

Disclaimer:

Dit rapport is het resultaat van onderzoek dat is verricht in het kader van de MIRT Verkenning Grevelingen. De Bestuurscommissie MIRT Grevelingen heeft kennis genomen van de inhoud van dit rapport. Het rapport heeft bijgedragen aan gedachtevorming binnen de Bestuurscommissie Grevelingen over denkbare, mogelijke en wenselijke, ontwikkelingen voor de toekomst van de Grevelingen.

Het betreffende onderzoeksrapport kan niet noodzakelijkerwijs rekenen op instemming van de Bestuurscommissie MIRT Grevelingen of de organisaties die in de Bestuurscommissie vertegenwoordigd zijn. De verantwoordelijkheid voor de inhoud van dit rapport ligt bij de opsteller. Het rapport heeft geen verdere status dan onderzoeksrapport. Aan het rapport kunnen geen rechten worden ontleend.

Om betrokkenen en geïnteresseerden in staat te stellen actief mee te denken over de toekomst van de Grevelingen, hecht de Bestuurscommissie Grevelingen aan maximale openbaarheid van de onderzoeken die binnen de MIRT Verkenning Grevelingen worden uitgevoerd. Opgeleverde onderzoeksrapporten zijn daarom via de website www.toekomstgrevelingen.nl voor een ieder in te zien en te downloaden.

Eind 2011 zal de Bestuurscommissie Grevelingen een voorkeursbeslissing voorleggen aan het BO MIRT. Op dat moment wordt ook een verkenningenrapport opgeleverd waarin de Bestuurscommissie een toelichting geeft op de gemaakte keuzes.



Herintroductie getij in de Grevelingen en effecten op natuur in intergetijdengebieden









R.J.W. van de Haterd
W. Lengkeek
S. Bouma
M.T. Collombon

Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu

Herintroductie getij in de Grevelingen en effecten op natuur in intergetijdengebieden

R.J.W. van de Haterd
W. Lengkeek
S. Bouma
M.T. Collombon

Afbeelding voorkaft: Slikken van Flakkee (midden), videostill van www.grevelingen.nl

Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu
Postbus 365, 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345 - 512710, Fax 0345 - 519849
e-mail wbb@buwa.nl website: www.buwa.nl

opdrachtgever: Rijkswaterstaat Dienst Zeeland; dhr. J.W. Slager

18 juni 2010
rapport nr. 10-079

Status uitgave:	Eindrapport
Rapport nr.:	10-079
Datum uitgave:	18 juni 2010
Titel:	Herintroductie getij in de Grevelingen en effecten op natuur in intergetijdengebieden
Samenstellers:	Drs. R.J.W. van de Haterd Dr. W. Lengkeek Drs. S. Bouma MSc. M.T. Collombon
Aantal pagina's inclusief bijlagen:	70
Project nr.:	10-050
Projectleider:	Drs. S. Bouma
Naam en adres opdrachtgever:	Rijkswaterstaat Dienst Zeeland t.a.v. dhr. J.W. Slager Postbus 5014, 4330KA Middelburg
Referentie opdrachtgever:	Opdrachtbevestiging van 11 februari 2010 met kostenplaats/kostenactiviteit P.000724/4059186/0010.
Akkoord voor uitgave:	Teamleider Aquatische Ecologie drs. A. Bak
Paraaf:	



Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv; opdrachtgever vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Rijkswaterstaat Dienst Zeeland

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder vooraf-gaande schrif-telijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001:2000.

Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345 - 512710, Fax 0345 - 519849

e-mail wbb@buwa.nl website: www.buwa.nl

Inhoud

1 Inleiding 5
2 Materiaal en methoden 7
2.1 Literatuurstudies 7
2.2 Inschatting effecten 7
3 De huidige situatie 11
3.1 Vegetatie 11
3.2 Bodemdieren 13
4 Autonome ontwikkeling 17
4.1 Inleiding 17
4.2 Autonome ontwikkeling vegetaties 17
4.3 Vegetatie in 2050 18
4.4 Autonome ontwikkeling bodemdieren 18
4.5 Bodemdieren in 2050 19
5 Effecten herintroductie getij 21
5.1 Aannames en uitgangspunten 21
5.1.1 Aannames getij extremen en waterpeil 21
5.1.2 Aannames oeververdediging en vegetatiezonering 22
5.1.3 Aannames arealen en erosieprocessen 22
5.2 Effecten op vegetatie 23
5.2.1 Effecten op de algemene vegetatiezonering 23
5.2.2 Gebiedsspecifieke uitwerking 24
5.3 Effecten op bodemdieren 29
5.3.1 Belangrijke factoren voor bodemdieren en verwachte effecten van getij 30
5.3.2 Microgetij situaties 32
6 Mogelijk toekomstige rol *Spartina anglica* 35
6.1 Huidige voorkomen 35
6.2 Inschatting effecten herintroductie getij 36
7 Discussie 39
7.1 Bedreigingen en mitigerende maatregelen 39
7.2 Verbinding Grevelingen met Krammer-Volkerak 39
7.3 Leemten in kennis 39
8 Conclusies 41
9 Literatuur 45

Bijlagen 49
Bijlage 1 Resultaten literatuurstudie 'Plantengroei op schorren: factoren en zonering' 51
Bijlage 2 Resultaten literatuurstudie 'Engels slijkgras (*Spartina anglica*)' 59
Bijlage 3 Huidige situatie oevers en vegetaties intergetijdengebieden 65
Bijlage 4 Gecombineerde diepte/hoogtekaart 69

1 Inleiding

In 2008 is een eerste verkenning uitgevoerd naar de mogelijkheden voor herintroductie van getij in het Grevelingenmeer en welke varianten (amplitude van het getij en locatie doorlaatmiddel) daarvoor het meest haalbaar zijn (Witteveen & Bos, 2009). In deze verkenning zijn eerst knelpunten ten aanzien van beleidsdoelstellingen in beeld gebracht ('Notitie knelpunten autonome ontwikkeling; Bouma *et al.,* 2008) en vervolgens zijn mogelijke maatregelen onderzocht om deze knelpunten op te lossen ('Notitie bouwstenen en kansrijke oplossingsrichtingen'; Turlings *et al*., 2009).

Herintroductie van getij in het Grevelingenmeer heeft onder andere invloed op het areaal intergetijdengebied en de natuurwaarden in dit gebied. Tijdens de hierboven genoemde verkenning was echter de beschikbare informatie te beperkt om gedetailleerde uitspraken te doen over de effecten op intergetijdengebieden. Effecten op arealen zijn in deze verkenning bijvoorbeeld ingeschat aan de hand van een interpolatie tussen dieptegegevens van 2003 en hoogtegegevens (Algemeen Hoogtebestand Nederland, AHN). Bij deze interpolatie is een dieptekaart tot NAP -1,2 m gecombineerd met een laseraltimetribeeld (hoogtekaart) voor de droogvallende delen. Bij gebrek aan nauwkeurige dieptegegevens in de zone van globaal -1,2 m NAP tot -0,2 m NAP is het areaal van deze zone ingeschat via een lineaire interpolatie tussen beide kaarten. In werkelijkheid leidt deze methode tot een overschatting van arealen, omdat de oevers op veel plaatsen niet geleidelijk aflopen in de tussenliggende zone, maar een hol profiel hebben (notitie De Jong, oktober 2008). Dit profiel is een resultaat van een combinatie van de aanwezigheid van oeververdedigingen (direct en/of indirect) en oevererosie in de ondiepe zone. De in de verkenning berekende arealen zijn derhalve een eerste grove inschatting en dienden uitsluitend om effecten van de verschillende varianten voor herintroductie van getij onderling te vergelijken.

Tijdens de verkenning ontbrak het aan gedetailleerde informatie ten aanzien van huidige natuurwaarden in de intergetijdengebieden. Hierdoor is geen gedetailleerde beschrijving van effecten op natuurwaarden in intergetijdengebieden opgesteld, maar is slechts op hoofdlijnen ingegaan op verwachte effecten.

Om beter inzicht te krijgen in de invloed van verschillende getijvarianten op zowel arealen intergetijdengebied als de natuurwaarden binnen deze gebieden, is door Rijkswaterstaat Dienst Zeeland een zogenaamde 'Werkgroep Natuur' opgericht. In het kader van deze werkgroep heeft Rijkswaterstaat aan Bureau Waardenburg opdracht verstrekt om nader onderzoek te doen naar de effecten op natuurwaarden (vegetatie en bodemdieren) en de mogelijk toekomstige rol van Engels slijkgras *Spartina anglica* in de intergetijdengebieden.

Effecten op arealen bepalen in belangrijke mate de effecten op natuurwaarden. Hoewel sinds de eerste verkenning bij de Slikken van Flakkee en Hompelvoet in 2009 aanvullende diepte/hoogte gegevens zijn verzameld met behulp van groene laser, bleek het ook in deze studie nog niet mogelijk om nauwkeurige arealen te berekenen. Wel zijn

in deze studie de gegevens over oeververdedigingen gebruikt, die zijn geïnventariseerd door Dick de Jong en Dirk van Maldegem (Van Maldegem & De Jong, 2010).

2 Materiaal en methoden

2.1 Literatuurstudies

Eerst is een algemene literatuurstudie uitgevoerd naar factoren die van invloed zijn op de plantengroei en de zonering in intergetijdengebieden. Hierbij is gebruik gemaakt van zowel nationale als internationale literatuur en is binnen Bureau Waardenburg aanwezige kennis op het gebied van schorherstel en –ontwikkeling in andere gebieden in het Deltagebied, zoals de Westerschelde en de Oosterschelde, geraadpleegd.

Daarnaast is specifiek een beknopte literatuurstudie uitgevoerd naar de eisen die Engels slijkgras (*Spartina anglica*) stelt aan zijn leefmilieu om een inschatting te kunnen maken van de mogelijk toekomstige rol van Engels slijkgras in het Grevelingenmeer.

De resultaten van beide literatuurstudies zijn opgenomen in respectievelijk bijlage 1 en bijlage 2. Deze resultaten zijn meegenomen bij het inschatten van effecten van herintroductie van het getij op de algemene vegetatiezonering (§ 4.2.1), de gebiedsspecifieke uitwerking (§ 4.2.2) en de inschatting van de mogelijk toekomstige rol van *Spartina anglica* (hoofdstuk 5).

2.2 Inschatting effecten

Beschouwde getijvarianten

Er zijn drie alternatieven in beschouwing genomen:

T50 getijslag van 50cm rondom -10cm NAP (GLW: -35 en GHW: +15 cm NAP);
T75 getijslag van 70cm rondom -20cm NAP (GLW: -55 en GHW: +15 cm NAP);
T100 getijslag van 100cm rondom -20cm NAP (GLW: -70 en GHW: +30 cm NAP).

Bij alle alternatieven wordt bij hoogwater en bij laagwater de doorlaat in de Brouwersdam enige tijd (ordegrootte 1 uur) gesloten om zo een hoogteverschil met het buitenwater op te bouwen, opdat er een groter energierendement wordt gehaald uit het in- en uitstromende water ten behoeve van de realisatie van een mogelijke getijdencentrale. Dit leidt tot verlengde kenteringperiodes in de Grevelingen (De Jong, 2009).

Effecten op arealen

Om de arealen intergetijdengebied te kunnen bepalen is een hoogte/dieptekaart nodig voor de gehele zonering. Daarom is een samengestelde hoogtekaart gemaakt op basis van de volgende, door Rijkswaterstaat aangeleverde, informatie:

- op het land (gedefinieerd op basis van de vegetatiekaart) is gebruik gemaakt van AHN-gegevens 5x5 meter;
- voor het water is gebruik gemaakt van de dieptegegevens (lodingen), voorzover deze beschikbaar waren;

- voor de gebieden die overbleven (ondiep water) is gebruik gemaakt van de groene lasergegevens uit 2009;

Daarnaast is gebruik gemaakt van een kaart met daarop de aanwezigheid van directe – en indirecte oeververdedigingen en een inschatting van verwachte effecten van de verschillende getijvarianten op erosieprocessen bij de verschillende typen oeververdedigingen (Van Maldegem & De Jong, 2010).

Effecten op natuurwaarden

Om een inschatting te maken van effecten op natuurwaarden is eerst informatie verzameld over de huidige situatie ten aanzien van vegetaties en bodemdieren op de locaties waar nieuwe intergetijdengebieden zouden kunnen ontstaan. De huidige situatie voor vegetaties is beschreven aan de hand van een vegetatiestructuurkaart uit 2005. Door koppeling van de ruwe data van deze structuurkaart aan AHN gegevens is tevens de hoogteligging van de verschillende vegetatietypen bepaald. Dit is gedaan om te kunnen beoordelen welke huidige vegetatietypen direct beïnvloed zullen worden bij de verschillende getijvarianten (50 cm, 70 cm en 100 cm).

Gedetailleerde gegevens over bodemdieren op de locaties waar nieuwe intergetijdengebieden zouden kunnen ontstaan, zijn voor zover bekend niet beschikbaar. Voor het beschrijven van de huidige situatie ten aanzien van bodemdieren is daarom gebruik gemaakt van resultaten van jaarlijkse bemonsteringen in het westelijke (rondom Hompelvoet) en oostelijke deel (Bocht van St. Jacob) van het Grevelingenmeer uitgevoerd door het NIOO-CEME (ruwe gegevens aangeleverd door RWS).

Vervolgens is een inschatting gemaakt van effecten van verschillende getijvarianten op vegetaties waarbij onderscheid is gemaakt tussen effecten op de algemene vegetatiezonering in het Grevelingenmeer (§ 4.2.1) en gebiedspecifieke effecten (§ 4.2.2). Bij effecten op de algemene vegetatiezonering is vooral beoordeeld in hoeverre de huidige vegetatietypen op kunnen schuiven naar hoger gelegen gebieden. Voor gebiedsspecifieke effecten is aan de hand van de gekoppelde vegetatiestructuurkaart en AHN gegevens eerst gekeken naar de vegetatiezones die beïnvloed worden bij de verschillende getijvarianten. Vervolgens is bepaald wat er met de vegetaties gaat gebeuren (bv. opschuiven, verdwijnen, afname, toename, nieuw ontwikkelen), waarbij rekening is gehouden met de huidige situatie (bijlage 3 en literatuur), factoren die van invloed zijn op de plantengroei en de zonering in intergetijdengebieden (resultaten literatuurstudie; zie bijlage 1), de aanwezigheid van directe en indirecte vooroever-verdedigingen (zie bijlage 3) en de verwachte erosieprocessen. De expert-inschatting op basis van deze gegevens is uitgevoerd door Anton van Haperen, Allard van Leerdam (beide Staatsbosbeheer) en Rob van de Haterd (Bureau Waardenburg).

Voor het beschrijven van effecten op bodemdieren is eerst in zijn algemeenheid ingegaan op factoren die van invloed zijn op het voorkomen van bodemdieren. Vervolgens is op basis van deze factoren, de huidige situatie en de verwachte

erosieprocessen een inschatting gemaakt van effecten van de verschillende getijvarianten op bodemdieren.

Mogelijk toekomstige rol *Spartina anglica*

Voor de inschatting van de mogelijk toekomstige rol van Engels slijkgras in het Grevelingenmeer is gebruik gemaakt van de resultaten van de beknopte literatuurstudie, specifieke gegevens ten aanzien van het huidige voorkomen in het Grevelingenmeer en de verwachte leefomstandigheden in de nieuwe intergetijdengebieden.

3 De huidige situatie

3.1 Vegetatie

De Grevelingen bevat ongeveer evenveel zout als het kustwater van de Noordzee, te weten 17 g Cl-/l. De Grevelingen heeft een streefpeil van -0,2 m NAP. Sinds 21004 wordt dit in de vogelbroedperiode (april-juli) verlaagd tot -0,26 m NAP. Mede als gevolg van windinvloeden fluctueren de waterstanden in praktijk tussen de -0,1 en -0,3 m NAP.

De Grevelingen kent een typische estuarine textuurgradiënt van grofzandige, slibarme bodems in het westen naar fijnzandige, silbrijke bodems in het oosten. Een dergelijke gradiënt is ook aanwezig van de platen (eilanden) in het midden naar de randen (Nienhuis, 1985). Dit geldt echter alleen nog voor de ondiepe delen, de diepere delen zijn inmiddels overal bedekt met een laag slib (mondelinge mededeling W. Lengkeek). De eilanden bevatten over het algemeen minder dan 1,5% lutum (kleiarm zand). Op de Slikken van Flakkee en aan de oostkant van Hompelvoet en de Veermansplaat is het lutumgehalte 1,5-3%. Op de Slikken van Bommenede en Slik voor Dijkwater is het lutumgehalte 1,5-8% (Menting & Slager, 1997; zie figuur 4). Na de afsluiting en 20 cm peilverlaging vielen de platen droog en trad ontzilting op, die op de zandige delen sneller verloopt. Op de voormalige schorren ontwikkelden zich ruigtes met wilgenroosje, akkerdistel en duinriet en struwelen met vlier of wilg. Op de meer zandige delen ontwikkelden zich duinvalleivegetaties op de vochtige delen en duindoornstruwelen of duingraslanden op de droge (Nienhuis, 1985).

Voor de beschrijving van de huidige situatie is gebruik gemaakt van de vegetatiestructuurkaart van Rijkswaterstaat uit 2005 (Anonymus, 2006). Op basis van deze kaart wordt onderscheid gemaakt tussen zilte pioniers (zeer open vegetaties met zouttolerante planten zoals zeekraal en melkkruid), zilt grasland (min of meer gesloten graslanden met zouttolerante grassen zoals kweldergras en zilte rus), overstromingsgrasland (min of meer gesloten grasland met soorten van zoet of brak milieu zoals fioringras, zilte zegge en aardbeiklaver) en duinvalleivegetaties (meestal vrij open en kruidenrijke vegetaties met zoutmijdende soorten zoals parnassia, rietorchis, vleeskleurige orchis, dwergzegge en moeraswespenorchis). Door het beperkte detailniveau is er in werkelijkheid echter meer variatie in vegetatie en abiotiek dan op grond van deze kaart blijkt. Het belangrijkste algemene punt is dat de duinvalleivegetaties eigenlijk opgedeeld moeten worden in een natte en een droge variant. De natte duinvalleivegetaties hebben permanent hoge grondwaterstanden, meestal als gevolg van kwelwater. Ze zijn veelal verwant aan de knopbiesassociatie en zijn rijk aan duinvalleisoorten, zoals moeraswespenorchis, vleeskleurige orchis en groenknolorchis. De best ontwikkelde vormen hiervan komen voor op de Veermansplaat. De droge variant heeft grondwaterstanden die in de zomer meer dan 50 cm wegzakken. Ze hebben meer kenmerken van vochtige schraallanden dan van duinvalleivegetaties (Van Haperen, 2009). Ook in deze vegetaties komen bijzondere soorten voor, zoals slanke gentiaan, herfstschroeforchis, harlekijn, gelobde maanvaren en

gewone vleugeltjesbloem. De best ontwikkelde vormen van dit type komen voor op Hompelvoet (De Kraker, 2008; Van Haperen, 2009).

De Grevelingen kent momenteel op beperkte schaal zoutminnende vegetaties langs de randen van de voormalige platen. De grootste oppervlaktes liggen op de Slikken van Flakkee, de Veermansplaat, de Slikken van Bommenede en Hompelvoet. In totaal komt er ongeveer 370 ha zilte vegetaties voor (inclusief de vrij ijl begroeide pioniervegetaties). De omvang van de zoutvegetaties op de Veermansplaat lijken tussen 1987 en 2001 weinig veranderd (Keizer, 1987; Van Dijk & Inberg, 2002; Anonymus, 2006). Daarentegen zag De Kraker (2008) op de Veermansplaat de knopbiesvegetaties opschuiven in de richting van de oever, hetgeen een afname van zoutvegetaties zou betekenen. Menting en Slager (1997) constateerden ook een afnemend areaal zilte vegetaties.

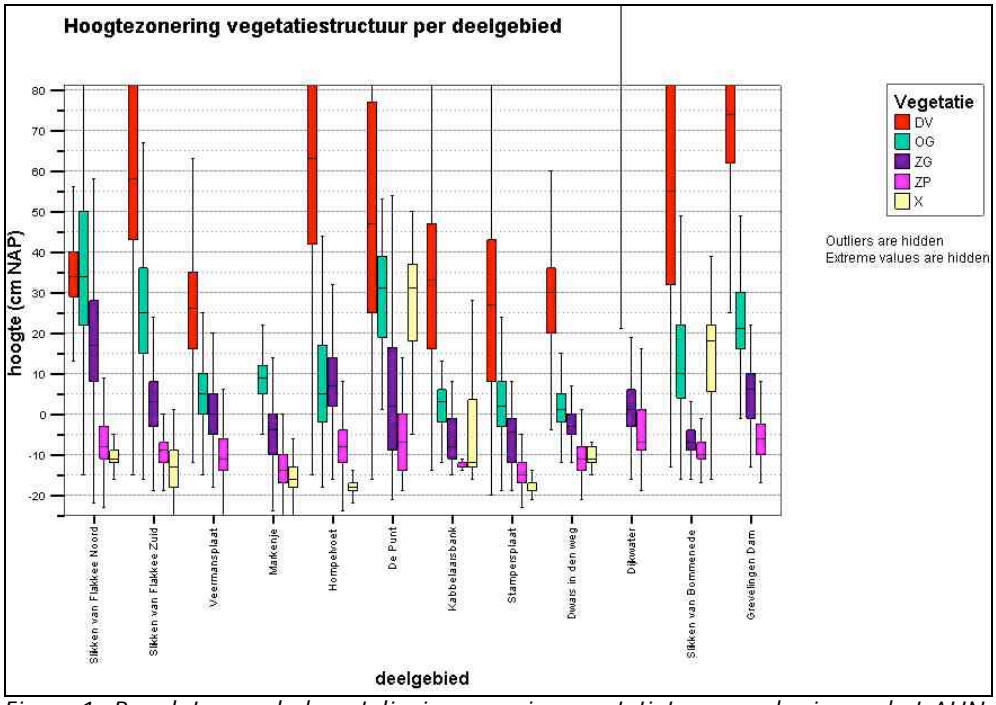
Op de platen in de Grevelingen komen grote arealen kalkrijke duinvalleivegetaties voor, die van (inter)nationaal belang zijn. Vooral in de jonge, kalkrijke vormen van de zogenaamde knopbiesassociatie komt de strikt beschermde groenknolorchis voor. De grootste populatie groenknolorchis staat op de Veermansplaat (circa 12.000 exemplaren), die daarmee wellicht de grootste van Nederland is (De Kraker, 2008). Kleinere populaties staan op de Stampersplaat (ca. 400 exemplaren), Dwars in de weg (25 exemplaren) en Hompelvoet (ca. 80 exemplaren). Duinvalleivegetaties gaan als gevolg van successie uiteindelijk over in wilgenstruwelen, duindoornstruwelen en bos. Een groot aantal platen in de Grevelingen wordt begraasd en/of gemaaid om deze successie te vertragen. Dit lijkt redelijk succesvol, mede omdat de ontkalking in de relatief fijne zanden langzaam verloopt (Van Dijk & Inberg, 2002; Anonymus, 2007).

Tabel 1. Arealen per deelgebied (in hectare) van de belangrijkste zoute en zoete vochtminnende vegetaties in de Grevelingen. Duinvalleivegetaties zijn meer aanwezig dan uit de kartering blijkt (Bron: Anonymus, 2006).

Deelgebied	**zilte pioniers**	**zilt grasland**	**overstromings-grasland**	**duinvallei-vegetatie**
De Punt	0,27	0,78	0,04	3,46
Dwars in den weg	1,58	0,30	5,46	49,05
Stampersplaat	3,43	2,15	5,68	28,03
Grevelingen Dam	4,01	0,84	1,67	16,00
Hompelvoet	11,40	9,60	2,16	103,50
Markenje	3,23	5,36	6,99	0,00
Dijkwater	1,93	7,03	1,06	0,00
Slikken v. Bommenede	7,93	20,02	17,46	7,91
Slikken v. Flakkee Noord	71,18	85,31	15,75	0,96
Slikken v. Flakkee Zuid	29,67	49,52	152,74	214,31
Veermansplaat	21,59	36,22	2,50	100,29
Totaal	**156**	**217**	**212**	**524**

De vegetaties vormen een zonering in zoutgehalte, die sterk samen hangt met de hoogteligging. Van laag naar hoog: zilte pioniers, zilt grasland, overstromingsgrasland en

duinvalleivegetatie (figuur 1). De hoogteligging van de verschillende zones verschilt enigzins per plaat. Dit heeft te maken met onder meer verschillen in hoogteprofiel en lutumgehalte van de bodem, hetgeen invloed heeft op de ontkalking. Ook de fluctuatie van het peil is niet overal in het meer even groot.



Figuur 1. Boxplots van de hoogteligging van vier vegetatietypen op basis van het AHN 5m en Anonymus (2006). DV = duinvalleivegetaties, OG = Overstromings-grasland, ZG = Zilt grasland en ZP = Zilte pioniers. Duinvalleivegetaties zijn onvolledig gekarteerd en kunnen hoger voorkomen dan uit de figuur blijkt. Horizontale lijn is de mediaan, de box ligt tussen 25% en 75% van de waarnemingen en de 'whiskers' bevatten alle waarnemingen minus de extreme waarden.

3.2 Bodemdieren

De volgende informatie is ontleend aan het conceptrapport 'Actualisatie bekkenrapport Grevelingenmeer (Wetsteijn, concept februari 2010) en (Fortuin 1986).

Bodemdieren van het zachte substraat beneden de waterlijn worden sinds begin jaren '90 systematisch bemonsterd door het NIOO-CEMO. Zij bemonsteren een westelijk gelegen plot (rondom Hompelvoet) en een oostelijk gelegen plot (Bocht van Sint Jacob). Er wordt bemonsterd in drie verschillende diepte-zones: <2m, 2-6m en >6m diep. Er zijn in deze meetreeks dus geen specifieke gegevens beschikbaar van de dieptezone die binnen het toekomstige intergetijdengebied bij Hompelvoet vallen en er zijn helemaal geen gegevens beschikbaar van de Slikken van Flakkee en van de ondiepe zone rondom Veermansplaat. Hier zal wel een belangrijk deel van het nieuwe intergetijdenareaal ontstaan.

In de jaren tachtig is door Bureau Waardenburg wel specifiek in de ondiepste delen (<50 cm diep) van de Grevelingen bemonsterd. Fortuin (1986) bemonsterde bodemdieren op een 17-tal locaties verspreid over het Grevelingenmeer, waaronder op het toekomstige intergetijdengebied bij Hompelvoet en de Slikken van Flakkee. De ecologie van de Grevelingen is echter aantoonbaar veranderd de laatste 30 jaar. De gegevens van Fortuin (1986) zijn daardoor gedateerd en wellicht minder bruikbaar. Maar in aanvulling op de gegevens van het NIOO-CEME is er wel uit af te leiden welke soorten in de jaren tachtig werden aangetroffen in de meest ondiepe zone van het meer (<50 cm diep).

Ook geeft Fortuin (1986) biomassagegevens zonder epibenthische soorten (dit zijn soorten die niet in maar op de bodem leven). Dit is een interessante aanvulling op de NIOO-CEME gegevens vanuit het oogpunt van vogelvoedsel. Het overheersende en niet voor vogels geschikte muiltje wordt op deze manier namelijk niet meegenomen.

Uit de NIOO-CEME gegevens (uit bekkenrapport Wetsteijn, concept februari 2010):

Soortenspectrum

Hiervan zijn alleen gegevens beschikbaar van alle diepte-zones tezamen. Het aantal soorten is in de westelijke Grevelingen iets hoger dan in het oostelijk deel: in het westelijk deel varieert het aantal tussen de 50 en 75 soorten (gemiddeld 63); in het oostelijk deel tussen de 35 en 65 (gemiddeld 49). Er zit een duidelijke variatie in het aantal soorten tussen de meetjaren, maar ook tussen het voorjaar en najaar. Vooral in het oostelijk deel is het aantal soorten doorgaans kleiner in het najaar dan in het voorjaar. Het grootste deel van de soorten bestaat uit wormen. Overige soorten zijn met name weekdieren (vooral muiltjes) en geleedpotigen (krabben, garnalen).

Dichtheid (0-2m diepte)

De dichtheid van bodemdieren is ook in het westelijk deel hoger dan in het oostelijk deel. In beide gebieden is een duidelijke neerwaartse trend te zien over de laatste 20 jaar. In het westelijk deel worden gemiddeld circa 3.800 individuen per m^2 aangetroffen. In de periode 1992-1999 was dit 5.600 en later in de periode 2000-2008 was dit nog maar 2.200. In het oostelijk deel worden over de gehele periode gemiddeld circa 2.200 individuen per m^2 aangetroffen. In de periode 1992-1999 was dit 2.900 en in de periode 2000-2008 was dit nog maar 1.500. Wormachtigen komen voor in de hoogste dichtheden, weekdieren en geleedpotigen in lagere dichtheden.

Biomassa (0-2m diepte)

Evenals bij dichtheden is ook de biomassa hoger in het westelijk deel van de Grevelingen en is er een duidelijke neerwaartse trend in het gehele meer. In het westelijk deel is de biomassa gemiddeld circa 37 gram/m^2 (biomassa is uitgedrukt in gram asvrij drooggewicht). In de periode 1992-1999 was dit 57 en in de periode 2000-2008 was dit nog maar 19 gram/m^2. In het oostelijk deel was de biomassa over de gehele periode gemiddeld ca 18 gram/m^2. In de periode 1992-1999 was dit 28 en in de periode 2000-2008 was dit nog maar 9 gram/m^2. In termen van biomassa vormen de weekdieren (met name muiltjes) de belangrijkste groep.

Uit Fortuin (1986):
Fortuin(1986) vond circa 50 soorten bodemdieren, waarvan er 36 ook voorkwamen in de meest ondiepe zone (<50cm). Op alle dieptes die Fortuin (1986) bemonsterde (0-2 m) werden de hoogste dichtheden van bodemdieren met name bepaald door wormachtigen. Schelpdiersoorten, zoals de kokkel, de strandgaper en de mossel werden echter ook aangetroffen. Deze schelpdieren bereikten ook in enkele zeer ondiepe monsters (10 cm waterdiepte) nog relatief hoge dichtheden.
Er bestond een duidelijke relatie tussen de bodemdiergemeenschap en diepte, de gemeenschap was tussen 30- 100 cm diepte het grootst. De lichte verarming van de zone ondieper dan 30 cm verklaart Fortuin (1986) door het droogvallen van dat areaal bij verlaagd winterpeil.

Fortuin (1986) vond met zijn bemonsteringen een gemiddelde biomassa van 28 gram/m^2. Dit betreft de biomassa zonder epibenthische soorten en is dus zonder het in de NIOO-CEME gegevens overheersende muiltje. De biomassa van epibenthische soorten lijkt in de jaren '80 dus groter dan in de jaren '90 voor zover de gegevens van Fortuin (1986) en het NIOO-CEME onderling vergelijkbaar zijn.

4 Autonome ontwikkeling

4.1 Inleiding

Ook als er geen ingrepen doorgevoerd worden, verandert de vegetatie in de Grevelingen van karakter. Dit is het gevolg van autonome processen. Voor uitvoering van de Deltawerken was de Grevelingen een estuarium. De invloed van getij (inclusief springtij), stormen en wisselende aanvoer van rivierwater en sediment uit het oosten zorgen voor een dynamisch systeem, waarbinnen geulen, platen en slikken constant van vorm en plaats veranderden. Na de afsluiting ontstond een brak, later zout, stagnant meer en begon de ontwikkeling van bodem en vegetatie op de platen. Ten aanzien van de vegetatie-ontwikkeling zijn er een aantal belangrijke, met elkaar samenhangende processen. Dit zijn ontzilting, ontkalking, bodemvorming, successie en erosie. Daarnaast speelt het beheer een belangrijke rol. Zonder beheer ontstaat op de niet zilte gronden vrij snel struweel en bos, zoals in verschillende gebieden te zien is. Voor inschatting van de autonome ontwikkeling is ervan uitgegaan dat het huidige beheer wordt gecontinueerd. Ook is ervan uitgegaan dat het huidige peilregime van het meer gehandhaafd blijft, ondanks de stijgende zeespiegel.

4.2 Autonome ontwikkeling vegetaties

Door neerslag ontzilt de bodem van de platen en slikken. Op de hoogste delen is de bodem reeds ontzilt (Menting & Slager, 1997). Langs de oevers van het meer blijft de invloed van zout water aanwezig via salt spray, overspoeling en/of capillaire opstijging. Hier treedt geen ontzilting op en daardoor ook geen successie; zilte pioniers blijven hier aanwezig. In het daartussen liggende, middelhoge gebied hangt de ontzilting af van de bodemsamensteling en de vorm van het achterland. Op sommige platen is dit gebied grotendeels ontzilt (bijvoorbeeld Hompelvoet en de Veermansplaat) en zal de grens tussen zoete en zoute vegetaties nauwelijks meer veranderen. In andere gebieden, zoals de Slikken van Flakkee, komen echter nog vrij brede zones met brakke overstromingsgraslanden voor (Van Haperen, 2009). Deze vormen een stadium dat door ontzilting geleidelijk zal verdwijnen. Tenslotte kan de afkalving van de oevers een rol spelen bij niet direct verdedigde oevers. Op in het geheel niet verdedigde oevers bedraagt de erosie ongeveer twee meter per jaar, op indirect verdedigde één meter per jaar (Van Maldegem & De Jong, 2010). Hierdoor eroderen zilte pioniervegetaties, die slechts gedeeltelijk kunnen opschuiven vanwege het hoger liggende achterland.

Ontkalking is het gevolg van het oplossen en uitspoelen van kalk door infiltratie van neerslagwater. Kalk is moeilijker oplosbaar dan zout, waardoor dit proces langzamer verloopt dan ontzilting. Visser (1995) schat dat op de zandige gedeelten van de platen, de volledige ontkalking van de bovenste 5 cm van de bodem ongeveer 55 jaar zal duren (d.w.z. tot 2025). Ontkalking treedt echter alleen op in de delen met infiltratie, d.w.z. de hoger gelegen delen. Tegelijkertijd treedt bodemvorming op, waarbij een humuslaag

wordt opgebouwd. Op deze gronden groeien momenteel vochtige duinvalleivegetaties en schraallandvegetaties. Door deze processen zullen beide vegetatietypen geleidelijk aan verzuren. Dit heeft tot gevolg dat de soortenrijkdom afneemt en dat de meest basenminnende soorten verdwijnen. Er ontstaan oudere stadia van knopbiesvegetaties, kruipwilgstruwelen of zuurdere schraallanden, die een eigen soortenspectrum kennen met bijvooorbeeld rond – en klein wintergroen en drienervige zegge. Uiteindelijk kunnen deze vegetaties op zeer lange termijn zelfs overgaan in heidevegetaties.

Op laag liggende plekken met kwel treedt neerslag van kalk op (Van Haperen, 2009). Verzuring zal hier niet plaatsvinden, bodemvorming echter wel. Deze plekken zijn momenteel veelal begroeid met jonge duinvalleivegetaties, al dan niet met groenknolorchis. Deze vegetaties zullen verouderen, waarbij de groenknolorchis sterk afneemt of verdwijnt. De ontwikkeling van een pioniergemeenschap naar oudere stadia van het knopbiesverbond duurt meestal circa 20-30 jaar, maar in sommige situaties kunnen pioniersituaties wel 60 jaar standhouden (Grootjans *et al*., 2004).

4.3 Vegetatie in 2050

Rond 2050 zijn de zilte vegetaties in areaal afgenomen, door voortschrijdende ontzilting en door het afkalven van laaggelegen oevers. De natte duivalleivegetaties, die momenteel in pionierstadium verkeren, zijn ouder geworden. Hierdoor zijn een aantal soorten verdwenen of sterk achteruitgegaan, waaronder de groenknolorchis. Omdat de vegetaties kalkrijk blijven, handhaven zich waardevolle vegetaties waaronder Rode Lijstsoorten. Op de hoger liggende delen zijn de duinvalleivegetaties en de basenminnende schraallanden enigszins verzuurd. De verzuring en de achteruitgang tot 2050 is echter beperkt tot de bovenste 5 tot 10 cm, waardoor de invloed op de soortenrijkdom en bijzondere soorten gering is (vergelijk Van Haperen, 2009; figuur 16 en tabel 7).

4.4 Autonome ontwikkeling bodemdieren

In de Grevelingen leeft een uitgebreide bodemgemeenschap van circa 75 soorten. Wormachtigen komen voor in de hoogste dichtheden, maar lokaal worden ook hoge dichtdeden schelpdieren aangetroffen. Ook de meest ondiepe zone van de Grevelingen (<50cm) was in ieder geval in de jaren '80 nog rijk aan bodemdieren met een gemeenschap van tenminste 36 soorten.
In de jaren '80 werd een gemiddelde biomassa van 28 gram/m^2 gemeten dat betrof alleen soorten die in de bodem leven. In de jaren '90 werd ook een biomassa gevonden van 28 gram/m^2 maar toen voor soorten in en op de bodem tezamen. Dit geeft aan dat de biomassa van soorten in de bodem fors achteruit is gegaan. In de jaren 2000 werd er nog maar 9 gram/m^2 aangetroffen voor soorten in en op de bodem tezamen.
Wanneer gekeken wordt dichtheden is er ook een duidelijke achteruitgang waarneembaar. In de jaren '90 betroffen deze dichtheden circa 2.900 – 3.800 per vierkante meter in de jaren 2000 nog maar 1.500 - 2.200.

De afgelopen 30 jaar lijkt duidelijk sprake te zijn geweest van een achteruitgang in dichtheden en biomassa's van de bodemdiergemeenschappen. Het is moeilijk om zonder nader onderzoek hiervoor een eenduidige reden aan te wijzen. Er kan een verband zijn met de zuurstofproblemen in de diepere delen van het meer, bijvoorbeeld door een verminderde totale productie van bodemdieren. Een andere mogelijke verklaring is, dat de hoge predatiedruk op bodemdieren die permanent onder water staan door het vaste waterpeil voor een langdurige doorgaande verarming zorgt.

4.5 Bodemdieren in 2050

In de huidige situatie is de bodemdiergemeenschap sterk verarmd ten opzichte van de jaren '80. Wanneer er geen veranderingen in het beheer van de Grevelingen doorgevoerd worden, is er geen reden om aan te nemen dat er weer verbetering komt in de bodemdiergemeenschap. Bij doorzetting van het huidige beheer zal de gemeenschap tussen nu en 2050 naar verwachting in z'n huidige verarmde staat blijven of nog verder verarmen. De biomassa in de ondiepe delen zal 9 gram/m^2 of minder bedragen, de dichtheden circa 1.500- 2.200 per m^2 of minder.

5 Effecten herintroductie getij

5.1 Aannames en uitgangspunten

5.1.1 Aannames getij extremen en waterpeil

In principe treden (natuurlijke) extremen in het getij, zoals doodtij, springvloed en stormvloeden, niet op. Eventueel is dit wel kunstmatig te generen, maar is hier buiten beschouwing gelaten. Voor de slikken maakt dit niet zo heel veel uit, omdat deze tussen GLW en GHW liggen. Extremen zijn echter van grote invloed op de vegetatie-ontwikkeling, omdat de schorvegetaties vooral tot ontwikkeling komen tussen GHW en een inundatiefrequentie van enkele keer per jaar. Stormvloeden treden naar verwachting niet op (veiligheid), maar hogere waterstanden als gevolg van opwaaiing komen wel voor. Ter hoogte van de Slikken van Bommenede varieert de waterstand tussen -30 en -10 cm NAP (Menting & Slager, 1997), maar elders in de Grevelingen kan de waterstand als gevolg van opwaaiing zeker enkele decimeters oplopen (mondelinge mededeling D. de Jong).

Het Grevelingenmeer heeft een peil van -20 cm NAP, maar als gevolg van fluctuaties in aanvoer, afvoer, verdamping en wind zit hier enige variatie in. Bij de Brouwersdam en de Slikken van Bommenede fluctueert het peil in de winter meestal tussen -10 en -25 cm NAP, in het broedseizoen (april-juni) tussen -15 en -30 cm NAP (ongepubliceerde peilgegevens Rijkswaterstaat, 2009). Bij de Grevelingendam (Hevel) is de fluctuatie nog wat groter (-5 tot -35) en naar verwachting zal het op sterk geëxponeerde plaatsen, zoals de Slikken van Flakkee noord, nog iets meer zijn. De hoogste standen als gevolg van opwaaiing treden vooral op in de winter. Door de hoge grondwaterstanden in de winter dringt het zoute water dan relatief slecht in de ondergrond door, waardoor het effect van overspoeling dan minder groot is dan bij overspoeling in het zomerseizoen. Toch komt door deze fluctuatie langs de randen van de platen een regelmatig met zout water overspoelde zone voor, waarin zich in het hoogst gelegen deel zilte pioniervegetaties hebben ontwikkeld (zie hoofdstuk 3). De zilte graslanden, die hier in de zonering boven staan, worden veel minder vaak geïnundeerd. Het hoge zoutgehalte in de bodemvocht is hier vooral het gevolg van indringing en capillaire opstijging vanuit het zoute grond- en/of meerwater (mond. med. A. van Haperen).

Bij aanlandige (harde) wind gedurende langere tijd kan het water ver de Slikken van Flakkee op spoelen. Er ontstaat dan een dunne film zout water die op de Slikken van Flakkee zuid wel tot aan de dijk kan komen. Hoewel dit proces vaker optrad toen het gebied nog onbegroeid was, komt het nog steeds voor (mond. med. A. van Haperen). Gezien de aanwezigheid van zoutmijdende vegetaties, zoals struweel, heeft deze overstroming echter weinig invloed op de vegetatie. Dit komt door het incidentele karakter in combinatie met het moment. In de wintersituatie staat het grondwater in deze opwaaigebieden tot boven of dicht onder het maaiveld (Menting & Slager, 1997). De dunne zoutwaterfilm dringt hierdoor nauwelijks door in de bodem en de bovengrond verzoet vervolgens weer snel, omdat in deze periode ook veel regen valt.

5.1.2 Aannames oeververdediging en vegetatiezonering

De aanwezigheid van een indirecte verdediging is voor de vegetatieontwikkeling van weinig belang, dit heeft vooral gevolgen voor het lage, onbegroeide deel van de gradiënt en de mate van erosie. Qua vegetatie zijn er dus twee hoofdtypen oevers te onderscheiden; het type met een directe oeververdediging (V) en een onverdedigd type (O), dat wil zeggen zonder directe oeververdediging.

Type O, met als voorbeeld de Slikken van Flakkee en de oostkant van Hompelvoet, kent een geleidelijk oplopende oever met een zonering van zilte pioniers, zilt grasland, overstromingsgrasland, droge duinvalleivegetaties en struweel.

Type V heeft een ander profiel, met een oeververdediging tot (ruim) boven het meerpeil. Het maaiveld daarachter loopt in een aantal gevallen direct op, maar in een aantal andere ligt direct achter de oeververdediging een lager liggend, nat deel met zilte pioniers en zilt grasland. Achter deze smalle lage zone loopt de oever dan omhoog. Op deze overgang treedt grondwater uit en ontstaan natte duinvalleivegetaties. Deze gaan geleidelijk over in drogere duinvalleivegetaties en/of struweel.

De vegetatiezonering van deze twee principeprofielen wordt beïnvloed door de bodem en het beheer. De duinvalleivegetaties (vooral de droge) groeien zonder beheer vrij snel dicht met struweel. Overstromingsgraslanden komen vooral voor op plaatsen met dunne (horizontale) kleilaagjes in de bodem. Deze zorgen voor waterstagnatie in de winter en verhinderen capillaire opstijging in de zomer, waardoor sterke fluctuaties in vochthuishouding ontstaan (van Haperen, 2009).

5.1.3 Aannames arealen en erosieprocessen

De ontstane intergetijdengebieden zullen niet stabiel zijn. Omdat de stroomsnelheden niet hoog genoeg worden om sediment naar de bovenkant van de platen te transporteren, zal de zandhonger namelijk blijven bestaan. Hierdoor erodeert het intergetijdengebied op termijn tot de nieuwe golfbasis. Dit is ongeveer een meter beneden laagwater in de onverdedigde situatie en ongeveer 70 cm beneden laagwater bij een vooroeververdediging. Bij niet direct verdedigde oevers loopt bovendien de oeverlijn achteruit, met een snelheid in de orde van één (indirecte verdediging) tot twee (geen verdediging) meter per jaar (Van Maldegem & De Jong, 2010).

Naar verwachting duurt het enkele decennia voordat dit evenwicht wordt bereikt. Daarnaast zijn er grote ruimtelijke verschillen in erosiesnelheid. Zo lijkt de onverdedigde noordoostkant van Hompelvoet nauwelijks achteruit gegaan te zijn tussen 1983 (Keijzer, 1983) en 2005 (RWS, 2005), terwijl de zuidkant van de Veermansplaat flink is geërodeerd en daarom nu is verdedigd.

De aanvullende dieptegegevens (groene laser) van de Slikken van Flakkee, Hompelvoet en de Veermansplaat geven een indicatie op welke locaties er ondiep water aanwezig is (bijlage 4). Echter, de gegevens zijn onvoldoende gebiedsdekkend (veel 'missing values')

en op het oog ook onvoldoende betrouwbaar om arealen in te kunnen schatten. Daarnaast zijn niet alle ondiepten ingevlogen. Daarom zijn geen arealen beschikbaar. In dit rapport wordt daarom alleen beschreven waar intergetijdegebieden (slik) ontstaan, maar niet wat de arealen van deze gebieden zijn.

5.2 Effecten op vegetatie

5.2.1 Effecten op de algemene vegetatiezonering

Uit de algemene hoogtezonering blijkt dat bij T50 (GLW: -35 en GHW: +15 cm NAP) vooral zilte vegetaties en overstromingsgrasland dagelijks worden overspoeld. De zilte pioniers zullen naar boven opschuiven. Deze kunnen groeien tussen 10 cm onder en ongeveer 20 cm boven GHW (+5 tot +35cm NAP). Hoe hoog de grens ligt, verschilt per plaat en wordt afgeleid uit de huidige hoogtezondering (zie §5.2.2 en figuur 1). Zilt grasland en overstromingsgrasland zijn vooral ontziltingsrelicten en zullen bij nieuw getij grotendeels verdwijnen. Zonder de aanwezigheid van extremen (springvloed) zal slechts een smalle zone met zilt grasland overblijven (+35-+30). Dit scenario gaat vooral ten koste van zilt grasland en overstromingsgrasland, maar boven de +15 cm NAP in toenemende mate ook van duinvalleivegetaties. Op de Veermansplaat en de Stampersplaat komen duinvalleivegetaties echter al lager in de zonering voor, en gaat in dit scenario al 25% van de duinvalleivegetaties verloren. Bovendien zijn dit de relatief jonge vormen van deze vegetaties, waarin de groenknolorchis optimaal voorkomt (Van Dijk & Inberg, 2002; De Kraker, 2008).

Verwacht wordt dat het overstromingsgrasland niet naar boven zal opschuiven; dit zal in areaal afnemen. Overstromingsgrasland is op de platen afhankelijk van brak milieu, dat ontstaan is als gevolg van geleidelijke ontzilting. Door verzilting van brakke delen verdwijnt dit en er ontstaan geen nieuwe brakke delen. Ook duinvalleivegetaties zullen niet naar boven opschuiven. De bovengrens van deze vegetaties wordt immers niet bepaald door het zoutgehalte, maar door andere factoren (vocht, kalk en/of beheer). Het middelpeil is hiervoor belangrijk, omdat dit de grondwaterstanden en -stroming bepaalt. Bij T50 kunnen de duinvalleivegetaties dus in potentie enkele centimeters (<10 cm) opschuiven. In praktijk is hier echter meestal ruigte of struweel aanwezig, hetgeen aanvullend beheer (plaggen) noodzakelijk maakt.

T70 (GLW: -55 en GHW: +15 cm NAP) heeft hetzelfde GHW als T50, maar een lager GLW. Deze variant zal dan ook grotendeels dezelfde vegetatiezonering opleveren, maar de hoeveelheid slik zal potentieel groter zijn (indien er areaal aanwezig is op de specifiek diepte).

Bij T100 (GLW: -70 en GHW: +30 cm NAP) verdwijnen de duinvalleivegetaties op de Veermansplaat, de Stampersplaat en Dwars in de weg voor een groot deel (ongeveer 50-70%) periodiek onder water. Op de andere platen worden de laagste 10-25% van de duinvalleivegetaties overspoeld.

5.2.2 Gebiedsspecifieke uitwerking

Kaartjes van de huidige situatie ten aanzien van de oevers en vegetaties op de locaties waar nieuwe intergetijdengebieden worden verwacht staan weergegeven in bijlage 3. Aan de hand van deze kaartjes is per gebied een beschrijving gegeven van de huidige situatie en is vervolgens een inschatting gemaakt van effecten van de verschillende getijvarianten (voor methodiek zie hoofdstuk 2).

Veermansplaat

Huidige situatie

De oeververdedigingen in het noorden en het zuiden van de Veermansplaat behoren tot type O (zie § 5.1.2). De zuidelijke oever heeft pas relatief recent een oeververdediging gekregen en behoort qua gradiënt tot het onverdedigde type. Dit type heeft een geleidelijk oplopende oever met een vegetatiegradiënt van zilte pioniers (onder -5cm NAP) naar zilt grasland (-5 tot +5/+10cm NAP) naar duinvalleivegetaties die doorlopen tot ongeveer +60cm NAP (zie bijlage 3, 4 en figuur 1). Het oosten en het westen van de plaat behoren tot type V. De oeververdediging steekt over het algemeen iets uit boven de oever, waardoor hierachter een laagte ligt. In deze laagte stagneert water, dat regelmatig onder invloed van zout meerwater staat door hoog peil en/of spatwater. Afhankelijk van de duur van de inundatie groeien hier zilte pioniers of zilt grasland. Achter deze laagte loopt het oeverprofiel vrij steil op. Op deze terreinknik treed zoet, basenrijk grondwater uit waardoor hier permanent natte duinvalleivegetaties voorkomen met veel groenknolorchis. De hoogteligging van de zone komt ongeveer overeen met die van het type zonder verdediging.

Getijvariant T50

Bij instellen van T50 veranderen de huidige zilte vegetaties en de laagst gelegen duinvalleivegetaties in onbegroeid intergetijdengebied. Aan de zuidoostkant van de Veermansplaat ontstaat ook beneden huidig meerpeil intergetijdengebied. De zilte pioniers schuiven op naar de zone tussen 5 en +30cm NAP. De zone met zilt grasland zal grotendeels verdwijnen en van de duinvalleivegetaties blijft naar schatting alleen de hoogst gelegen 40% over. Een groot deel van de bestaande groeiplaatsen van de groenknolorchis verdwijnen (volgens verspreiding in De Kraker, 2008). Door het hogere middenpeil van T50 zal het kwelwater ook hoger gaan uittreden. De natte duinvalleivegetaties zijn echter zonder aanvullende maatregelen niet in staat om op te schuiven. Op het vlakke zuidelijke deel van de plaat is naar verwachting onvoldoende kweldruk aanwezig, op de overige delen lopen de zilte pioniervegetaties tot aan de stuifdijkjes of bestaande struwelen.

Getijvariant T70

Bij scenario T70 is de vegetatieontwikkeling grotendeels vergelijkbaar met T50. Voor natte duinvalleivegetaties is dit scenario nog iets ongunstiger. Doordat het middenpeil gelijk blijft, kunnen ze namelijk niet naar boven opschuiven. Er ontstaat wel aanzienlijk meer onbegroeid intergetijdengebied ten zuidoosten en oosten van de plaat en rondom de kleine Veermansplaat.

Getijvariant T100
Bij scenario T100 ontstaat nog iets meer intergetijdengebied aan de onderkant en aan de bovenkant van de getijslag. De zone met zilte pioniers zal bij T100 opschuiven naar 20 tot 45 cm NAP. Hierdoor verdwijnen alle niet door stuifdijken beschermde duinvalleivegetaties, circa 85%. De groenknolorchis kan zich alleen handhaven in een vallei op het midden van het eiland, waar in 2008 circa 1.500 van de 12.000 exemplaren stonden (De Kraker, 2008).

Slikken van Flakkee noord
Huidige situatie
De Slikken van Flakkee noord heeft geen oeververdediging (type O). Net als op de onverdedigde oevers van de Veermansplaat begint de gradiënt met zilte pioniers, die hier tot ongeveer 0 cm NAP loopt. Daarboven liggen zilt grasland en een smalle, soms afwezige, zone met overstromingsgrasland (zie bijlage 3). Het laagste deel (tot 17 cm NAP) van deze zilte graslanden bestaan uit vegetaties van zilte rus op daadwerkelijk zoute bodem, op het hogere deel (18-30 cm NAP) komt kwelderzegge veel voor, maar de bodem is grotendeels ontzilt en de vegetaties als geheel hebben veel weg van overstromingsgraslanden (Van Haperen 2009). De graslanden gaan direct over in struwelen, duinvalleivegetaties komen op de Slikken van Flakkee noord niet voor.

Getijvariant T50
Bij scenario T50 ontstaat een smal onbegroeid intergetijdengebied beneden huid meerpeil. Echter, in het zuiden van de Slikken van Flakkee noord liggen relatief grote ondieptes die al in dit scenario droog lijken te vallen. Mogelijk liggen deze ondieptes hier als gevolg van de beschutte ligging achter de Veermansplaat en uitstekende lob van de Slikken van Flakkee midden. Hier lijkt in potentie een behoorlijk areaal kaal slik te kunnen ontstaan. Het kale slik loopt door tot +5 cm NAP. Daarboven kan zich in potentie een zone met zilte pioniers ontwikkelen tot +35 cm NAP. Dit is ongeveer tot aan de grens van het huidige struweel. Mogelijk kan zich op de overgang tussen zilte pioniers en struweel lokaal een smalle zone met zilte graslanden ontwikkelen. Het hogere middenpeil heeft naar verwachting geen effect op de struwelen.

Getijvariant T70
Bij scenario T70 is de ontwikkeling aan de bovenkant vergelijkbaar met T50. Aan de onderkant van de zonering zal intergetijdengebied ontstaan tussen -55 en -35 cm NAP. Hoe groot het areaal exact is kan echter niet nauwkeurig worden vastgesteld. Het hoger gelegen getijdengebied valt wat langer droog, hetgeen gunstig kan zijn voor de foerageermogelijkheden van vogels.

Getijvariant T100
Ook bij scenario T100 kunnen over het areaal intergetijdengebied aan de onderkant geen betrouwbare uitspraken worden gedaan. Aan de bovenkant ontstaat wel meer kaal slik, doordat de zilte pioniers opschuiven naar de zone tussen +20 en +50 cm NAP. Doordat de helling van de slikken in dit deel wat steiler is, ontstaat een kleiner areaal zilte pioniers dan bij de andere scenario's. Daarnaast valt deze zone grotendeels in de huidige

struweelzone. Het struweel en de huidige ondergroei zal grotendeels vanzelf afsterven door overstroming met zout water. Door de aanwezigheid van meer strooisel zal de zilte pionierzone echter een wat andere karakter krijgen. Hierbij valt te denken aan meer schorrekruid in de lage zones en op de hogere delen vloedmerksoorten, zoals meldes en mogelijk strandkweek.

Het ontstaan van de zilte zones is afhankelijk van regelmatige overstroming met zout water als gevolg van fluctuatie in het meerpeil. Deze overstroming wordt gehinderd door microreliëf, met name het voorkomen van begroeide veekranden (aanspoelgordels van organisch materiaal) op de Slikken (zie Van Haperen, 2009). Dit zou lokaal kunnen leiden tot een 10 à 20 cm lagere grens van de zilte vegetaties. Omdat de invloed hiervan op grotere schaal niet te voorspellen is, is deze factor buiten beschouwing gelaten.

Slikken van Flakkee zuid

Huidige situatie

Op de Slikken van Flakkee zuid is geen directe oeververdediging aanwezig (type O), maar op een gedeelte wel een indirecte oeververdediging. Er lijkt vrij weinig ondiep water (potentieel intergetijdengebied) te zijn. Alleen bij de kreekingangen en in het zuiden is wat ondiep water aanwezig. Aan de waterkant bevindt zich een steil randje, daarboven staat een smalle zone met zilte pioniers tot 0 cm NAP, vervolgens zilt grasland tot +10 cm NAP, daarboven een brede zone overstromingsgrasland tot+ 30 à +40 cm NAP en tenslotte droge duinvalleivegetaties die doorlopen tot boven +70 cm NAP. De grenzen tussen overstromingsgraslanden en duinvalleivegetaties in dit gebied volgen niet altijd de hoogtelijnen. Naast het feit dat de typen veel overgangen vertonen, komt dit door de bodemopbouw; waarbij het overstromingsgrasland op de meest kleiige stukken staat. De in het gebied aanwezige (voormalige) kreken zijn duidelijk herkenbaar alsmede het ontbreken van kleilaagjes op de Slikken van Flakkee midden.

Getijvariant T50

Bij scenario T50 ontstaat intergetijdengebied tussen -35 en +5 cm NAP. De grootste oppervlaktes bevinden zich op de huidige oever, in het zuiden en in de huidige kreekrestanten. De zone met zilte pioniers komt te liggen tussen +5 en +35 cm NAP, waarbij 75% van het overstromingsgrasland en 20% van de duinvalleivegetaties verdwijnen. Daarboven ontstaat een smalle rand met zilte graslanden die de overgang vormt naar de huidige vegetaties. Door het hogere middenpeil stijgt de grondwaterstand iets, maar gezien de afstand tot het meer zal het effect op de bestaande vegetaties minimaal zijn.

Getijvariant T70

Bij scenario T70 ontstaat meer intergetijdengebied tussen -35 en -55 cm NAP. Uit de dieptegegevens is niet af te leiden hoe groot dit areaal is (bijlage 4). Op de hogere oever zijn de ontwikkelingen gelijk aan T50.

Getijvariant T100

Bij scenario T100 ontstaat aan de bovenkant (en mogelijk ook aan de onderkant) meer intergetijdengebied (tussen -70 en +30 NAP). In de zone tussen +20 en +50 cm NAP gaat de huidige vegetatie verloren en ontstaat zilte pioniervegetatie. Hierdoor verdwijnt 30-40% van de duinvalleivegetaties en 80-90% van het overstromingsgrasland.

Slikken van Bommenede

Huidige situatie

De Slikken van Bommenede zijn goed vergelijkbaar met het type O op de Slikken van Flakkee zuid, hoewel ze nog iets kleiiger zijn (Menting & Slager, 1997). De zone met zilte pioniers groeit globaal tussen de -15 en -5 cm NAP, de zone met zilt grasland tussen de -10 en 0 cm NAP en overstromingsgrasland tussen de 0 en 25 cm NAP. In het noordwestelijk deel komen duinvallei-achtige vegetaties, vooral boven +20 cm NAP. Er zijn geen betrouwbare meetgegevens over het ondiepe water, maar uit veldwaarnemingen is bekend dat er aan de oostzijde en in oude prielen ondiepe delen voorkomen achter de indirecte verdediging (schrift. meded. D. de Jong). Op basis van de luwe ligging en de relatief kleirijke bodem wordt verwacht dat de erosie niet heel groot is, en dat dus ook ondiep water aanwezig kan zijn.

Varianten T50 en T70

Bij scenario T50 en T70 ontstaat op de huidige plaat een flink areaal kaal slik (tot +5 cm NAP) en zilte pioniers (+5 tot +30 cm NAP). Deze zone loopt tot in het huidige struweel dat daardoor afsterft. De hoogste zilte vegetaties krijgen hierdoor een wat ander karakter (zie Slikken van Flakkee Noord).

Variant T100

Bij scenario T100 wordt het grootste deel van de Slikken van Bommenede weer kaal slik, met in de zone +20 tot +45 cm NAP ruimte voor zilte pioniers. Op een groot deel lopen deze vegetaties tot aan de dijk. Alleen op de hoge delen langs de noordwestelijke dijk blijven struweel en duinvalleivegetaties gehandhaafd.

Hompelvoet

Huidige situatie

Hompelvoet is een nogal afwijkend eiland. Het zuiden en westen behoren tot type V, met zowel een directe als indirecte verdediging. Op een groot deel van dit oevertraject is de oever achter de verdediging erg hoog, waardoor er vaak struweel tot aan (of zelfs op) de oeververdediging groeit. Zilte pioniers of zilte graslanden komen hier feitelijk niet voor. Op de westelijke helft van het eiland is de droge variant van duinvalleivegetatie aanwezig, alsmede nog hoger gelegen graslanden (niet als duinvalleivegetatie aangegeven op bijlage 3). Dit is de belangrijkste groeiplaats van de Harlekijn op Hompelvoet. Deze vegetatie wordt in stand gehouden door een begrazings- en maaibeheer en ligt boven +70 cm NAP, het Harlekijngrasland zelfs boven +100 cm NAP. Op de zuidoost punt van het eiland is de oever wat lager, waardoor hier een vochtige variant van duinvalleivegetaties aanwezig is, met als bijzonderheid grote keverorchis. De oostelijke oever van Hompelvoet behoort tot type O. Volgens de structuurkaart is hier

een lage zone aanwezig die vrijwel onbegroeid is, maar mogelijk is de kartering tijdens een lage waterstand uitgevoerd. De zonering bestaat hier uit zilte pioniers tot 0 cm NAP, zilt grasland tot +25 cm NAP en daarboven droge duinvalleivegetaties tot ongeveer +100 cm NAP. In het hoogste deel van de duinvalleivegetaties groeit de herfstschroeforchis.

Variant T50 en T70

Bij scenario T50 en T70 ontstaat kaal slik onder +5 cm NAP, hetgeen vooral te vinden is aan de oostkant en op de westpunt. Onder huidig meerpeil zijn de dieptegegevens fragmentarisch en niet betrouwbaar (bijlage 4). Er ontstaat in ieder geval ruimte voor enig intergetijdengebied aan de oostkant, maar hoeveel dit is valt niet te zeggen. Binnen de oeververdediging zijn ook ondiepe zones aanwezig, in ieder geval in de zuidoosthoek (gegevens RWS) en de westhoek (waarneming Wouter Lengkeek). Er ontstaan zilte pioniervegetaties tussen +5 en +35 cm NAP, waarboven een smalle rand zilt grasland de overgang vormt naar de bestaande duinvalleivegetaties. Het grootste areaal zilte pioniervegetaties ontstaat aan de oostkant en op de westpunt. In deze scenario's blijft de populatie herfstschroeforchis behouden. Bij scenario T50 stijgt de grondwaterstand iets, maar naar verwachting zal dit geen grote gevolgen hebben.

Variant T100

Bij scenario T100 wordt het intergetijdengebied slechts iets groter, omdat de oever op deze hoogte vrij steil is. De zilte pioniervegetaties schuiven op naar +20 NAP en +50 NAP. Aan de zuidoostkant ontstaat nu ook een smalle zone met zilte pioniers. Aan de westpunt wordt de zone erg smal door de steile helling op deze hoogte en deze valt bovendien in bestaand struweel. Door de smalle zone met veel strooisel en humus zal de zone een vloedmerkachtig karakter krijgen.

Stampersplaat en Dwars in de Weg

Huidige situatie

Stamperplaat en Dwars in de Weg horen beide tot type V. Beide hebben ook een indirecte verdediging. Zilte vegetaties komen op beide eilanden slechts voor in een smalle strook (<50m) aan de west- en of noordrand van de eilanden (en op de Kleine Stampersplaat) onder 0/-5 cm NAP. Hogerop de oever verschillen de eilanden sterker. Op Dwars in de weg komt aan de noordwestkant een 50 tot 100 meter brede zone met zilte overstromingsgraslanden voor, die ligt tussen -5 en +10 cm NAP. De Het zilte karakter van deze overstromingsgraslanden blijkt duidelijk uit het voorkomen van zilte rus, melkkruid, zilt torkruid, moeraszoutgras en aardbeiklaver. Op de Stamperplaat komen overstromingsgraslanden veel minder voor. Dwars in de weg bestaat voorts uit duinvalleivegetaties, veelal met kruipwilg. Op de Stampersplaat nemen ruigte, struweel en bos een flink areaal in, waardoor duinvalleivegetaties hier minder algemeen zijn. Op beide eilanden komen veel duinvalleisoorten algemeen voor, zoals bitterling, dwergzegge, vleeskleurige orchis, moeraswespenorchis, geelhartje, parnassia en alle drie soorten duizendguldenkruid. Groenknolorchis en knopbies komen alleen op de Stampersplaat voor (bijlage 3 en Van Dijk & Inberg 2002).

Variant T50 en T70

Bij scenario T50 en T70 ontstaat kaal slik onder +5 cm NAP, in een minder dan 100 meter brede strook langs de west- en noordrand van beide eilanden. Beneden huidige meerpeil zijn geen dieptegegevens bekend, mogelijk ontstaat er nog aanvullend kaal slik tussen beide vooroevers of daarbuiten. Met name rondom de Stampersplaat en ten noordoosten daarvan is relatief ondiep (tussen -20 en -100 cm NAP), maar onduidelijk is hoe ondiep. Daarom kan ook niet worden voorspeld of T70 meer slik oplevert dan T50.

Tussen +5 en +30/+35 cm NAP ontstaan zilte pioniervegetaties, waarboven een smalle rand zilt grasland de overgang vormt naar de bestaande duinvalleivegetaties. Op Dwars in de Weg blijft alleen de oostpunt (ongeveer 1/3-1/4 van het eiland) zoals het is.
De Stampersplaat ligt hoger. Langs de west- en noordkant van het eiland komen zilte vegetaties te staan, enkele hoger liggende duinvalleivegetaties biljven behouden evenals het struweel en bos. Op beide eilanden verdwijnen een groot deel van de populaties van de vleeskleurige en moeraswespenorchis. De groenknolorchis op de Stampersplaat verdwijnt geheel.

Variant T100

Bij scenario T100 ontstaat kaal slik onder +20 cm NAP, waarmee het areaal kaal slik met name op Dwars in de weg flink toeneemt. Er is minder ruimte voor zilte pioniers (+20 tot +45 cm NAP), omdat er weinig areaal is tussen +35 en +45 (steile helling). Op beide eilanden gaat nog meer duinvalleivegetatie verloren; op de Stampersplaat blijft vrijwel niets over.

5.3 Effecten op bodemdieren

Op basis van de beschrijving van de huidige situatie kan geconcludeerd worden, dat er een bodemdiergemeenschap in de Grevelingen aanwezig is bestaande uit wormen, weekdieren (waaronder schelpdieren) en geleedpotigen. Deze dieren komen voor in enkele duizenden per vierkante meter. De soortenrijkdom varieert tussen de 35 en 75 soorten. Ook in de meest ondiepe zone (< 50 cm) was in de jaren '80 een uitgebreide bodemdiergemeenschap aanwezig. Uit meer recente gegevens is geen informatie over de ondiepste zone af te leiden. Er is over de laatste 30 jaar een duidelijke neerwaartse trend zichtbaar in de dichtheden van de bodemdieren.

Door de herintroductie van getij zal de leefomgeving van bodemdieren in de meest ondiepe zones van het meer veranderen. Hieronder is beschreven welke factoren van invloed kunnen zijn op de bodemdiergemeenschap, hoe deze veranderen door de herintroductie van getij en wat het effect zal zijn op de bodemdiergemeenschap. Indien het effect moeilijk is in te schatten vanwege ontbrekende kennis zijn de kennisleemtes geïdentificeerd.

Deels is het onderstaande gebaseerd op kennis van getijdensystemen met grote getijslagen (>2 m). De situatie met een microgetijslag, zoals het ook in de Grevelingen

zal worden, kan anders zijn. Daarom wordt tevens een korte beschouwing gegeven van twee buitenlandse studies aan bodemleven in microgetij situaties.

5.3.1 Belangrijke factoren voor bodemdieren en verwachte effecten van getij

Vijf belangrijke factoren die de bodemdiergemeenschap beïnvloeden zijn:

- Zoutgehalte;
- Slibgehalte / korrelgrootte;
- Primaire productie van algen;
- Hoogteligging / droogvalduur;
- Stroomsnelheid.

Zoutgehalte

In natuurlijke estuaria is een zoutgradiënt aanwezig. In de Westerschelde bijvoorbeeld wordt het water van west naar oost steeds zoeter / brakker. In Nederlandse estuaria is er een duidelijk verband met het zoutgehalte en de bodemdiergemeenschap. Naarmate het water minder zout wordt, wordt de bodemdiergemeenschap armer (Ysebaert, 2000). Dit geldt zowel voor de dichtheden als voor de soortenrijkdom.

In de Grevelingen is geen echte gradiënt in het zoutgehalte aanwezig. Over het algemeen is het zoutgehalte vergelijkbaar met dat van de Voordelta aan de buitenkant van de Brouwersdam. Daardoor zal het zoutgehalte niet veel veranderen door een vergrote uitwisseling met de Noordzee. Er is van de factor zoutgehalte derhalve ook geen effect te verwachten op de bodemdiergemeenschap.

Slibgehalte / korrelgrootte

Het slibgehalte in het sediment, of de algehele korrelgrootte, heeft effect op de bodemdiergemeenschap. Zo is bijvoorbeeld voor de Waddenzee aangetoond, dat de bodemdiergemeenschap het rijkst is bij slibgehaltes van 15-20% (korrelgrootte < 63 µm) (Beukema, 1976). Na zandsuppletie op de Galgenplaat in de Oosterschelde is gebleken, dat gesuppleerd zand met een grove korrel slechts langzaam geherkoloniseerd wordt door bodemdieren (Holzhauer & van der Werf, 2009).

Het slibgehalte of de korrelgrootte wordt onder andere beïnvloed door stroming. Hoe lager de stroming, hoe fijner de fractie die afgezet kan worden. Hoewel de stroming in de Grevelingen zal toenemen door herintroductie van getij, zullen de stroomsnelheden op de slikken relatief laag zijn. Maar de werking van golven krijgt wel een groter bereik door het getij. Hierdoor is het wel mogelijk dat de slibfractie in de ondiepe slikken iets verlaagd, wat een effect kan hebben op de bodemdiergemeenschap. Het is op dit moment niet duidelijk wat de slibfractie van de ondiepe zones precies is. Deze kan veranderd zijn ten opzichte van de situatie boven de waterlijn. Zodoende is nu niet in te schatten of het effect positief of negatief zal zijn.

Primaire productie van algen

Veel bodemdieren eten algen die in het water zweven (filterfeeders, met name schelpdieren) of die op de bodem neerdalen (depositfeeders, bijvoorbeeld wormachtigen). De primaire productie van algen in het water of op het slik is dus een belangrijke factor voor de bodemdiergemeenschap.

De primaire productie van algen wordt bijvoorbeeld beïnvloed door het doorzicht en door nutriëntengehaltes in het water. Het doorzicht in de Grevelingen zal niet of weinig veranderen door herintroductie van getij (Nolte *et al.*, 2008). Wel zullen chlorofylgehaltes iets verhogen (Nolte *et al.*, 2008) hetgeen erop duidt dat de algenconcentraties in het meer iets zullen toenemen. Dit kan een positief effect hebben op de dichtheden en biomassa's van de bodemdiergemeenschap, maar door de beperkte veranderingen in chlorofylgehaltes zal dit effect gering zijn.

Hoogteligging / droogvalduur

De droogvalduur is van grote invloed op de bodemdiergemeenschap. De belangrijkste predatoren voor bodemdieren zijn vissen, krabben en kreeften (en vogels in veel mindere mate). De kans om opgegeten te worden is dus juist onder water het grootst. Om die reden is het leefgebied hoog in de intergetijdenzone, waar de droogvalduur lang is, het meest gunstig. Mede daarom zijn bodemdiergemeenschappen in intergetijdengebieden meestal rijker dan in het sublitoraal. Hier staat tegenover dat vooral de filter feeders (waaronder schelpdieren) alleen maar kunnen eten wanneer er water staat. Om lang te kunnen foerageren is het dus voor veel bodemdieren juist gunstig om lager in de getijdenzone te leven, waar de droogvalduur kort is.

Het resultaat van deze processen is dat schelpdieren het meest voorkomen op slik met een droogvalduur van 30-50% (Zwarts, 2009). De deposit feeders (waaronder diverse wormachtigen) komen ook wat hoger op het slik veel voor. Zij kennen een optimale droogvalduur van 30-60% (Zwarts, 2009).

Voor een optimale bodemdiergemeenschap, lijkt areaal slik met een droogvalduur van 30-60% het meest belangrijk. Nauwkeurig ingemeten arealen en hoogteligging van de nieuwe slikken zijn op dit moment echter nog niet beschikbaar.
Er zijn wel voorspellingen gedaan voor het totale areaal intergetijdengebied wat zal ontstaan. Uit de meest recente voorspelling, van Van Maldegem en De Jong (2010), blijkt dat er bij een getijslag van 50 cm 740 ha intergetijdengebied zal ontstaan. Bij 70 cm is dit 880 ha en bij 100 cm is dit 1140ha. Het is niet bekend hoeveel daarvan binnen een droogvalduur van 30-60% zal liggen. Desondanks kan op basis van het bovenstaande verwacht worden dat de voorspelde arealen intergetijdengebied over het algemeen rijker aan bodemdieren zal zijn dan het nu is. Het areaal intergetijdengebied wat nu boven huidig meerpeil ligt, staat nu permanent droog en bevat geen bodemdieren. Elke vestiging van bodemdieren is dan een vooruitgang. Het areaal wat nu permanent onder water staat bevat nu al een soortenrijke bodemdiergemeenschap (§3.2) en zal door een verkortte predatie periode van krabben, garnalen en vissen rijker worden.

De arealen intergetijdengebied die hierboven zijn genoemd, betreffen arealen bij de huidige hoogteligging van de oeverzones. Als oeverzones door zandhonger lager komen te liggen kunnen deze arealen op termijn verkleinen (Van Maldegem en De Jong, 2010).

Stroomsnelheid

Een te hoge stroomsnelheid kan een negatieve invloed hebben op de bodemdiergemeenschap. Ten eerste spoelt het slib daardoor weg uit het grover zand en blijft er een suboptimaal slibgehalte over. Ten tweede kunnen jonge bodemdieren zich moeilijker vestigen bij sterke stroomsnelheden. Om deze reden is de bodemdiergemeenschap in stroomgeulen vaak armer dan er buiten (Ysebaert & Herman, 2001).

De stroomsnelheden op de nieuwe slikken zullen door de beperkte getijslag relatief laag zijn, en zeker niet vergelijkbaar met stroomsnelheden in diepe getijdengeulen in de Oosterschelde en Weterschelde. Er wordt geen effect verwacht van stroomsnelheid op de bodemdiergemeenschap op de nieuwe slikken.

5.3.2 Microgetij situaties

De kennis verwoord in § 5.3.1 is met name gebaseerd op Nederlandse situaties. Dat heeft als voordeel, dat de bodemdiergemeenschappen waar de kennis van processen op gebaseerd is, vergelijkbaar zijn aan de bodemdiergemeenschap in het plangebied. Het nadeel is dat de getijslagen op andere plaatsen in Nederland doorgaans veel groter zijn dan de getijslag die mogelijk in de Grevelingen gerealiseerd zal worden.

Uit § 5.3.1 blijkt dat er 740-1140 ha intergetijdengebied zal ontstaan en dat verwacht wordt dat hier een gezonde bodemdiergemeenschap zal ontwikkelen. Een zorg daarbij is, dat een microgetijslag voor een andere situatie zorgt als een grote getijslag waardoor een minder gunstige omgeving ontstaat voor bodemdieren. Daarom is aanvullend literatuur gezocht over bodemdiergemeenschappen in microgetij-situaties in het buitenland.

Gullmarsfjord, westkust Zweden

In het Gullmarsfjord in Zweden heerst ver landinwaarts een getijslag van 20 cm. Het water is iets minder zout als in het Grevelingenmeer met een chloride gehalte variërend van 8 tot 13 mg per liter. Gibson *et al*. (1998) bestudeerde daar het foerageergedrag van juveniele schol. In hun publicatie wordt de bodemdiergemeenschap uitgebreid beschreven. De bodemdiergemeenschap is relatief rijk voor een brak systeem met 19 soorten. In de intergetijdenzone zijn wormachtigen het meest dominant, maar ook de strandgaper (*Mya arenaria*) en vijf andere schelpdiersoorten komen er in hoge dichtheden voor. De dichtheden van de bodemdiergemeenschap zijn het hoogst in de intergetijdenzone tot wel 4.500 individuen per vierkante meter.

Rio de Janeiro, Brazilië

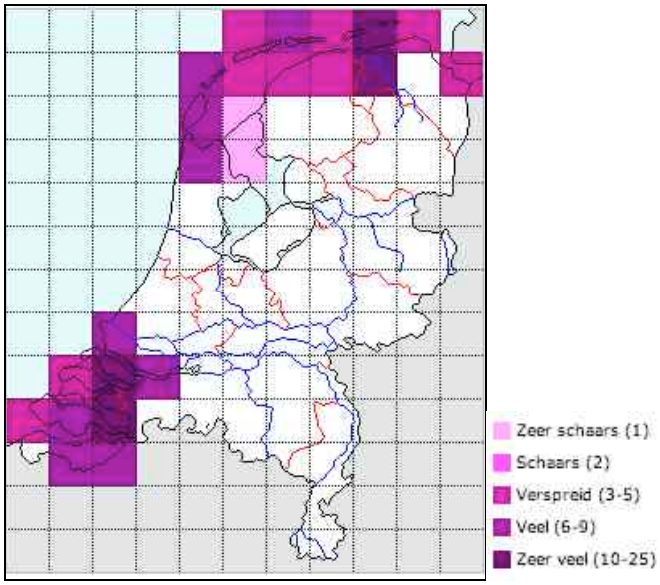
Gomez Velosa *et al*. (2003) bestudeerde de bodemdiergemeenschap in de intergetijdenzone van 15 stranden in de omgeving van Rio de Janeiro. Al deze stranden kennen een microgetijslag, welke door de auteurs gedefinieerd wordt als < dan 2 meter. Gomez Velosa *et al*. (2003) onderzochten verklarende factoren voor verschillen in bodemdiergemeenschappen, zoals droogvalduur en korrelgrootte en geven een goede beschrijving van de aanwezige gemeenschappen. Zij vonden dat de gemeenschappen bestonden uit in totaal 17 soorten, met enkele kreeftachtigen als meest dominante soorten. Ook tweekleppigen kwamen voor in de intergetijdenzone. Dichtheden liepen op tot meer dan 7.000 individuen per vierkante meter.

Zowel in Zweden bij een zeer kleine getijslag (<20 cm), als ook in Brazilië met een variabele getijslag tot 2 m, bestaat een rijke bodemdiergemeenschap in de intergtijdenzone. Wormachtigen, kreeftachtigen en tweekleppigen komen voor in hoge dichtheden. Op basis van deze twee buitenlandse voorbeelden wordt verwacht dat een microgetijslag geen belemmering oplevert voor de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap in de intergetijdenzone.

6 Mogelijk toekomstige rol *Spartina anglica*

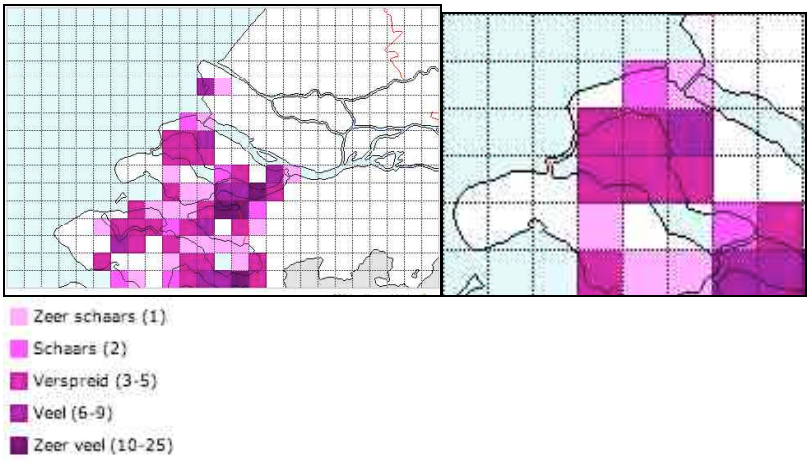
6.1 Huidige voorkomen

Engels slijkgras is uitgezet in 1924 in Zeeland en 1935-1937 in het Waddengebied. In Nederland komt Engels slijkgras nog steeds voor in het Waddengebied en in de Zeeuwse Delta (figuur 2). In het noorden komt de plant vrijwel niet voor op de lage kwelder (boven GHW), in tegenstelling tot in het zuidwesten. In het Waddengebied doet de soort het minder goed dan in Zeeland, waar het substraat lokaal veel slibrijker is, met name in de Westerschelde. Naast het lagere slibgehalte speelt de lagere temperatuur in het Noorden een rol bij deze verschillen. In het noorden doet Engels slijkgras het vooral goed op plekken waar zoet water vanuit de duinen via uitwateringssluizen in het zoute water stroomt, omdat daar colloïdaal gesuspendeerd slib uitvlokt (Westhoff & Van Oosten, 1991).



Figuur 2 Verspreidingsgebieden van Spartina anglica in Nederland.

De soort komt vrijwel voor in het gehele Deltagebied. In de Grevelingen is deze soort niet talrijk en is hij onder andere aangetroffen op de Slikken van Bommenede (zie figuur 3).



Figuur 3. *Verspreiding van Spartina anglica in het Deltagebied, rechts is ingezoomd op de verspreiding in de Grevelingen (Bron: www.soortenbank.nl).*

6.2 Inschatting effecten herintroductie getij

Geschiktheid habitat

Om nieuw intergetijdengebied in de Grevelingen te kunnen koloniseren, zijn habitats nodig die voldoen aan de eisen die Engels slijkgras (*Spartina anglica*) stelt. Het zoutgehalte van het water in de Grevelingen is voldoende hoog en ook de omgevingstemperatuur is in principe geschikt voor het voorkomen van de soort. Ook zijn er in de omgeving bronpopulaties aanwezig, van waaruit de plant zich via zaden of vegetatief kan verspreiden.

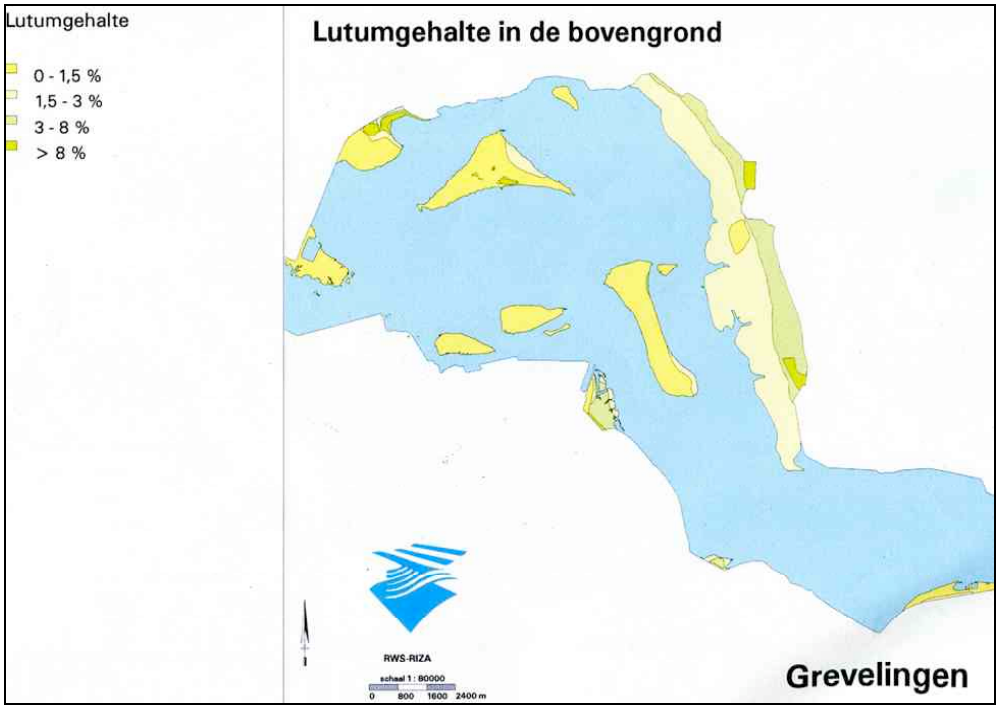
In principe kan Engels slijkgras zich in situaties met een geringe getij-amplitude (<1 meter) vestigen tussen het gemiddelde peil en 2 tot 3 decimeter boven gemiddeld hoog water (McKee & Patrick, 1988; Gray, 1992). Of Engels slijkgras ook daadwerkelijk in deze gehele range kan groeien is afhankelijk van een aantal factoren, die verschillen voor het lage deel en het hoge deel van de zonering.

Voor vestiging in het lage deel (ruim onder GHW) zijn locaties nodig met een relatief geringe golfdynamiek (Groenendijk, 1986; Daehler & Strong, 1996; Hammond *et al*., 2002). Deze zijn aanwezig achter de vooroeververdedigingen en op beschut liggende locaties. Op deze locaties mag het sediment niet te anaeroob zijn, maar op zandig substraat is dat geen probleem (Mateos-Naranjoa *et al*., 2008). Of Engels slijkgras uitgebreide velden gaat vormen, is niet duidelijk. Het is mogelijk dat daarvoor aanvoer van voedingsstoffen en slib noodzakelijk is, waardoor de soort zijn eigen milieu kan verbeteren. Een dergelijke aanvoer is er echter nauwelijks in de Grevelingen.

In het hoge deel van de zonering (grofweg boven 10 cm onder GHW) gaat competitie een rol spelen. Mogelijk als gevolg van hun warmteminnende eigenschappen als C4-

plant (zie bijlage 2), neemt de concurrentiekracht van slijkgrassen naar het noorden toe af (McKee & Patrick, 1988; Gray *et al*., 1990; Pennings *et al*., 2005). De nauw verwante slijkgrassoorten *Spartina densiflora* en *Spartina x townsendii* kunnen zich in het Middellandse zeegebied niet meer vestigen tussen andere planten en koloniseren vrijwel uitsluitend onbegroeide plekken (Scarton *et al*., 2003; Mateos-Naranjoa *et al*., 2008). In Nederland en Engeland is Engels slijkgras op kleiig, voedselrijk substraat een goede concurrent voor gewoon kweldergras, waardoor deze in de zonering nog slechts een smalle zone inneemt. Op zandig substraat is het echter andersom en krijgt Engels slijkgras nauwelijks een kans (Scholten & Rozema, 1990; Huckle *et al*., 2000). Gezien het zandige karakter van de platen en slikken in de Grevelingen (figuur 4) en de relatief lage nutriëntenconcentraties (Bouma *et al*., 2008) wordt verwacht dat Engels slijkgras geen bedreiging vormt voor andere kweldersoorten in de Grevelingen.

Engels slijkgras is in principe in staat zelf zijn eigen biotoop te bouwen, door accumulatie van slib (e.g. Vinther *et al*., 2001). Er zit echter nauwelijks slib in het water in de Grevelingen. Er wordt geen slib meer aangevoerd, het nog aanwezige ligt op de bodem van diepe geulen en de stromingen zijn te gering om dit omhoog te transporteren.



Figuur 4. Lutumgehaltes in de bovengrond (Bron: RWS, RIZA). Lutum zijn de grond-deeltjes kleiner dan 2 µm. Bodems met minder dan 5% lutum worden klei-arm zand genoemd, tussen 5 en 8% kleiig zand, boven 8% lutum is sprake van zavel en boven 25% spreekt met van klei (Stiboka 1987).

Effecten in de verschillende scenario's

Uit de vorige paragraaf blijkt dat Engels slijkgras zich vooral kan vestigen in de zone zonder andere vegetatie en slechts beperkt overlapt met de pionierzone. Verwacht wordt

dat de grens tussen Engels slijkgras en andere zoutvegetaties zich ergens tussen GHW en 10 cm daaronder zal bevinden (zie tabel 2). Op lutumrijkere slikken, zoals de Slikken van Bommenede en het Slik bij Dijkwater zou Engels slijkgras iets boven gemiddeld hoogwater kunnen gaan groeien.

Tabel 2 Potentieel gebied voor de vestiging van Engels slijkgras (waterstand t.o.v. NAP)

Scenario	**Middenpeil**	**GHW**	**potentieel gebied Engels Slijkgras**
T50	-10	+15	-10 tot +10
T70	-20	+15	-20 tot +10
T100	-20	+30	-20 tot +25

7 Discussie

7.1 Bedreigingen en mitigerende maatregelen

Uit voorgaande analyse wordt duidelijk dat het instellen van een getijslag niet alleen nieuwe kansen oplevert voor intergetijdenatuur, maar ook een bedreiging vormt voor bepaalde bestaande natuurwaarden. Het gaat daarbij niet alleen om het verdwijnen van grote arealen natte duinvalleivegetatie en de daarbij behorende soorten, zoals de strikt beschermde groenknolorchis, maar mogelijk ook om het voorkomen van broedvogels van kale bodems. Momenteel wordt het waterpeil voor deze soorten laag gehouden tijdens het broedseizoen, maar bij herintroductie van een getijslag is deze mogelijkheid er niet meer. Hierdoor worden de broedmogelijkheden voor deze soorten beperkt tot de lage, open zone met zilte pioniers. Overigens heeft de technische peiloplossing voor deze vogels op termijn waarschijnlijk ongewenste ecohydrologische gevolgen voor eerdergenoemde duinvalleivegetaties (verdroging / vermindering kwel).

Op het eerste gezicht lijken er mogelijkheden te zijn om deze negatieve effecten geheel of gedeeltelijk te mitigeren of compenseren. Deze mogelijkheden zijn echter in het kader van deze studie niet nader uitgewerkt.

7.2 Verbinding Grevelingen met Krammer-Volkerak

De in deze studie gepresenteerde resultaten zijn gebaseerd op een Grevelingenmeer dat niet verbonden is met het Krammer-Volkerak. Indien in de toekomst besloten wordt toch een verbinding te realiseren met het Krammer-Volkerak en achterliggende rivieren kan dit belangrijke consequenties hebben voor de begroeiingen. Ten eerste kan dit invloed hebben op de zoutdynamiek in de Grevelingen, waardoor er in het oosten van de Grevelingen brakke schorren kunnen ontstaan. De grens tussen brakke en zoute schorren ligt in de Westerschelde ten westen van Saeftinghe (Bouma *et al.,* 2005; Lensink *et al*., 2008). Ten tweede zal de aanvoer van slib toenemen, waardoor de schorren en slikken slibrijker worden. Ten derde is de aanvoer van nutriënten groter, hetgeen een sterkere groei van groenwieren tot gevolg zal hebben. Bij een goede waterkwaliteit en doorzicht kan de aanvoer van zoet water en slib positief uitpakken, omdat dit de kans op hervestiging van zeegras vergroot. Tevens kunnen in de brakke delen riet of biezenvegetaties ontstaan die de oevers beschermen. Zout litoraal ontstaat dan echter niet.

7.3 Leemten in kennis

De volgende kennisleemtes zijn gesignaleerd:

- de gegevens van de groene laser laten globaal zien waar intergetijdengebieden kunnen ontstaan. Het beeld is echter niet gebiedsdekkend en ook niet betrouwbaar

genoeg om uitspraken te kunnen doen over oppervlaktes intergetijdengebied per scenario;
- er is onvoldoende inzicht in de ruimtelijke verschillen in erosie en daarmee in de duurzaamheid van de intergetijdengebieden die zullen ontstaan;
- er is onvoldoende kennis van de huidige benthische fauna op de locaties waar de nieuwe intergetijdengebieden zouden kunnen ontstaan. Hierdoor is het moeilijk om specifieke voorspellingen te doen ten aanzien van de toekomstige bodemdiergemeenschap;
- er is onvoldoende inzicht in de haalbaarheid en effectiviteit van mitigerende maatregelen.

De eerste twee kennisleemtes zouden kunnen worden opgelost door het verzamelen en/of opnieuw inmeten van diepteraaien op de meest kansrijke locaties en het boven water halen van oude raaigegevens. Indien raaien worden ingemeten, wordt aanbevolen tegelijkertijd monsters van de benthische fauna op verschillende dieptes te verzamelen en te analyseren (kennisleemte 3).

8 Conclusies

Vegetaties

Huidige situatie

- De voormalige platen en slikken in de Grevelingen zijn grotendeels verzoet. Zilte pioniervegetaties komen uitsluitend voor in een smalle zone die regelmatig overstroomd wordt met zout water.
- Zilt grasland en overstromingsgrasland komen in een zone daarboven voor, en de arealen ervan worden als gevolg van ontzilting steeds kleiner.
- Het grootste oppervlakte op de platen wordt ingenomen door duinvalleivegetaties, ruigte, struweel en bos.
- De duinvalleivegetaties zijn uit natuurbeschermingsoogpunt zeer waardevol vanwege de hoge aantallen Rode Lijstsoorten, waaronder de beschermde groenknolorchis.
- Bij autonome ontwikkeling zonder aanvullend beheer zullen de groenknolorchis populaties niet duurzaam behouden blijven.

Effecten herintroductie getij

- Bij het instellen van getij ontstaat slik tussen GLW en ongeveer 10 cm onder GHW. De zone met zilte pioniers zal naar boven opschuiven en neemt bij alle scenario's in areaal toe.
- De zilte graslanden en de overstromingsgraslanden kunnen niet of nauwelijks opschuiven en verdwijnen grotendeels. De duinvalleivegetaties kunnen ook niet naar boven opschuiven, of hooguit enkele centimeters in scenario T50 (omdat het middelpeil stijgt). Wellicht kunnen deze effecten met mitigerende maatregelen deels voorkomen worden.
- Bij alle scenario's ontstaat kaal slik, het meeste bij T100. De grootste arealen lijken op basis van de huidige gegevens te liggen bij de Slikken van Flakkee en aan de oostkant van de Veermansplaat.
- Bij scenario T50 gaat het ontstaan van slik en zilte pioniers ten koste van zilt grasland en overstromingsgrasland en qua areaal slechts in beperkte mate van duinvalleivegetaties. Omdat de groenknolorchis echter juist in laag gelegen duinvalleivegetaties groeit, gaat de populatie op de Stampersplaat geheel verloren en de populatie op de Veermansplaat voor een groot deel.
- Bij scenario T70 ontstaat iets meer kaal slik, maar door de onbetrouwbaarheid van de dieptegegevens is onduidelijk hoeveel. Voor de duinvalleivegetaties is dit scenario ongunstiger, vanwege het lagere middenpeil.
- Bij scenario T100 ontstaat een flink extra areaal kaal slik. Op de platen verdwijnt 25-75% van de duinvalleivegetaties. De groenknolorchis kan zich slechts op één geïsoleerde plek op de Veermansplaat handhaven; 90% van de populatie gaat verloren.

Bodemdieren

Huidige situatie

- In de Grevelingen leeft een bodemdiergemeenschap op het zachte substraat bestaande uit 75 soorten welke voorkomen in dichtheden van enkele duizenden per vierkante meter.
- Het westelijke deel van het meer is rijker aan bodemdieren dan het oostelijke deel.
- Ook in de meest ondiepe zone is de bodemdiergemeenschap goed ontwikkeld (gegevens uit de jaren '80).
- Er blijkt een duidelijke neerwaartse trend in aantallen en biomassa's over de laatste 30 jaar, de soortenrijkdom is nog aanwezig.
- Recente gegevens over bodemdieren op locaties waar de toekomstige intergetijdengebieden verwacht worden, zijn niet beschikbaar.

Effecten herintroductie getij

- Belangrijke factoren die de bodemdiergemeenschap beïnvloeden zijn zoutgehalte, slibgehalte / korrelgrootte, primaire productie van algen, hoogteligging / droogvalduur en stroomsnelheid.
- Het zoutgehalte is nu geschikt voor een rijke bodemdiergemeenschap en zal onder invloed van getij weinig veranderen.
- Er is te weinig kennis beschikbaar van huidige en toekomstige slibfracties en korrelgroottes in het ondiepe water om conclusies over het effect van de slibfractie / korrelgrootte te trekken.
- De primaire productie van algen zal iets toenemen door herintroductie van het getij, wat een positief effect kan hebben op de dichtheden en biomassa van bodemdiergemeenschappen. Dit effect is echter klein, wellicht verwaarloosbaar.
- De droogvalduur van het slik is een belangrijke factor voor bodemdieren en gerelateerd aan hoogteligging. Bodemdiergemeenschappen zijn rijker in de intergetijdenzone dan in het sublitoraal. Verwacht wordt dat in de intergetijdenzone een rijke bodemdiergemeenschap ontstaat. Het areaal nieuw intergetijdengebied ligt tussen de 740 en 1140 ha. Het is echter nog niet bekend hoe duurzaam het areaal nieuw slik zal zijn in verband erosieprocessen.
- Hoge stroomsnelheden hebben een negatief effect op de bodemdiergemeenschap. Er wordt echter niet verwacht dat de stroomsnelheden in het nieuwe intergetijdengebied hoog genoeg zijn om negatieve invloed te hebben.
- In microgetij situaties op andere locaties in de wereld ontstaan rijke bodemdiergemeenschappen in de intergetijdenzone. Er wordt niet verwacht dat de kleine getijslag een negatief effect heeft op de kwaliteit van de bodemdiergemeenschap.

Mogelijk toekomstige rol van Engels slijkgras

- Engels Slijkgras kan zich vestigen op plaatsen met een geringe golfdynamiek, tussen gemiddeld waterpeil en gemiddeld hoogwater. Of er uitgebreide velden ontstaan of dat dit beperkt blijft tot klonen van enkele meters in doorsnede is niet duidelijk.
- Door het zandige substraat en het voedselarme water kan Engels slijkgras niet goed concurreren met andere zoutplanten en zal daardoor geen bedreiging vormen voor de ontwikkeling van de schorren.

9 Literatuur

Adams, D.A. 1963. Factors Influencing Vascular Plant Zonation in North Carolina Salt Marshes. Ecology, Vol. 44, No. 3: 445-456.

Anonymus, 2006. Vegetatiestructuur en zoutgradiënt zoute Meren (Grevelingen en Veerse Meer). MWTL-monitoring AGI, Rijkswaterstaat.

Anonymus, 2007. Natura 2000 gebied 115 - Grevelingen. Concept gebiedendocument, Ministerie van LNV, 's-Gravenhage.

Bakker, J.P., 1989. Nature management by grazing and cutting. On the ecological significance of grazing and cutting regimes applied to restore former species-rich plant communities in the Netherlands. Dissertatie Universiteit Rijksuniversiteit Groningen, 400 p. Handelsuitgave: Kluwer, Dordrecht/Boston/London.

Bakker, J.P., P. Esselink, R. van der Wal & K.S. Dijkema, 1997. Options for restoration and management of coastel salt marshes in Europe. In: K.M. Urbanska, N.R. Webb & P.J. Edwards (eds) Restoration ecology and sustainable development.Cambridge University Press, Cambridge.

Best, M., A. Massey & A. Prior, 2007. Developing a saltmarsh classification tool for the European water framework directive. Marine Pollution Bulletin 55: 205–214.

Beukema, J.J. 1976. Biomass and species richness of the macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. Netherlands journal of sea research 10(2): 236-261.

Boedeltje, G., 2005. The role of dispersal, propagule banks and abiotic conditions in the establishment of aquatic vegetation. Proefschrift, Radboud Universiteit Nijmegen

Boudewijn, T.J., R.J.W. van de Haterd, G.C.W. van Beek & S. Bouma, 2001. Typologie Noordrand. De groene waarden van een overwegend industrieel gebied. Bureau Waardenburg rapportnr 01-106, Culemborg.

Boudewijn, T.J., J.M. Reitsma, A.J. Nienhuis & M. Japink, 2007. Ecologisch Streefbeeld voor Braakman Zuid. Eisen vanuit mariene estuariene natuur. Bureau Waardenburg rapportnr. 07-040, Culemborg.

Bouma S., W. Lengkeek, T.J. Boudewijn, L.G. Turlings, R. Abma & R.L.J. Nieuwkamer, 2008. Notitie knelpunten autonome ontwikkeling. Onderdeel Verkenning Grevelingen.

Bouma, H., D.J. de Jong, F. Twisk & K. Wolfstein, 2005. Zoute wateren Ecotopenstelsel (ZES.1). Rapport RIKZ/2005.024.

Colen C. van, F. Montserrat, P.M.J. Herman, J.J. Middelburg, M. Vincx, T. Ysebaert & S. Degraer, 2008. Recovery of estuarine tidal mudflat sediments after hypoxia: the structuring role of macrofauna recolonization. Marine ecology progress series 372: 31–42.

Daehler, C.C. & D.R. Strong, 1996. Status, prediction and prevention of introduced cordgrass *Spartina spp*. invasions in pacific estuaries, USA. Biological Conservation 78 (1996) 51-58.

Deegan, L.D., 2002. Lessons Learned: The Effects of Nutrient Enrichment on the Support of Nekton by Seagrass and Salt Marsh EcosystemsEstuaries Vol. 25, No. 4b, p. 727-742.

Duarte, C.M. 1991. Seagrass depth limits. Aquatic Botany 40(4): 363-377.

Dijkema, K.S., J.H. Bossinade, P. Bouwsema, R.J. de Glopper, 1990. Salt marshes in the Netherlands Wadden Sea: rising high-tide levels and accretion enhancement. In: Beukema, J.J.; Wolff, W.J. (Ed.) (1990). Expected effects of climatic change

on marine coastal ecosystems. Developments in Hydrobiology, 57: pp. 173-188.

Dijk, E. van & J.A. Inberg, 2002. Vegetatiekartering De Grevelingen. Veermansplaat, Dwars in de weg en Stampersplaat. Buro Bakker, Assen.

Esselink, J.W.P., 2000. Management of coastel salt marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.

Esselink, J.W.P., L.F.M. Frescoa, K.S. Dijkema, 2002. Vegetation change in a man!made salt marsh affected by a reduction in both grazing and drainage. Applied Vegetation Science 5(1):17-32.

Esselink, J.W.P., K.S. Dijkema, S. Reents & G. Hageman, 1998. Vertical accretion and profile changes in abandoned man-made salt marshes in the Dollard Estuary, the Netherlands. Journal of Coastal Research 14: 570-582.

Fortuin, A.W., 1986. Effecten van oeverbescherming (en peilbeheer) in Veerse Meer en Grevelingen op bodemdieren in de oeverzone. Rapport 86.07. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Gibson, R.N., L. Pihl, M.T. Burrows, J. Modin, H. Wennhage & L.A. Nickell. 1998. Diel movements of juvenile plaice Pleuronectes platessa in relation to predators, competitors, food availability and abiotic factors on a microtidal nursery ground. Marine Ecology Progress Series 165: 145-159

Gomez Veloso, V., C.H. Soares Caetano & R. Silva Cardoso. 2003. Composition, structure and zonation of intertidal macroinfauna in relation to physical factors in microtidal sandy beaches in Rio de Janeiro state, Brazil. Scientia Marina 67(4): 393-402.

Gray, A. J., 1992. Saltmarsh plant ecology: zonation and succession revisited. In Saltmarshes: morphodynamics, conservation and engineering significance, ed. J. R. L. Allen & K. Pye. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 63-79. In: Daehler & Strong, 1996.

Groenendijk, A.M., 1986. Establishment of a Spartina anglica population on a tidal mudflat: a field experiment. Journal of Environmental Management, 22: 1-12.

Grootjans, A.P., E.B. Adema, R.M. Bekker et al. 2004. Why coastal dune slacks sustain a high biodiversity. In: Martínez & Psuty (eds.), Coastal dunes, Ecology and Conservation, 85-101. Ecological Studies 171, Springer, Berlin/Heidelberg/New York. In: Van Haperen, 2009.

Hammond, M.E.R., G.C. Malvarez and A. Cooper, 2002. The distribution of Spartina anglica on estuarine mudflats in relation to wave-related hydrodynamic parameters. Journal of Coastal Research SI 36 352-355 (ICS 2002 Proceedings).

Haperen, A.M.M. van, 2009. Een wereld van verschil. Landschap en plantengroei van de duinen op de Zeeuwse en Zuid-Hollandse Eilanden. Proefschrift Wageningen Universiteit.

Haterd, R.J.W. van de, A.J.M. Meijer & T.J. Boudewijn, 1999. Natuurontwikkeling in de Rotterdamse haven. Randvoorwaarden en natuurwaarden van een tiental locaties. Bureau Waardenburg rapportnr 99-91, Culemborg.

Haterd, R.J.W. van de, E.J.J. Sieben & J.M. Reitsma, 2003. Inventarisatie zoutplanten op zeedijken langs de Oosterschelde. Rapport 03-149. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Heerdt, G.N.J. ter, 1995. Planten in de peiling. Literatuuronderzoek naar de invloed van het zoutgehalte in de bodem op de ontwikkeling van helofyten. RIZA Notanr 95.041. Rijksuniversiteit Groningen & RIZA, Lelystad.

Heide, T. van der, 2009. Stressors and feedbacks in temperate seagrass ecosystems. Proefschrift, Radboud Universiteit Nijmegen.

Hinde, H.P., 1954. The Vertical Distribution of Salt Marsh Phanerogams in Relation to Tide Levels. Ecological Monographs, Vol. 24, No. 2, 209-225.

Holzhauer, H. & J. van der Werf 2009. Evaluatie proefsuppletie Galgeplaat. Ontwikkelingen in de eerste 3 maanden na aanleg. Deltares rapport Z4581, Delft.

Huckle, J. M.; Potter, J. A. and Marrs, R. H. 2000. Influence of environmental factors on the growth and interactions between salt marsh plants: effects of salinity, sediment and waterlogging. Journal of Ecology 88: 492-505.

Isacch, J. P., C. S. B. Costa, L. Rodríguez-Gallego, D. Conde, M. Escapa, D. A. Gagliardini, & O.O. Iribarne, 2006. Distribution of saltmarsh plant communities associated with environmental factors along a latitudinal gradient on the south-west Atlantic coast. Journal of Biogeography 33: 888–900.

Jong, D. de, 2009. Grevelingenmeer, beperkt getij terug en dan? Notitie RWS-AXW, 30-11-2009, concept 1.

Katwijk, M.M. van, 2000. Possibilities for restoration of Zostera marina beds in the Dutch Wadden Sea. Proefschrift, Radboud Universiteit Nijmegen.

Keizer, P.J., 1987. Vegetatiekaart Grevelingen. Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, Delft.

Körner, S., 2002. Loss of submerged macrophytes in shallow lakes in North-Eustern Germany International review of Hydrobiology 87: 375-384.

Koutstaal, B.P., M.M. Markusse & W. de Munck, 1987. Aspects of seed dispersal by tidal movements. In: A.H.L. Huiskes, C.W.P.M. Blom & J. Rozema (Eds.) Vegetation between land and sea. Junk, Dordrecht: 226-233.

Kraker, K. de, 2008. Grevelingenverslag. Onderzoek aan de flora en fauna van de Hompelvoet en andere gebieden in de Grevelingen. Sandvicensis, Burgh.

Leendertse, P.C., M.C.Th. Scholten & J.T. van der Wal, 1996. Fate and effects of nutrients and heavy metals in experimental salt marsh ecosystems. Environmental Pollution 94, Issue 1: 19-29.

Lensink, R., A.J.M. Meijer & G.J. Buth, 2008. Beheerplan Verdronken Land van Saeftinghe 2009-2020. Bureau Waardenburg rapportnr. 08-038, Culemborg.

Mckee, K.L. & W. H. Patrick jr., 1988. The Relationship of Smooth Cordgrass (*Spartina alterniflora*) to Tidal Datums: A Review. Estuaries Vol. 11, No. 3, 143-151.

Maldegem, D. & D. de Jong, 2010 (concept). Invloed beperkt getij op oever Grevelingen Meer. Huidige ontwikkeling en prognose T50-T100. Rijkswaterstaat Zeeland.

Mateos-Naranjo, E., S. Redondo-Gómez, C.J. Luque, E.M. Castellanos, A.J. Davy & M.E. Figueroa, 2008. Environmental limitations on recruitment from seed in invasive Spartina densiflora on a southern European salt marsh Estuarine, Coastal and Shelf Science 79(4): 727-732.

Menting, G. & H. Slager, 1997. Evaluatie peilbeheer Grevelingen. Effect van peilverandering op de oevers. RIZA rapport 97.094, Lelystad.

Moorsel, G.W.N.M. van, S. Bouma, A.J.M. Meijer, R.H. Witte, R. Lensink, J.M. Reitsma & G.C.W. van Beek, 2001. Biogeografie Noordzee en kustwateren. Rapport 01-123. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Nienhuis, P.H., 1970. The benthic algal communities of flats and salt marshes in the Grevelingen, a sea-arm in the south-western Netherlands. Netherlands Journal of sea research 5(1): 20-49.

Nienhuis, P.H., 1985. Het Grevelingenmeer. Van estuarium naar zoutwatermeer. Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek, Yerseke.

Nolte A., Troost, T, de Boer G., Spiteri C. en van Weesenbeeck B., 2008. Verkenning oplossingsrichtingen voor een betere waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer. Deltares rapport Z4576, Delft.

Pennings, S.C., M.B. Grant & M.D. Bertness, 2005. Plant zonation in low-latitude salt marshes: disentangling the roles of flooding, salinity and competition. Journal of Ecology 93: 159–167.

Sánchez, J. M., X. L. Otero & J. Izco, 1998. Relationships between vegetation and environmental characteristics in a saltmarsh system on the coast of Northwest Spain. Plant Ecology 136: 1–8.

Scarton, F., L. Ghirelli, D. Curiel & A. Rismondo, 2003. First data on Spartina x townsendii in the Lagoon of Venice (Italy). Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 03, Ravenna Italy. Vol 2: 787-792.

Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1998. De vegetatie van Nederland deel 4. Kust en binnenlandse pioniermilieus. Opulus press, Leiden.

Scholten, M. & Rozema, J. (1990). The competitive ability of Spartina anglica on Dutch salt marshes. In Daehler & Strong, 1996.

Smits, N., R. Bobbink, J. Willems, T. van Noordwijk, H. Esselink, H. Siepel, R. Huiskes, L. Kuiters & J. Schaminée, 2006. Herstel van schrale hellinggraslanden in Zuid-Limburg. natuurhistorisch maandblad, 95(8): 181-185.

Stiboka, 1987. Bodemkaart van Nederland. Algemene begrippen en indelingen. 3e herziene uitgave. Stichting voor de bodemkartering, Wageningen.

Turlings L.G., R.L.J. Nieuwkamer, S. Bouma, W. Lengkeek, T.J. Boudewijn, R. Abma, 2008. Notitie bouwstenen en kansrijke oplossingsrichtingen. Onderdeel Verkenning Grevelingen.

Vandevoorde, B. A. van Braeckel, R. Gyselings & E. van den Bergh, 2006. Sedimentation and erosion processes drive vegetation development on restored tidal marshes. 6th European Conference on Ecological restoration Genth, Belgium.

Vinther, N. C. Christiansen & J. Bartholdy, 2001. Colonisation of Spartina on a tidal water divide, Danish Wadden Sea. Danish Journal of Geography 101: 11-20.

Visser, J., 1995. Het Grevelingenmeer, natuurlijk ingericht. Achtergronden van 25 jaar inrichting en beheer. Flevobericht 378. RWS Directie IJsselmeergebied. In: Van Dijk & Inberg, 2002.

Westhoff, V. & M.F. van Oosten, 1991. Plantengroei van de Waddeneilanden. Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht.

Wetsteijn, L.P.M.J. 2010. Actualisatie bekkenrapport Grevelingenmeer (concept).RWS-Waterdienst rapport.

Witteveen & Bos, januari 2009. Verkenning Grevelingen water en getij.

Wolters, M., Garbutt, A. and Bakker, J.P., 2005b, Salt-marsh restoration: evaluating

the success off de-embankments in north-west Europe, Biological Conservation 123: 249-268

Ysebaert, T. 2000. Macrozoobenthos and waterbirds in the estuarine environment: spatio-temporal patterns at different scales. PhD-thesis, University of Antwerp.

Ysebaert, T. & P. Herman. 2001. Bodemdieren langsheen estuariene gradiënten. De levende natuur 102(2): 74-78.

Zwarts, L. 2009. Voedsel voor wadvogels in de Oosterschelde: nazomer 2009. Altenburg en Wymenga rapport 1346. Altenburg en Wymenga, ecologisch onderzoek, Feanwalden.

Bijlagen

Bijlage 1 Resultaten literatuurstudie 'Plantengroei op schorren: factoren en zonering'

Deze bijlage bevat de resultaten van de literatuurstudie naar de factoren die van invloed zijn op de plantengroei in intergetijdengebieden. In § 1.1 wordt ingegaan op factoren die van invloed zijn op de plantengroei en in § 1.2 op de zonering die daarvan het gevolg is.

1.1 Factoren die van invloed zijn op de plantengroei

Factoren die van invloed zijn op de plantengroei in intergetijdengebieden zijn zoutgehalte, overspoelingsduur, substraat, dispersie, beheer, nutriënten en morfologie. Deze factoren zijn aan elkaar gerelateerd. In onderstaande toelichting wordt ingegaan op de invloed van de genoemde factoren en hun onderlinge samenhang.

Zoutgehalte

Het zoutgehalte is voor de plantengroei de meest bepalende factor (Westhoff & Van Oosten, 1991). Zout is voor de meeste planten giftig (ook voor de meeste schorplanten). Slechts enkele planten hebben zeezout nodig voor hun ontwikkeling. Zelfs voor deze soorten kunnen de zoutconcentraties echter te hoog worden. De overige zoutplanten zijn zouttolerant, wat wil zeggen dat ze aanpassingen hebben om met hoge zoutconcentraties om te gaan. Deze planten kunnen dus ook op locaties zonder zout groeien, maar worden daar vaak weggeconcurreerd door andere planten. Als de zoutconcentratie van het inundatiewater lager is dan die van zeewater, ontstaan brakke of zoete vegetaties op de schorren.

Overspoelingsduur en –frequentie

De overspoelingsduur (en –frequentie) is een tweede belangrijke factor voor de plantengroei. De overspoelingsduur is een functie van de natuurlijke getijdebeweging, waarbij naast gemiddeld laag- en hoogwater nadrukkelijk ook het optreden van extremen (springtij, dood tij en stormvloeden) van belang zijn.

Op delen met een hoge overstromingsduur is de zoutconcentratie in het bodemvocht vrijwel gelijk aan de zoutconcentratie in de waterlaag en zijn de fluctuaties klein. Op minder vaak overstroomde delen kan de zoutconcentratie afnemen door invloed van regenwater. Als gevolg van verdamping kunnen de zoutconcentraties echter ook aanzienlijk hoger worden dan die van het oorspronkelijke zeewater, zelfs zo hoog dat er geen planten kunnen groeien (Westhoff & Van Oosten, 1991). De mate waarin de zoutconcentraties fluctueren is sterk afhankelijk van het substraat (zie factor substraat).

De overspoelingsduur heeft ook grote invloed op het vochtgehalte en de redoxpotentiaal van de bodem. Sommige soorten, zoals zeegrassen, kunnen niet tegen uitdroging, terwijl veel andere soorten juist niet tegen langdurige onderdompeling kunnen. Een hoge overspoelingsduur leidt tot een lagere redoxpotentiaal en hogere concentraties van toxische stoffen als sulfide en ammonium. Delen met een lage overspoelingsduur kennen

een grotere fluctuatie in vochtgehalte, waardoor hier ook vochttekorten kunnen optreden.

Substraat
In Noord-Nederland spreekt men van kwelders en in het Deltagebied van schorren en gorzen. Ook de onbegroeide, slibrijke afzettingen worden in het Noorden anders genoemd, namelijk 'wadden', dan in de zuidwestelijke delta inclusief België en Frankrijk, waar men spreekt van 'slikken en platen'. Platen liggen daarbij in de geulen (als eilanden), terwijl slikken tegen de dijk aanliggen. Dit onderscheid is in het waddengebied bijna niet te maken. In deze studie, die over het Grevelingenmeer gaat, wordt uitsluitend gesproken van slikken, platen en schorren.

Naarmate een plek meer beschut ligt ten opzichte van de zee kan er fijner sediment worden afgezet. Op het strand en op platen in de open zee (Voordelta) wordt vrijwel uitsluitend zand afgezet, terwijl op beschutte plekken zavel of kleigronden kunnen ontstaan. Eén en ander hangt uiteraard ook af van de aanvoer van sediment. Zo is nabij riviermondingen over het algemeen meer lutum en slib aanwezig. De sedimentatie op schorren is het hoogst tussen gemiddeld hoogwater en 20 cm daarboven en loopt in de Waddenzee uiteen van 0,4 tot 2 cm per jaar (Dijkema *et al*., 1990; Esselink *et al*., 1998), maar sedimentatiepatronen zijn ook afhankelijk van de morfologie (zie factor morfologie).

Er is een groot verschil in begroeiing tussen de zandige platen of stranden en de slibrijkere schorren. Regelmatig overstroomde platen of strandvlaktes die uit zuiver zand bestaan (matig fijn tot matig grof zand, zonder slibbijmenging), vormen een zeer extreem milieu. Het zand houdt nauwelijks vocht vast, en daardoor treden sterke schommelingen in temperatuur, vocht- en zoutgehalte op. Door het dynamische milieu (branding, sterke stroming) treden ook veel verplaatsingen van sediment aan het maaiveld op. Het zoute, zuiver zandige milieu is door deze factoren ongeschikt voor plantengroei; regelmatig overstroomde delen van zandplaten en stranden zijn dan ook vrijwel onbegroeid (Westhoff & Van Oosten, 1991). De eerste planten op zandstranden vestigen zich op het vloedmerk, dat door organische stof een betere vocht- en zouthuishouding kent of ruim boven het gemiddeld hoogwater, waar zich kleine regenwaterlenzen vormen in duintjes met biestarwegras of helm.

Op slibhoudende zandplaten en slikken fluctueert het vocht- en zoutgehalte minder en ook de beweging van het sediment is geringer. Op de slibrijke schorren kunnen dan ook een dertigtal plantensoorten groeien die aangepast zijn aan het zoute milieu (Westhoff & Van Oosten, 1991). Slibrijke schorren blijven meestal lang binnen het bereik van (extreem) hoogwater liggen, terwijl zandige gronden op kunnen stuiven tot duinen en daarna snel verzoeten.

Een tussenvorm tussen de zuiver zandige stranden en de kleiige slikken wordt gevormd door de zogenaamde 'groene stranden' en 'achterduinse strandvlakten'. De laatste ontstaan door vorming van een duinenrij op het strand. Achter de duinenrij vormt zich

een periodiek overstroomde primaire duinvallei, waar door de beschutte ligging enig slib kan bezinken. Achterduinse standvlakten kennen meestal een vrij korte levensduur, omdat ze over het algemeen binnen enkele decennia worden afgesnoerd van de zee en daardoor verzoeten. Groene stranden liggen meestal op de overgang tussen de zandige stranden en de meer kleiige slikken en schorren. Het zijn botanisch zeer rijke gebieden, hetgeen volgens Westhoff & Van Oosten (1991) het gevolg is van hun langdurig stabiele, ruimtelijk sterke, maar geleidelijk verlopende milieugradiënten. Groene stranden worden van oudsher vooral gevonden nabij de zeegaten. Het wellicht bekendste Nederlandse voorbeeld is het Groene strand op Terschelling, maar van oudsher lagen de meeste groene stranden in het Deltagebied van Zuid-West Nederland. Voorbeelden zijn het Groene strand op Voorne, de voormalige Springersgors en de Kwade Hoek op Goeree, de Zoute Haard en de Westenschouwense inlagen op Schouwen en de Verdronken Zwarte Polder in Zeeuws-Vlaanderen (Westhoff & Van Oosten, 1991).

Ook als gronden door opslibbing, overstuiving of andere oorzaken buiten het dagelijkse bereik van het zeewater komen te liggen, heeft het substraat een dominante invloed op de ontwikkeling. Des te meer slib er in de bodem zit, des te langzamer verloopt de verzoeting. Hetzelfde geldt voor de ontkalking. Slibrijke gronden zijn bovendien rijker aan nutriënten, hetgeen na ontzilting een grote rol speelt in de vegetatiesuccessie.

Naast natuurlijke, zachte substraten komen langs de kust ook (in Nederland onnatuurlijke) harde substraten voor. Het betreft meestal steenstorten ter voorkoming van afslag, de gebruikte materialen variëren van breuksteen, stortsteen, basalt tot beton of asfalt. Op dergelijke substraten kan wel degelijk een begroeiing ontstaan van wieren (sublitoraal) en hogere planten (litoraal). Sommige planten (zoals zeekool) komen bij uitstek voor op met steen beklede dijken, maar over het algemeen zijn de plantengemeenschappen op stenige substraten matig tot slecht ontwikkeld (zie bijv: Van de Haterd *et al*., 2003).

Dispersie

Gebrekkige dispersie (verspreiding) van plantensoorten kan een knelpunt vormen voor de ontwikkeling van een breed scala aan aquatische en terrestrische ecosystemen (zie bijv.: Körner, 2002; Boedeltje, 2005; Smits *et al*., 2006). Indien doelsoorten niet aanwezig zijn en ook niet aangevoerd worden, kunnen de doelvegetaties zich zelfs bij geschikte abiotische omstandigheden niet ontwikkelen. Echter, voor de ontwikkeling van lage tot middelhoge schorren vormt dispersie waarschijnlijk geen groot knelpunt, zeker niet binnen de zeearmen van de Delta (Van Moorsel *et al*., 2001). De meeste schorplanten verspreiden hun zaden drijvend met het zeewater (Westhoff & Van Oosten, 1991; Van Moorsel *et al*., 2001) en uit dispersieproeven in de Oosterschelde bleek, dat drijvende zaden zich zeer goed verspreiden (Koutstaal *et al*., 1987). Uit een evaluatie van 37 locaties in Noord-West Europa (Wolters *et al*., 2005) blijkt, dat de belangrijkste vegetatievormende soorten van het lage en middelhoge schor (zeekraal, schorrekruid, zeeaster, gewone zoutmelde en gewoon kweldergras) na één of twee jaar al 75% tot 95% van de locaties koloniseerden. Planten van het hoge schor kwamen minder vaak voor, maar hierin speelde habitat(on)geschiktheid waarschijnlijk een rol.

Belangrijke factoren in succesvolle kolonisatie zijn de afstand tot bestaande schorvegetaties en de mate waarin water toegang heeft tot het schor (Wolters *et al*., 2005). De afwezigheid van dammen en kades en de aanwezigheid van kreken werkt dus positief, hetgeen gezien het verspreidingsmechanisme niet verwonderlijk is.

Ook het ontstaan van groene stranden kan snel gaan. Recent zijn nieuwe groene stranden ontstaan op Schiermonnikoog, aan de oostkant van Terschelling (Cupido's polder) en aan de westkant van Terschelling (Noordvaarder). Dit laatste gebied heeft zich binnen tijdsbestek van 10 jaar ontwikkeld van een strand met biestarwegrasduintjes naar een deels ontzilt groen strand met o.a. heen, riet, zeerus, fioringras, kweldergras, melkkruid, strandduizendguldenkruid, zeeaster, geelgroene zegge, noordse rus, kwelderzegge, zilte zegge en knopbies (R. van de Haterd ongepubl.).

Beheer
Het vegetatiebeheer is een belangrijke factor in de ontwikkeling van schorren. Het is aannemelijk dat schorren in het verleden begraasd zijn door grote herbivoren als oeros en eland. Veel schorren worden al lange tijd begraasd door vee (Schaminée *et al*., 1998; Westhoff & Van Oosten, 1991). Intensieve beweiding is altijd ongunstig. Op de laagste delen leidt beweiding vaak tot het geheel verdwijnen van de vegetatie (Bakker *et al*., 1997). Op middelhoge schorren leidt beweiding tot een toename van gewoon kweldergras en het verdwijnen van vegetaties met gewone zoutmelde en lamsoor. Op hoge schorren wordt de biodiversiteit vergroot door beweiding. Zonder beweiding ontstaan daar vrij uniforme vegetaties met zeekweek (Bakker, 1989; Bakker *et al*., 1997).

Nutriënten
Hogere nutriëntenconcentraties in het water verminderen het doorzicht, waardoor onder water groeiende planten (in zout milieu uitsluitend zeegrassen) minder licht krijgen. Daarnaast kunnen hogere stikstofconcentraties in het bodemvocht van de laagste delen leiden tot hogere ammoniumconcentraties, die zowel voor flora als fauna toxisch kunnen zijn. Als gevolg van eutrofiëring nemen groenwieren sterk toe, deze kunnen massaal aanspoelen en het andere leven verstikken (Westhoff & Van Oosten, 1991). In het Grevelingenmeer is dit slechts enkele malen opgetreden. Dit hing samen met de inlaat van relatief zoet en voedselrijk water via de Brouwersdam, in perioden met veel rivierwaterlozingen uit het Haringvliet (De Kraker, 2008).

Zoutconcentraties en inundatiefrequentie hebben een groter effect op schorvegetaties dan nutriënten. Aangevoerde nutriënten worden voor een deel opgenomen door de vegetatie en in de bodem. Nutriënten, met name stikstof, veranderen zowel de soortensamenstelling als de vegetatiestructuur van schorren. Hierdoor kan het functioneren van het ecosysteem worden aangetast (Leendertse *et al*., 1996; Deegan 2002).

Morfologie
Morfologische factoren die een rol spelen bij de vegetatie-ontwikkeling zijn de mate van aangroei of afslag, opslibbing, de aanwezigheid van kreken en oeverwallen en het aanwezige reliëf.

De morfologie van een schor is van belang, omdat uitsluitend op de wat steilere hellingen (zoals kreekruggen en duinvoeten) zich vloedmerk kan verzamelen, waardoor vloedmerkgemeenschappen ontstaan. Het microreliëf heeft ook invloed op de variatie in vegetaties. Op hogere, vaak zandigere kreekruggen en in afvoerloze kommen ontstaan andere vegetaties dan op vlakke kwelders (Westhoff & Van Oosten, 1991; Schaminée *et al*., 1998). De morfologie en vegetatie van schorren heeft ook invloed op de sedimentatiepatronen: de sedimentatie is geringer naarmate de afstand tot slikken en kreken toeneemt en naarmate de vegetatie opener en lager is (Esselink *et al*., 1998).

De helling van een schor als geheel heeft invloed op sedimentatie- en erosie. Voor de Schelde is berekend dat schorren met een hellingshoek van meer dan 2,5% eroderen (Vandevoorde *et al*., 2006). Een stijging van het gemiddelde waterniveau kan echter ook afslag veroorzaken, zoals in de Waddenzee gebleken is. Daar leidde zeespiegelstijging op de lage, spaarzaam begroeide delen tot klifvorming en afslag. Op de begroeide delen van schorren kon sedimentatie een beperkte stijging compenseren (Dijkema *et al*., 1990). Op schorren waar afslag overheerst, ontstaat een totaal andere situatie dan bij aangroeiende of stabiele schorren. De zeekraalgemeenschap is bij afslagschorren slechts weinig of helemaal niet ontwikkeld, een slikzone met een rijk dierlijk leven ontbreekt dan ook grotendeels. Aan de rand van het schor wordt door de vloed een wal opgeworpen met daarop de gemeenschap van zilte rus of die van zeealsem en in het lagere schor daarachter staat een kweldergrasgemeenschap (Westhoff & Van Oosten, 1991).

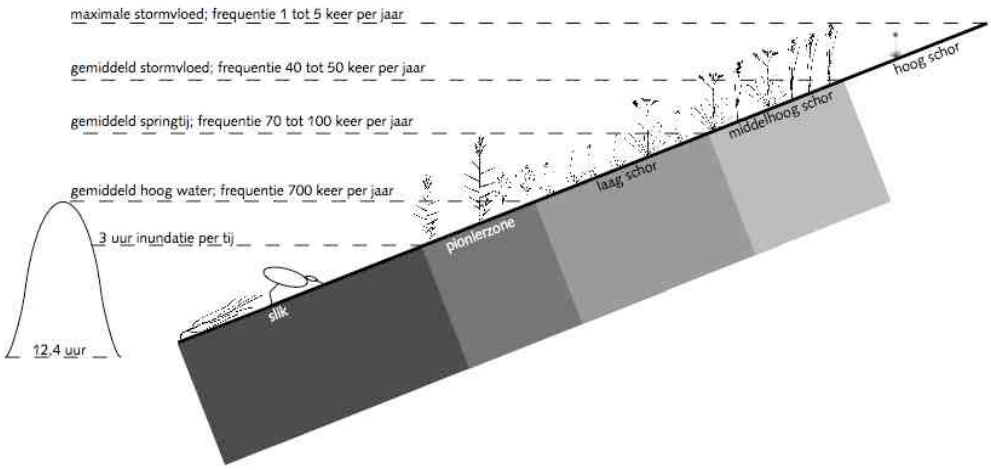
De afslag van de platen in de Grevelingen, vaak "zandhonger" genoemd, is ontstaan als gevolg van het wegvallen van getijstromen. Men tracht de afslag van de platen te verminderen door het aanbrengen van verdedigingen, zowel direct (op de oever) als indirect (vooroever). De verdedigingen hebben vaak een steile helling en op dit soort harde substraten komen zelden goed ontwikkelde schorvegetaties voor. Direct verdedigingen beperken dus in theorie het potentiële areaal slikken en schorren.

1.2 Vegetatiezonering

De vegetatiezonering op slikken en schorren kan worden ingedeeld in slik, laag schor, middelhoog schor en hoog schor. In onderstaande tabel is de inundatiefrequentie van de zones weergegeven alsmede de hoogteligging van de zones in de Westerschelde, de enige zeearm in de delta met een natuurlijke getijdebeweging.

Tabel 1. Inundatiefrequentie en inundatieduur van de verschillende slik- en schorzones (Bouma et al., 2005) en de hoogteligging t.o.v. gemiddeld hoogwater (GHW) in de Westerschelde (Boudewijn et al., 2007).

	Inundatiefrequentie en -duur		**Hoogteligging Westerschelde**	
hoog schor	50x per jaar	5 keer per jaar	GHW + 80cm	
middelhoog schor	100x per jaar	50x per jaar	GHW + 30cm	GHW + 80cm
laag schor	700x per jaar	100x per jaar	GHW	GHW + 30cm
slik (pionierzone)	dagelijks enkele uren	700x per jaar	GHW - 50cm	GHW
slik (evt zeegras)	permanent	dagelijks enkele uren	GLW	GHW - 50cm



Figuur 1. Zonering slik en schorvegetaties (Tekening: R. van de Haterd).

Bovenstaande zonering is vooral gebaseerd op gebieden met een relatief grote getijslag. De beschikbare literatuur over situaties met een geringe getij-amplitude komen voor een groot deel uit Amerika en Zuid-Europa, waar andere soorten domineren. Uit de studies blijkt dat de grens tussen slik en laag schor rond gemiddeld hoog water ligt, ook bij een geringe getij-amplitude. Alleen slijkgrasssen (spartina), zeegrassen (zostera) zijn in staat om ver onder gemiddeld hoogwater te groeien (Hinde 1954; Adams 1963; Sánchez, 1998; Isacch *et al*., 2006; Best, 2007). In twee Europese gebieden met een kleine getij-amplitude komt het lage schor wel onder gemiddeld hoogwater voor. Het gaat om een Deens schor met een amplitude van 1,5 m, waar gewoon kweldergras tot op 3 dm onder GHW groeit (Vinther *et al*., 2001) en een schor bij Venetië (amplitude 0,6 m), waar schorplanten tot 1 dm onder GHW groeien (Scarton *et al*., 2003). Beide gebieden liggen echter veel beschutter dan de slikken en platen van de Grevelingen, waar de belangrijkste beschutting de vooroeververdedigingen zijn.

1.2.1 Slik en pionierzone

Slikken bevinden zich beneden de gemiddelde hoogwaterlijn (Westhoff & Van Oosten, 1991; Esselink, 2000) en hebben een lage bedekking aan vaatplanten. Wel kunnen hier wieren en een grote biomassa aan benthische fauna voorkomen, die van groot belang is voor foeragerende vogels (Nienhuis, 1970; Westhoff & Van Oosten, 1991; Boudewijn *et al*., 2007). Het middelhoog gelegen slik, met een droogvalduur van 4 tot 5,5 uur, wordt het intensiefst gebruikt door steltlopers, de hoger en lager gelegen delen zijn vooral van belang voor de kleinere steltlopers (Boudewijn *et al*., 2007).

Op de slikken kunnen enkele specialistische vaatplanten voorkomen: zeegrassen, zeekraal en slijkgrassen. Zeegrasvelden kwamen vóór 1930 op grote schaal voor (met name sublitoraal) in de Nederlandse estuaria maar namen daarna in korte tijd sterk af. Dit wordt in verband gebracht met het afsluiten van de estuaria, verhoogde aanvoer van nutriënten (met name stikstof) en ziektes (Van Katwijk *et al*., 2000). Hoge stikstofconcentraties in het water zorgen ervoor dat groot zeegras niet meer kan groeien in zout milieu, maar in brakke condities groeit zeegras juist harder (Van Katwijk *et al*.,

1999). Het verdwijnen van groot zeegras uit het Grevelingenmeer wordt toegeschreven aan het toenemen van het zoutgehalte van 12 naar 17 g Cl^-/l. Zeegrasvelden verminderen het opwervelen van sediment, waardoor de helderheid vergroot wordt. Tevens kunnen ze giftige ammoniumconcentraties verlagen. Door deze positieve terugkoppelingsmechanismen kunnen zeegrassen hun eigen leefmilieu verbeteren en in stand houden, maar als ze eenmaal verdwenen zijn, is terugkeer extra moeilijk (Van der Heide, 2009). Ook de benthische fauna verbeterd haar eigen milieu; ze vergroot de doorluchting van de bodem en versnelt nitrificatie en denitrificatie. De maximale diepte waarop zeegras kan groeien loopt uiteen van 1 meter in troebele ecosystemen tot tientallen meters in zeer heldere ecosystemen (Duarte, 1991). In het Grevelingenmeer groeide groot zeegras tot op 3 meter diepte, en sporadisch zelfs tot 5 meter (Nienhuis, 1985). Zeegrassen kunnen niet goed tegen uitdroging en komen daardoor niet ondieper voor dan 30 cm (groot zeegras) en 15 cm (klein zeegras) onder gemiddeld hoogwater (Westhoff & Van Oosten, 1991).

In de bovenste slikzone (pionierzone) komen slijkgras en zeekraal tot ontwikkeling. Engels slijkgras groeit het diepst, in de Westerschelde tot 50cm onder GHW, en op beschutte plekken tot meer dan 1 meter onder GHW (Boudewijn *et al*., 2007). In situatie met een geringe getijslag kan slijkgras groeien tussen het gemiddel waterpeil en iets boven gemiddeld hoogwater (McKee & Patrick 1988; Gray 1992, zie verder bijlage 2 en hoofdstuk 6). Langarige zeekraal en klein slijkgras groeien in een smalle zone dicht onder gemiddeld hoogwater (Westhoff & Van Oosten, 1991; Schaminée *et al*., 1998).

1.2.2 Laag schor

De belangrijkste vegetaties van het lage schor zijn die met gewoon kweldergras. Deze vegetaties gaan zonder beweiding meestal over in lamsoorvegetaties op de lage delen en vegetaties met gewone zoutmelde op de iets hogere delen. Bij beweiding kunnen de vegetaties stand houden, maar als de beweiding te intensief is, ontstaan kale schorren, mogelijk met zeekraal of schorrekruid (Westhoff & Van Oosten, 1991; Schaminée *et al*., 1998).

1.2.3 Middelhoog schor

Op niet beweide middelhoge schorren komen vegetaties met lamsoor en zeeweegbree in de lage delen voor. Bij beweiding gaan de lage vegetaties over in vegetaties met gewoon kweldergras. De oeverwallen zijn begroeid met gewone zoutmelde (lage slibrijke delen) en zeekweek (hoge zandige delen), met daartussenin zee-alsem. Bij beweiding neemt zee-alsem toe ten koste van gewone zoutmelde en zeekweek (Bakker *et al*., 1997; Schaminée *et al*., 1998; Westhoff & Van Oosten, 1991).

1.2.4 Hoog schor

Zoals gezegd treden op het hoge schor grote fluctuaties in vocht en zoutgehalte op. De pioniervegetaties op het hoge (en middelhoge) schor bestaan daarom ook uit zeer zouttolerante soorten zoals kortarige zeekraal en gewoon kweldergras. Deze worden begeleid door specifieke soorten voor zandige hoge schorren als dunstaart. Op het hoge schor is het verbond van Engels gras de belangrijkste plantengemeenschap na de

genoemde pionierstadia. Op zandige, licht beweide gronden in het Waddengebied ontstaan kwelderzeggevegetaties, maar deze komen op de slibrijkere gronden in het deltagebied nauwelijks voor. Op slibrijke, beweide gronden zijn vegetaties met zilte rus de meest voorkomende vegetatie, op onbeweide, vaak ook iets zandigere gronden vegetaties met Engels gras en rood zwenkgras. Zonder of bij te extensieve beweiding gaat zeekweek een groot deel van de hoge kwelder domineren (Bakker *et al*., 1997; Schaminée *et al*., 1998; Westhoff & Van Oosten, 1991).

1.2.5 Brakke schorren

De vegetatie van schorren in estuaria, die door brak water wordt overstroomd, wijkt sterk af van de vegetatie van de zoute schorren. Op het hoge en middelhoge schor nemen bij lichte ontzilting fioringras, aardbeiklaver en zilverschoon toe, bij nog lagere zoutconcentraties ontstaan vegetaties met fioringras en aardbeiklaver (Schaminée *et al*., 1998; Westhoff & Van Oosten, 1991). Op het brakke lage en middelhoge schor kan zee-aster gaan domineren, maar tegelijkertijd kunnen zich riet en heen vestigen. Kieming van deze soorten in zout of sterk brak milieu verloopt moeizaam, maar eenmaal volwassen planten verdragen hoge zoutgehaltes goed, zeker voor korte tijd. Riet kan zich ook sterk vegetatief uitbreiden. Bij zoutconcentraties onder de 12 g Cl^-/l kunnen heen en met name riet gaan domineren. Door de lagere zoutconcentraties kunnen riet en heen ook vegetaties vormen op het voormalige slik, zeker tot 50 cm onder gemiddeld hoogwater (Ter Heerd, 1995; Schaminée *et al*., 1998; Van de Haterd *et al*., 1999; Boudewijn *et al*., 2001; Esselink, 2000; Bouma, 2005; Vandevoorde *et al*., 2006; Lensink *et al*., 2007). Door begrazing nemen riet, fioringras en kweek af en ontstaan weer meer schorvegetaties met gewoon kweldergras, schorrekruid en zee-aster (Esselink *et al*., 2002).

1.3 Literatuur

Zie hoofdstuk 8 van de hoofdtekst.

Bijlage 2 Resultaten literatuurstudie 'Engels slijkgras (*Spartina anglica*)'

Momenteel wordt onderzoek gedaan naar herintroductie van getij in de Grevelingen, waarbij intergetijdengebieden zullen ontstaan. Eén van de vragen hierbij is, in hoeverre het nieuwe intergetijdenareaal begroeid zal raken met *Spartina anglica*. Aan de hand van een korte literatuurstudie is een inventarisatie gemaakt van de eisen die deze soort aan zijn leefmilieu stelt, de eigenschappen en ecologische waarde van slijkgrasvelden met Engels slijkgras en worden voorbeelden gegeven waarbij deze soort intergetijdengebieden in het buitenland heeft weten te koloniseren.

1 Eisen aan het leefmilieu

1.1 Standplaats

Engels slijkgras (*Spartina anglica*) is een soort van zonnige, open plaatsen op natte, voedselrijke, zilte en slibrijke grond (zand en klei). De soort groeit op slikken, kwelders, plaatsen met sterke kwel van zout water en bedijkte (zout gebleven) kwelders, soms als duinvormer. Engels slijkgras markeert vaak de zone die net wel of net niet dagelijks door zeewater overspoeld wordt (Schaminée *et al*., 1998). Bij relatief geringe getijslag (<1 meter) kan *Spartina alterniflora* (een sterk verwante soort) groeien tussen gemiddeld peil en 2 tot 3 decimeter boven gemiddeld hoog water (McKee & Patrick 1988). Voor Spartina anglica is een vergelijkbare relatie met getij-amplitude afgeleid (Gray 1992). De ondergrens is onafhankelijk van de breedtegraad, maar de bovengrens lag in noordelijke gebieden significant lager dan in het zuiden. Dit kwam doordat *Spartina sp.* de competitie met andere soorten in het noorden verliest (McKee & Patrick 1988; Pennings *et al*. 2005).

1.2 Substraat

Wat de bodem betreft gedijt Engels slijkgras het best op uitgesproken week, slibrijk substraat, maar ook op zand kan de soort zich vestigen. De productie van biomassa door *Spartina anglica* op substraat met slib (alleen slib of een combinatie van zand en slib) is echter groter dan die op substraat dat alleen zand bevat (Huckle *et al.*, 2000). De concurrentiekracht van Engels slijkgras ten opzichte van gewoon kweldergras is op kleiige plaatsen veel groter dan op zandige (Scholten and Rozema 1990; Huckle et al. 2000).

1.3 Zout

Spartina-soorten zijn obligaat-halofyten, hetgeen betekent dat ze zout nodig hebben om zich te kunnen handhaven. In tegenstelling tot veel andere zoutplanten kunnen Spartina-soorten in zeewater ontkiemen en zijn ze niet afhankelijk van een regenperiode bij extra laag tij (Schaminée *et al*., 1998). De optimale zoutconcentratie is hoger dan 10 g Cl^-/l, maar de soort komt ook wel voor bij zoutgehalten tussen 3 – 10 g Cl^-/l (suboptimaal).

1.4 Nutriënten

Slijkgrasvelden doen het goed in uiterst voedselrijke omstandigheden, extreem voedselrijke omstandigheden zijn optimaal. Voedselarme omstandigheden zijn niet gunstig (Ministerie van LNV, 2008).

1.5 Overspoelingsduur

Het optimum van voorkomen is op de gemiddelde hoogwaterlijn, op de overgang van slik naar schor (Weeda *et al*., 1994). In de laagste zone van het schor of de kwelder vormt de plant slechts verspreide, laag blijvende, weinig of niet bloeiende pollen. Bij planten op lage standplaatsen (ca. 2/3 van de tijd onder water) vindt bovendien vrijwel geen zaadzetting plaats, hoger op de kwelder ligt de zaadproductie veel hoger (Van Moorsel *et al*., 2001). Op plaatsen waar in de winter en in het voorjaar langdurig water stagneert kan de soort soms afsterven (Weeda *et al*., 1994).

1.6 Golfslag en getijamplitude

Beschutting tegen golfslag is bevorderlijk voor de vestiging van de soort, op plaatsen met te veel golfdynamiek kan de soort zich in het geheel niet vestigen (Westhoff & Van Oosten, 1991; Hammond et al. 2002; Groenendijk 1986).

1.7 Temperatuur

Engels slijkgras is een zogenaamde C4-plant. C4-planten zijn planten die kooldioxide vastleggen in koolstofverbindingen met 4 koolstofatomen (in plaats van drie, zoals bij andere planten). Hierdoor kunnen ze zuiniger omgaan met water en sneller groeien. Deze fysiologische aspecten zijn echter alleen een voordeel bij temperaturen boven 12°C. Een hogere warmtesom in het voorjaar geeft *Spartina spp.* een voorsprong tegenover haar concurrent gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*). *Spartina spp.* is echter wel relatief gevoelig voor strenge winters. Na strenge winters kunnen slijkgrasvelden soms 'instorten'. In de regel volgt hierop binnen 4 – 12 jaar volledig herstel. Dergelijke herstelsuccessie is een normaal verschijnsel binnen schor- en kweldergemeenschappen. De gevoeligheid voor strenge winters is de reden dat Engels slijkgras in Noord Nederland veel minder voorkomt dan in zuidwest Nederland (Van Moorsel *et al*., 2001; McKee & Patrick 1988; Pennings *et al*. 2005).

1.8 Dispersie/kolonisatieproces

De plant verspreidt zich via zaad of vegetatief via losgeraakte wortelstokken en groter wordende pollen/horsten/haarden. Daarnaast vindt verspreiding soms plaats door middel van ijsschollen. Deze ontstaan bij laag water en strenge vorst. Bij hoog water worden de ijsschollen opgetild; hierbij nemen ze soms hele slijkgraspollen met wortel en al mee. De pollen kunnen kilometers verderop weer worden gedeponeerd, waar de soort zich eventueel kan vestigen (Van Moorsel *et al*., 2001), mits de planten de lage temperatuur overleefd hebben.

1.9 Beheer en andere factoren

Engels slijkgras wordt door vee minder goed gegeten dan gewoon kweldergras. De soort wordt vanuit agrarisch oogpunt dan ook gezien als minder interessant. In China wordt

de soort wél gezien als geschikt veevoer voor schapen, varkens, muilezels, koeien, buffels en paarden (Gray *et al*., 1990). Daar wordt de soort bovendien gebruikt als groenbemester, brandstof en in de papierproductie. De jonge ondergrondse delen of wortelstokken worden ook begraasd door grauwe ganzen; slijkgras kan slecht tegen dit 'grubben' (Van Moorsel *et al.,* 2001). Bij intensieve beweiding heeft het te lijden van vertrapping.

1.10 Samenvattend

Engels slijkgras gedijt vooral goed op locaties:

- gemiddeld hoogwaterlijn ± 1 meter;
- regelmatig overstroomd (dagelijks), maar niet permanent onder water;
- rustig water, vlakke delen;
- bodem: van zandig tot slibrijk. Hoe meer slib hoe beter;
- voedselrijk;
- sterk brak tot zout water (> 10 g Cl/l);
- niet te koud;
- zonder of met weinig vraat door ganzen of vee

2 Eigenschappen en ecologische waarde van slijkgrassen

2.1 Eigenschappen

Engels slijkgras wordt toegepast om weke slibbige bodem te stabiliseren (kustverdediging) en land aan te winnen. De soort heeft namelijk sterk slibbindende eigenschappen, mede doordat de soort ook in de winter bovengronds aanwezig blijft. Als gevolg hiervan veranderen de bodemeigenschappen.

2.2 Ecologische waarde

Engels slijkgrasvegetaties zijn minder soortenrijk dan de oorspronkelijke klein slijkgrasvegetaties, omdat Engels slijkgras een gesloten vegetatie vormt die weinig tot geen ruimte biedt aan andere soorten (Weeda *et al*., 1994; Eno *et al*., 1997, VLIZ). *Spartina anglica* verdringt hierdoor de inheemse flora (www.spartina.org). Dichte Engels slijkgras vegetaties vormen geen egschikt foerageergebied voor kust- en watervogels (Westhoff & Van Oosten, 1991). Ook voor knaagdieren en evertebraten vormen dichte Engels slijkgras vegetaties geen geschikt habitat (Nehring & Adersen, 2006). Slijkgrasvelden met Engels slijkgras worden dan ook beschouwd als de matige variant van het habitattype 1320.

3 Kolonisatie van intergetijdengebieden in het buitenland

Denemarken, Duitsland (en Nederland)

In Waddenzee (Nederland, Duitsland en Denemarken) is Engels slijkgras aangeplant in de periode 1924 -1937 (Nehring & Adersen, 2006). De plant verspreidde zich snel via vegetatieve voortplanting en is nu algemeen langs de Waddenzeekust. De plant komt sporadisch voor in het Kattegat, maar is niet oostelijker waargenomen dan de oostkust van Sjaelland. Waarschijnlijk komt dit door de lagere temperaturen in de Oostzee, mogelijk speelt ook het relatief lage zoutgehalte een rol.

Groot-Brittannië en Noord-Ierland
In Lindisfarne (Groot-Bittannië) is *Spartina* in 1929 vanuit Dorset (GB) door een lokale boer doelbewust geïntroduceerd om de kust te beschermen. In eerste instantie verspreidde de plant zich langzaam langs de randen van de schorren, maar in 1984 besloeg het oppervlak *Spartina* ongeveer 4 km^2. De plant heeft het gebied gekoloniseerd door verspreiding van zaden, waarna de ronde pollen aaneengroeiden tot één dichte mat. Deze matten groeiden vegetatief verder tot aan locaties met ongunstige omstandigheden zoals diep water, droog land of sterke getijdebeweging (veel dynamiek) (Corkhill, 1984).

Ook in Noord-Ierland is Engels slijkgras aangeplant met de bedoeling om de kust te beschermen en land aan te winnen (www.habitas.org.uk). De grootste populatie is aanwezig in Strangford Lough, County Down. Verspreiding heeft plaatsgevonden via aanplant en daarna via zaaddispersie en wortelstokken.

Frankrijk, Baai van Arcachon
Een mooi voorbeeld van het invasieve karakter van Engels slijkgras is de kolonisatie in de baai van Arcachon, in het zuidwesten van Frankrijk. In 1985 werd de soort daar voor de eerste maal waargenomen. Het slijkgras bleek er zich zeer snel te verspreiden en tegen eind de jaren 90 waren honderden hectaren van de slikken en schorren gekoloniseerd. Het ging zelfs zo ver dat er in 1997 een programma werd uitgewerkt om deze exoot uit te roeien (www.VLIZ.be).

Verenigde Staten: San Francisco, Humboldt Bay, Willapa Bay, estuaria van Oregon
De Noordamerikaanse *Spartina alterniflora* is in de Willapa Bay al ruim 100 jaar aanwezig. Pas de laatste 15 jaar heeft de soort zich sterk uitgebreid, van ca. 400 ha naar 8100 ha.

Nieuw-Zeeland en Australië
Spartina spp. is in Nieuw-Zeeland voor het eerst waargenomen in 1913 nadat het vanuit Amerika werd geïntroduceerd. Er komen twee soorten voor: *Spartina anglica (*Engels slijkgras) en de Noord Amerikaanse soort *S. alterniflora*. Engels slijkgras verspreidt zich in Nieuw-Zeeland gemakkelijk via zaad en wortelstokken. *Spartina alterniflora* bloeit vrijwel niet in Nieuw-Zeeland en vormt dus ook vrijwel geen zaad. *Spartina alterniflora* verspreidt zich dan ook met name via de wortelstokken. (www.ew.govt.nz).

China
Engels slijkgras is in 1963 in China op grote schaal aangeplant en handhaaft zich sindsdien op een oppervlakte groter dan 36.000 ha. De soort wordt er vooral gezien als een gewas met positieve eigenschappen. Naast landaanwinning wordt de plant gebruikt als bodemverbeteraar (ontzilting en humificeren van de bodem), als groenbemester, veevoer voor varkens, buffels, koeien, (melk)geiten, schapen, konijnen, ganzen, ezels en paarden), visvoer, brandstof en basis voor papierproductie. Bovendien is de productie van Nereïden, strandkrabben en mollusken in *Spartina*-velden hoger dan in omringende kale sedimenten.

4 Literatuur

Bouma. S., W. Lengkeek, T.J. Boudewijn, L.G. Turlings, R. Abma, R.L.J. Nieuwkamer, 2008, Notitie knelpunten autonome ontwikkeling. Onderdeel Verkenning Grevelingen water en getij, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Corkhill, P., 1984, Spartina at Lindisfarne NNR and details of recent attempts to control its spread, Nature Conservancy Council, Belford.

Eno, N. Clare, Robin A. Clark, William G. Sanderson (eds.), 1997, Non-native marine species in British waters: a review and directory. Joint Nature Conservatieon Committee, Peterborough, UK, ISBN 1 86107 422 5.

Gray, A.J & PEM Benham (eds) ,1990, Spartina anglica – a research review. ITE research publication no. 2, Institute of Terrestrial Ecology, National Environment Research Council.

Huckle, J.M, Potter, J., & Marrs, R.H., 2000, Influence of environmental factors on the growth and interactions between salt marsh plants: Effects of salinity, sediment and waterlogging. Journal of Ecology, 88(3), 492-505.

Huckle, J.M, Potter, J., & Marrs, R.H., 2002, Interspecific and intraspecific interactions between salt marsh plants: Integrating the effects of environmental factors and density on plant performance. Oikos, 96(2), 307-319.

Ministerie van LNV, Profielendocument Habitattype 1320, 1 september 2008.

Moorsel, Godfried van, Sietse Bouma, Martien Meijer, Richard H. Witte, Rob Lensink, Martin Poot, Jan Reitsma en Gé van Beek, 2002. Het belang van de ruimtelijke rangschikking van gebieden voor het voorkomen van soorten in de Noordzee en kustwateren. Implicaties voor locatiekeuze en succes voor herstelmaatregelen. Bureau Waardenburg rapport nummer 01-123, Culemborg.

Nehring, S. & Adersen, H., 2006, NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – Spartina anglica, Online Database of the NOrth European and Baltic Network on Invasive Alien Species NOBANIS www.artportalen .se/nobanis.

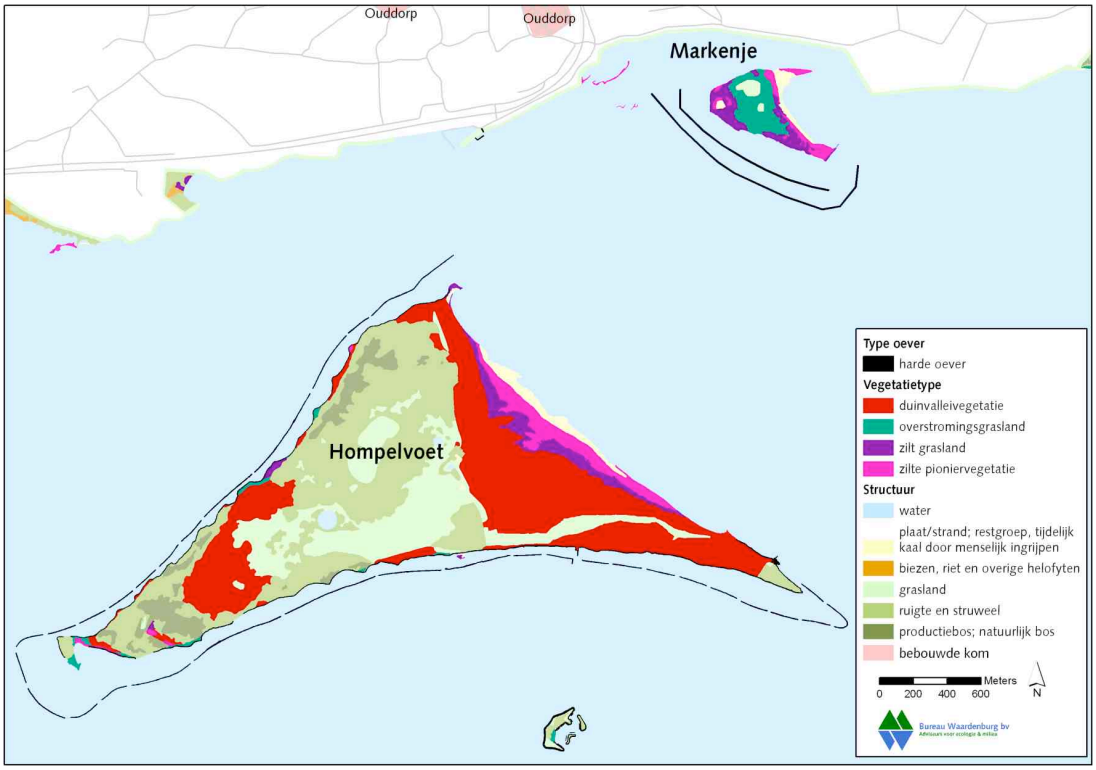
Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhof, 1998. De vegetatie van Nederland Deel 4. Plangemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press, Uppsala, Uppsala / Leiden.

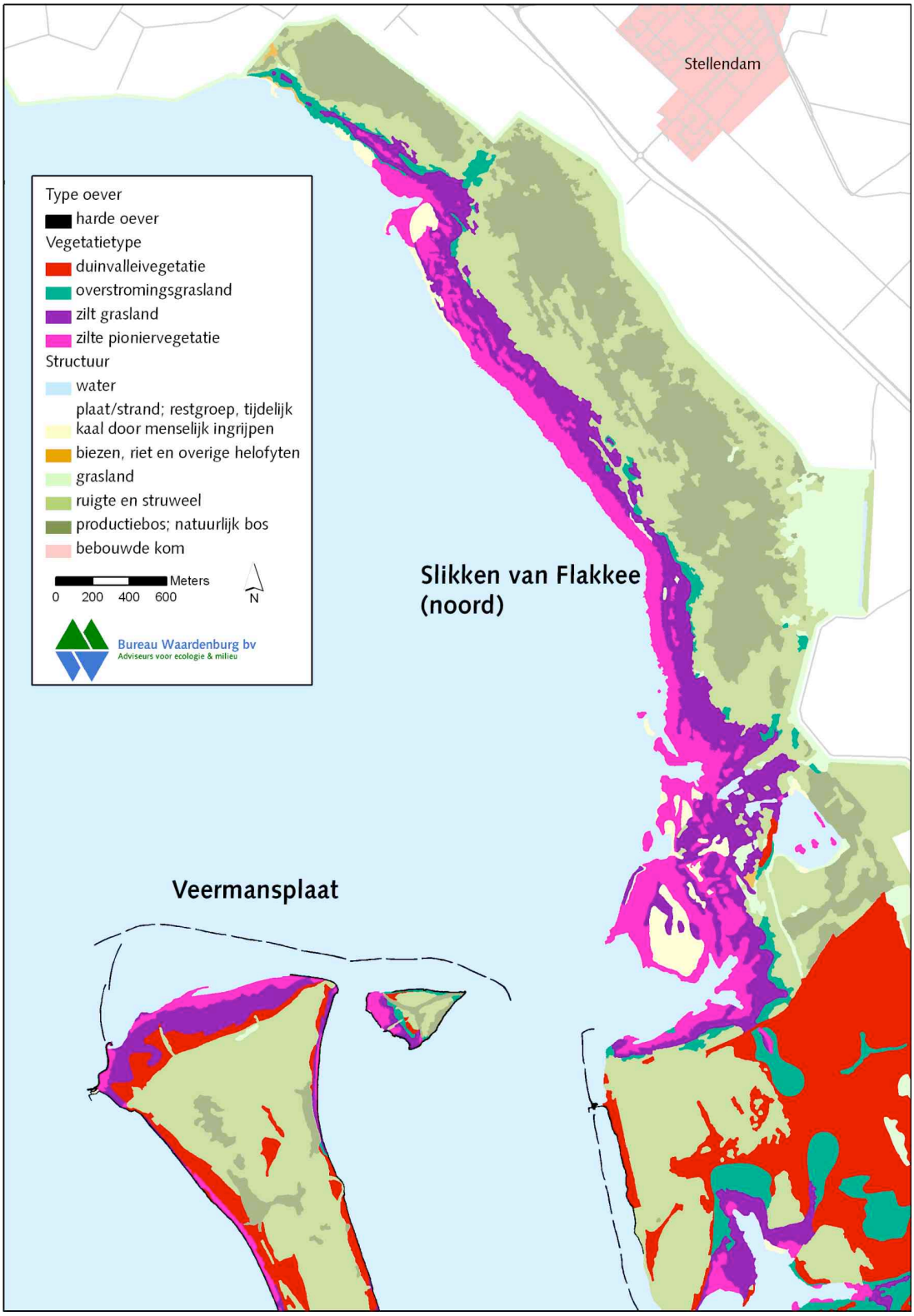
Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra, 1994. Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 5. IVN i.s.m. VARA en VEWIN, Amsterdam.

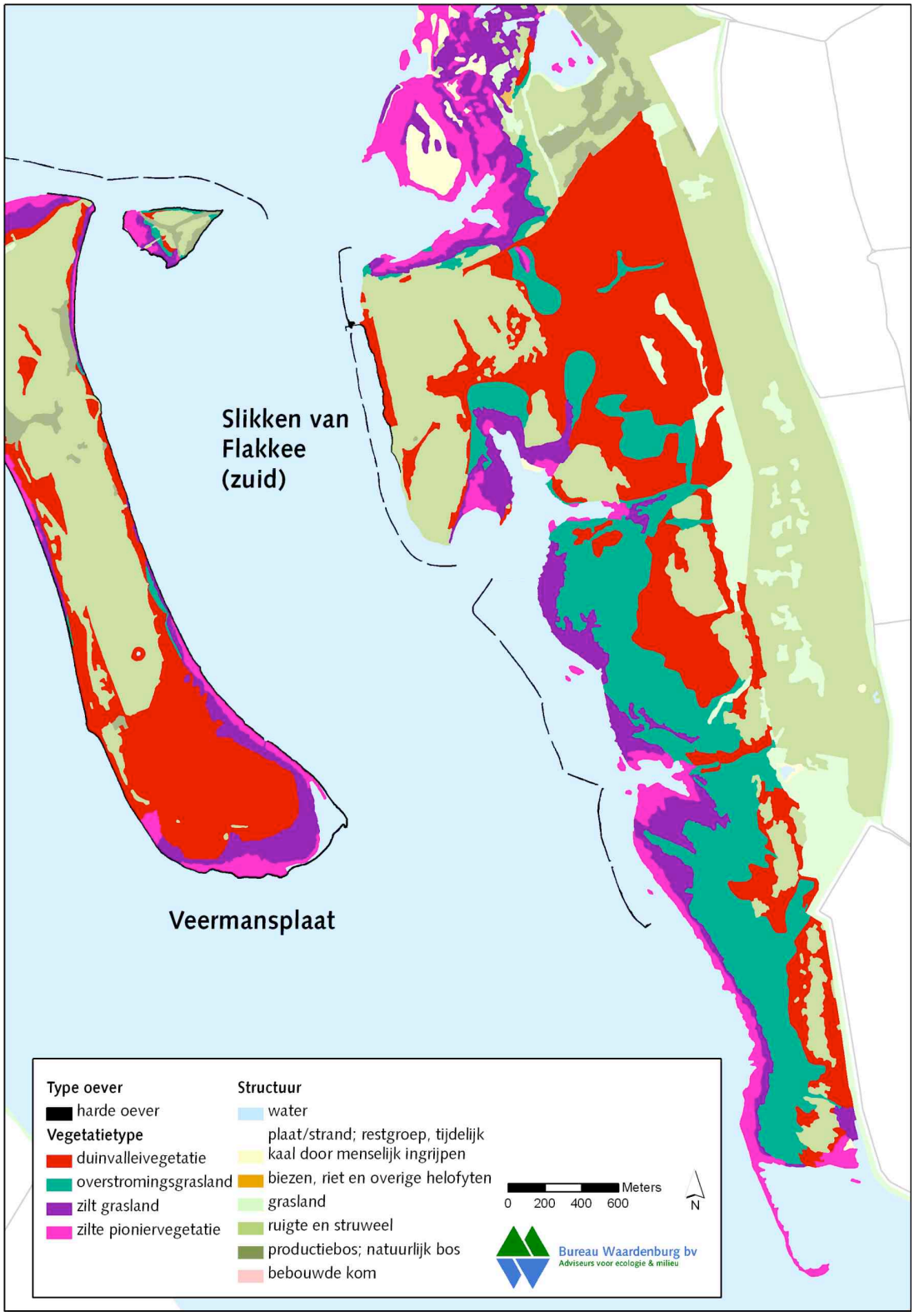
Westhoff en Van Oosten, 1991. Plantengroei van de Waddeneilanden. Stichting Uitgeverij KNNV, Utrecht.

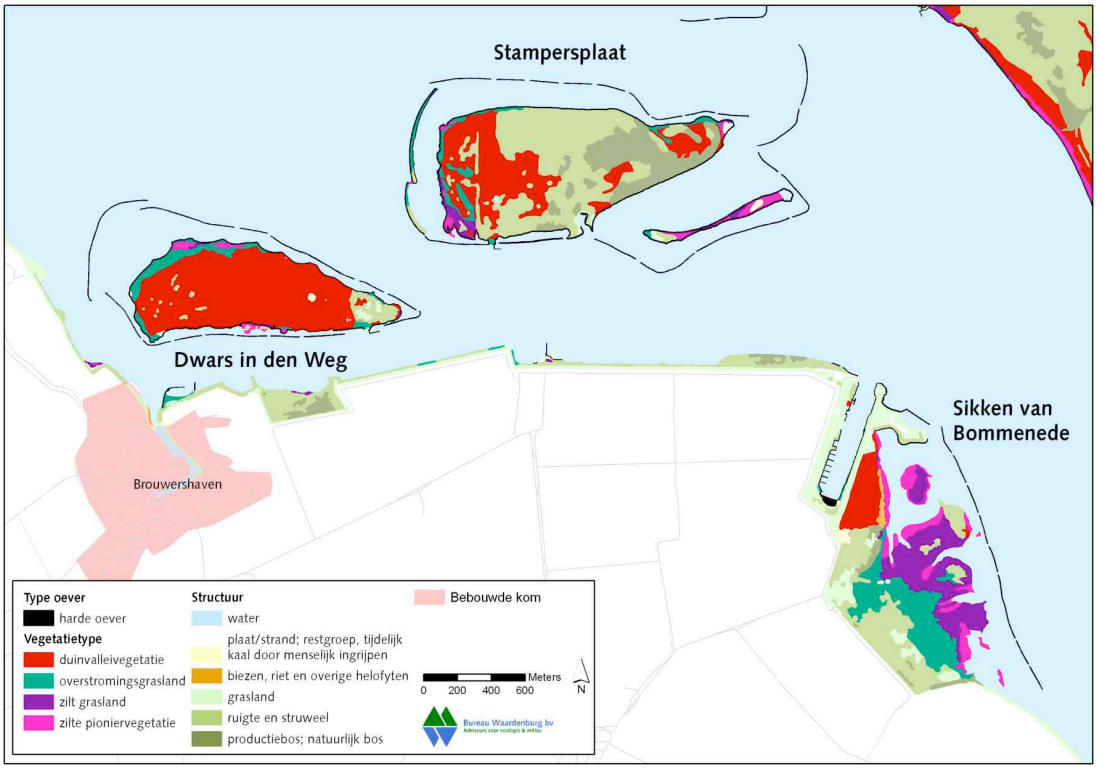
Websites:
-www.clr.pdx.edu/projects/management/spartina.php (2010 03 16)
-www.ew.govt.nz/environmental-information/Plant-and-animal-pests/Plant-pests/Spartina/ (2010 03 16)
-www.fws.gov/humboldtbay/spartina.html (2010-03-24)
-www.habitas.org.uk (2010 03 24)
-www.nwcb.wa.gov/weed_info/Spartina_anglica.html (2010 03 16)
-ww.soortenbank.nl/soorten.php?soortengroep=flora_nl&menuentry=atlas&selected=bekijken bezocht op (2010 03 10)
-www.spartina.org bezocht op (2010 03 10)
-www.vliz.be
-www.waarneming.nl (2010 03 16)
-www.wilde-planten.nl/engels%20slijkgras.htm (2010 03 08)

Bijlage 3 Huidige situatie oevers en vegetaties intergetijdengebieden

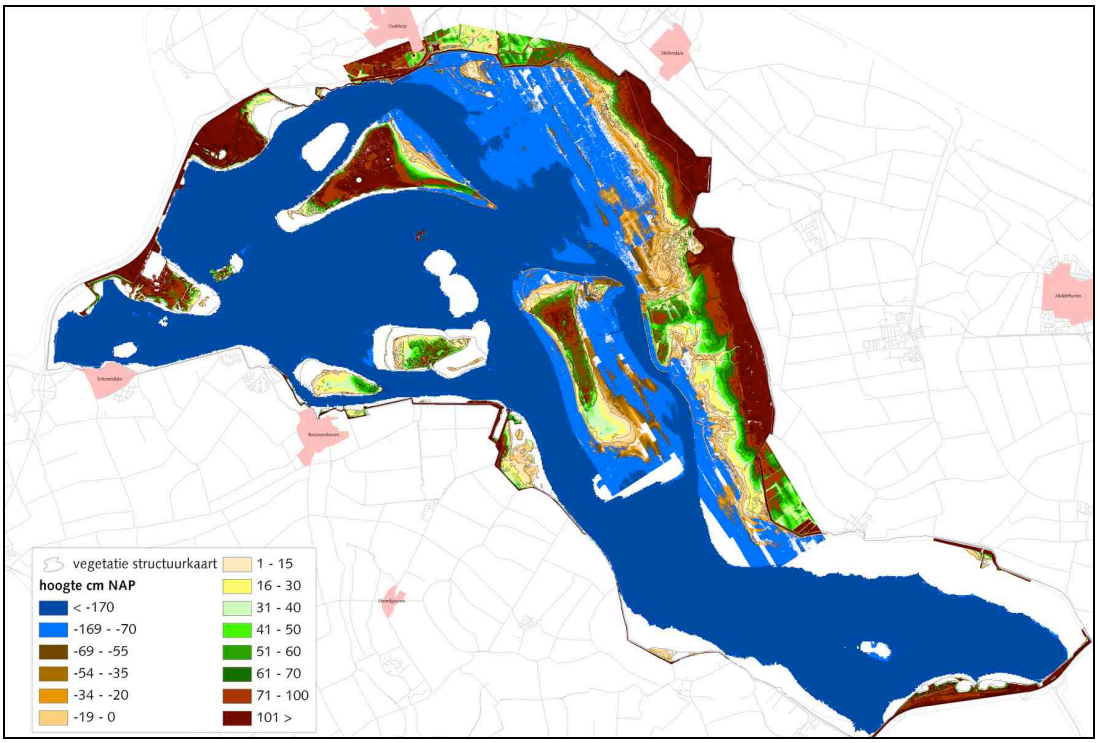


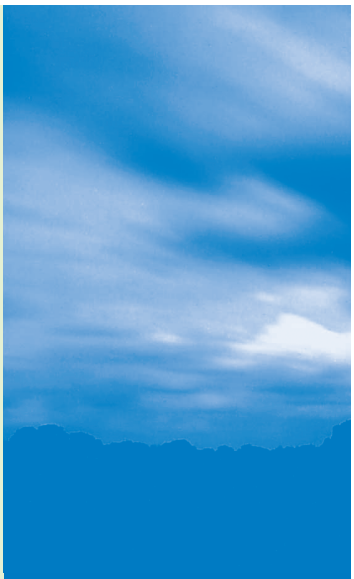

Stellendam
Type oever
harde oever
Vegetatietype
duinvalleivegetatie
overstromingsgrasland
zilt grasland
zilte pioniervegetatie
Structuur
water
plaat/strand; restgroep, tijdelijk kaal door menselijk ingrijpen
biezen, riet en overige helofyten
grasland
ruigte en struweel
productiebos; natuurlijk bos
bebouwde kom
Meters
0 200 400 600
N
Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu
Slikken van Flakkee (noord)
Veermansplaat


Slikken van
Flakkee
(zuid)
Veermansplaat
Type oever
harde oever
Vegetatietype
duinvalleivegetatie
overstromingsgrasland
zilt grasland
zilte pioniervegetatie
Structuur
water
plaat/strand; restgroep, tijdelijk kaal door menselijk ingrijpen
biezen, riet en overige helofyten
grasland
ruigte en struweel
productiebos; natuurlijk bos
bebouwde kom
0 200 400 600
Meters
N
Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu


Stampersplaat
Dwars in den Weg
Brouwershaven
Sikken van Bommenede
Type oever
harde oever
Vegetatietype
duinvalleivegetatie
overstromingsgrasland
zilt grasland
zilte pioniervegetatie
Structuur
water
plaat/strand; restgroep, tijdelijk kaal door menselijk ingrijpen
biezen, riet en overige helofyten
grasland
ruigte en struweel
productiebos; natuurlijk bos
Bebouwde kom
0 200 400 600 Meters
N
Bureau Waardenburg bv

Bijlage 4. Gecombineerde diepte/hoogtekaart





Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu
Postbus 365, 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345-512710, Fax 0345-519849
E-mail info@buwa.nl, www.buwa.nl