikkeling van de gewenste kalkminnende vegetatie.

Het ecologische systeem op de Makkumer Noordwaard is een uniek en relatief nieuw landschap waardoor het lastig te plaatsen en vergelijken is met andere systemen. Hierdoor was het vinden van referentiegebieden een uitdaging. Schijnbaar vergelijkbare gebieden op de Waddeneilanden weken teveel af door de aanwezigheid van basenrijke kwel, lagere kalkgehalten, andere vegetatietypen of overstroming met zout water. Ditzelfde gold voor referentiegebieden in Zeeland (bijvoorbeeld Grevelingen), eveneens een drooggevalen zandplaat in een afgesloten zeearm. De gebruikte referentiegebieden (Land van juffrouw Ali in het Lauwersmeergebied en Het Grote Vlak op Texel) benaderden de situatie van het Makkumer Noordwaard het meest. Daarbij moet worden aangemerkt dat op Het Grote Vlak op Texel de omstandigheden voedselrijker waren. Verruiging na plaggen vond daar al binnen 10 jaar plaats (Grootjans et.al., 2007). Het is niet duidelijk in hoeverre voedselrijkdom een rol speelde bij de verruiging.

Het gebruik van de standaard indeling in de plantengemeenschappen (Schaminee, et al., 2019), gebruikt om de gewenste vegetatie te beschrijven, bleek een uitdaging omdat de beschrijvingen bij de associaties afweken van het ecologische systeem en de huidige vegetatie op de Makkumer Noordwaard. De associatie van schorpioenmos en ronde zegge en de knopbies-associatie benaderen de mogelijke en gewenste vegetatiesamenstelling op de Makkumer Noordwaard het meest, maar ook hier valt over te discussiëren. Ook is de vraag of op de Makkumer Noordwaard gesproken kan worden van een typisch overgangs- en trilveen-habitatype. De vegetatie heeft zich op een enkele locatie in het rietland na (Offereins, 2016) niet gevormd vanuit in open water ontstane kraggen zoals wel het geval is bij de associatie van schorpioenmos en ronde zegge, een echte trilveengemeenschap. Daarnaast ontbreken veel kensoorten op associatie niveau. De vraag is of deze er ooit op natuurlijke wijze gaan komen. Als gekeken wordt naar het habitatype vochtige (kalkrijke) duinvalleien is de typische standplaats zoals beschreven voor de ecologie van de knopbiesassociatie niet aanwezig: op de Makkumer Noordwaard is geen sprake van een primaire of secundaire duinvallei. Wel zijn de andere omstandigheden vergelijkbaar voor deze associatie, namelijk de aanwezigheid van kalkrijk zand.

Uit vegetatieopnames en historische literatuur kan niet worden opgemaakt dat goed ontwikkelde vormen van de associatie van schorpioenmos en ronde zegge en de knopbies-associatie ooit op de Makkumer Noordwaard zijn voorgekomen. Wel zijn tussen eind 1970 en eind 1990 (kalkminnende) kensoorten van het knopbies-verbond verschenen, zoals moeraskartelblad en de groenknolorchis. Doordat condities als vochtbeschikbaarheid en voedselrijkdom nauwelijks lijken te zijn veranderd, is het de vraag of deze associaties zich hier zelfs na het terugzetten van de successie en verhoging van de pH tot een goed ontwikkelde vorm kunnen ontwikkelen. Door het terugzetten van de successie wordt er echter wel gezorgd voor een pionierssituatie waarin zich veel kalkminnende-, pionier en rode lijstsoorten kunnen vestigen, zoals de groenknolorchis (Grootjans et.al., 2007). Ook is het de vraag of gewenste soorten die niet (meer) aanwezig zijn zich zelfstandig verspreiden of dat deze ge(her)introduceert moeten worden.

In de het document *Herstelstrategie overgangs- en trilvenen* (Dobben et al., 2016) wordt aangegeven dat voor bepaling van de ecologische randvoorwaarden van overgangs- en trilvenen wordt uitgegaan van de associatie van schorpioenmos en ronde zegge (knopbiesverbond) en de associatie van moerasstruisgras en zompzegge (verbond van zwarte zegge) (Dobben et al., 2016). Omdat juist de kalkminnende vegetatie gewenst is en het knopbiesverbond aan de kalkrijkere kant zit, is er uiteindelijk voor gekozen om de associatie van de moerasstruisgras en zompzegge niet mee te nemen. Deze

associatie heeft als eis een pH tussen de 4,0 en 6,0 (Schaminee, et al., 2019). Dit is relatief zuur voor de gewenste kalkminnende vegetatie.

Met de beschrijving van de gewenste vegetatie aan de hand van de twee associaties, is een concreet doel neergezet. Dit doel kon vertaald worden naar de abiotische referentiewaarden waar de huidige condities tegen afgezet konden worden. Gekozen is om bij de referentiewaarden van voedselrijkdom de ondergrens niet mee te nemen. Het argument hiervoor is dat een systeem van voedselarme condities nauwelijks te voedselarm kan zijn. De mogelijkheid van een disbalans in nutriënten is hierdoor buiten beschouwing gelaten, terwijl dit mogelijk een negatieve invloed kan hebben.

De vegetatieopnames zijn op verschillend detailniveau en verschillende locaties uitgevoerd. Dit beperkte de mogelijkheid om ze te vergelijken. Opnames kunnen dicht bij elkaar liggen, maar in een ander vegetatietype waar andere soorten (dominanter) aanwezig zijn. Dit kan bij vergelijking tot onjuiste conclusies leiden. In de vegetatieopnames uit 2016 lijkt een afname van soortenrijkdom te zijn en een homogener patroon in de vegetatietypen. In 2016 zijn is het aantal locaties waar vegetatieopnames zijn gemaakt minimaal en er ontbreken soorten die in 2006 en 2019 wel genoteerd waren. Hierdoor zijn er twijfels over de gedetailleerdheid van de vegetatieopname uit 2016 en is niet met zekerheid te zeggen of de soortenrijkdom tussen 2006 en 2016 daadwerkelijk is afgenomen.

De vraag is of de genoemde maatregelen op langere termijn duurzaam zijn. In het Lauwersmeergebied werd na tien jaar na droogval van zandplaten in 1969 een hoog opgaande ruigte vegetatie waargenomen, terwijl de platen relatief kalkrijk (ongeveer 3% kalk) waren. De oorzaak hiervan wordt door Joenje (1978) niet toegeschreven aan verzuring, maar aan grote fluctuaties in grondwaterstanden (Grootjans et al., 1995). Op de Makkumer Noordwaard zijn eveneens grote fluctuaties in het grondwater aanwezig. Deze fluctuaties worden met de maatregelen niet weggenomen. De vraag is daarom of zonder aanpassing van de grondwaterstand een maatregel als plaggen wel duurzaam is.

Het uitgevoerde onderzoek voor dit inrichtingsplan is zeer uitgebreid. Het voordeel hiervan is dat er een vrij compleet beeld is geschetst van de situatie en condities op de Makkumer Noordwaard. Dit biedt een solide basis en onderbouwing voor de maatregelen en inrichting. Een nadeel van het uitgebreide onderzoek is dat niet alle gegevens even makkelijk te interpreteren zijn, zoals de invloed van neerslagwater of IJsselmeerwater op de voedselrijkdom en zuurgraad. Hierdoor moet voorzichtig met conclusies over deze gegevens worden omgegaan.

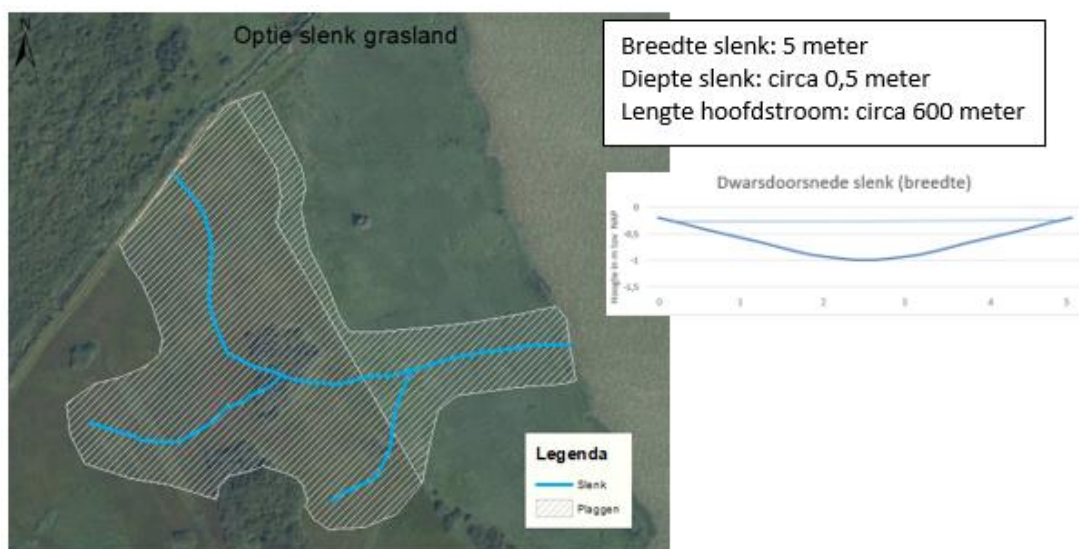
Het is de vraag of het streefbeeld van gewenste kalkminnende vegetatie bereikt kan worden. Met name de associatie schorpioenmos en ronde zeggen van het habitatype overgangs- en trilvenen eist jaarrond een stabiele grondwaterstand rond het maaiveld. Zowel in het grasland als op de schelpenbank zakt het water in de zomer te ver uit. Zelfs als alle overige condities op orde zijn, is ontwikkeling van deze associatie waarschijnlijk niet mogelijk door het te diep uitzakken van de grondwaterstand. Op deze locaties bepalen daarom vooral het aantal aanwezige kalkminnende soorten en soorten van de knopbies-associatie het beeld van de gewenste vegetatie. De verwachting is dat er na het plaggen of schrapen tot op de minerale grond direct een aantal kensoorten van deze associatie en kalkminnende soorten zich hier vestigen. Hiermee wordt de kalkminnende vegetatie behouden en ontwikkeld, hetzij niet exact in de vorm zoals beschreven in dit rapport.

10 Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek. De aanbevelingen hebben betrekking op de grondwaterstand, inrichting, vegetatie, fauna en abiotische condities.

De grondwaterstand is belangrijk voor de ontwikkeling van de gewenste vegetatie. De grondwaterstand op locaties zonder gestuurd peil zakt ver uit voor de meeste plantensoorten van de gewenste associaties. Daarom wordt aanbevolen om nader onderzoek te doen naar het verloop van de grondwaterstand, bijvoorbeeld op de volgende manieren:

- Aanvullend onderzoek naar het vochtvasthoudend vermogen en de doorlaatbaarheid van de bodem. Het doel van dit onderzoek is om beter zicht te krijgen op de grondwaterstroming, waardoor gerichter kan worden gezocht naar locaties waar de grondwaterstand geschikt is voor de kalkminnende vegetatie.
- Het aanleggen van een proefvlak rond peilbuis M1B, de buis die mogelijke kwel kan registreren, in het rietland dat onder peilinvloed van het IJsselmeer staat. Op deze locatie zou tot onder het IJsselmeerniveau geplagd kunnen worden, waarna gemonitord wordt of in de buizen verschil in stijghoogte ontstaat. Als er stijghoogte verschil in de buizen ontstaat, is er sprake van kwel. Kwel zou mogelijk kunnen ontstaan door de horizontale grondwaterbeweging door het grove zand in de schelpenbank (Menke & Lenselink, 1998), waarna het water in het lager gelegen proefvlak uittreedt.
- Het idee van de slenk kan opnieuw worden onderzocht aan de hand van referenties. Deze maatregel strookte niet met de randvoorwaarde om kunstmatige ingrepen te beperken en natuurlijkheid te behouden en is mede daarom niet meegenomen in het schetsontwerp. Ook waren er te veel onzekere factoren, waardoor moeilijk te voorspellen is of aanleg van een slenk het gewenste resultaat oplevert. Het onderzoek kan zich richten op mogelijke effecten van een slenk op de grondwaterstand in het grasland. Hierbij kan als referentie de zuidwestpunt van het eiland genomen worden waar in februari 2021 een slenk is uitgegraven. Rondom de slenk is tot op de minerale bodem geplagd met het doel om op die locatie kalkminnende vegetatie te laten ontwikkelen. Afhankelijk van het effect van de slenk op de grondwaterstand en de ontwikkeling van het geplagde stuk, kan alsnog worden overwogen om in het grasland over te gaan op het aanleggen van een slenk. Onderstaande afbeelding (Figuur 24) geeft een impressie hoe de slenk in het landschap kan worden ingepast. De slenk is met name door de lage delen in het grasland ingetekend.



Figuur 24: Impressie van het grasland met slenk

De aangewezen zoeklocaties in de rietlanden betroffen slechts enkele stroken. De voorspelling was dat met plaggen van deze stroken een waterbak zou ontstaan. Hierdoor viel deze locatie af voor de ontwikkeling van de gewenste kalkminnende vegetatie. Wanneer het mogelijk is om een van de rietvelden in zijn geheel te plaggen, kan dit grote voordelen hebben. De mogelijkheid is aanwezig om het peil zelf te sturen daarmee aan te passen aan de eisen van het habitatype overgangs- en trilveen. Nadeel van bevoeiing is dat dit een kunstmatige ingreep betreft waarbij het waterpeil jaarlijks wordt gestuurd met pompen en als het ware een polder gecreëerd wordt. Dit sluit niet aan bij de randvoorwaarden om de situatie op de Makkumer Noordwaard zo natuurlijk mogelijk te houden. De afweging van deze keuze ligt bij It Fryske Gea.

Wat betreft het plaggen in het grasland is het belangrijk om scherp te zijn op de plaglocaties om stagnatie van neerslagwater te voorkomen. In het ontwerp is rekening gehouden met de randvoorwaarde om maatregelen in het rietland ten oosten van het grasland te beperken. Belangrijk is om de 'hals' in het rietland richting de Sotterumergeul breder te maken, wanneer de andere opgaven in het rietland dit toelaten.

Om in de toekomst de ontwikkeling van de vegetatie beter te monitoren, is het aan te bevelen om permanente kwadraten (PQ's) uit te zetten. Daarmee worden vegetatieopnames altijd op dezelfde locatie uitgevoerd. Hierdoor is vergelijking mogelijk en kunnen veranderingen in vegetatie en standplaatscondities door middel van de vegetatie beter in kaart worden gebracht. Daarnaast is het van belang dat de gegevens die worden verkregen bij de opnames op de juiste manier in de systemen TurboVeg, ArcMap en Acces Database worden ingevoerd, zodat de gegevens in ITERATIO [systeem] kunnen worden geladen. In ITERATIO kunnen vervolgens abiotiek kaarten worden gemaakt die inzicht kunnen geven in veranderingen in de standplaats die door de vegetatie worden geïndiceerd.

Vóór uitvoering van de maatregelen is het van belang om nader onderzoek naar de fauna te doen. Door het in kaart brengen van mogelijke effecten van de maatregelen op de aanwezige fauna kunnen mitigerende maatregelen worden genomen om schade aan fauna te beperken en te voorkomen.

Het ecologische voorkomen van de groenknolorchis in 1988 is moeilijk te verklaren. De groenknolorchis groeit op iets open plaatsen op vrij natte, voedselarme zwak zure tot kalkhoudende grond (Weeda, Westra, Westra, & Westra, 1994). De locatie waar de groenknolorchis is aangetroffen in 1988 betreft een rietland dat onder bevoeiing van IJsselmeerwater stond (zie bijlage 13). Op deze locaties zijn hoogstwaarschijnlijk geen maatregelen als verwijderen van struweel of plaggen uitgevoerd voordat de groenknolorchis verscheen. Dit is in ieder geval te herleiden uit oude beheerdocumenten. Verwacht wordt dat met de geadviseerde maatregelen een geschikte groeiplaats voor de groenknolorchis wordt gecreëerd, maar dit is niet met zekerheid te zeggen. Aanbevolen wordt om onderzoek te doen hoe de groenknolorchis kan terugkeren naar de Makkumer Noordwaard.

Opvallend in de meetresultaten van de schelpenbank zijn de hoge P-Olsenwaarden en in mindere mate de NO₃-waarden. Twee mogelijke verklaringen hiervoor zijn de invloed van vloedmerk en de geringe aanwezigheid van planten. Voedselrijke condities zijn niet gunstig voor de gewenste kalkminnende vegetatie. Aanvullend onderzoek naar de oorzaak van deze waarden kan van belang zijn. Zo kan worden bepaald of dit een relictsituatie is of een huidig proces waar ook grotere delen van de Makkumer Noordwaard mee te maken gaan krijgen.

Aanvullend onderzoek naar de wijze van zaaddispersie van nog niet aanwezige gewenste soorten wordt aanbevolen. Het is mogelijk dat een groot aantal plantensoorten van de gewenste kalkminnende vegetatie zich niet over grote afstanden kan verspreiden en er geen bronpopulaties in de directe omgeving zijn. Als dit het geval is, kan worden overwogen om maaisel uit (duin)gebieden met goed ontwikkelde associaties van schorpioenmos en ronde zeggen en knopbies-associatie op de geplagde delen aan te brengen.

Bibliografie

- Actueel Hoogtebestand Nederland. (z.d.). *AHN Viewer*. Opgeroepen op 09 14, 2020, van Actueel Hoogtebestand Nederland: <https://www.ahn.nl/ahn-viewer>
- Aggenbach, C., Berg, M., Frouz, J., Hiemstra, T., Norda, L., Roymans, J., & Diggelen, R. (2017). *Evaluatie strategieën omgang met overmatige voedingsstoffen*. Driebergen: VBNE - Rapport OBN2017/214-NZ.
- Aggenbach, C., Emsens, W., Cirkel, D., Smolders, A., Stuyfzand, P., & Diggelen, R. (2013). *Onderzoek aan biochemie en experimentele maatregelen voor het herstel van beekdalvenen*. Den Haag Rapportnummer OBN178-BE: Bosschap.
- Aggenbach, C., Grijpstra, J., & Jalink, M. (2002). *Indicatorsoorten voor verdroging, erzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in duinvalleien van het Renodunaal district (Deel 7: Duinvalleien (kalkrijke duinen))*. Driebergen: Staatbosbeheer.
- Bijlsma, R., Janssen, J., Weeda, E., & Weeda, J. (2014). *Gunstige referentiewaarden voor oppervlakte en verspreidingsgebied van Natura 2000-habitattypen in Nederland*. Wageningen - ISSN 1871-028X: WOT Natuur & Milieu, Wageningen UR.
- Boer, J. d. (1988). *Fegetasje-karteering Makkumer Noardwaard*. Olterterp: It Fryske Gea.
- Bouman, F., Boesewinkel, D., Bregman, R., Deventer, N., & Oostermeijer, G. (2000). *Verspreiding van zaden*. Utrecht: KNNV Uitgeverij.
- Compendium van de leefomgeving. (z.d.). *Klimaatverandering*. Opgeroepen op 04 20, 2021, van Compendium van de leefomgeving: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0508-jaarlijkse-hoeveelheid-neerslag-in-nederland#:~:text=De%20jaarlijkse%20neerslaghoeveelheid%20in%20Nederland,hel%20met%20afwijkende%20procentuele%20toenames>.
- Cools, J., Van der Velde, Y., Runhaart, H., & Stuurman, R. (2006). *Herstel- en Ontwikkelplan Schraallanden*. Wageningen: TNO/EAC/Alterra.
- DINOloket. (z.d.). *Ondergrondmodellen: Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4*. Opgeroepen op 04 20, 2021, van DINOloket: <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>
- Dobben, H., Barendregt, A., Kooijman, A., & Smits, N. (2016). *Herstelstrategie H7140A: Overgangs- en trilvenen*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Dorp, D. (1993). Zaaddispersie: een onderbelicht proces in het herstelbeheer. *De Levende Natuur*, 205 - 209.
- Esri. (z.d.). ArcMAP (versie 10.6.1) [Computerprogramma]. Rotterdam Esri inc.
- Eurofins. (2019, 07 10). *BemestingsWijzer*. Opgehaald van Eurofins: https://www.eurofins-agro.com/uploads/downloads/Bemesting/EA_6p_BemestingsWijzer_NL_LR.pdf
- Feekes, W. (1943). *De Piamer Kooiwaard en Makkumerwaard*. Kampen: Nederlandsche Botanische Vereeniging.
- Fokkema, J. (1980). De waarden in de loop der eeuwen. *Vanellus*, 82.
- Gotjé, W., Dam, H., Letswaart, T., Knoben, R., Franken, R., Peters, E., & Gardeniers, J. (2002). *Ecologische beoordeling van brakke binnenwateren*. Utrecht: Stowa.
- Grootjans, A., Adams, A., Huiskes, H., & Smits, N. (2016). *Herstelstrategie H2190B: Vochtige duinvalleien (kalkrijk)*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Grootjans, A., Adema, E., Aggenbach, C., Everts, H., & Jansen, A. (2007, mei). Restauratie van duinvalleien. *De Levende Natuur*, pp. 77-82.
- Grootjans, A., Lammerts, E., & Beusekom, F. (1995). *Kalkrijke duinvalleien op de Waddeneilanden*. Utrecht: Stichting KNNV.
- Grootjans, A., Stuyfzand, P., & Leeuw, C. (2009). *Preadvies Duin- en Kustlandschap*. Ede - Rapport DK nr. 2009/dk113-O : Directie Kennis.
- Grootjans, A., Stuyfzand, P., Everts, H., Vries, N., Kooijman, A., Oostermeijer, G., . . . Shahrudin, R. (2014). *Ontwikkeling van zoet-zout gradiënten met en zonder dynamisch kustbeheer*. Driebergen: KNNV Uitgeverij.

- Hosper. (1994). Beheer en vegetatieontwikkeling op de waarden aan de Friese IJsselmeerkust. *Gorteria*, 48-54.
- It Fryske Gea. (1999). *Beheersplan*. Olterterp: It Fryske GEa.
- Jager, H. (2007). *Vegetatiekartering van de Noardwaard in 2006*. Olterterp: It Fryske Gea.
- Jager, H. (2020). *Kartering aandachtsoorten (planten) van aan het IJsselmeer gelegen Fryske Gea-terreinen in 2019*. Olterterp: It Fryske Gea.
- Jong, J., & Berg, L. (2020). *Adviesrapport beheertypen en vegetatiebeheer Natura 2000-gebied Lauwersmeer. Hoogwaardige haalbare beheertypen*. Velp-afstudeerrapport: Hogeschool van Hall Larenstein.
- Kadaster. (z.d.). *Tijdreis meer dan 200 jaar topografie*. Opgeroepen op 03 28, 2021, van Topotijdreis: <https://www.topotijdreis.nl/>
- Kloosterhuis, J. (2018, 06 03). *Geen fietspad door het Land van Juffrouw Ali!* Opgehaald van Staatsbosbeheer: <https://www.boswachtersblog.nl/groningen/2018/06/03/geen-fietspad-door-het-land-van-juffrouw-ali/>
- KNMI. (z.d.). *Windrozen van de Nederlandse hoofdstations*. Opgeroepen op 04 20, 2021, van Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut : <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/grafieken/maand/windrozen>
- KNMI. (z.d.-a). *Klimatologie - Metingen en waarnemingen*. Opgeroepen op 04 02, 2021, van Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie-metingen-en-waarnemingen>
- KNMI. (z.d.-b). *Verdamping in Nederland*. Opgeroepen op 30 05, 2021, van Koninklijk Nederlands Meteorologisch instituut: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/verdamping-in-nederland>
- Kollen, J. (2018). *Natuurlijk peil langs Friese IJsselmeeroever*. Leeuwarden: Sweco.
- Meijden, R. v. (2005). *Heukels' Flora van Nederland*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers.
- Menke, U., & Lenselink, G. (1998). *Buitendijkse gebieden langs de Friese IJsselmeerkust; een dynamisch evenwicht!* Delft: RIZA.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2008, september 01). *Overgangs- en trilvenen*. Opgehaald van Natura2000: https://www.natura2000.nl/sites/default/files/profielen/Habitattypen_profielen/Profiel_habitatype_7140.pdf
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2009, 03 24). *Vochtige duinvalleien (H2190)*. Opgehaald van Natura2000: https://www.natura2000.nl/sites/default/files/profielen/Habitattypen_profielen/Profiel_habitatype_2190.pdf
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2009-a). *Natura 2000-gebied IJsselmeer*. Opgehaald van Natura2000: https://www.natura2000.nl/sites/default/files/_aanwijzing/072/n2k072_db_hvnmw_ijsselmeer.pdf
- Molen, P., Baaijens, G., Grootjans, A., & Jansen, A. (2010). *LESA, Landschapsecologische Systeemanalyse*. Driebergen: OBN.
- O+BN Natuurkennis. (z.d.). *Duin- en kustlandschap*. Opgeroepen op 05 31, 2021, van Natuurkennis: <https://www.natuurkennis.nl/landschappen/duin-en-kustlandschap/duin-en-kustlandschap/algemeen-duin-en-kust/>
- O+BN Natuurkennis. (z.d.-a). *Bodem*. Opgeroepen op 05 31, 2021, van Natuurkennis: <https://www.natuurkennis.nl/thema-s/bodem/bodem/bodem-eigenschappen/>
- OB+N Natuurkennis. (z.d.-b). *Verzuring en alkalinisatie*. Opgeroepen op juni 02, 2021, van OB+N Natuurkennis: http://sleutels.natuurkennis.nl/vennensleutel/?module=article&action=html_by_id&id=60
- Offereins, J. (2016). *Vegetatie-, flora- en structuurkartering Fryske Iselmarkust in 2016*. Rapport P16085 - Assen: Buro Bakker.

- Ploeg, D. v. (1977). *Atlas fan de floara fan Fryslân*. Leeuwarden: Fryske Akademy.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2010). *Grootschalige stikstofdepositie in Nederland*. Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rijkswaterstaat. (2016). *Natura2000 ontwerp-beheerplan IJsselmeergebied 2016-2021*. Den Haag: Rijkswaterstaat.
- Rijkswaterstaat. (2017). *Natura 2000 beheerplan IJsselmeergebied 2017 - 2023*. Den Haag: Rijkswaterstaat. Opgehaald van Rijkswaterstaat: https://www.rwsnatura2000.nl/gebieden/ijsselmeergebied/ijss_documenten/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=1631335
- Rijkswaterstaat. (z.d.). *IJsselmeergebied: zoetwatervoorraad op peil*. Opgeroepen op 04 17, 2021, van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/projectenoverzicht/ijsselmeer-zoetwatervoorraad-op-peil>
- Schaminee, J., Haveman, R., Hennekens, S., Horsthuis, M., Janssen, J., De Ronde, I., . . . Sykora, K. (2019). *Veldgids Plantengemeenschappen van Nederland*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Schaminée, J., Janssen, J., Weeda, E., Hommel, P., Haveman, R., Schipper, P., & Bal, D. (2015). *Veldgids Rompgemeenschappen*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Slager, H. (1983). *De waterhuishouding van natuurgebieden langs de Friese IJsselmeerkust (4 de Makkumer Noordwaard)*. Lelystad: Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.
- Slinger, J., & Smits, F. (2019, 08 12). *Transpiratie van bomen*. Opgehaald van Waternet: <https://www.waternet.nl/innovatie/klimaatadaptatie/transpiratie-van-bomen/>
- Staatbosbeheer. (2020). Vegetatie-opnamen plagplekken Landje van Juffrouw Alie en Ballastplaatbos. Los document.
- van der Weiden, M. (2021). *Ecohydrogeochemie voormalige getijdegebieden in Nederland-concept*. Utrecht.
- Van Dobben, H., Barendregt, A., van Hinsberg, A., & Bal, D. (2012). *Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000*. Wageningen: Alterra.
- Vries, d. d., & Hosper, d. U. (1987). *Beheersrichtlijnen Makkumer Noordwaard periode 1986 - 1996*. Olterterp: It Fryske Gea.
- Weeda, E., Westra, R., Westra, C., & Westra, T. (1994). *Nederlandse Oecologische Flora, wilde planten en hun relaties deel 5*. Amsterdam: IVN.
- Wirdum, G. v. (1979). *Ecoterminologie en grondwaterregime*. WLO-mededelingen 6:3 pp 19-24.
- Zwart, K., Kikkert, A., Wolfs, A., Termorshuizen, A., & Van der Burgt, G. (2013). *Tien vragen en antwoorden over organische stof*. Wijster: HLB projectnummer 12059.

Bijlage 1 – Geraadpleegde bronnen gewenste vegetatie en abiotiek

Vegetatie

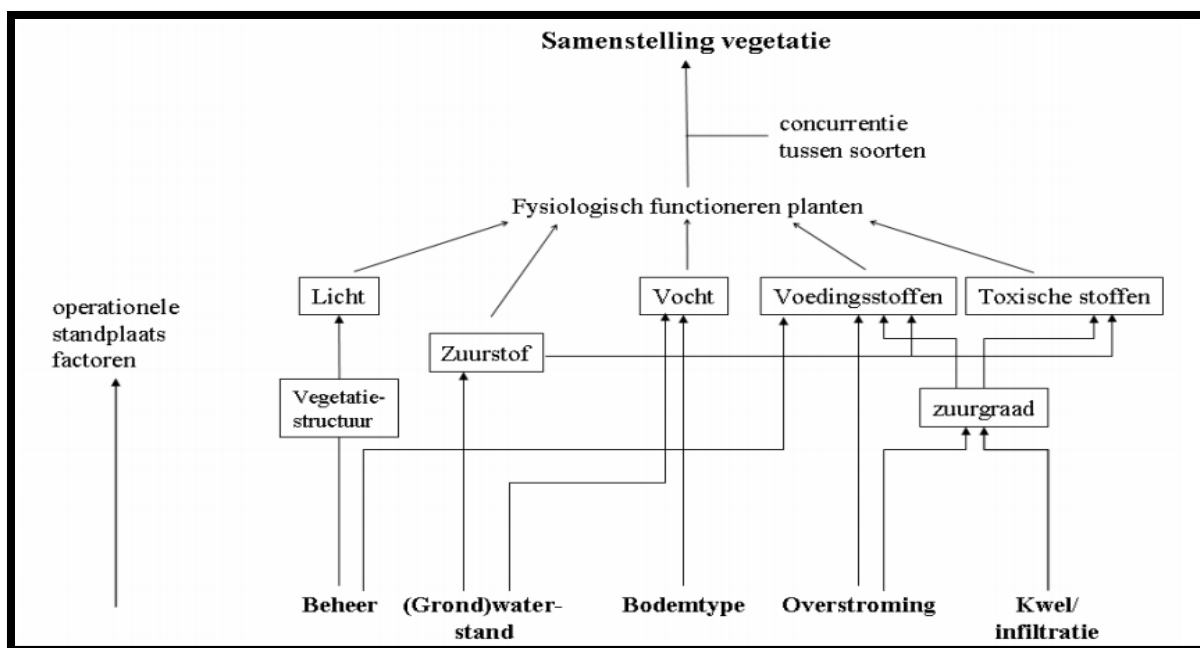
- Profielendocument habitatype overgangs- en trilvenen (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2008)
- Profielendocument habitatype vochtige duinvalleien (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2009)
- Veldgids Plantengemeenschappen van Nederland (Schaminee, et al., 2019)
- Evaluatie strategieën: omgang met overmatige voedingsstoffen (Aggenbach, et al., 2017)
- Historische referenties: vegetatie en florakarteringen tussen 1939 en 2019 (Feeke, 1943; Ploeg, 1977; Boer, 1988; Jager H. , 2007; Offereins, 2016; Jager H. , 2020)

Abiotiek

- Plantensociologische indeling uit SynbioSys [systeem]
- Profieldocumenten van de habitatypen overgangs- en trilvenen en kalkrijke vochtige duinvalleien (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2008)
- Evaluatie strategieën: omgang met overmatige voedingsstoffen (Aggenbach, et al., 2017)
- Nederlandse oecologische Flora, wilde planten en hun relaties deel 1 tot en met 5 (Weeda et al., 1985 – 1995)
- Veldgids plantengemeenschappen van Nederland (Schaminee et al., 2019) en Veldgids rompgemeenschappen (Schaminee et al., 2015)

Bijlage 2 – Sturende factoren

Voor hun groei hebben planten behoefte aan licht, voedingsstoffen, zuurstof en water. De abiotische omstandigheden (de kenmerken) van een standplaats bepalen de mate waarop aan deze behoeften kan worden voldaan. Dit worden de operationele factoren genoemd (Wirdum, 1979). De operationele factoren op de Makkumer Noordwaard worden gestuurd door zuurgraad, grondwaterstand, bodemtype, overstroming, infiltratie/kwel en beheer. Deze factoren zijn weer afhankelijk van de positionele factoren zoals reliëf waardoor water toe- of afstroomt en sequentiële factoren, ontwikkelingen en gebeurtenissen in het verleden zoals de vorming van de schelpenbank of de gevolgen van bemesting of bevoeiing.



De invloed van de verschillende omgevingsfactoren op de samenstelling van de vegetatie (Cools, Van der Velde, Runhaart, & Stuurman, 2006)

In onderstaande tabel wordt per standplaatsfactor het schaalniveau vermeld.

	Wat	Schaalniveau
Geo(morfo)logische processen	Ontstaanswijze + opbouw Makkumer Noordwaard	Sequentieel + Positioneel
Vochttoestand		Operationeel
	Bodemopbouw + Grondsoort	Positioneel + Conditioneel
	Grondwaterstand	Conditioneel
	Neerslag kwantiteit	Positioneel + conditioneel
	Overstromingsfrequentie - Reliëf - Peilen IJsselmeer	Positioneel + conditioneel
Voedingsstoffen + zuurgraad		Operationeel + conditioneel
	NO ₃ , NH ₄ , P-totaal, P-Olsen, organisch stofgehalte	Operationeel + conditioneel
	Zuurgraad - pH	Operationeel + conditioneel
	Regenwater kwaliteit	Positioneel + conditioneel
	Positioneel + conditioneel	Positioneel + conditioneel
	IJsselmeerwater kwaliteit	Positioneel + conditioneel
Antropogene invloeden	Vroeger en nu	Sequentieel

Overzicht van de onderzochte abiotische standplaatsfactoren met vermelding van schaalniveau

Bijlage 3 – Uitgebreide beschrijving methode en werkwijze huidige abiotiek

Geo(morfo)logische processen

Voor beschrijving van de ontstaanswijze en opbouw van de Makkumer Noordwaard is gebruik gemaakt van kaartenmateriaal, rapporten over de Makkumer Noordwaard en DINOloket.

Vochttoestand

De operationele factor vocht wordt gestuurd door onder andere de grondsoort en bodemopbouw, grondwaterstand, neerslagwater kwantiteit en overstromingsfrequentie.

Bodemopbouw en grondsoort

Om de grondsoort en bodemopbouw gedetailleerder in beeld te brengen zijn bodemboringen gedaan tot 1 meter diepte. Tijdens een verkennende quickscan is op 12 punten in het grasland, 10 punten op de schelpenbank en 12 punten in de rietvakken geboord met een Edelman boor (voor locaties en resultaten zie bijlage 4). Met de quickscan is beoordeeld hoe groot de verschillen binnen en tussen de locaties waren om daarmee een inschatting te maken over het aantal aanvullende meetpunten voor verder bodemonderzoek. Doordat er sprake is van een vrij homogene bodem, is gekozen om de aanvullende metingen op 14 locaties uit te voeren. De bodemopbouw en grondsoort geven informatie over de vochtvasthoudendheid en doorlaatbaarheid van de bodem. Door het in kaart brengen van de bodemlagen is een voorspelling gedaan het grondwaterverloop en waar water mogelijk stagneert.

Grondwaterstand

In de jaren 80 is door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders een aantal peilbuizen op de Makkumer Noordwaard geplaatst. De verzamelde gegevens van deze peilbuizen tussen maart 1980 en december 1982 zijn uitgewerkt in het rapport *'De waterhuishouding van natuurgebieden langs de Friese IJsselmeerkust (4 de Makkumer Noordwaard)'* van de heer H. Slager (1983). Dit rapport geeft inzicht in het grondwaterverloop. Door vergelijking van deze gegevens met de neerslaggegevens van de betreffende jaren is de herkomst van het grondwater met enige zekerheid vastgesteld.

In maart 2021 zijn vier peilbuizen op de Makkumer Noordwaard geplaatst (Figuur 7). De peilbuizen zijn geplaatst om inzicht te krijgen in het huidige grondwaterverloop. Op locatie M1B en M4B is een dubbele buis geplaatst om de verwachting van lokale kwel op overgangen en randen te toetsen (Menke & Lenselink, 1998). Peilbuis (M2B) is in een bevoeid rietland geplaatst om gegevens te krijgen over de hoogte van het peil na bevoeiing. In het grasland (M3B) is de peilbuis in de buurt geplaatst van de plaats waar in 1980 de peilbuis (nr 10) in het onderzoek van de heer Slager stond om deze gegevens op termijn te kunnen vergelijken. De locaties zijn terug te vinden in Figuur 7.

De peilbuisfilters zijn in het zand geplaatst tot op een diepte van 1,5 – 2,0 meter (Slager, 1983) en niet in de ondoorlatende kleilaag omdat dan de kans bestaat dat er geen water in de peilbuizen komt (p.m. heer Van der Weiden, 2021). De peilbuizen zijn voorzien van een logger die het verloop van de waterstand registreert. Van deze peilbuizen zijn voor dit rapport de gegevens over de periode 28 maart tot 21 april 2021 beschikbaar.

Neerslagwater kwantiteit

Neerslaggegevens over de periode 1980-1982 en recent beschikbare neerslaggegevens zijn gedownload van de KNMI site (KNMI, z.d.-a). Deze gegevens zijn verwerkt in een grafiek en de gegevens van 1980-1982 zijn onder de peilbuisgegevens van die periode geplaatst om het grondwaterverloop te kunnen vergelijken met de hoeveelheid gevallen neerslag.

Daarnaast is informatie over recente neerslaggegevens en verdamping opgezocht van de KNMI om te bepalen of er een verandering in het neerslag patroon te zien is. Dit kan invloed hebben in de vochtbeschikbaarheid voor de vegetatie gedurende het jaar.

Overstromingsfrequentie

De overstromingsfrequentie is vastgesteld door de hoogte van het maaiveld ten opzichte van het NAP te vergelijken met het IJsselmeerpeil.

De hoogtekarta van de ANH3 (Actueel Hoogtebestand Nederland, z.d.) geeft een beeld van het aanwezige reliëf op de Makkumer Noordwaard, maar door de aanwezigheid van vegetatie blijkt uit eerdere hoogtemetingen uitgevoerd door Timmermans Landmetingen (Timmermans Landmetingen, 2018) dat de ANH3 hoogtekarta afwijkt van de daadwerkelijke hoogtes. Hierdoor kan met de gegevens van de ANH3 de overstromingsfrequentie niet precies bepaald worden. Daarom zijn aanvullende hoogtemetingen uitgevoerd met een GPS hoogtemeter GNSS, Trimble Catalyst met een resolutie van 2 centimeter. De hoogtemetingen zijn uitgevoerd in het zoekgebied voor de kalkminnende vegetatie. Vanwege de beperkte tijd waarop de hoogtemeter beschikbaar was, zijn de metingen uitgevoerd in raaien waarin ongeveer elke 20 meter een meting is gedaan (zie bijlage 5 voor de locaties).

De gehanteerde IJsselmeerpeilen zijn opgezocht in documenten van Rijkswaterstaat (Rijkswaterstaat, z.d.). Uit het rapport *Natuurlijk peil langs de IJsselmeerpolders* van Sweco (Kollen, 2018) is een grafiek gehaald waarin de daadwerkelijke waterhoogtes in het verleden zijn geweest inclusief opstuwing van het water door wind bij Kornwerderzand binnen, een meetstation in de buurt van de Makkumer Noordwaard.

De resultaten van de hoogtemetingen zijn in een grafiek weergegeven met als referentielijn het IJsselmeerpeil (winterpeil en zomerpeil). Daarnaast zijn de resultaten van de hoogtemetingen vergeleken met de grafiek van de waterstanden bij Kornwerderzand-binnen. Met deze gegevens is een inschatting gemaakt van hoe vaak per jaar er mogelijk overstroming van de zoekgebieden plaatsvindt en daarmee aanvoer van vocht en voedingsstoffen.

Voedselrijkdom + zuurgraad

Voor de operationele (voedselrijkdom) en conditionele (zuurgraad) factoren wordt gekeken naar een aantal te meten parameters voor beschikbaarheid van voedingsstoffen in de bodems, de pH, neerslag kwaliteit, stikstofdepositie en de kwaliteit van het IJsselmeerwater.

Beschikbare voedingsstoffen + zuurgraad

In het rapport *Evaluatie strategieën: omgang met overmatige voedingsstoffen* (Aggenbach, et al., 2017) staan referentiewaarden voor goed ontwikkelde vegetatietypen van overgangs- en trilvenen en vochtige (kalkrijke) duinvalleien. De referentiewaarden zijn beschikbaar voor de volgende parameters:

- Nitraat (NO₃)
- Ammonium (NH₄)
- Voor planten beschikbaar fosfaat (P-Olsen)
- Totaal fosfaat (P-totaal)
- Percentage organische stofgehalte
- Zuurgraad bodem (pH)

Daarnaast zijn in het verleden de volgende parameters gemeten:

- Calciumcarbonaat (CaCO₃)
- Chloride (Cl)

Op 14 locaties binnen het zoekgebied voor de kalkminnende vegetatie zijn bodemon monsters genomen voor de bepaling van deze parameters door middel van boringen met een edelmanboor. Voor bepaling van het chloride-gehalte is poriewater uit de bodem gehaald door middel van filters (bijlage 7). De abiotische meetgegevens zijn een momentopname en kunnen door het jaar heen verschillen, maar geven een beeld van de huidige condities op dat moment en van verschillen tussen de locaties onderling.

Uit de quickscan bleek dat de locatietypen (grasland, rietland, schelpenbank) verschillen ten opzichte van elkaar vertonen zoals de dikte van de organische laag en de zandfractie (zie bijlage 14). De locatietypes op zichzelf zijn vrij homogeen. Op basis van deze uitkomsten, beschikbare tijd en budget is besloten om op 14 locaties aanvullend onderzoek te verrichten verdeeld over de drie locatietypen. De locaties zijn gekozen op basis van vegetatieopnames die in 2016 zijn gedaan en de locatie van de peilbuis in het grasland in 1980 (zie bijlage 6). De monsters zijn op twee dieptes genomen: 0-20 en 30-40 centimeter beneden maaiveld. De voornaamste dieptes waarin de planten zich wortelen en zodat zowel de organische bovenlaag als de minerale laag daaronder bemonsterd werden.

Analyse en verwerking gegevens

De analyses van de bodemonsters zijn door B-Ware in het laboratorium uitgevoerd. De analyses voor bepaling van het calciumcarbonaatgehalte (CaCO_3) en het pH-profiel tijdens de quickscan zijn zelf uitgevoerd met daarvoor door de Hogeschool Van Hall Larenstein beschikbaar gestelde meetinstrumenten. In de tabel in hoofdstuk 2.2.2. (Tabel 2) wordt per parameter de analysemethode en manier waarop de gegevens worden gebruikt en verwerkt beschreven.

Neerslag kwaliteit

Omdat de Makkumer Noordwaard een neerslagwater gevoed systeem is, is gekeken naar de kwaliteit van de neerslag om te bepalen of deze invloed kan hebben op het systeem. De meest recente gegevens over de chemische kwaliteit van de neerslag zijn bij via het Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling (LMRe) van RIVM opgevraagd. De neerslaggegevens van locatie Wieringerwerf, het meetpunt dat het dichtst bij de Makkumer Noordwaard ligt, zijn gebruikt voor het in kaart brengen van de neerslag kwaliteit. Er zijn gegevens beschikbaar tussen 1988 en 2014.

De meetgegevens zijn in dit rapport beeld gebracht in tabelvorm met gemiddelde waarden van de volgende parameters: pH, NO_3 , NH_4 , PO_4 en Cl over drie periodes van 14 jaar: 1988-1994, 2001-2007 en 2007-2014. Vervolgens is gekeken of de neerslag mogelijk invloed heeft op de voedingstoestand en zuurgraad op de Makkumer Noordwaard door vergelijking van deze gegevens met de huidige condities. Bij hogere waarden in de neerslag, betekent dit dat de neerslag zou kunnen zorgen voor een toename van voedingsstoffen. Bij lagere waarden heeft de neerslag een beperkt effect op de condities.

Stikstofdepositie

De berekende stikstofdepositie voor het IJsselmeergebied is verkregen uit het rapport *Grootschalige stikstofdepositie in Nederland* (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2010). Te hoge atmosferische depositie van stikstof kan leiden tot verzuring en eutrofiëring van de bodem en ophoping van organische stoffen (Dobben, Barendregt, Kooijman, & Smits, 2016). Voor elk habitatype is een kritische depositiewaarde vastgesteld. Door de kritische depositiewaarden van de habitattypen overgangs- en trilvenen en vochtige kalkrijke duinvalleien worden vergeleken met de meest recent bekende depositiewaarde. Zo kan worden bepaald of de depositiewaarde van invloed kan zijn op de vegetatie en daarmee hoe duurzaam herstel en ontwikkeling van de kalkminnende vegetatie is.

IJsselmeerwater kwaliteit

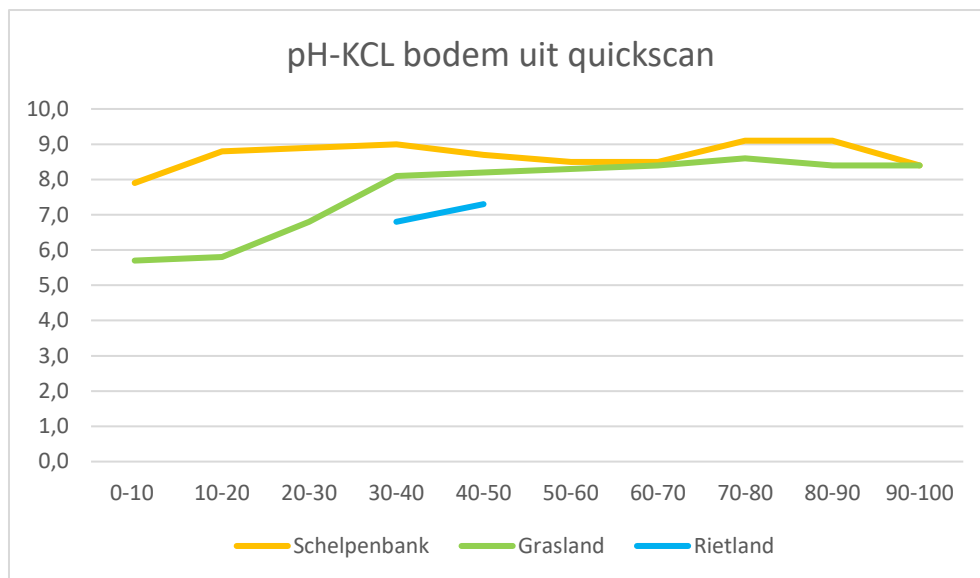
Rijkswaterstaat meet op verschillende momenten in het jaar de kwaliteit van het IJsselmeerwater op locatie Vrouwezand (zie bijlage 17) midden in het IJsselmeer. De gegevens van deze metingen zijn bij Rijkswaterstaat opgevraagd en van de volgende parameters zijn de waarden in grafiekvorm weergegeven: pH, NO_3 , NH_4 , PO_4 , P-totaal en Cl. Vervolgens is gekeken of overstroming invloed heeft op de voedingstoestand en zuurgraad op de Makkumer Noordwaard door vergelijking van deze gegevens met de huidige condities. Bij hogere waarden in het IJsselmeerwater, betekent dit dat de overstroming zou kunnen zorgen voor een toename van voedingsstoffen. Bij lagere waarden heeft overstroming een beperkt effect op de condities en werkt hij in ieder geval niet verrijkend.

Bijlage 4 – Locaties en resultaten QuickScan

Er is een QuickScan uitgevoerd om een indruk te krijgen van het pH verloop en de bodemopbouw op de Makkumer Noordwaard. In deze bijlage staan de resultaten van deze QuickScan.



Locatie	Strooisel- laag in cm	Organische laag in cm	pH 15 cm diep	pH 30 cm diep	pH 45 cm diep	Locatietype
1	5	17	5,46	7,2	8,22	Grasland
2	5	11	5,52	6,63	8,52	Grasland
3	5	20	5,89	6,31	8,34	Grasland
4	5	18	5,84	6,67	7,86	Grasland
5	5	18	5,25	5,79	8,16	Grasland
6	5	16	5,59	6,96	8,24	Grasland
7	5	20	6,05	6,7	8,03	Grasland
8	5	19	6,22	5,68	8,2	Grasland
9	5	19	5,56	6,44	8,01	Grasland
10	5	18	6,05	8,14	8,14	Grasland
11	5	16	5,78	7,55	8,06	Grasland
12	5	17	5,64	7,64	7,96	Grasland
1a	5	35	7,06	7,35	6,86	Rietland
1b	5	33	6,82	6,87	6,79	Rietland
2a	5	28	7,7	7,47	8,07	Rietland
2b	5	30	6,9	6,63	6,89	Rietland
3a	5	30	6,05	7,87	7,95	Rietland
3b	5	25	5,45	5,67	5,77	Rietland
3c	5	30	5,76	5,52	5,18	Rietland
4a	10	23	6,14	7,44	8,32	Rietland
4b	10	30	6,67	7,21	8,6	Rietland
4c	10	30	6,63	7,25	8,02	Rietland
5a	5	30	5,84	7,59	8,33	Rietland
5b	8	30	6,33	6,32	7,46	Rietland
5c	10	30	5,84	5,52	6,19	Rietland
A1	0	5	8,79	9,55	X	Schelpenbank
A2	2	25	7,95	8,56	X	Schelpenbank
C3	0	5	8,27	9,29	X	Schelpenbank
C4	3	30	7,5	8,91	X	Schelpenbank
C5	0	10	7,97	9,06	X	Schelpenbank
C6	3	25	7,33	8,83	X	Schelpenbank
C7	0	10	7,95	9,15	X	Schelpenbank
C8	3	25	7,26	8,6	X	Schelpenbank
D9	1	10	8,08	8,44	X	Schelpenbank
D10	3	25	7,67	9,03	X	Schelpenbank



pH-profiel boorpunten grasland (pH-KCL)

Diepte cm-mv	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Gemiddelde
0-10	5,46	5,52	5,89	5,84	5,25	5,59	6,05	6,22	5,56	6,05	5,78	5,64	5,7
10-20	5,36	6,32	5,44	6,15									5,8
20-30	7,20	6,63	6,31	6,67	5,79	6,96	6,7	5,68	6,44	8,14	7,55	7,64	6,8
30-40	8,42	8,08	8,36	7,7	8,14								8,1
40-50	8,22	8,52	8,34	7,86	8,16	8,24	8,03	8,2	8,01	8,14	8,06	7,96	8,2
50-60	8,54	8,47	8,33	8,01	8,34								8,3
60-70	8,74	8,54	8,26	7,94	8,37								8,4
70-80	8,76	8,8	8,33	8,37	8,57								8,6
80-90	8,70	8,44	8,29	8,33	8,44								8,4
90-100	8,57	8,66	8,54	7,98	8,44								8,4

pH-profiel boorpunten rietland (pH-KCL)

Diepte cm-mv	1a	1b	2a	2b	3a	3b	3c	4a	4b	4c	5a	5b	5c	Gemiddelde
15	7,06	6,82	7,7	6,9	6,05	5,45	5,76	6,14	6,67	6,63	5,84	6,33	5,84	6,4
30	7,35	6,87	7,47	6,63	7,87	5,67	5,52	7,44	7,21	7,25	7,59	6,32	5,52	6,8
45	6,86	6,79	8,07	6,89	7,95	5,77	5,18	8,32	8,6	8,02	8,33	7,46	6,19	7,3

pH-profiel boorpunten schelpenbank (pH-KCL)

Diepte cm-mv	a1	a2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	d9	d10	Gemiddelde
0-10	8,79	7,95	8,27	7,5	7,97	7,33	7,95	7,26	8,08	7,67	7,9
10-20					9,08	8,45					8,8
20-30	9,55	8,56	9,29	8,91	9,06	8,83	9,15	8,6	8,44	9,03	8,9
30-40					9,58	8,46					9,0
40-50					9,49	7,8					8,7
50-60					9,73	7,3					8,5
60-70					9,77	7,2					8,5
70-80				7,13	9,72	8,38					9,1
80-90					9,69	8,48					9,1
90-100	8,50	8,31	8,08	8,33	9,09	8,64	7,45	8,7	7,92	8,75	8,4

*pH metingen obv: pH-KCL met een HI-9828 Multi-Parameter Water Quality Portable Meter (Hanna Instruments)

Bodemprofiel boorpunten grasland

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Strooisellaag	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Humus	0-17	0-11	0-15	0-18	0-18	0-16	0-17	0-19	0-19	0-18	0-16	0-17
Zeer fijn zand met humus	17-35	11-27	15-40	18-35	18-25	16-30	17-40	19-25	19-25		16-30	17-25
Zeer fijn zand	35-100	27-50		35-65	25-60			25-40		18-35		
Zeer fijn zand met schelp		50-100	40-65		60-100	30-100	40-100	40-100	25-40	35-40		
Zeer fijn zand met schelp en roestvlekken				65-100					45-65	40-65	30-90	25-75
Zeer fijn zand met schelp en zwarte venige laag			65-93						65-90			
Zeer fijn zand met schelp			93-100						90-100	65-100	90-100	75-100

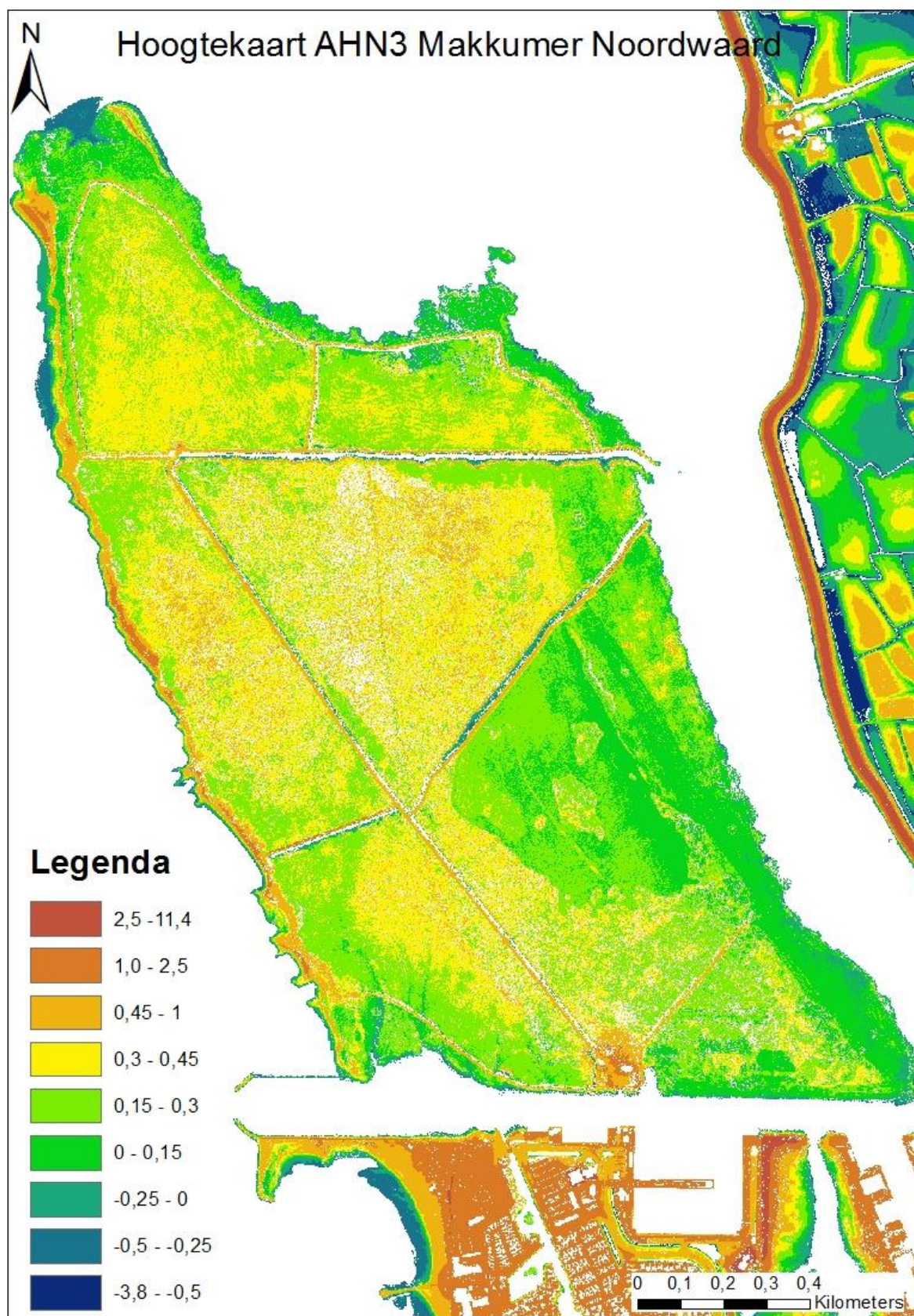
Bodemprofiel boorpunten rietland

	1a	1b	2a	2b	3a	3b	3c	4a	4b	4c	5a	5b	5c
Strooisellaag	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	5	8	10
Venige laag met zand	0-35	0-33	0-28	0-30	0-30	0-25	0-30	0-23	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30
Zeer fijn zand, venig	35-50	33-50	28-50	30-50	30-50	25-50	30-50	23-50	30-50	30-50	30-50	30-50	30-50

Bodemprofiel boorpunten schelpenbank

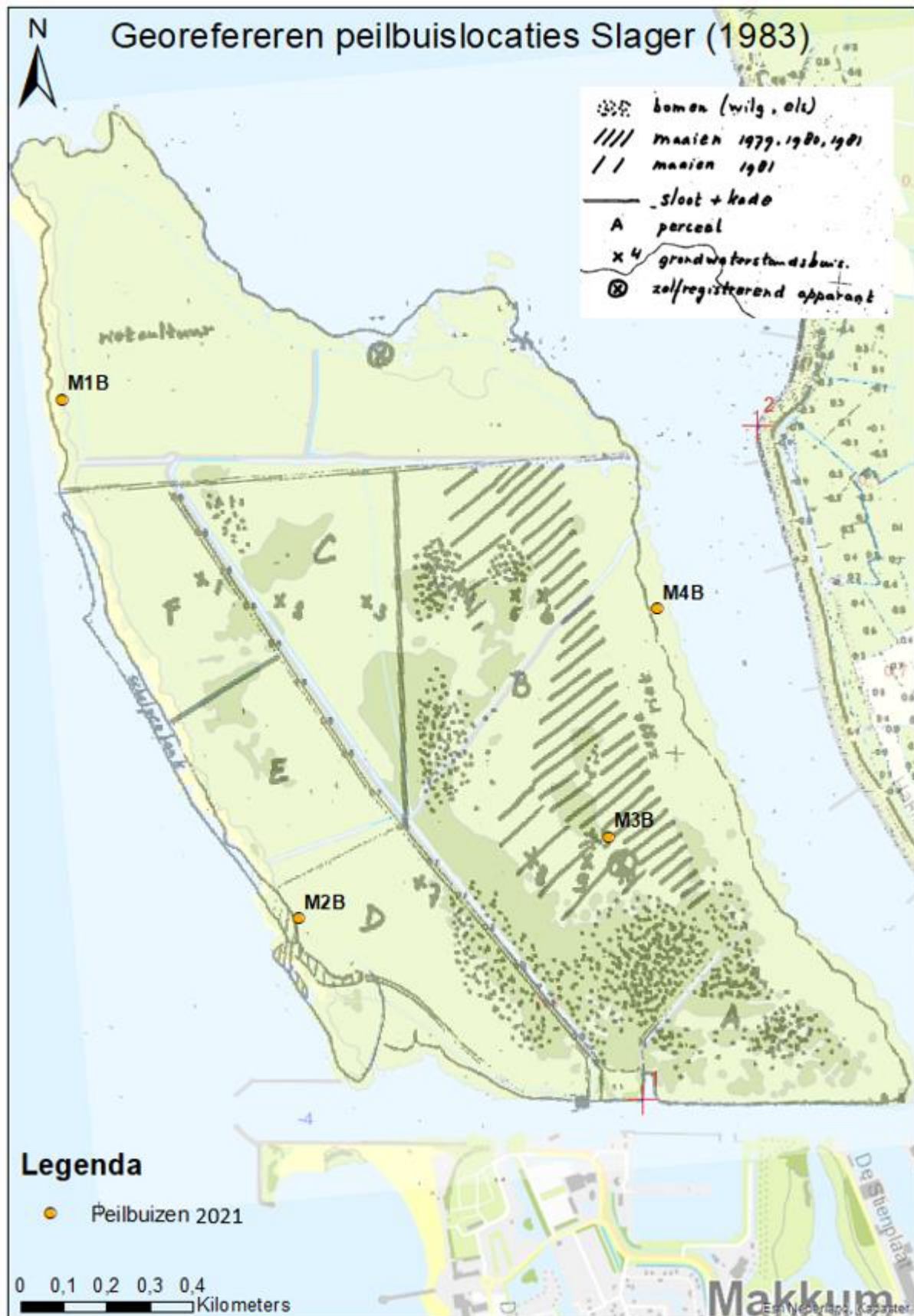
	a1	a2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	d9	d10
Strooisellaag	0	2	0	3	0	3	0	3	1	3
Humus met zand	0-5	0-10	0-5	0-7	0-5	0-5	0-10	0-10	0-10	0-10
Zand met humus +/- 30%		10-25		7-30	5-10					
Grof zand met schelp	5-90	25-60	5-80	30-60	10-95	5-75	10-80	10-35	10-95	10-70
Zeer fijn zand	90-100		80-90	60-100	95-100	75-100	80-95			
Zeer fijn zand met humus/veen		60-100	90-100			50-75	95-100	35-100	95-100	70-100

Bijlage 5 – Hoogtekaart en resultaten hoogtemetingen





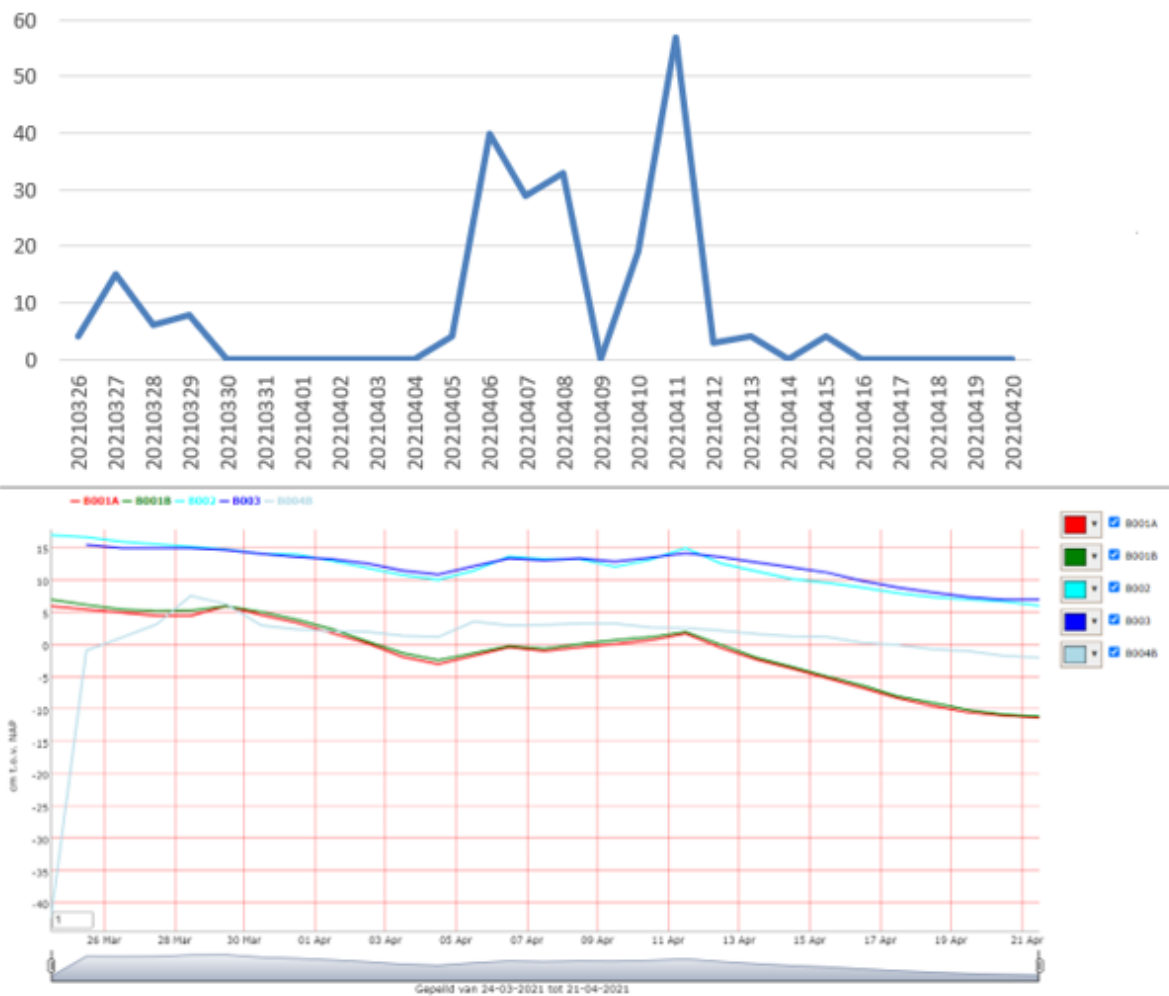
Bijlage 6 – Locaties en resultaten peilbuizen



Bron: De waterhuishouding van natuurgebieden langs de Friese IJsselmeerkust (4 de Makkumer Noordwaard) (Slager, 1983)

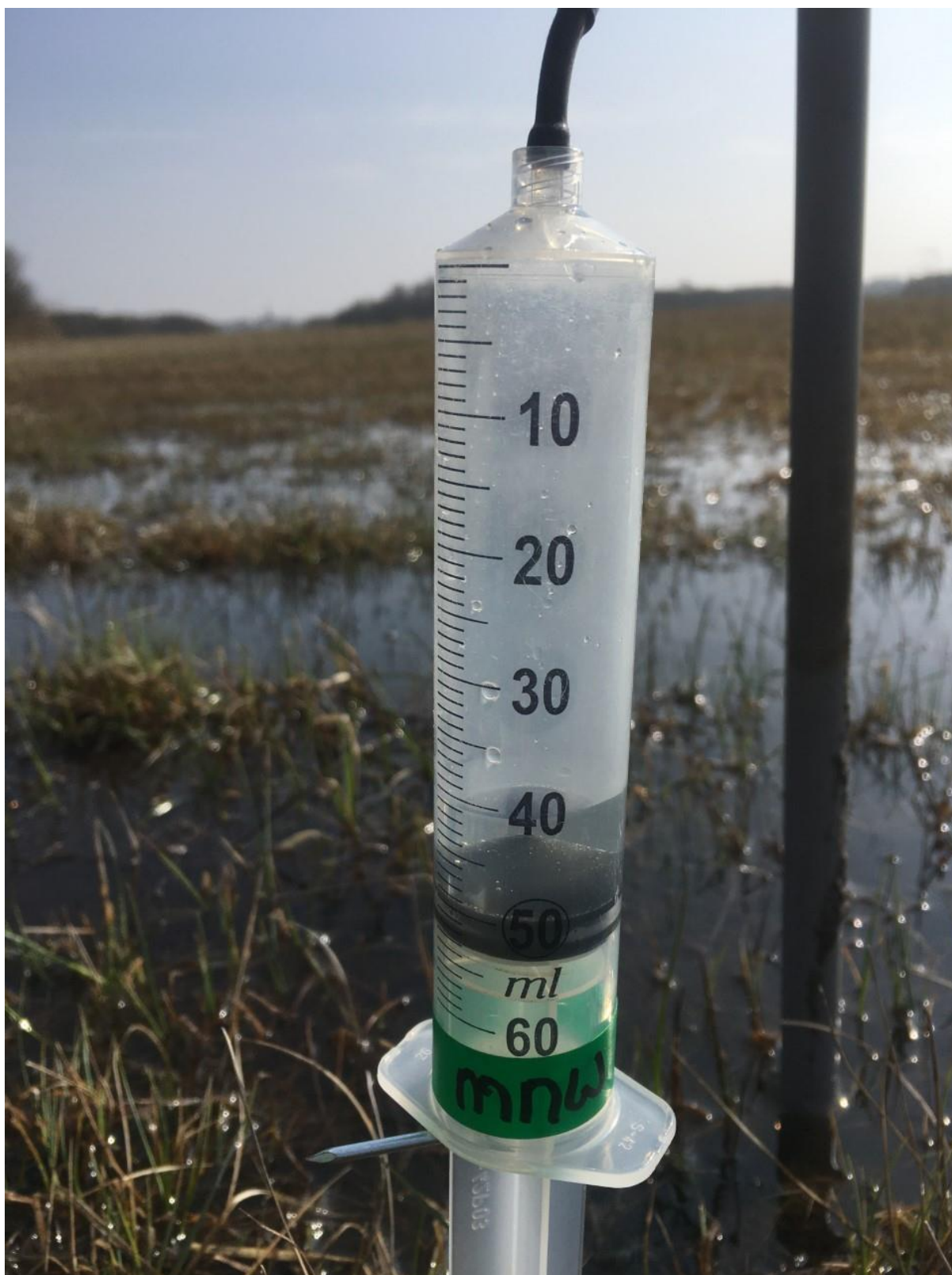
Resultaten huidige peilbuizen in vergelijking met de neerslaggegevens over dezelfde periode

Neerslaggegevens Makkum in mm van 24 maart tot 21 april 2021



Bijlage 7 – Filters poriewater





Bijlage 8 – Gewenste vegetatie

Bron	Samenstelling	Soortenrijkdom	Abundantie	Structuur	Typische- en kensoorten*
Profielendocumenten + herstelstrategie: (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2008; Dobben, Barendregt, Kooijman, & Smits, 2016) (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2009; Grootjans, Adams, Huisjes, & Smits, 2016)					
Overgangs- en trilveen H7140-A	NA	Hoge soortenrijkdom (>20 plantensoorten per m ²)	Geen of weinig opslag van struweel (<10%) Goed ontwikkelde moslaag (>30%)	Gelaagde vegetatiestructuur	Gevind moerasvorkje Kweldviltsterrenmos Rood schorpioenmos Trilveenveenmos Ronde zegge Slank wollegras Veenmosorchis
Vochtige (kalkrijke) duinvalleien H2190-B	NA	Zeer soortenrijk	Opslag van struiken en bomen is beperkt (<10%) Bedekking van hoge grassen (met name duinriet) is beperkt (<10%)	Open niet te hoge vegetatie	Armbloemige waterbies Draadgentiaan Dwergbloem Dwergvlas Groenknolorchis Honingorchis Kleine knotszegge Knobbies Moeraswespenorchis Noordse rus Parnassia Rechte rus Slanke gentiaan Teer guichelheil Vleeskleurige orchis
Veldgids plantengemeenschappen (Schaminee, et al., 2019)					
r9Ba1 Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge	Waterdrieblad, draad-zegge, paddenrusmoeras kartelbald. Groenknolorchis, rietorchis en vleeskleurige orchis.	Zeer soortenrijk	Hoog aandeel zeggen en slaapmossen	Kragge met ijle kruidlaag met twee lagen: rietbegroeiing en daaronder (weinig) cypergrassen en kruiden. De moslaag is gesloten.	Zie onderstaande tabellen
r9Ba4 Knobbies-associatie (typische associatie en knobbiesarme associatie)	Parnassia, moeraswespenorchis en armbloemige waterbies, groenknolorchis. Kruipwilg, gewoon puntmos, goudsikkelmos en sterrengoudmos.	Soortenrijk	Hoge abundantie gewoon puntmos, knobbies, sterrengoudmos en kruipwilg	Open tot gesloten kruidlaag (knobbies kan ontbreken)	Zie onderstaande tabellen

*vaatplanten en mossen

Associatie van schorpioenmos en ronde zegge r9Ba1			Knopbiesassociatie r9Ba4		
associatie	verbond	klasse	associatie	verbond	klasse
Ronde zegge	Veenknikmos	Wateraardbei	Knopbies	Parnassia	Gewone waternavel
Rood schorpioen mos	Groenknolorchis	Waterdrieblad	Slanke gentiaan	Moeraswespenorchis	Zomprus
Gevind moerasvorkje	Sterrengoudmos	Gewone waternavel	Gekroesd plakkaatmos	Vleeskleurige Orchis	Gewoon puntmos
Reuzenpuntmos	Echt vetmos	Gewoon puntmos		Geelgroene dwergzegge	Egelboterbloem
Plat blaasjeskruid	Groot vedermos	Moeraskartelblad		Groenknolorchis	Zwarte zegge
Slank wollegras	Vleeskleurige orchis	Zeegroene muur		Goudsikkelmos	Klein schorpioenmos
Moeras-plakkaatmos	Goudsikkelmos	Moerasbasterd-wederik		Armbloemige waterbies	Moerasbasterd-wederik
Trilveenvilt-sterrenmos	Parnassia	Veenmosorchis		Sterrengoudmos	Moeraskartelblad
	Geelgroene zegge	Moerasstruisgras		Veenknikmos	
	Gewoon moerasvorkje	Klein schorpioenmos		Groot veen-vedermos	
	Moeraswespenorchis	Egelboterbloem		Echt vetmos	
		Zwarte zegge		Bonte paardenstaart	
		Wolfsklauwmos		Moeras paardenbloem	
		Zomprus		Gewoon moerasvorkje	
				Gevind moerasvorkje	

Groen: In 2016/2019 gekarteerd op de Makkumer Noordwaard

Oranje: Vóór 2016/2019 gekarteerd, na 2016/2019 niet meer gekarteerd op de Makkumer Noordwaard

Bijlage 9 – Optimale abiotiek gewenste vegetatie

Bron	Zuurgraad	Vocht-toestand	Voedselrijkdom	Kritische depositie-waarde N	Zout-gehalte (Cl mg/L)	Over-stromings-tolerantie	GLG cm-mv	Org. stof %
Profielendocument en herstelstrategie: Overgangs- en trilvenen (H7140-A) (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2008; Dobben, Barendregt, Kooijman, & Smits, 2016)								
Optimaal	4,1 - 7,5 (pH-KCL)	10 – mv tot 20 + mv	Licht voedselrijk (mesotroof)	<1214 mol N/ha/jaar	Zoet (<150)	Niet	<20	NA
Suboptimaal	3,5 - 4,1 (pH-KCL)	NA	Matig voedsel-arm (oligomesotroof) en matig voedselrijk (zwak eutroof)		NA	< 10 dagen	< 30	NA
Profielendocument en herstelstrategie: Vochtige (kalkrijke) duinvalleien (H2190-B) (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2009; Grootjans, Adams, Huiskes, & Smits, 2016)								
Optimaal	5,5 - 8,1 (pH-KCL)	-5 cm + mv tot > 40 cm – mv (<14 dgn. droogte-stress)	Licht voedselrijk (mesotroof)	<1429 mol N/ha/jaar	Zeer zoet – zwak brak (< 150 – 1.000)	Niet - < 10 dagen	< 47	NA
Suboptimaal	NA	5–20 cm + mv tot >40 cm – mv (14-32 dgn. droogte-stress)	Matig voedsel-arm (oligomesotroof) en matig voedselrijk (zwak eutroof)		Licht brak (1.000 – 3.000)	NA	47-66	NA
Veldgids plantengemeenschappen (Schaminee, et al., 2019)								
r9Ba1 Associatie van Schorpioen mos en Ronde zegge	5,0 - 6,5	Waterpeil schommelt in mv	Matig voedselrijk		Zoet	NA	NA	NA
r9Ba4 Knobbies-associatie	Kalkrijk (geen getal beschikbaar)	Winter: boven mv. Zomer: kan ver onder mv zakken	Matig voedsel-arm + Stikstofarm		Zoet (ontzilt)	NA	52-68	NA
Evaluatiestrategieën (Aggenbach, et al., 2017)								
			Range streef-waarde (μmol/l)					
H2190_B Vochtige kalkrijke duinvalleien (Caricion davalliana, knobbies-verbond)	6,5 – 7,0 (pH-KCL)	NA	NO3: 15-65 (max 100) NH4: 15-60 (max 90) P-totaal: 5,8-7,8 (max 9) P-Olsen: 75-225 (max 300)		NA	NA	NA	3-10 Sub-opti: 0 - 23

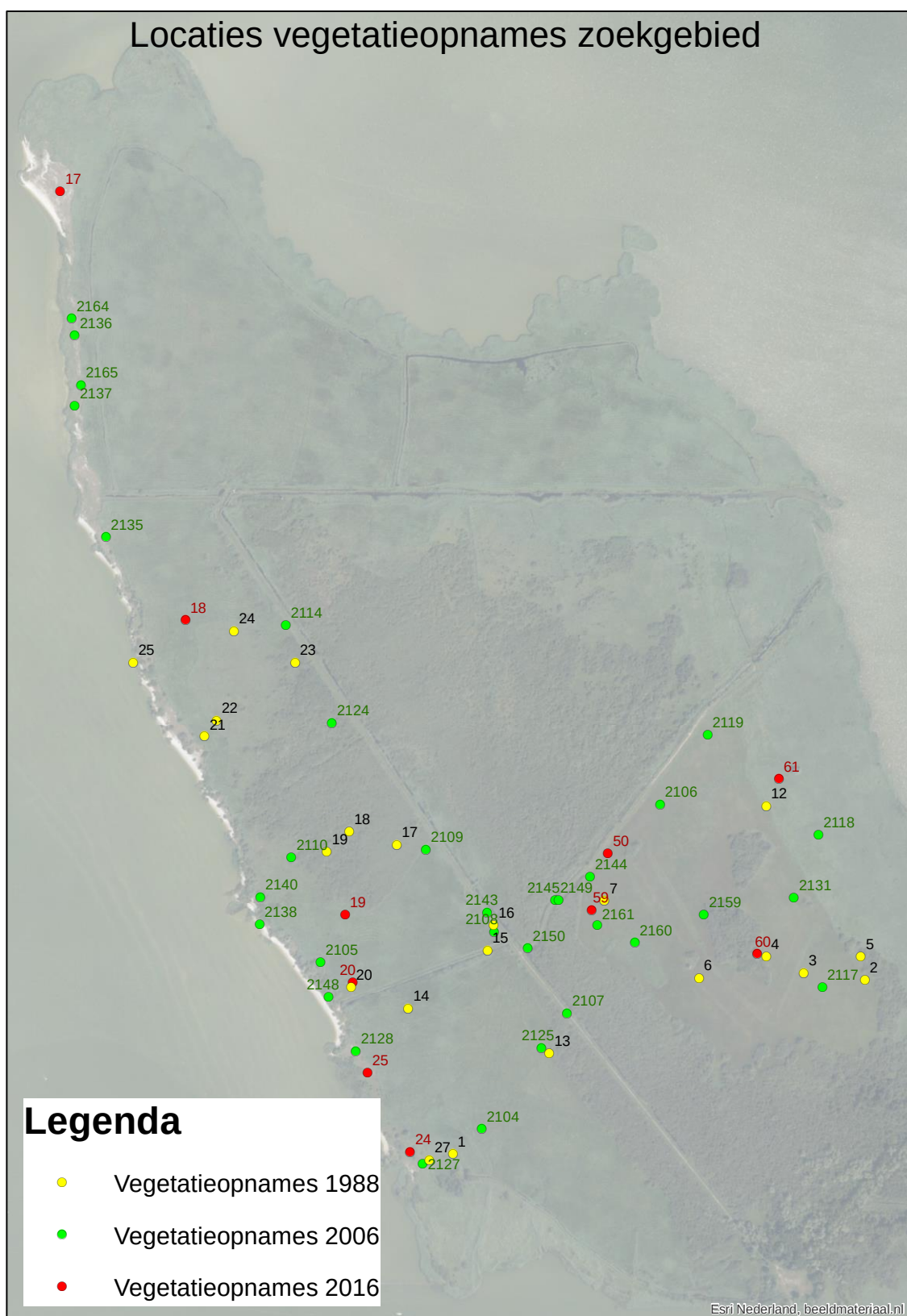
NA = niet beschikbaar (Not Available)

Bijlage 10 – Vergelijking vegetatie op niveau van klasse en verbond

Opnamenummer				Klasse			Verbond		
Type locatie	1988	2006	2016	1988	2006	2016	1988	2006	2016
Grasland	4	2117	x	16 8 9	16 9 8	x	16Ab 12Ba 09Ba	16Ab 12Ba 39Aa	x
	6	2160	x	8 16 12	8 16 9	x	12Ba 16Ab 09Ba	12Ba 08Bb 16Ab	x
	7	2144	50	16 9 8	9 16 8	16 9 8	16Ab 09Ba 39Aa	09Ba 16Ab 12Ba	09Ba 16Ab 09Aa
Rietland	12	2118	61	16 8 9	8 16 32	8 16 32	16Ab 12Ba 09Ba	16Ab 39Aa 08Bc	08Bb 16Ab 08Bc
	23	2124	x	8 16 39+9	8 16 39+9	x	16Ab 39Aa 08Bc	39Aa 16Ab 09Ba	x
	24	2114	18	8 16 9	8 9 16	8 9 16	16Ab 08Bc 39Aa	39Aa 08Bc 09Ba	39Aa 09Ba 08Bc
	20	x	20	8 16 9	x	8 16 9	16Ab 08Bc 08Bb	x	08Bb 16Ab 08Bc
	19	2110	19	16 8 9	8 16 9	8 9 16	16Ab 09Ba 39Aa	39Aa 08Bc 08Bb	39Aa 09Ba 08Bc
	14	2104	x	8 16 9	8 16 9	x	16Ab 12Ba 08Bb	39Aa 16Ab 08Bc	x
Schelpenbank	25	2135	x	8 29 12	14 12 31	x	29Aa 12Ba 08Aa	14Ca 12Aa 13Aa	x
	x	2136	17	x	16 8 12	14 31 16	x	12Ba 16Ab 32Ba	14Ca 13Aa 31Ca
	27	2127	24	14 16 31	16 32 12	16 8 32	14Ca 14Cb 31Ca	16Ab 43Aa 12Ba	16Ab 43Aa 38Aa

Klasse			Verbond				
8	Riet-klasse		08Aa	Vlotgras-verbond		14Cb	Verbond der droge stroomdalgraslanden
9	Klasse van de kleine zeggen		08Bb	Riet-verbond		16Ab	
12	Weegbree-klasse		08Bc	Verbond van scherpe zegge		29Aa	Tandzaad-verbond
16	Klasse van de matig voedselrijke graslanden		09Aa	Verbond van zwarte zegge		31Ca	Wormkruid-verbond
29	Dwergbiezen-klasse		09Ba	Knopbies-verbond		32Ba	Verbond van harig wilgenroosje
31	Klasse van de akkergemeenschappen		12Aa	Varkensgras-verbond		38Aa	Verbond der wilgenvloedbossen en -struwelen
32	Klasse van de ruderaal gemeenschappen		12Ba	Zilverschoon-verbond		39Aa	Verbond der elzenbroekbossen
39	Klasse van de wilgenbroekstruwelen		13Aa	Verbond van vetkruiden en kandelaartje		43Aa	Verbond van els en vogelkers
			14Ca	Duinsterreties verbond			

Bijlage 11 – Vegetatietabellen 1988, 2006 en 2016





Vegetatieopnames in 2016 binnen zoekgebied voor kalkminnende vegetatie

Locatietype	Rietland	Schelp	Rietland	Rietland	Rietland	Schelp	Schelp	Grasland	Grasland	Grasland	Rietland
Opnamenummer	15	17	18	19	20	24	25	50	59	60	61
Datum (jaar)	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016
Bedekking totaal (%)	80	75	80	80	80	85	95	85	90	90	95
Bedekking boomlaag (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bedekking struiklaag (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0
Bedekking kruidlaag (%)	80	70	70	75	80	80	75	80	90	60	95
Bedekking moslaag (%)	0	5	10	5	0	0	20	5	0	20	0
Bedekking algenlaag (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bedekking strooisellaag (%)	0	0	0	80	0	5	5	0	0	10	10
Hoogte (hoge) struiklaag (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
Hoogte lage struiklaag (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gem. hoogte (hoge) kruidl. (cm)	125	10	50	50	70	50	20	35	40	40	150
Gem. hoogte lage kruidl. (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximale hoogte kruidlaag (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aantal soorten	11	15	14	12	11	20	11	15	6	12	9
Calamagrostis canescens	1		2b	4		+		1			
Carex acuta	+										
Carex disticha	2a				r			2b	4		
Carex riparia	+			+				+			
Iris pseudacorus	+		+	+	+	+			+	+	
Mentha aquatica	+		+	+	+			+		2a	2b
Phragmites australis	4		2b	2a	2b	1		2a	2b	2b	4
Rumex hydrolapathum	+		r		r						
Sium latifolium	+				+						+
Utricularia vulgaris	1		2b								
Galium palustre	1		2a	+	1						
Arenaria serpyllifolia		1									
Artemisia vulgaris		+									
Elytrigia atherica		2b									
Erodium cicutarium s. cicutarium		+									
Festuca rubra		1					3				
Leontodon autumnalis		+									
Pastinaca sativa s. sativa		2a					+				
Sagina nodosa		1									
Sedum acre		3									
Sedum album		+									
Veronica arvensis		+									
Cerastium fontanum		+					+				
Bromus hordeaceus		1									
Brachythecium rutabulum		2a								2b	
Oenothera species		+									
Cardamine pratensis			1		+						
Hydrocotyle vulgaris			+					2a			
Lycopus europaeus			+								+
Lysimachia thyrsoiflora			+	+							+
Ranunculus lingua			+								
Calliergonella cuspidata			2a	2a			2b	1			
Plagiomnium ellipticum			1								
Peucedanum palustre				+							
Ranunculus flammula				+				2a			
Typha latifolia				r							
Utricularia minor				+	1						
Oenanthe fistulosa					+						
Bolboschoenus maritimus					4						
Angelica sylvestris						+					
Carex otrubae						1					

Cirsium arvense	+			+	
Dactylis glomerata	2a				
Equisetum arvense	1				
Eupatorium cannabinum	2b			2a	
Festuca arundinacea	2b				
Filipendula ulmaria	2a				
Lathyrus palustris	+				
Potentilla anserina	+				
Pulicaria dysenterica	+				
Ranunculus acris	+				
Rumex sanguineus	r				
Stachys palustris	+				+
Symphytum officinale	2b			+	
Valeriana officinalis	+				
Vicia hirsuta	+				
Daucus carota		+			
Glechoma hederacea		1			
Holcus lanatus		2b			
Plantago lanceolata		2a			
Rumex acetosella		r			
Tanacetum vulgare		+			
Trifolium dubium		2b			
Carex nigra			3	1	
Eriophorum angustifolium			+		
Juncus articulatus			1		
Myosotis laxa s. cespitosa			+		
Poa trivialis			+		1
Salix repens			2a	+	
Bryum pseudotriquetrum			2a		
Comarum palustre				2a	
Convolvulus sepium					+
Lysimachia nummularia					1
Salix cinerea					2a
Sonchus palustris				5	
Caltha palustris s. palustris				+	
					+

Vergelijkingen vegetatieopnames 1988-2006-2016

GRASLAND-3

Opnamenummer	7	2144	50					
Bedekkingsschaal	02	02	02					
Jaar	1988	2006	2016					
X-coördinaat (km) (x 1000)	154522.000	154496.000	154528.846					
Y-coördinaat (km) (x 1000)	563937.000	563981.000	564023.687					
Opp. proefvlak (m ²)	4.00	4.00	4.00					
Bedekking kruidlaag (%)	70	100	80					
Bedekking moslaag (%)	60	100	5					
Aantal soorten	12	28	15					
				Ned_naam	Vocht	Zuurgr	Stikst	Zout
Calamagrostis canescens	3	2m	1	Hennegras	9*	6	5	0
Cardamine pratensis	1	r		Pinksterbloem	6	X	X	0
Juncus articulatus	+	+	1	Zomprus	9*	X	2	1
Mentha aquatica	+	2a	+	Watermunt	9=	7	5	0
Phragmites australis	2a	r	2a	Riet	10	7	7	1
Potentilla anserina	+	+		Zilverschoon	6*	X	7	1
Ranunculus flammula	+		2a	Egelboterbloem	9*	3	2	1
Salix cinerea	r			Grauwe en Rossige wilg	9*	5	4	0
Salix repens	2a	+	2a	Kruipwilg	7	X	X	0
Galium palustre s.l.	1	2m		Moeraswalstro	9=	X	4	0
Calliergonella cuspidata	4	5	1	Gewoon puntmos	7	7	5	
Silene flos-cuculi	+			Echte koekoeksbloem	7*	X	X	0
Carex disticha		1	2b	Tweerijige zegge	9=	8	5	0
Carex nigra		3	3	Zwarte zegge	8*	3	2	1
Carex riparia			+	Oeverzegge	9=	7	4	0
Eriophorum angustifolium			+	Veenpluis	9=	4	2	0
Hydrocotyle vulgaris		4	2a	Gewone waternavel	9*	3	2	1
Myosotis laxa s. cespitosa		+	+	Zompvergeet-mij-nietje	9=	4	7	0
Poa trivialis			+	Ruw beemdgras	7	X	7	1
Bryum pseudotriquetrum		+	2a	Veenknikmos	7	X	3	
Agrostis stolonifera		+		Fioringras	X=	X	5	0
Carex oederi s. oederi		r		Dwergzegge	9	X	2	2
Eleocharis uniglumis		2m		Slanke waterbies	9=	7	5	5
Holcus lanatus		+		Gestreepte witbol	6	X	4	0
Iris pseudacorus		+		Gele lis	9=	X	7	0
Leontodon saxatilis		+		Kleine leeuwentand	6*	6	5	1
Oenanthe lachenalii		+		Zilt torkruid	8=	7	3	3
Rhinanthus angustifolius		r		Grote ratelaar	6*	7	2	0
Bolboschoenus maritimus aggr.		r		Heen	10	8	7	2
Schoenoplectus tabernaemontani		r		Ruwe bies	10	9	6	3
Stellaria palustris		+		Zeegroene muur	9*	4	2	0
Agrostis canina		+		Moerasstruisgras	9	3	2	0
Dactylorhiza species		r		Handekenskruid (G)				
Myosotis scorpioides s.l.		r		Moerasvergeet-mij-nietje (g)	8*	X	5	0

RIETLAND – 8

Opnamenummer	20	20					
Bedekkingsschaal	02	02					
Jaar	1988	2016					
X-coördinaat (km) (x 1000)	154059.000	154061.772					
Y-coördinaat (km) (x 1000)	563778.000	563787.645					
Opp. proefvlak (m ²)	4.00	4.00					
Bedekking kruidlaag (%)	70	80					
Bedekking moslaag (%)	50	0					
Aantal soorten	12	11					
			Ned_naam	Vocht	Zuurgr	Stikst	Zout
Agrostis stolonifera	3		Fioringras	X=	X	5	0
Cardamine pratensis	1	+	Pinksterbloem	6	X	X	0
Lycopus europaeus	+		Wolfspoot	9=	7	7	0
Mentha aquatica	2a	+	Watermunt	9=	7	5	0
Oenanthe fistulosa	1	+	Pijptorkruid	9=	8	5	0
Phragmites australis	2b	2b	Riet	10	7	7	1
Sium latifolium	+	+	Grote watereppe	10	7	7	0
Solanum dulcamara	+		Bitterzoet	8*	X	8	0
Stellaria palustris	1		Zeegroene muur	9*	4	2	0
Galium palustre s.l.	2m	1	Moeraswalstro	9=	X	4	0
Calliergonella cuspidata	2b		Gewoon puntmos	7	7	5	
Plagiomnium affine	2a		Rond boogsterrenmos	5	5	5	
Carex disticha		r	Tweerijsge zegge	9=	8	5	0
Iris pseudacorus		+	Gele lis	9=	X	7	0
Rumex hydrolapathum		r	Waterzuring	10	7	7	0
Bolboschoenus maritimus aggr.		4	Heen	10	8	7	2
Sium latifolium		+	Grote watereppe	10	7	7	0
Utricularia minor		1	Klein blaasjeskruid	12	6	2	0

RIETLAND – 9

Opnamenummer	19	2110	19
Bedekkingsschaal	02	02	02
Jaar	1988	2006	2016
X-coördinaat (km) (x 1000)	154014.000	153950.000	154048.000
Y-coördinaat (km) (x 1000)	564026.000	564016.000	563912.000
Opp. proefvlak (m ²)	4.00	16.00	4.00
Bedekking kruidlaag (%)	50	60	75
Bedekking moslaag (%)	90	40	5
Aantal soorten	19	15	12

				Ned_naam	Vocht	Zuurgr	Stikst	Zout
Cardamine pratensis	+			Pinksterbloem	6	X	X	0
Eriophorum angustifolium	2a			Veenpluis	9=	4	2	0
Festuca arundinacea	+			Rietzwenkgras	7*	7	4	2
Holcus lanatus	+			Gestreepte witbol	6	X	4	0
Hydrocotyle vulgaris	+			Gewone waternavel	9*	3	2	1
Iris pseudacorus	r	1	+	Gele lis	9=	X	7	0
Lycopus europaeus	+			Wolfspoet	9=	7	7	0
Mentha aquatica	+	1	+	Watermunt	9=	7	5	0
Peucedanum palustre	2b	+	+	Melkeppe	9=	X	4	0
Phragmites australis	2a	2b	2a	Riet	10	7	7	1
Ranunculus flammula	+		+	Egelboterbloem	9*	3	2	1
Ranunculus repens	+			Kruipende boterbloem	7*	X	X	1
Rumex hydrolapathum	r			Waterzuring	10	7	7	0
Scutellaria galericulata	+			Blauw glidkruid	9=	7	6	0
Agrostis canina	2m			Moerasstruisgras	9	3	2	0
Galium palustre s.l.	2m	1	+	Moeraswalstro	9=	X	4	0
Calliergonella cuspidata	5	3	2a	Gewoon puntmos	7	7	5	
Eleocharis uniglumis	+			Slanke waterbies	9=	7	5	5
Silene flos-cuculi	1			Echte koekoeksbloem	7*	X	X	0
Calamagrostis canescens			4	Hennegras	9*	6	5	0
Carex riparia		4	+	Oeverzegge	9=	7	4	0
Lysimachia thyrsiflora			+	Moeraswederik	9=	X	3	0
Typha latifolia			r	Grote lisdodde	10	7	8	1
Utricularia minor			+	Klein blaasjeskruid	12	6	2	0
Eupatorium cannabinum		+		Koninginnenkruid	7	7	8	0
Sium latifolium		+		Grote watereppe	10	7	7	0
Solanum dulcamara		+		Bitterzoet	8*	X	8	0
Stachys palustris		+		Moerasandoorn	7*	7	6	0
Symphytum officinale		r		Gewone smeerwortel	8	X	8	0
Utricularia australis/vulgaris		+		Groot/Loos blaasjeskruid				
Drepanocladus aduncus		+		Moerasikkelfmos	10	7	5	
Plagiomnium ellipticum		2m		Stomp boogsterrenmos	8	4	4	

RIETLAND – 11

Opnamenummer	24	2114	18
Bedekkingsschaal	02	02	02
Jaar	1988	2006	2016
X-coördinaat (km) (x 1000)	153845.000	153940.000	153756.124
Y-coördinaat (km) (x 1000)	564430.000	564441.000	564450.598
Opp. proefvlak (m ²)	4.00	16.00	4.00
Bedekking kruidlaag (%)	90	95	70
Bedekking moslaag (%)	90	80	10
Aantal soorten	19	20	14

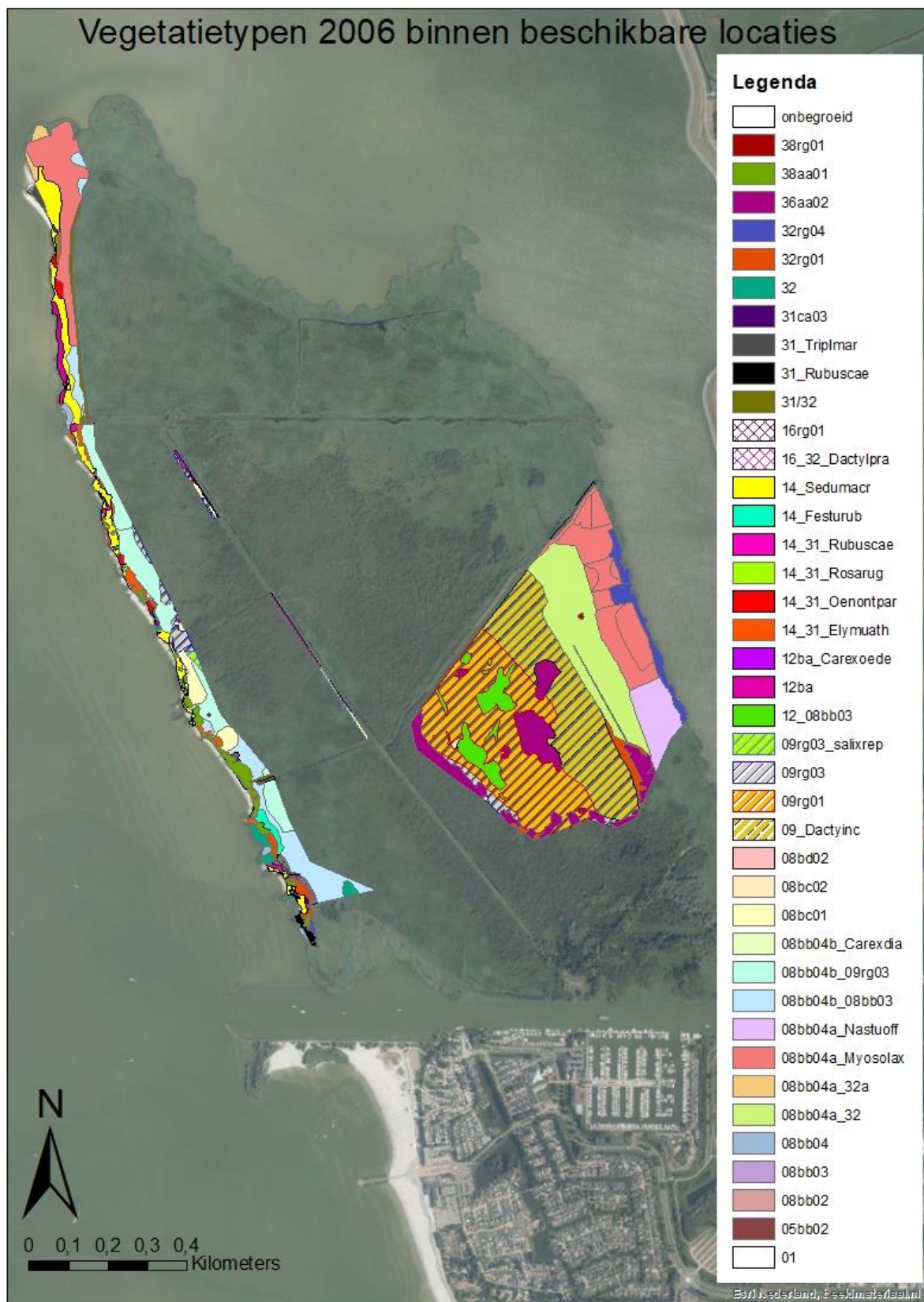
				Ned_naam	Vocht	Zuurgr	Stikst	Zout
Agrostis stolonifera	2m			Fioringras	X=	X	5	0
Cardamine pratensis	+		1	Pinksterbloem	6	X	X	0
Carex riparia	2b	2b		Oeverzegge	9=	7	4	0
Epilobium palustre	2b	1		Moerasbasterdwederik	9	3	3	0
Hydrocotyle vulgaris	1		+	Gewone waternavel	9*	3	2	1
Iris pseudacorus	1	1	+	Gele lis	9=	X	7	0
Lycopus europaeus	r	+	+	Wolfspoot	9=	7	7	0
Mentha aquatica	2a		+	Watermunt	9=	7	5	0
Myosotis laxa s. cespitosa	+			Zompvergeet-mij-nietje	9=	4	7	0
Phragmites australis	2a	2a	2b	Riet	10	7	7	1
Ranunculus flammula	+			Egelboterbloem	9*	3	2	1
Ranunculus lingua	2a	+	+	Grote boterbloem	10	6	7	0
Ranunculus repens	r			Kruipende boterbloem	7*	X	X	1
Rumex hydrolapathum	+	r	r	Waterzuring	10	7	7	0
Scutellaria galericulata	1			Blauw glidkruid	9=	7	6	0
Berula erecta	r			Kleine watereppe	10	8	6	1
Galium palustre s.l.	2a	2m	2a	Moeraswalstro	9=	X	4	0
Plagiomnium affine	5			Rond boogsterrenmos	5	5	5	
Silene flos-cuculi	+			Echte koekoeksbloem	7*	X	X	0
Calamagrostis canescens		+	2b	Hennegras	9*	6	5	0
Lysimachia thyrsiflora			+	Moeraswederik	9=	X	3	0
Utricularia vulgaris			2b	Groot blaasjeskruid	12	5	4	0
Calliergonella cuspidata		2m	2a	Gewoon puntmos	7	7	5	
Plagiomnium ellipticum		5	1	Stomp boogsterrenmos	8	4	4	
Convolvulus sepium		r		Haagwinde	6	7	9	0
Comarum palustre		4		Wateraardbei	9=	3	2	0
Equisetum arvense		+		Heermoes	6*	X	3	0
Eupatorium cannabinum		+		Koninginnenkruid	7	7	8	0
Lythrum salicaria		+		Grote kattenstaart	8=	6	X	1
Peucedanum palustre		+		Melkeppe	9=	X	4	0
Stachys palustris		r		Moerasandoorn	7*	7	6	0
Symphytum officinale		+		Gewone smeewortel	8	X	8	0
Calliergon cordifolium		2m		Hartbladig puntmos	9	5	5	

SCHELPENBANK – 5

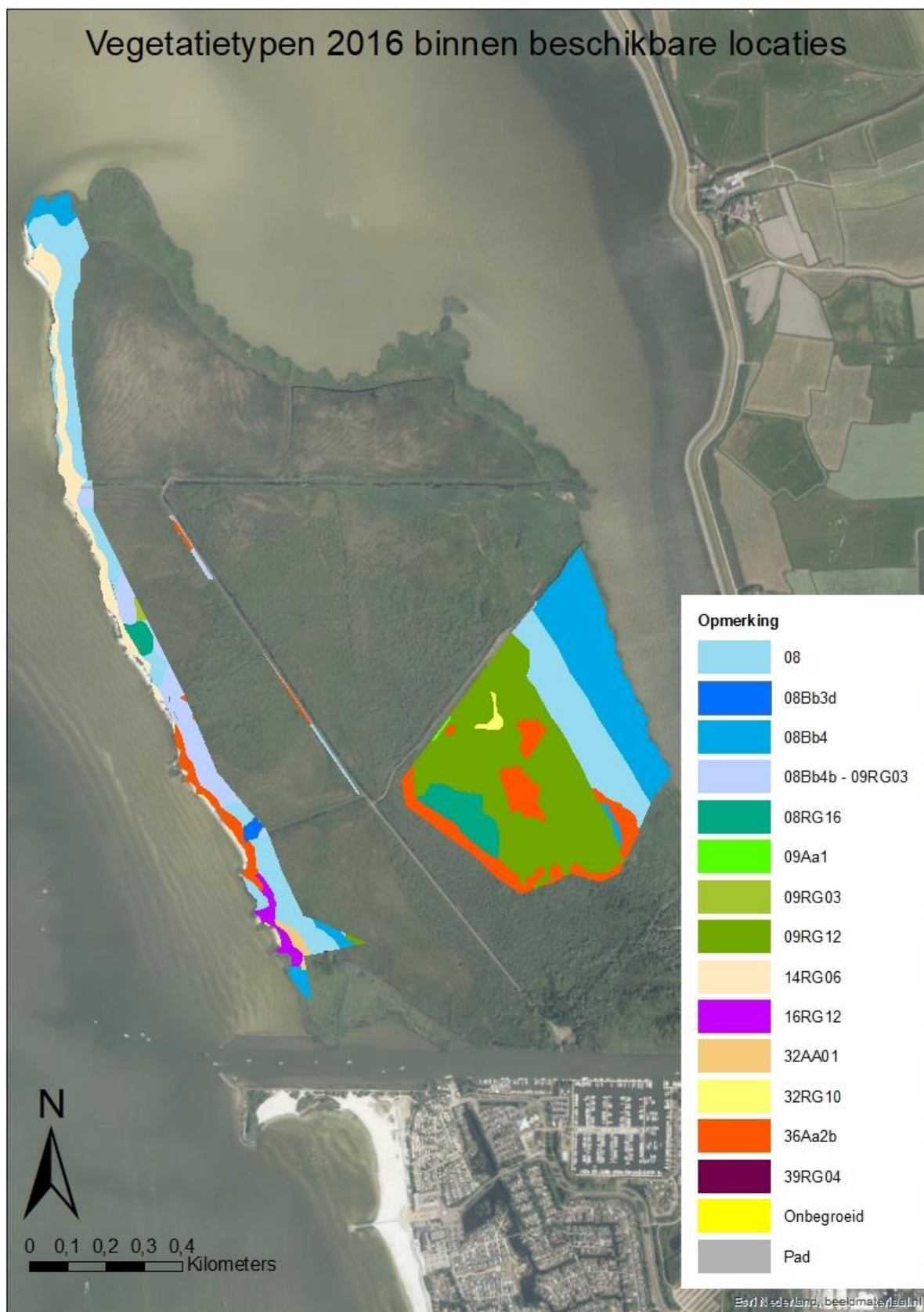
Opnamenummer	27	2127	24
Bedekkingsschaal	02	02	02
Jaar	1988	2006	2016
X-coördinaat (km) (x 1000)	154202.000	154190.000	154167.000
Y-coördinaat (km) (x 1000)	563462.000	563456.000	563478.000
Opp. proefvlak (m ²)	4.00	4.00	4.00
Bedekking kruidlaag (%)	70	98	80
Bedekking moslaag (%)	80	0	0
Aantal soorten	19	29	20

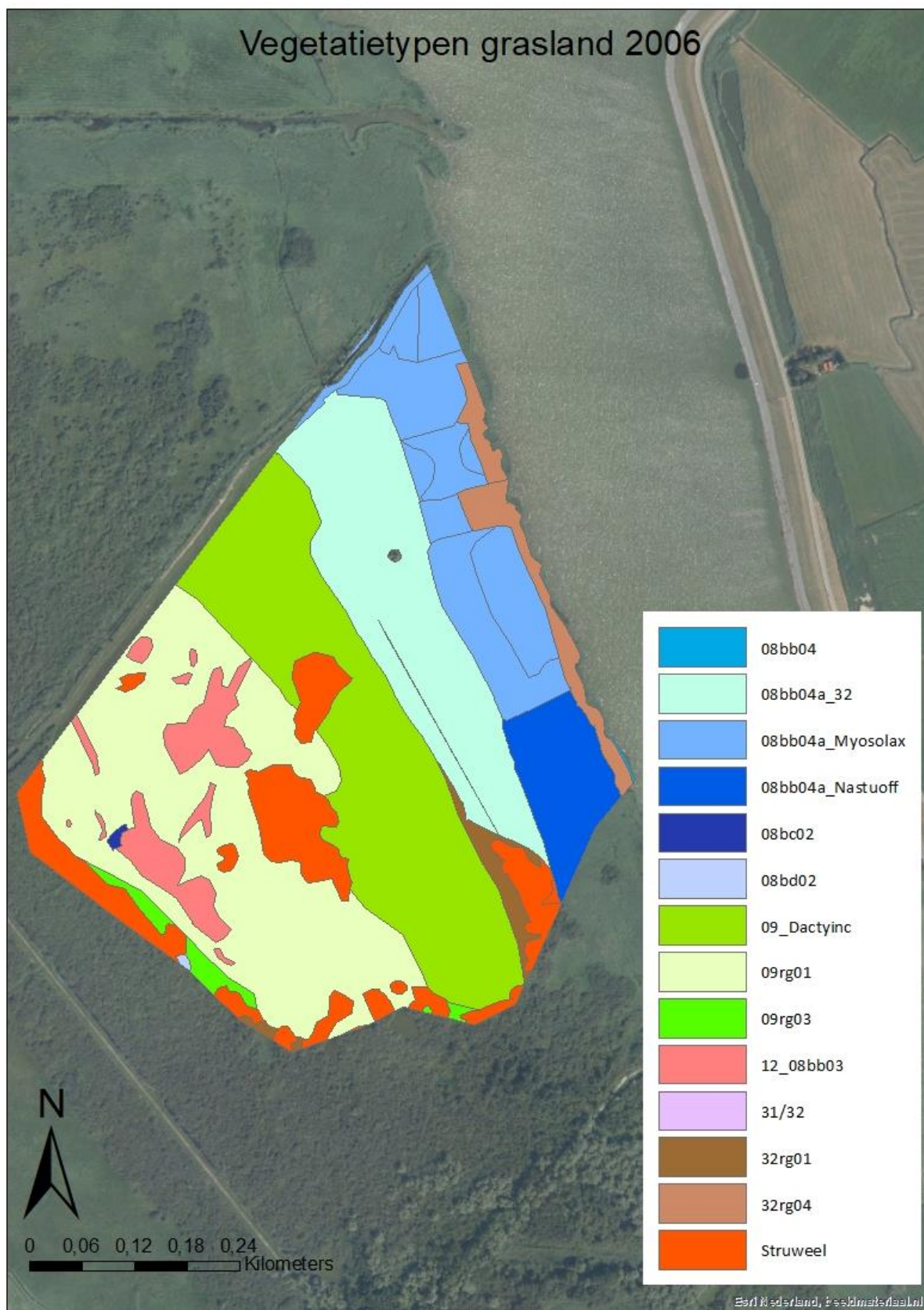
				Ned_naam	Vocht	Zuurgr	Stikst	Zout
Artemisia vulgaris	r			Bijvoet	6	X	8	0
Cerastium glutinosum/pumilum	+			Bleke/Steenhoornbloem	2	8	2	0
Cirsium arvense	r	r	+	Akkerdistel	X	X	7	1
Cirsium vulgare	r			Speerdistel	5	7	8	0
Dactylis glomerata	2a	2a	2a	Kropaar	5	X	6	0
Daucus carota	2a			Peen	4	X	4	0
Erigeron acer	1			Scherpe fijnstraal	4	8	2	0
Festuca arundinacea	+	2a	2b	Rietzwenkgras	7*	7	4	2
Festuca rubra	2b			Rood zwenkgras	5	7	6	1
Geranium molle	1			Zachte ooievaarsbek	4	5	4	0
Leontodon autumnalis	r			Vertakte leeuwentand	5	5	5	0
Plantago lanceolata	+	+		Smalle weegbree	X	X	X	0
Rumex acetosa	1			Veldzuring	X	X	6	4
Sedum acre	2b			Muurpeper	2	X	1	1
Bromus hordeaceus s.l.	+			Zachte/Duindravik	X*	X	3	1
Brachythecium rutabulum	4			Gewoon dikkopmos	5	X	8	
Cladonia rangiformis	3			Vals rendiermos				
Tripleurospermum maritimum	+			Reukeloze kamille	6=	7	8	6
Taraxacum species	r			Paardenbloem (G)				
Angelica sylvestris		+	+	Gewone engelwortel	8	X	X	0
Calamagrostis canescens			+	Hennegras	9*	6	5	0
Carex otrubae		+	1	Valse voszegge	8	7	6	1
Equisetum arvense			1	Heermoes	6*	X	3	0
Eupatorium cannabinum		+	2b	Koninginnenkruid	7	7	8	0
Filipendula ulmaria		+	2a	Moerasspirea	8	X	4	0
Iris pseudacorus			+	Gele lis	9=	X	7	0
Lathyrus palustris		+	+	Moeraslathyrus	8=	8	3	0
Phragmites australis		1	1	Riet	10	7	7	1
Potentilla anserina		+	+	Zilverschoon	6*	X	7	1
Pulicaria dysenterica		3	+	Heelblaadjes	7*	7	5	0
Ranunculus acris		+	+	Scherpe boterbloem	X	X	X	0
Rumex sanguineus		r	r	Bloedzuring	8	7	7	0
Stachys palustris			+	Moerasandoorn	7*	7	6	0
Symphytum officinale		r	2b	Gewone smeewortel	8	X	8	0
Valeriana officinalis		+	+	Echte valeriaan	8*	7	5	0
Vicia hirsuta			+	Ringelwikke	4	X	4	0
Convolvulus sepium		r		Haagwinde	6	7	9	0
Epilobium hirsutum		+		Harig wilgenroosje	8=	8	8	1
Glechoma hederacea		r		Hondsdrif	6	X	7	0
Holcus lanatus		2a		Gestreepte witbol	6	X	4	0
Mentha aquatica		+		Watermunt	9=	7	5	0
Poa trivialis		2b		Ruw beemdgras	7	X	7	1
Rubus caesius		r		Dauwbraam	X	8	7	0
Rumex crispus		+		Krulzuring	7*	X	5	0
Trifolium pratense		+		Rode klaver	X	X	X	0
Trifolium repens		r		Witte klaver	5	6	6	1
Urtica dioica		+		Grote brandnetel	6	7	8	0
Vicia cracca		2b		Vogelwikke	5	X	X	1
Dactylorhiza majalis s. praeterm.		+		Rietorchis	8*	7	2	0

Bijlage 12 – Vergelijking vegetatietypen

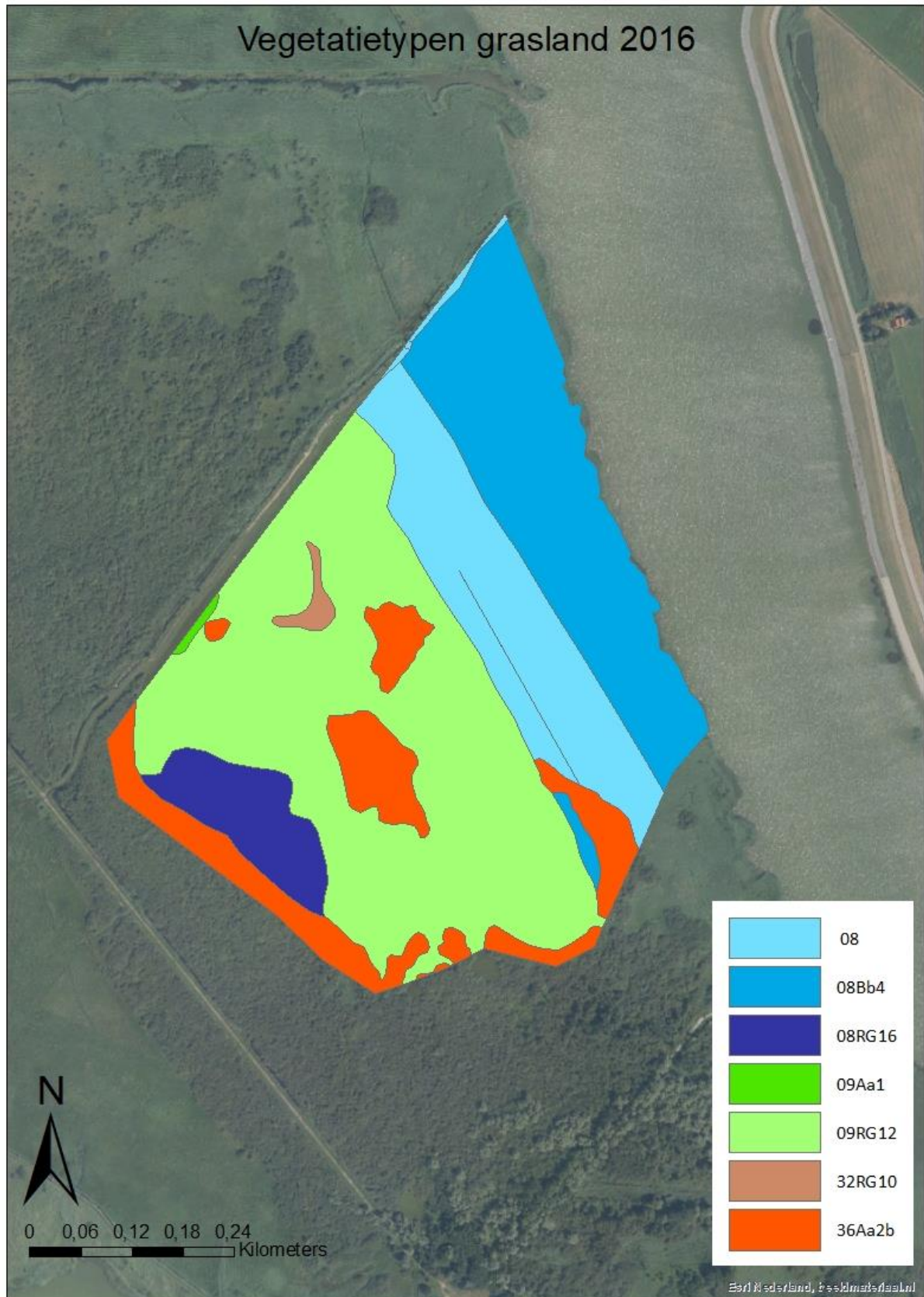


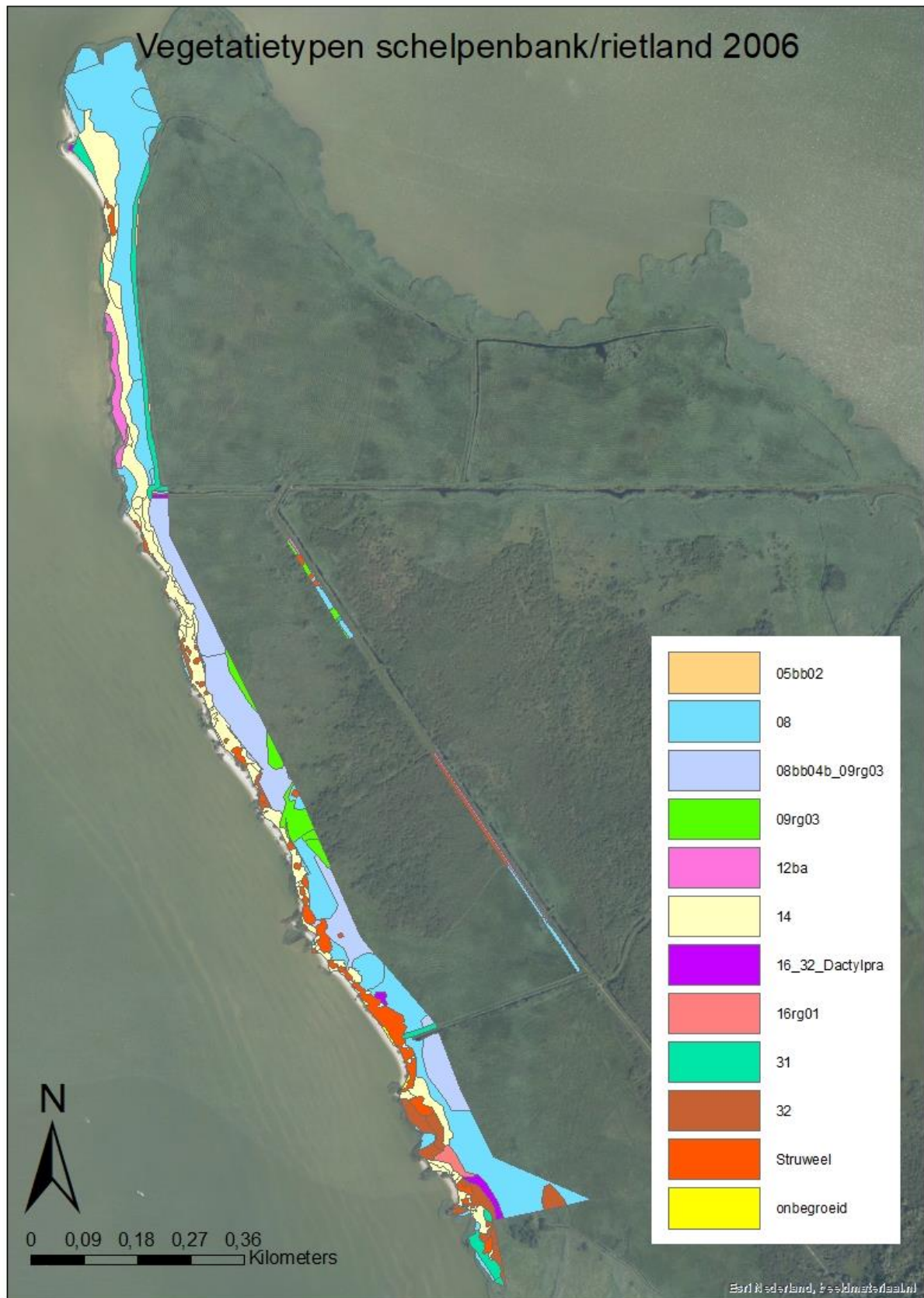
Vegetatietypen 2016 binnen beschikbare locaties

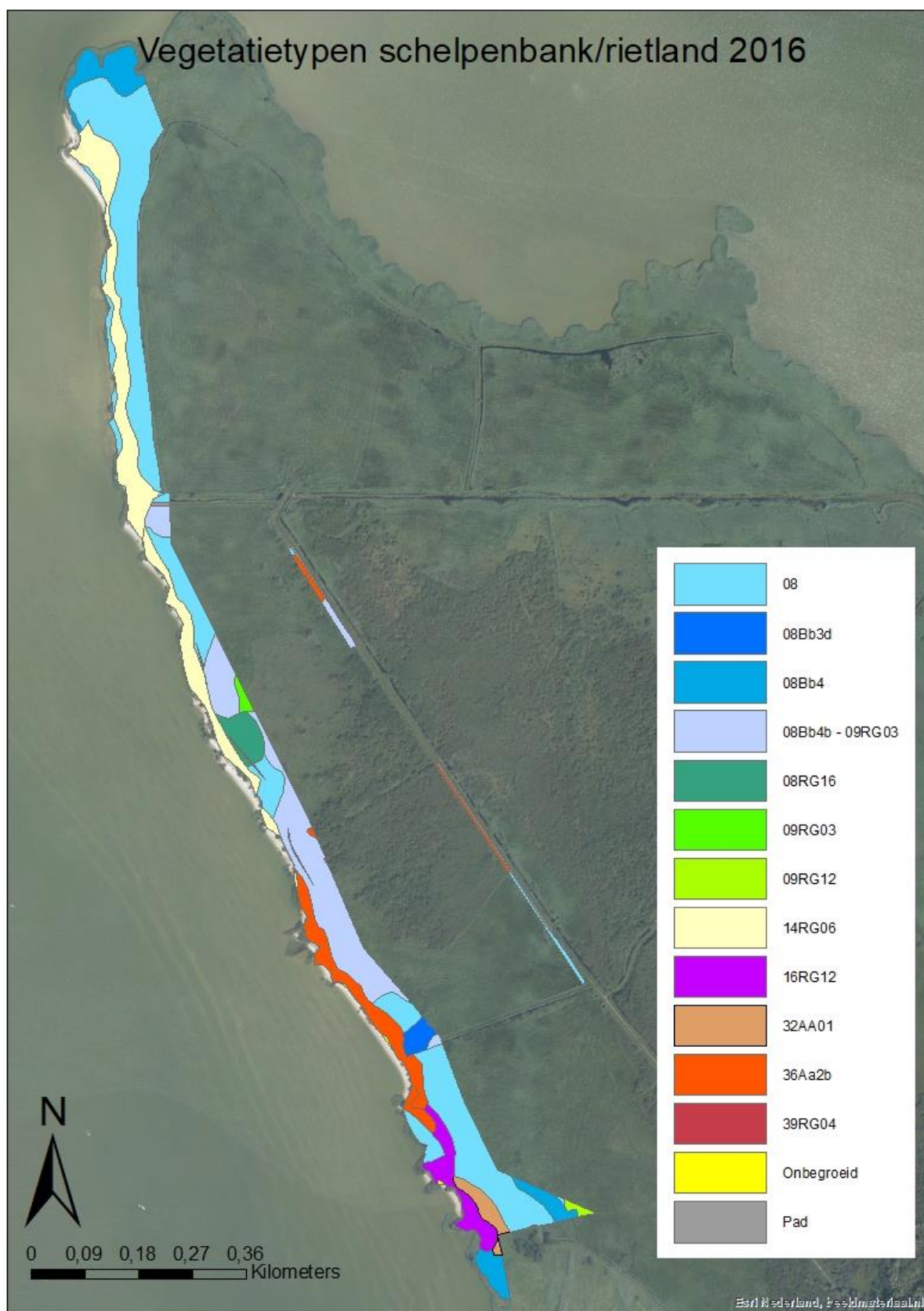




Vegetatietypen grasland 2016

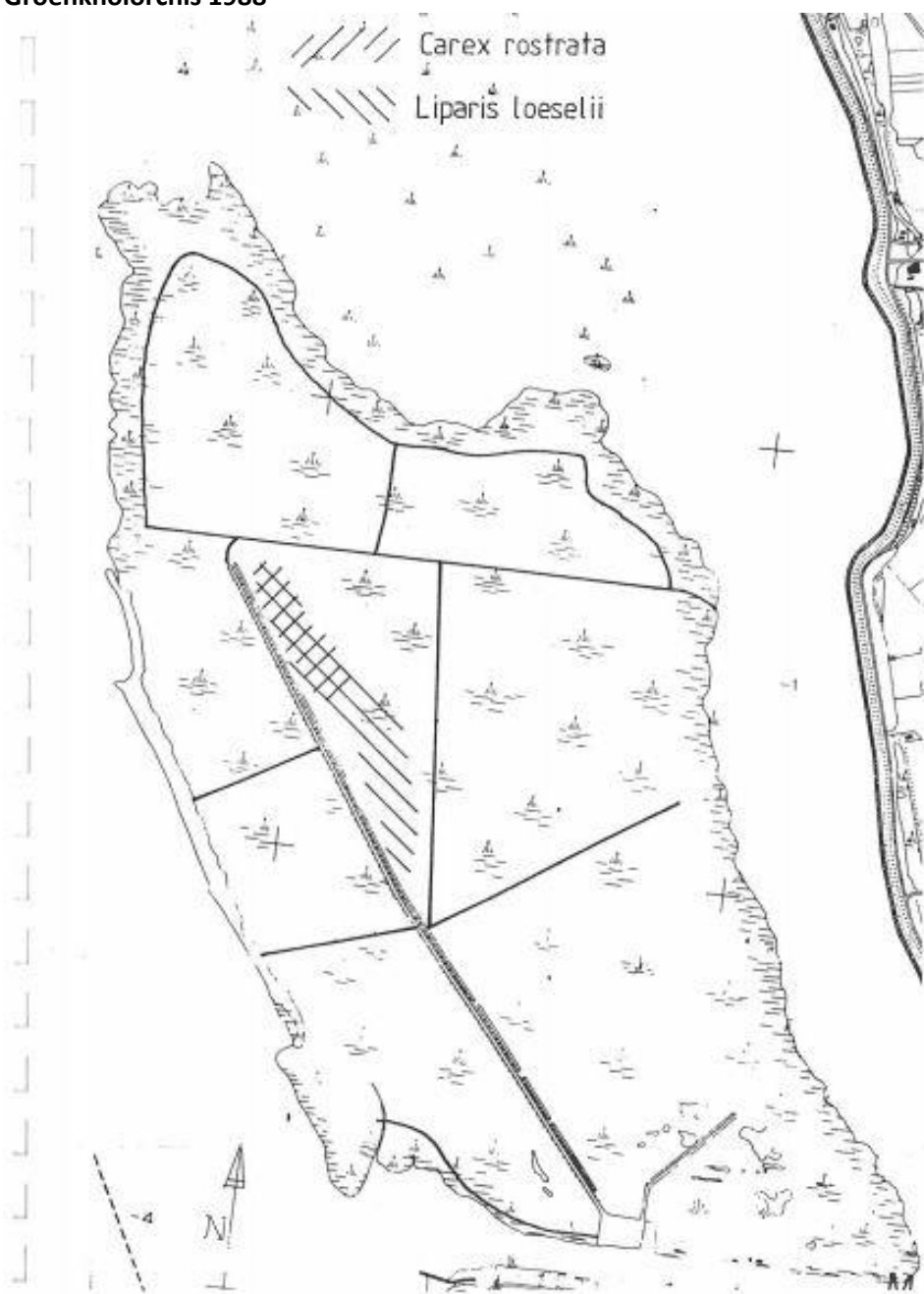






Bijlage 13 – Groeiplaatsen kensoorten van de klasse van de kleine zeggen

Groenknolorchis 1988



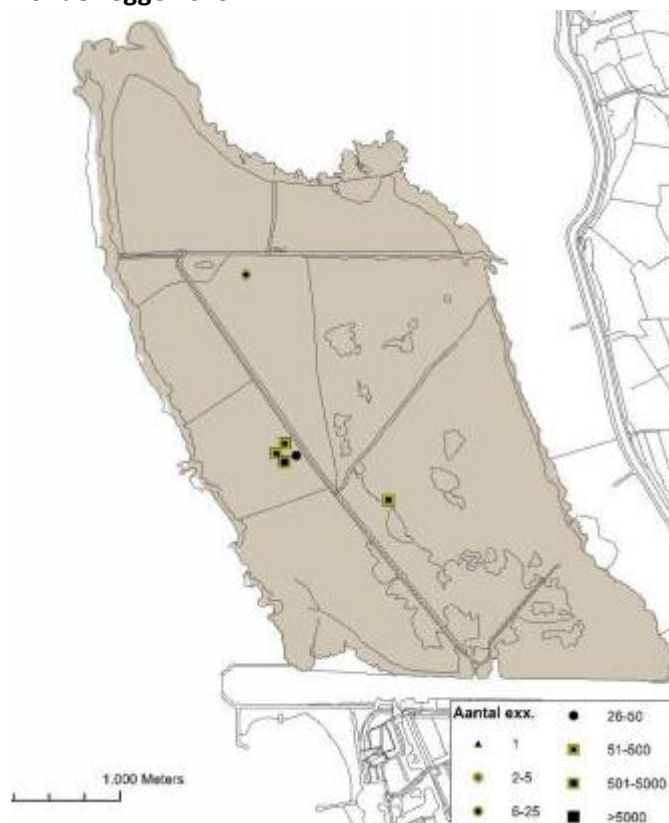
(Boer, 1988)

Moeraskartelblad 1988



(Boer, 1988)

Ronde zegge 2019



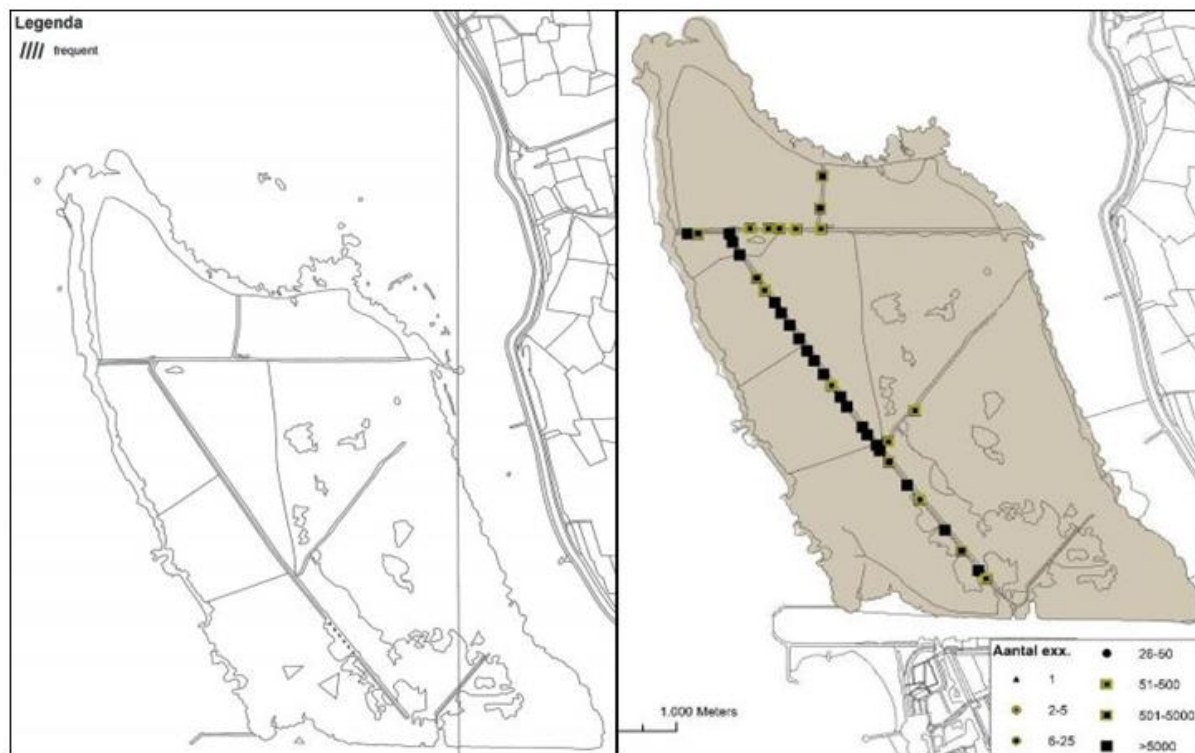
(Jager 2020)

Vleeskleurige orchis 2006 - 2019



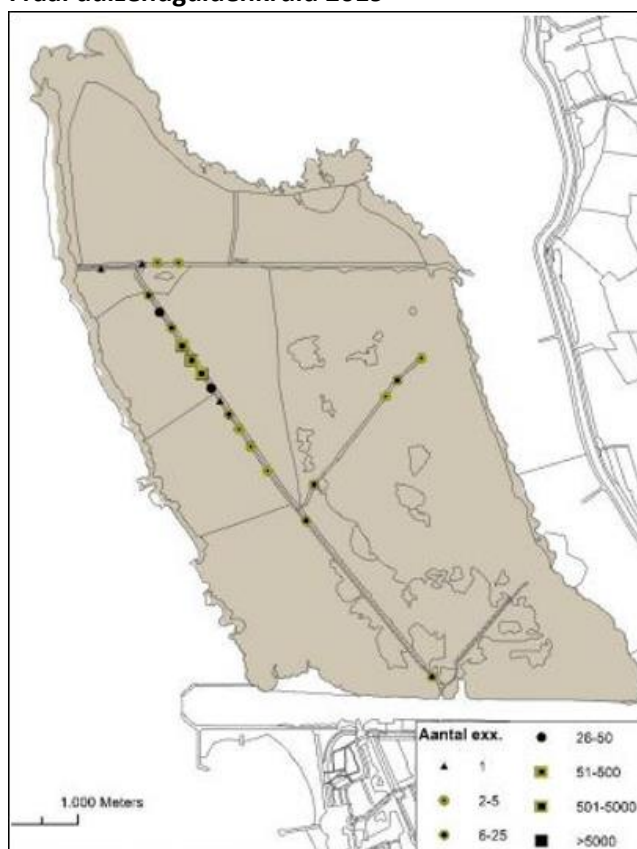
(Jager, 2007; Jager 2020)

Armbloemige waterbies 2006 – 2019



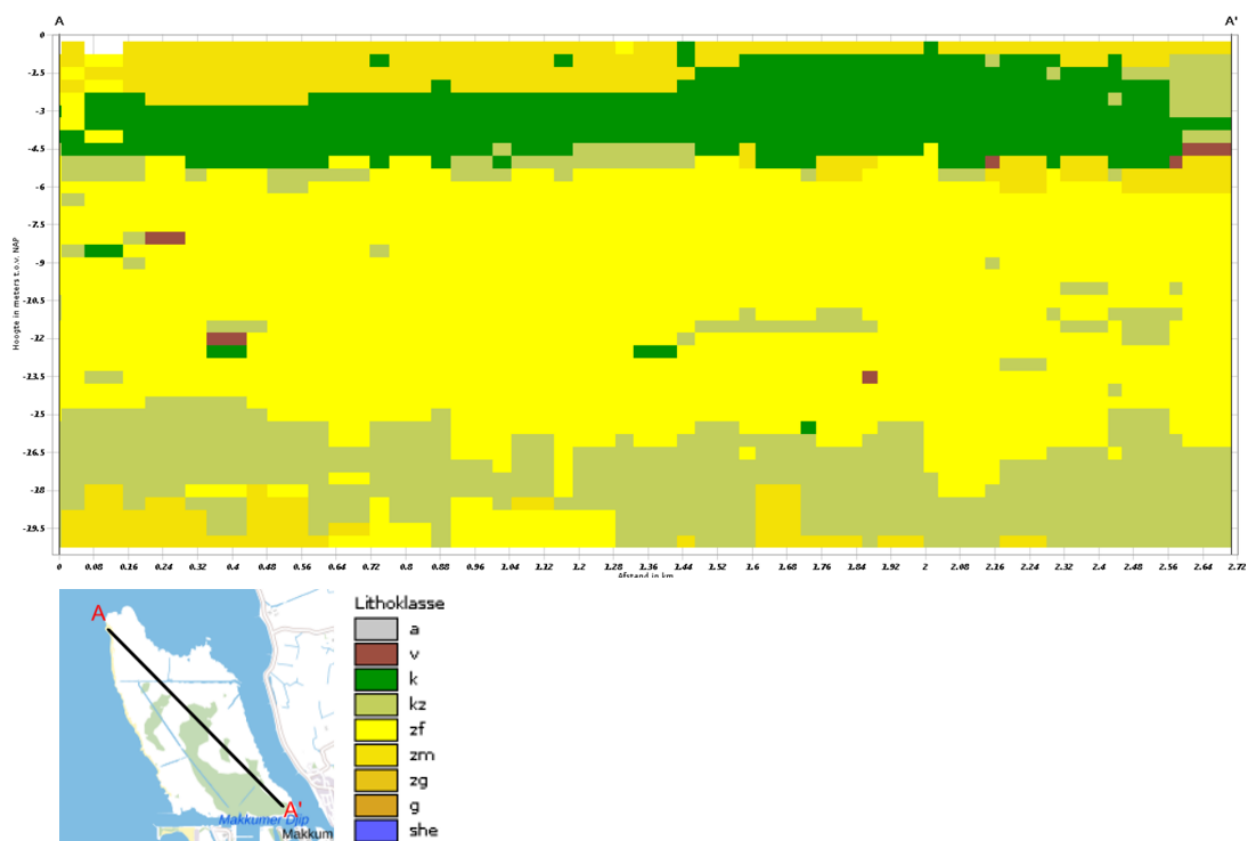
(Jager, 2007; Jager 2020)

Fraai duizendguldenkruid 2019



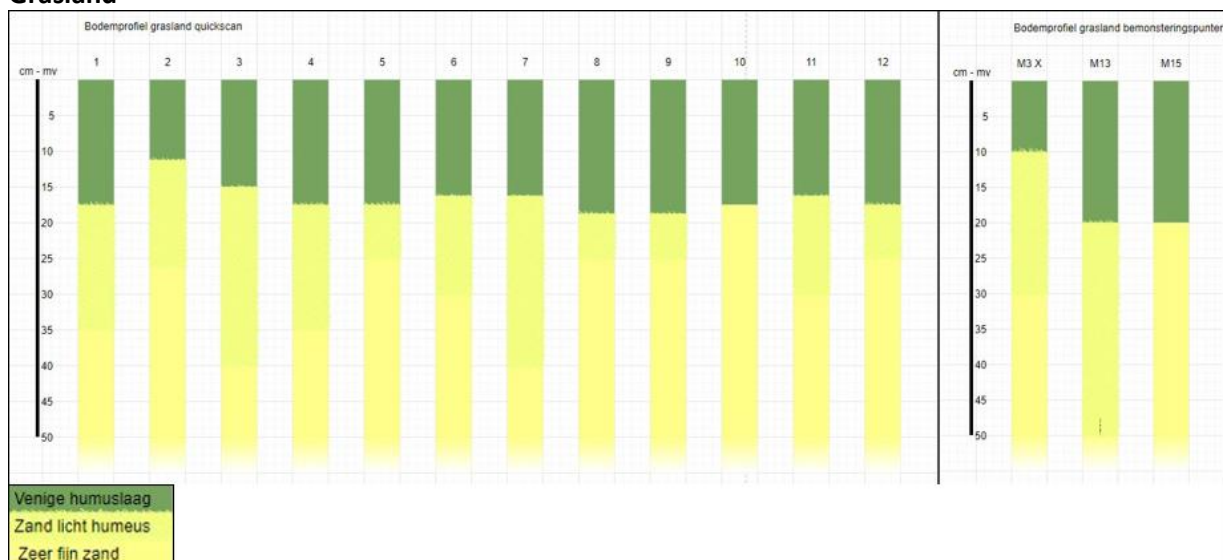
(Jager 2020)

Bijlage 14 – Bodemopbouw

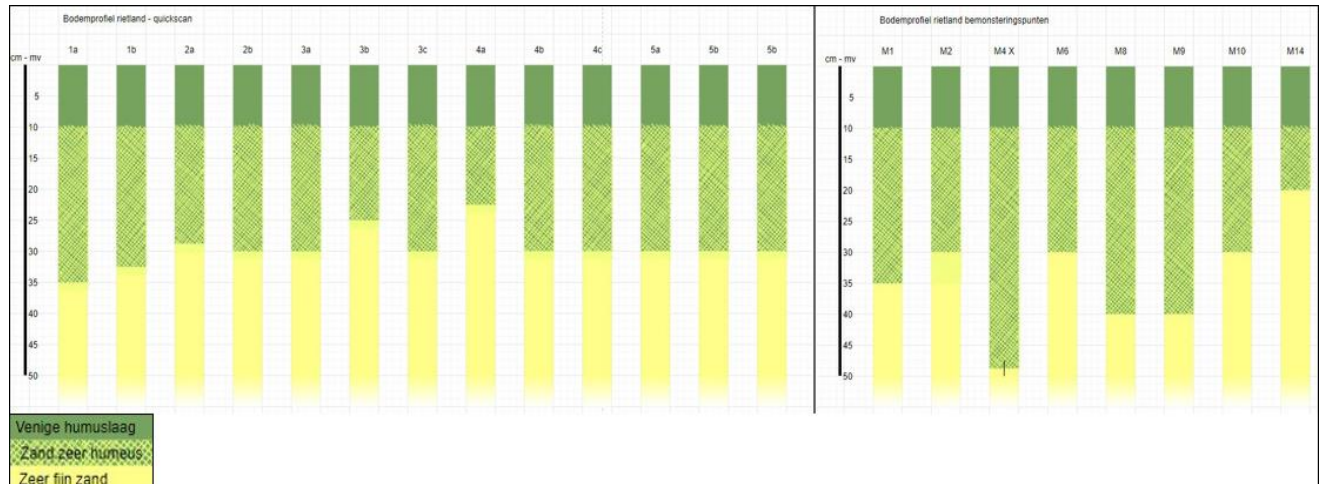


Opbouw van de bodem door middel van een verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4, meest waarschijnlijke lithoklasse (DINOloket, z.d.)

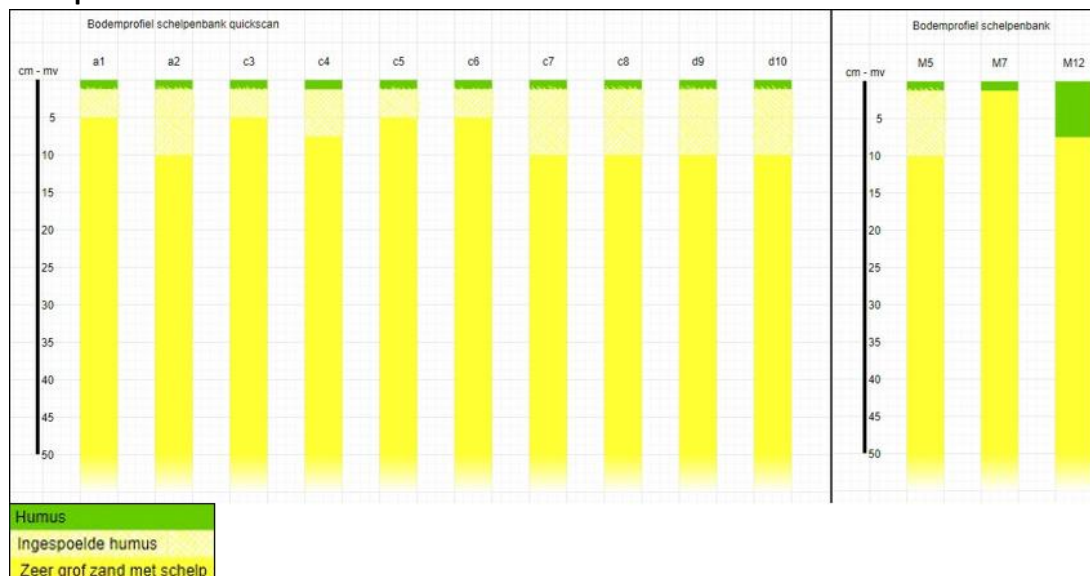
Grasland



Rietland



Schelpenbank



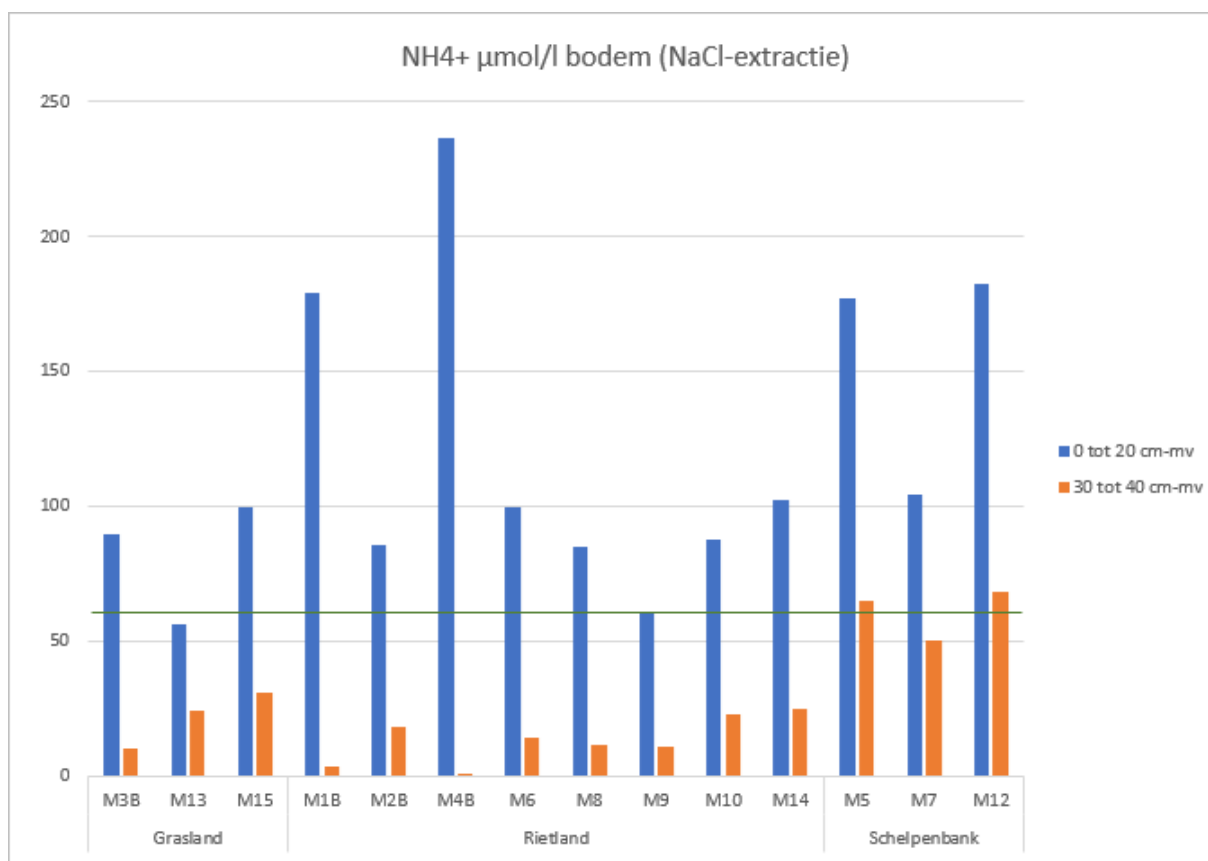
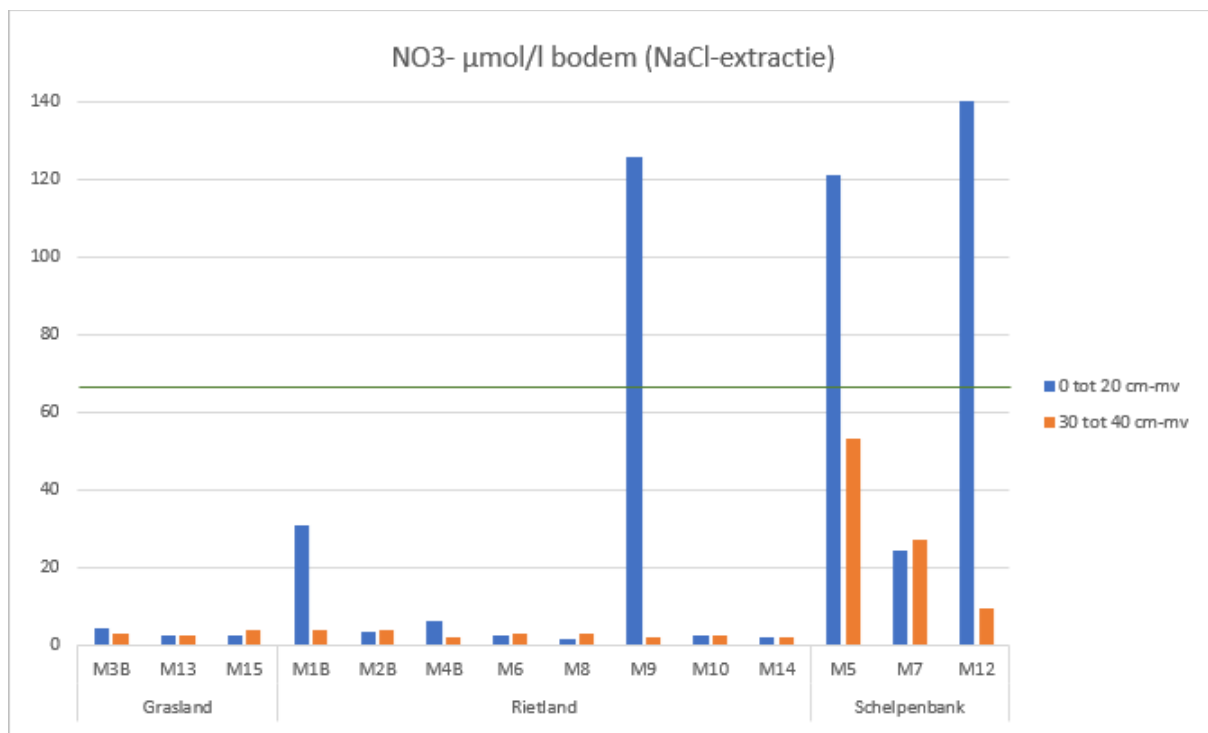
Bijlage 15 – Resultaten analyse bodem

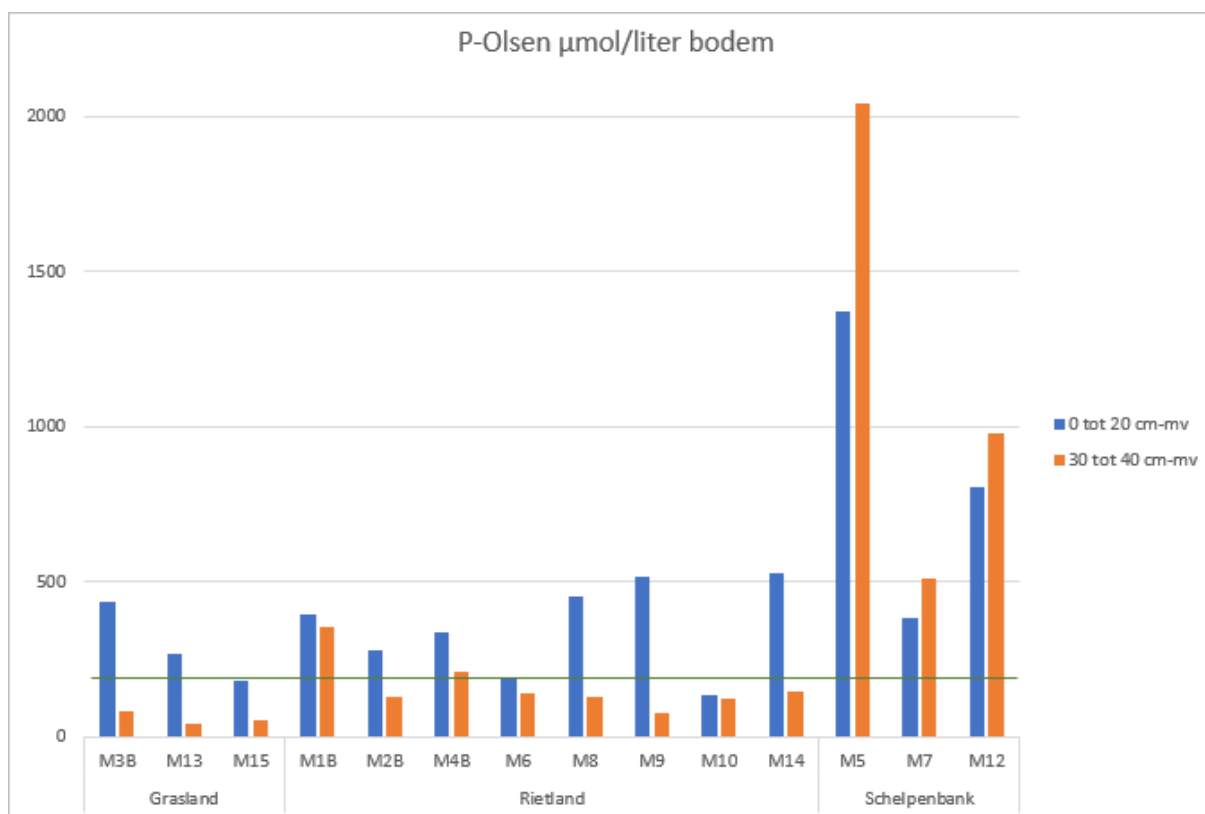
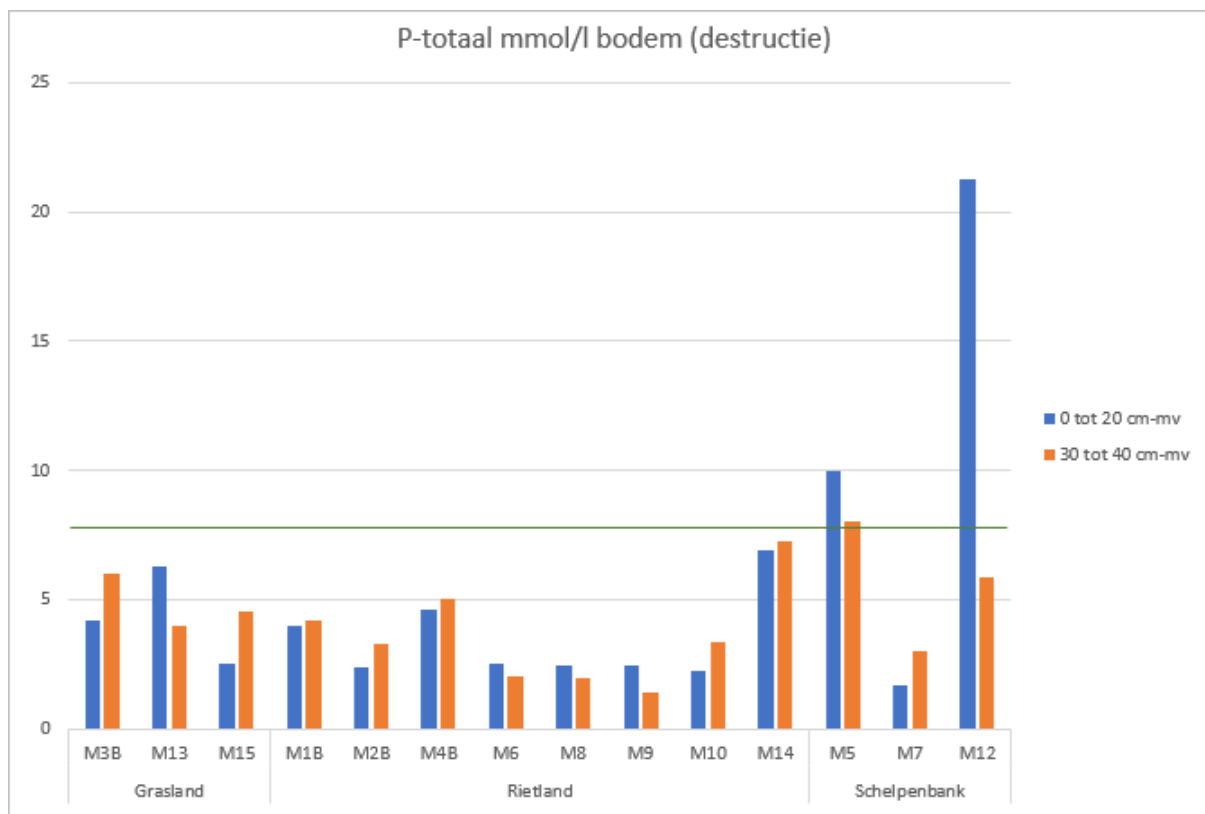
Vochtige bodem							Droge bodem						
Methode	NaCl-extractie		NaCl-extractie		Destructie		Olsen				NaCl-extractie		
Eenheid	μmol/l bodem		μmol/l bodem		mmol/l bodem		μmol/l bodem		massa%				
parameter	NO3-		NH4+		P- totaal		P		Organische stof		pH		
cm-mv	0-20	30-40	0-20	30-40	0-20	30-40	0-20	30-40	0-20	30-40	0-20	30-40	
Grasland													
M3B	4	3	90	10	4	6	436	84	37	2	6,29	7,65	
M13	2	2	56	24	6	4	269	42	5	4	6,76	6,84	
M15	3	4	100	31	3	5	182	56	34	0	6,43	7,65	
Rietland													
M1B	31	4	179	3	4	4	396	352	9	11	7,53	7,44	
M2B	3	4	86	18	2	3	281	131	72	4	6,39	6,77	
M4B	6	2	237	1	5	5	336	209	61	5	6,43	7,64	
M6	3	3	99	14	3	2	192	142	67	14	6,2	5,98	
M8	2	3	85	12	2	2	453	131	67	31	6,52	6,28	
M9	126	2	61	11	2	1	518	78	91	29	6,27	5,92	
M10	3	3	87	23	2	3	136	125	73	4	5,84	6,66	
M14	2	2	103	25	7	7	527	144	15	3	6,52	7,72	
Schelpenbank													
M5	121	53	177	65	10	8	1373	2044	2	1	7,95	9,23	
M7	24	27	105	50	2	3	382	510	3	1	8,19	9,25	
M12	141	9	182	69	21	6	808	981	10	1	7,28	8,64	

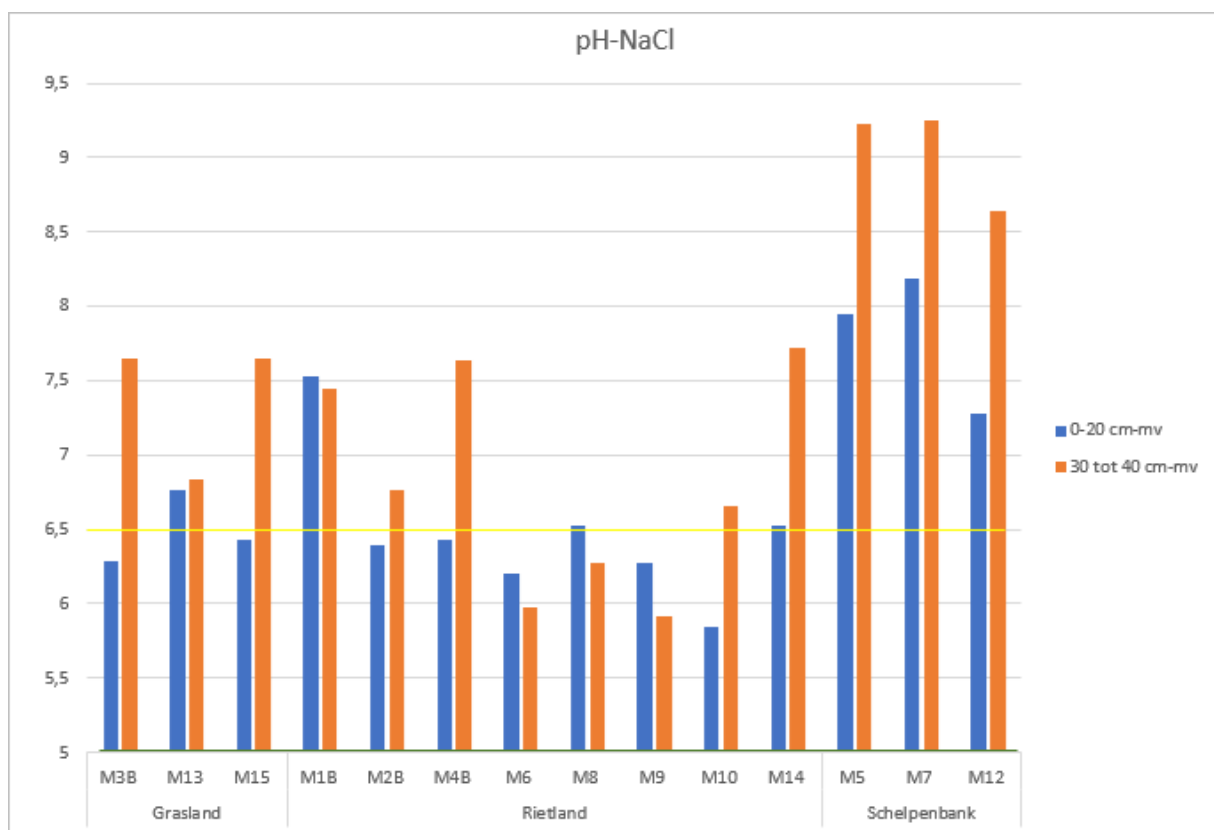
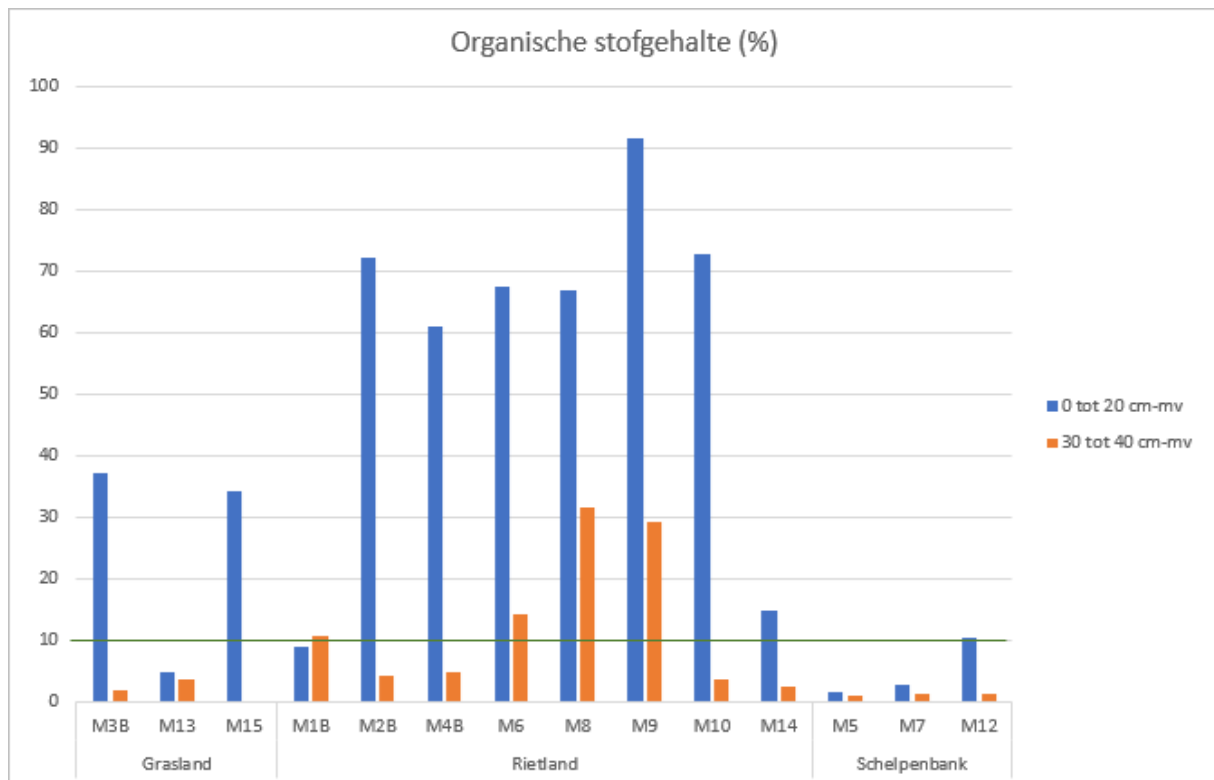
Voor de locaties zie figuur 7 in hoofdstuk 2. In onderstaande tabel worden de coördinaten van de meetpunten weergegeven.

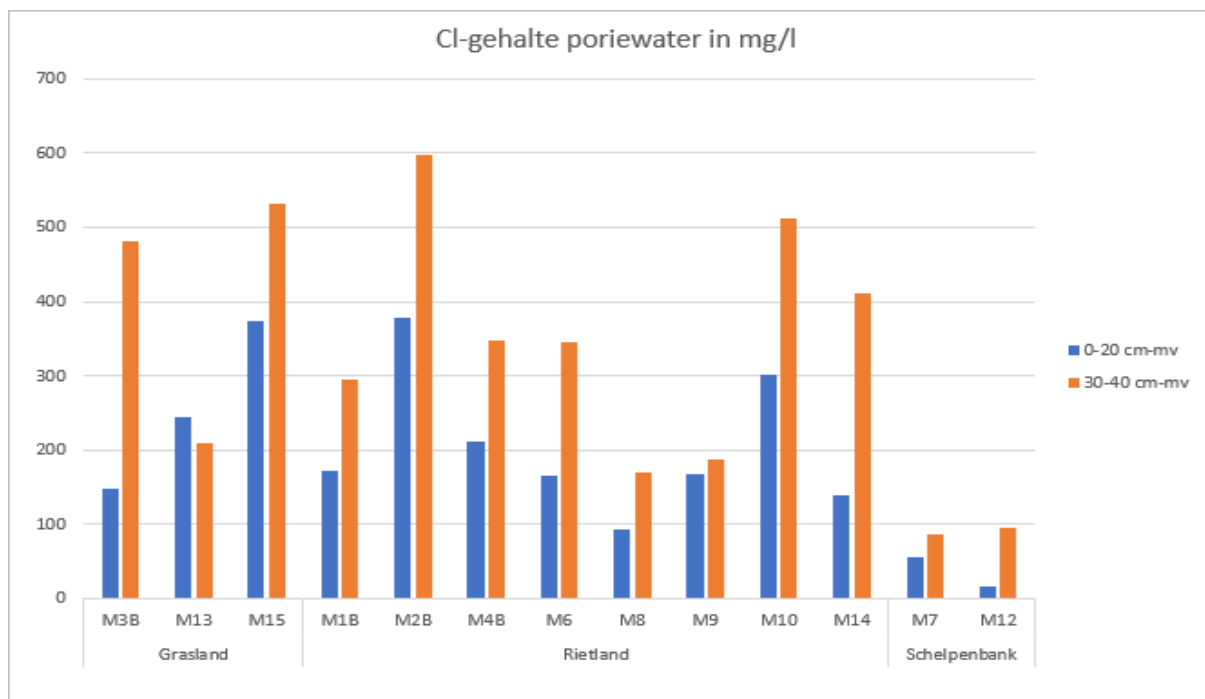
Meetpunt	POINT X	POINT Y
M1B	153568,8	564823,7
M2B	154117	563617
M3B	154835,9	563807,1
M4B	154950	564337,2
M5	153527	565234
M6	153756,1	564450,6
M7	153716,1	564279,9
M8	153925,4	564446,1
M9	154213,2	564014,3
M10	154061,8	563787,6
M12	154167	563478
M13	154528,8	564023,7
M14	154841	564160
M15	154498,8	563919,8

Hieronder worden de waarden in staafdiagrammen weergegeven. De lijn geeft de gewenste waarde weer.









Overzicht alle resultaten van de gemeten parameters

Droge bodem – Olsen + destructie

methode				Olsen	destructie											
eenheid	massa%	kg/l	massa%	μmol/ kg dw	mmol/kg dw											
			orga-													
parameter	vocht	bodem dichtheid	nische stof	P	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn	
M1B 0-10	47	0,86	9	463	14	526	10	2	8	0	14	5	23	10	0,2	
M1B 30-40	29	1,09	11	324	38	78	29	4	21	0	2	4	29	12	0,2	
M2B 10-20	91	0,09	72	3029	33	292	48	26	70	2	124	26	270	15	1,0	
M2B 30-40	43	0,84	4	156	45	49	26	5	25	0	11	4	29	13	0,4	
M3B 0-10	74	0,27	37	1602	70	184	58	19	46	1	19	15	72	13	0,7	
M3B 30-40	29	1,27	2	66	84	285	61	12	65	1	3	5	8	12	0,5	
M4B 10-20	88	0,12	61	2812	202	314	186	35	105	3	71	39	192	11	2,6	
M4B 30-40	46	0,77	5	271	82	241	70	14	59	1	8	6	59	13	0,7	
M5 0-10	6	1,22	2	1124	6	668	5	1	3	0	11	8	3	4	0,1	
M5 30-40	7	1,21	1	1687	4	3440	4	1	5	0	102	7	5	3	0,1	
M6 10-20	90	0,11	67	1796	128	389	80	26	81	1	90	24	220	11	1,4	
M6 30-40	65	0,43	14	329	49	39	26	7	20	0	14	4	28	13	0,4	
M7 0-10	8	1,13	3	338	5	857	3	1	2	0	17	2	2	4	0,0	
M7 30-40	6	1,32	1	387	5	3295	4	1	4	0	95	2	4	4	0,1	
M8 10-20	89	0,11	67	4093	24	378	42	20	60	3	42	22	138	11	0,7	
M8 30-40	77	0,23	31	572	59	127	36	10	39	1	11	8	75	13	0,6	
M9 10-20	91	0,09	91	5808	13	423	22	34	70	3	71	27	206	12	0,5	
M9 30-40	80	0,23	29	331	37	70	19	8	26	0	17	6	94	12	0,4	
M10 0-10	91	0,09	73	1454	75	343	66	16	76	2	122	24	255	14	1,0	
M10 30-40	47	0,82	4	153	63	46	32	8	25	0	11	4	36	12	0,5	
M12 0-10	37	0,98	10	822	58	2741	38	17	26	1	82	22	17	11	0,6	
M12 30-40	21	1,59	1	618	7	3748	5	1	6	0	112	4	5	7	0,1	
M13 0-10	30	1,14	5	236	85	132	54	12	56	1	1	5	9	12	0,2	
M13 30-40	22	1,15	4	37	40	19	24	4	18	0	1	3	7	10	0,2	
M14 0-10	53	0,55	15	957	108	114	62	18	44	1	11	13	63	13	0,8	
M14 30-40	27	1,32	3	109	88	201	60	12	66	1	2	6	15	11	0,6	
M15 0-10	70	0,34	34	532	62	68	32	9	28	1	16	7	50	12	0,5	
M15 30-40	32	1,21	0	46	38	139	26	4	35	0	3	4	6	9	0,2	

Droge bodem – NaCl-extractie

methode eenheid parameter	massa% vocht	NaCl-extractie μmol/kg dw												
		pH	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
M1B 0-10	47	7,53	36	210	52	23673	11	2766	3348	19	31	561	400	0,6
M1B 30-40	29	7,44	4	3	16	14032	6	1784	1768	12	64	1289	163	0,4
M2B 10-20	91	6,39	35	926	76	95213	298	12050	38541	301	137	3969	1773	5,9
M2B 30-40	43	6,77	5	22	24	9413	11	698	3055	4	3	618	84	0,6
M3B 0-10	74	6,29	17	329	37	50980	16	2938	13184	27	20	1262	333	4,9
M3B 30-40	29	7,65	2	8	5	12016	1	352	1262	4	1	312	110	0,3
M4B 10-20	88	6,43	53	1980	223	97934	122	7297	27727	177	17	3306	2705	5,3
M4B 30-40	46	7,64	3	2	10	16823	2	1827	2912	2	4	1273	111	0,8
M5 0-10	6	7,95	99	145	25	5615	3	279	300	0	59	126	56	0,3
M5 30-40	7	9,23	44	53	5	3850	1	182	137	0	45	114	48	0,2
M6 10-20	90	6,2	24	930	79	90059	179	7501	36804	146	66	2067	2707	6,3
M6 30-40	65	5,98	6	33	26	16911	31	1993	6365	28	5	1159	391	4,6
M7 0-10	8	8,19	21	92	6	5082	3	342	125	0	24	134	66	0,4
M7 30-40	6	9,25	20	38	5	3354	1	189	66	0	11	114	51	0,3
M8 10-20	89	6,52	15	771	31	79050	87	9443	29512	693	110	1073	2733	4,1
M8 30-40	77	6,28	12	51	109	36782	21	3826	14623	89	10	864	790	2,6
M9 10-20	91	6,27	1410	680	26	80595	51	10011	37178	229	166	3812	1603	4,1
M9 30-40	80	5,92	8	46	29	27875	14	5636	11777	69	26	2275	492	3,2
M10 0-10	91	5,84	27	931	152	97164	100	5852	37453	357	37	2626	1435	6,9
M10 30-40	47	6,66	3	28	9	11155	13	1111	3003	24	4	807	111	0,8
M12 0-10	37	7,28	144	186	1	24733	6	2110	1735	8	45	301	534	0,7
M12 30-40	21	8,64	6	43	9	5565	2	471	337	0	19	210	124	0,2
M13 0-10	30	6,76	2	49	1	13568	5	884	3521	7	5	194	243	0,8
M13 30-40	22	6,84	2	21	7	6769	3	501	1580	2	2	255	105	0,5
M14 0-10	53	6,52	3	186	7	25590	8	1768	6881	25	4	748	359	1,4
M14 30-40	27	7,72	2	19	24	12597	2	589	1748	3	1	381	52	0,3
M15 0-10	70	6,43	8	292	134	27095	32	1430	9729	37	12	1271	513	3,9
M15 30-40	32	7,65	3	26	15	8851	7	611	1585	7	3	389	66	0,4

Verse bodem – destructie

methode	Olsen μmol/liter bodem	destructie										
eenheid		mmol/liter bodem										
parameter	P	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	
M1B 0-10	396	12	450	8	2	7	0	4	19	8	0,1	
M1B 30-40	352	42	85	31	5	23	0	4	32	13	0,3	
M2B 10-20	281	3	27	4	2	7	0	2	25	1	0,1	
M2B 30-40	131	38	41	22	4	21	0	3	24	11	0,3	
M3B 0-10	436	19	50	16	5	13	0	4	20	4	0,2	
M3B 30-40	84	107	363	78	15	82	1	6	10	16	0,6	
M4B 10-20	336	24	38	22	4	13	0	5	23	1	0,3	
M4B 30-40	209	64	186	54	11	45	1	5	46	10	0,6	
M5 0-10	1373	8	816	6	1	4	0	10	4	5	0,1	
M5 30-40	2044	5	4167	5	1	6	0	8	6	4	0,1	
M6 10-20	192	14	42	9	3	9	0	3	24	1	0,2	
M6 30-40	142	21	17	11	3	9	0	2	12	6	0,2	
M7 0-10	382	5	968	4	1	2	0	2	3	5	0,1	
M7 30-40	510	6	4343	6	1	5	0	3	5	6	0,1	
M8 10-20	453	3	42	5	2	7	0	2	15	1	0,1	
M8 30-40	131	14	29	8	2	9	0	2	17	3	0,1	
M9 10-20	518	1	38	2	3	6	0	2	18	1	0,0	
M9 30-40	78	9	16	4	2	6	0	1	22	3	0,1	
M10 0-10	136	7	32	6	1	7	0	2	24	1	0,1	
M10 30-40	125	52	38	26	6	21	0	3	29	10	0,4	
M12 0-10	808	57	2693	38	17	25	1	21	17	11	0,6	
M12 30-40	981	11	5950	8	2	9	0	6	8	11	0,2	
M13 0-10	269	98	150	62	14	63	1	6	11	13	0,2	
M13 30-40	42	46	21	28	4	20	0	4	8	11	0,2	
M14 0-10	527	59	63	34	10	24	0	7	35	7	0,4	
M14 30-40	144	116	266	79	16	86	1	7	20	15	0,8	
M15 0-10	182	21	23	11	3	10	0	3	17	4	0,2	
M15 30-40	56	47	169	31	5	43	0	5	7	11	0,3	

Verse bodem: NaCl-extractie

methode eenheid parameter	NaCl-extractie μmol/l bodem											
	NO3-	NH4+	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	Zn
M1B 0-10	31	179	45	20248	9	2366	2864	16	27	480	342	0
M1B 30-40	4	3	18	15248	7	1938	1921	13	70	1401	177	0
M2B 10-20	3	86	7	8840	28	1119	3578	28	13	368	165	1
M2B 30-40	4	18	21	7901	9	586	2565	3	2	518	71	0
M3B 0-10	4	90	10	13884	4	800	3591	7	6	344	91	1
M3B 30-40	3	10	7	15303	2	448	1607	5	2	398	140	0
M4B 10-20	6	237	27	11704	15	872	3314	21	2	395	323	1
M4B 30-40	2	1	7	12977	2	1409	2246	1	3	982	86	1
M5 0-10	121	177	30	6858	3	340	367	0	72	154	68	0
M5 30-40	53	65	6	4665	2	221	166	0	54	138	58	0
M6 10-20	3	99	8	9629	19	802	3935	16	7	221	289	1
M6 30-40	3	14	11	7282	13	858	2741	12	2	499	169	2
M7 0-10	24	105	7	5746	4	386	141	0	27	152	75	0
M7 30-40	27	50	7	4422	2	249	86	0	14	150	67	0
M8 10-20	2	85	3	8744	10	1045	3265	77	12	119	302	0
M8 30-40	3	12	25	8455	5	879	3361	20	2	199	182	1
M9 10-20	126	61	2	7184	5	892	3314	20	15	340	143	0
M9 30-40	2	11	7	6521	3	1319	2755	16	6	532	115	1
M10 0-10	3	87	14	9117	9	549	3514	33	3	246	135	1
M10 30-40	3	23	7	9102	10	906	2450	20	3	659	90	1
M12 0-10	141	182	1	24299	5	2073	1704	8	44	295	524	1
M12 30-40	9	69	14	8833	4	748	535	0	30	333	197	0
M13 0-10	2	56	2	15495	6	1009	4021	7	6	222	278	1
M13 30-40	2	24	8	7783	3	576	1817	2	2	293	120	1
M14 0-10	2	103	4	14096	5	974	3790	14	2	412	198	1
M14 30-40	2	25	32	16614	2	777	2305	4	2	502	68	0
M15 0-10	3	100	46	9262	11	489	3326	13	4	434	175	1
M15 30-40	4	31	18	10751	8	742	1926	8	3	473	80	0

Poriewater

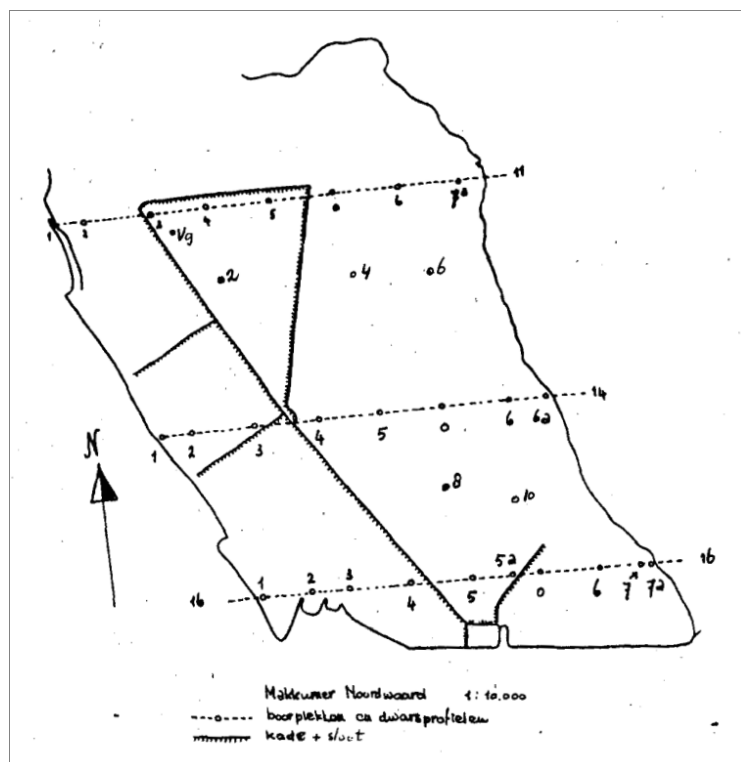
originele code	meq/l		μs/cm	μmol/l																	
	pH	alk	EGV	NO3	NH4	PO4	Na	K	Cl	HCO3	CO2	Al	Ca	Fe	Mg	Mn	P	S	Si	Zn	
M1B 0-10	7,03	6,56	989	1	11	3	4587	187	4844	6117	1385	1	2682	3	489	4	7	35	244	1	
M1B 30-40	6,74	7,02	1426	3	40	29	7023	535	8281	6402	2840	1	3347	15	622	6	45	643	196	0	
M1B A 50-100	6,85	9,04	1593	1	5	1	9059	203	10741	8599	2920	3	3870	3	667	4	3	72	204	0	
M1B B 170-200	6,87	12,50	1578	1	7	4	10282	298	14747	11798	3862	1	5731	2	1367	9	10	117	608	1	
M2B 10-20	6,28	3,16	1236	2	22	4	8444	233	10650	3184	4064	13	1395	56	776	5	10	116	140	0	
M2B 30-40	6,16	4,67	1526	1	51	7	13111	368	16822	3143	5228	8	2336	44	1241	5	25	368	132	0	
M2B 10-140	6,68	9,42	2076	1	7	1	11068	173	15306	7723	3861	6	4485	15	1335	8	2	159	170	1	
M3B 0-10	6,44	3,00	679	2	62	9	4348	126	4127	2524	2233	22	1228	105	434	13	25	104	253	3	
M3B 30-40	6,90	14,34	2174	1	19	1	8905	72	13581	13533	4115	1	6523	889	1125	23	3	219	385	0	
M3B 100-150	7,27	19,33	2930	1	4	1	18105	731	16096	17436	2267	0	4748	2	2607	7	3	280	854	0	
M4B 10-20	6,71	5,06	972	3	23	2	5695	177	5933	4444	2097	5	1800	153	761	12	31	63	458	1	
M4B 30-40	6,54	5,94	1303	1	27	1	7578	182	9786	4893	3400	1	2332	77	912	16	15	53	312	1	
M4B 130-170	7,83	17,66	1494	14	45	2	8840	378	9366	7164	257	481	8855	351	2038	35	81	511	932	17	
M6 0-10	6,23	1,76	601	11	44	1	4159	174	4675	1343	1901	11	692	24	399	2	3	62	415	1	
M6 30-40	6,26	2,94	1085	2	48	2	7222	130	9710	2342	3116	9	1441	79	688	2	5	151	206	1	
M7 0-10	7,26	2,51	385	9	29	3	1411	73	1581	2324	309	2	1160	1	214	0	5	62	314	0	
M7 30-40	7,00	2,04	431	4	73	2	1921	132	2458	1822	443	3	995	2	225	0	16	89	301	1	
M8 10-20	6,35	2,63	496	2	25	3	2412	179	2660	2597	2795	8	865	32	453	9	8	39	260	1	
M8 40	6,44	5,17	921	1	70	8	5007	525	4798	4769	4211	5	1643	43	917	22	27	250	229	1	
M9 10-20	6,43	2,23	607	5	16	8	4299	294	4696	1527	1373	5	579	4	356	2	14	71	152	0	
M9 30-40	5,53	2,30	1141	1	94	21	7010	1489	5255	288	2050	17	1193	7	879	10	62	2098	186	0	
M10 0-10	6,16	2,73	956	2	25	5	6552	290	8475	1829	3084	9	1088	45	569	15	9	73	155	3	
M10 30-40	6,08	2,95	1547	1	38	8	10915	355	14431	1731	3477	8	1687	69	877	7	23	301	169	0	
M12 10-20	7,73	4,90	481	56	23	13	1836	263	419	5059	226	1	1598	1	207	0	15	94	459	1	
M12 30-40	7,37	5,60	808	4	11	3	3642	250	2694	5478	558	0	2197	0	467	0	3	148	381	0	
M13 0-10	6,25	2,63	830	1	46	3	5299	325	6915	2325	3129	7	1029	20	581	7	13	54	370	14	
M13 30-40	6,88	5,75	980	1	32	4	5502	232	5901	5146	1627	1	1979	24	740	5	9	56	288	1	
M14 0-10	6,75	4,30	727	2	34	1	3746	161	3915	3851	1654	4	1500	95	594	6	7	44	265	0	
M14 30-40	6,83	10,50	1876	1	73	1	8867	412	11588	9747	3458	2	4630	274	1185	9	23	618	276	2	
M15 0-10	6,35	4,19	1270	2	36	5	8445	215	10499	3270	3503	12	1735	106	868	10	11	160	349	2	
M15 30-40	6,67	9,44	2108	1	22	0	10371	159	14984	9188	4722	2	4716	213	1212	13	3	159	351	1	

Bijlage 16 – Meetresultaten 1980

CaCO₃, organische stof en pH in 1980 (Slager, 1983). Locaties 8, 10 (grasland, M3B) en 16.3 (rietland in de buurt van M2B) liggen binnen de zoekgebieden.

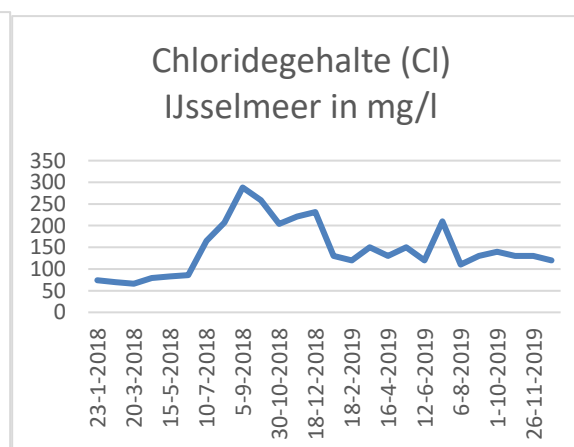
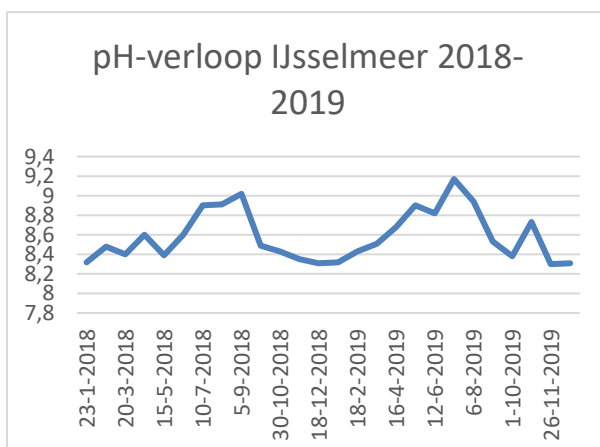
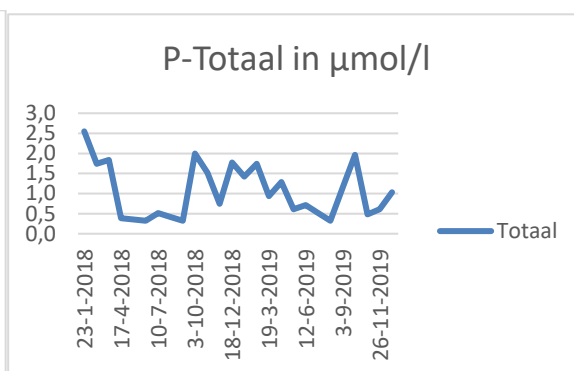
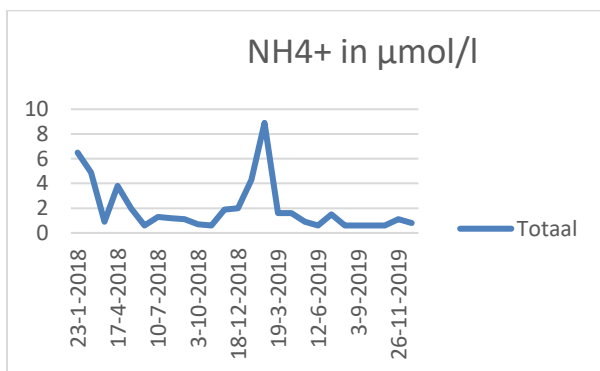
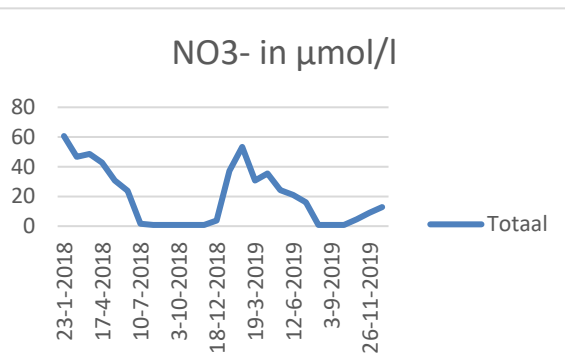
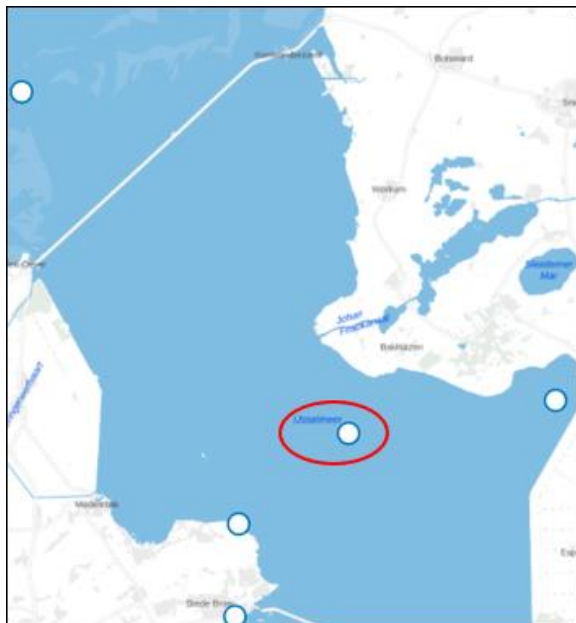
Tabel 1. Gegevens over de bodemsamenstelling op enkele plekken op de Makkumer Noordwaard, 1980

Plek*	Laag	% in stoofdroge grond					pH in veldv. grond	
		CaCO ₃	Organische stof	Lutum	Zand	U	H ₂ O	KCl
V 9	0-20 zode los veen	2,1	59,5	8,4			6,5	6,2
	20-25 kalkloos zand	0,2	0,6	0,3	97,2	87	7,5	7,1
	25-50 kalkhoudend zand	0,6	0,2	0,2	97,9	82	8,4	8,4
2	0-20 zode los veen	0,3	55,1	2,5			6,3	6,0
	20-30	0,2	1,2	0,4	96,6	85	8,0	8,0
	30-50	0,8	0,1	0,2	97,8	83	8,5	8,5
4	0-11 zode, veen	0	42,2	4,8			5,3	5,1
	11-17	0,1	1,4	1,0	96,9	91	6,7	6,4
	17-50	3,6	0,7	3,0	88,9	115	7,8	7,8
6	0-12 zode, veen	0,1	29,2	4,6			5,8	5,5
	12-21	0,1	1,2	1,1	95,8	100	6,9	6,6
	21-50	3,4	0,8	3,7	87,9	127	7,7	7,6
8	0- 9 zode, veen	0,1	60,5	4,3			4,9	4,6
	9-14	0,1	1,0	1,4	96,3	94	6,8	6,7
	14-50	2,4	0,4	1,7	93,8	103	8,1	8,0
10	0- 7 zode, veen	0,1	29,0	4,8			5,2	4,9
	7-12	0,3	1,1	0,9	95,7	99	7,0	6,8
	12-50	2,9	0,5	2,5	90,7	110	7,9	7,9
16.0	0-12 zode	0,1	9,3	2,8			6,4	6,0
	12-15	1,2	0,9	1,5	93,4	113	7,9	7,7
	15-50	2,4	0,4	3,0	92,7	111	8,4	8,1
16.3	0-20 zode	0,1	39,8	10,0			5,7	5,4
	20-25	0,1	2,4	0,9	96,9	86	6,3	5,9
	25-50	1,5	0,2	0,9	97,0	87	8,4	8,4



Bijlage 17 – Locatie en meetresultaten IJsselmeerwater

Waterkwaliteit IJsselmeerwater locatie Vrouwenzand over de periode 2018-2019 (Rijkswaterstaat z.d.)



Bijlage 18 – Overzicht mogelijke maatregelen

Grasland

Naam	Maatregel	Doel	Toelichting
Mark + Sytske	Subtiel plaggen	Verhogen pH	Organische laag verwijderen tot op minerale bodem.
Henk	Gefaseerd plaggen	Verhogen pH + terugkeer kalkminnende soorten	Niet alles in 1x plaggen voor behoud moederplanten.
Germ	Proefvlakken plaggen	Verhogen pH + Reactie van vegetatie op diverse plagmethoden in kaart brengen	Bijvoorbeeld een proefvlak waar 10 cm afgeplagd wordt en een vlak van 20 cm. Dieptes en locaties afhankelijk van wat er uit de metingen naar voren komt.
Mark	Verwijderen (deel) riet oostkant vak F	Uitbreiden areaal grasland + extra instroom gebufferd IJsselmeerwater	Uitbreiden grasland naar rietland richting IJsselmeer (oostkant).
Sytske	Rietdrempel oostkant afvlakken	Inlaten gebufferd IJsselmeerwater	Zorg dat het basische water het grasland kan bereiken. Door afvlakken van de rietdrempel kan het water er een paar keer per jaar overheen stromen. Ook afvoer creëren. Zo natuurlijk mogelijk maar wel zorgen voor mogelijkheid om te sturen (bijvoorbeeld keerklep of overstort).
Sytske	Aanleg greppelstelsel	Inlaten gebufferd IJsselmeerwater en uitlaat regenwater	Door aanleg van bijvoorbeeld een greppelstelsel ervoor zorgen dat gebufferd IJsselmeerwater aangevoerd kan worden en zuur regenwater afgevoerd.
Germ	Graven slenk	Lokstroom vissen voor vak ten noorden van grasland + gradiënt in grasland	Vanuit vak E een slenk, met zeer flauwe taluds (bijvoorbeeld van ca 1:20 tot 1:30) door het grasland, die het water afvoert naar het IJsselmeer. Diepte en breedte van slenk nog bepalen. Het afstromende water vormt een lokstroom voor vissen.
Henk	Verwijderen (deel) van struweel	Verminderen stikstofdepositie in grasland	Wilgenstruweel zorgt voor invang van stikstof, hierdoor is op tientallen meters afstand vanaf de boom sprake van verhoogde stikstofdepositie.

Overzicht maatregelen en beoogde doelen zoals aangegeven door collega's en literatuur grasland

Schelpenbank

Naam	Maatregel	Doel	Toelichting
Germ, Henk en Syske	Schelpenbank afvlakken richting het riet (oosten)	Verspreiden kalk, creëren geleidelijke gradiënt en uitbreiding areaal grasland	Eerst moet het riet gemaaid en afgevoerd worden en dan de schelpenbank wat uitduwen richting het riet. Dit creëert geleidelijke gradiënt; kalkrijk – kalkarmer, nat-droog, hoog – laag etc. Belangrijk is om goed te kijken waar de schelpenbank breed genoeg is om dit principe toe te passen. Er zijn plaatsen bij waar de bank te smal is en er mogelijk met storm anders een doorbraak zou kunnen komen.
Chris + Germ	Schrappen	Verhogen pH	Organische laag verwijderen tot op minerale bodem. Schrappen is vergelijkbaar met plaggen vind oppervlakkiger plaats
Germ	Aanleg beheerpad	Vertragen/ tegenhouden successie door beheer	De schelpenbank is op sommige plekken behoorlijk smal en onbereikbaar waardoor beheer van de schelpenbank nagenoeg niet mogelijk
Mark	Plaggen + zoombeheer rietland	Uitbreiding areaal grasland	Zo plaggen dat het water (zuur regenwater) naar het IJsselmeer afstroomt. Je wilt voorkomen dat er een stagnante laag (kom) in het grasland komt waar het zure regenwater stagneert.
Henk	Wilgenstruweel en -opslag verwijderen	Uitbreiding areaal grasland en verminderen stikstofdepositie	Op de schelpenbank staan veel wilgenstruwelen. Door verwijdering van de wilgenstruwelen in combinatie met botanisch wordt het areaal grasland uitgebreid. Voor behoud moet het beheer consequent worden uitgevoerd (1x per jaar maaien en afvoeren).

Overzicht maatregelen en beoogde doelen zoals aangegeven door collega's en literatuur

Medewerker	Functie	Expertise
Chris Bakker	Adjunct directeur IFG + hoofd afdeling Natuurkwaliteit	Ecologische + gebiedskennis
Germ van der Burg	Districtshoofd West (waaronder de Friese IJsselmeerkust valt)	Gebiedskennis
Mark Hilboezen	Medewerker Natuurkwaliteit	Eco(hydro)logische metingen: kennis en materiaal
Henk Jager	Medewerker cartografie vegetatie	Vegetatie en gebiedskennis
Syske Rintjema	Specialist natuurkwaliteit	Uitvoering maatregelen en beheer en kritische denker