



2.7. Monitoring kwelderrand Oerderduinen

Onderzoek naar de effecten van bodemdaling door gaswinning op de morfologie en vegetatie van de kuststrook ten zuiden van Het Oerd en de Oerderduinen op Oost-Ameland

P.A. Slim, R.M.A. Wegman, M.E. Sanders, H.P.J. Huiskes & H.F. van Dobben





Inhoudsopgave

Samenvatting/Summary	127
2.7.1. Inleiding	129
2.7.1.1. Aanleiding en kader	129
2.7.1.1.1. Gaswinning Ameland en bodemdaling	129
2.7.1.1.2. Onderzoek monitoring effecten bodemdaling	130
2.7.1.2. Doel	130
2.7.1.3. De kwelderrand Oerderduinen	131
2.7.1.3.1. Morfologie	131
2.7.1.3.2. Vegetatie	134
2.7.2. Methode	135
2.7.2.1. Luchtfoto-interpretatie	135
2.7.2.1.1. Luchtfoto's	135
2.7.2.1.2. Controle geometrie	136
2.7.2.1.3. Interpretatie kustlijn op fotoreeks en GIS-analyse	136
2.7.2.2. Vegetatiemonitoring	136
2.7.2.2.1. Verzamelen veldgegevens	136
2.7.2.2.2. Analyse van vegetatieveranderingen in pq's	137
2.7.3. Resultaten	139
2.7.3.1. Morfologie kwelderrand	139
2.7.3.1.1. Geometrische correctie	139
2.7.3.1.2. Interpretatie kustlijn - vegetatiegrens	139
2.7.3.1.3. Kwantificering van aanwas en afslag	140
2.7.3.2. Drainagepatroon De Hon en de Oerdsloot	142
2.7.3.3. Vegetatieverandering in pq's	143
2.7.4. Discussie	148
2.7.4.1. Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid	148
2.7.4.1.1. Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de luchtfoto-interpretatie	148
2.7.4.1.2. Plaatsbepaling en hoogteligging pq's	148
2.7.4.1.3. Herkenning plantensoorten	149
2.7.4.2. Afslag en aanwas	150
2.7.4.3. Analyse oorzaken kustafslag	150
2.7.4.4. Vegetatieverandering	152
2.7.4.5. Mitigerende maatregelen	153
2.7.5. Conclusies en aanbevelingen	154
2.7.6. Literatuur	155

Bijlagen

Bijlage 2.7 A	Luchtfoto's met kustlijninterpretatie; voor alle jaren is de (deels virtuele) locatie van alle pq's 1 en 2 aangegeven.	157
Bijlage 2.7 B	Clusteranalyse vegetatieopnamen 1986, 1999, 2004 en 2010. Cluster analysis vegetation relevés 1986, 1999, 2004 and 2010	163
Bijlage 2.7 C	Waargenomen plantensoorten en frequenties. Observed plant species and their frequencies.	167
Bijlage 2.7 D	Rijksdriehoekcoördinaten (cm) en hoogten in +NAP (m) van de pq's 1986/1988 (1999). Location and height of permanent plots 1986/1988 (1999) in national rectangular coordinate system (cm) and +Amsterdam Zero (m).	170
Bijlage 2.7 E	Negendelige opnameschaal (Dirkse 1987, 1998). Cover scale used (Dirkse 1987, 1998).	171
Bijlage 2.7 F	Rijksdriehoekcoördinaten van de pq's 2010	172
Bijlage 2.7 G	Correlatiecoëfficiënten	173
Bijlage 2.7 H	Foto's klifrand	174



Samenvatting/Summary

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) is in 1985 begonnen met de winning van aardgas op Ameland. De effecten van de bodemdaling door gaswinning worden sinds 1986 in een langjarig monitoringonderzoekprogramma op de voet gevolgd. Monitoring van veranderingen in de kustmorfologie en de soortensamenstelling van de smalle kuststrook ten zuiden van de Oerderduinen is een onderdeel van dit onderzoekprogramma. De vegetatie van de kuststrook ten zuiden van de duinmassieven van Het Oerd en de Oerderduinen wordt gekenmerkt door een grote soortenrijkdom en is door zoet-zoutgradiënten in haar soortensamenstelling uniek. De combinatie van zoutplanten en blauwgraslandplanten maakt dat er hier een groot aantal Rode Lijstsoorten voorkomt. Vooral deze kuststrook is gevoelig voor afslag waardoor de natuurwaarde ervan wordt bedreigd. De centrale vraag van deze studie is:

1. veroorzaakt dan wel versnelt de bodemdaling kustafslag van de kuststrook,
2. hoe is daarvan het verloop in de tijd, en
3. wat zijn de effecten op de vegetatie.

Om na te gaan of de kustafslag door bodemdaling wordt veroorzaakt, is voor de laatste 61 jaar aanwas en afslag van de kust gekwantificeerd door luchtfoto-interpretatie van de kustlijn. Na vergelijking van de luchtfoto-interpretaties bleek dat tot ca. 1979 aanwas van de kust plaats vond. Daarna was er vooral afslag. Kustafslag begon dus ruim voor de aanvang van de gaswinning in 1986. Bodemdaling door gaswinning kan dus niet oorzaak van de kustafslag zijn. In het algemeen is na 1986 ook geen versnelde afslag vastgesteld hoewel op enkele plekken in het oosten sterke erosie plaatsvond. Nog verder, bij De Hon (buiten het proefgebied), vindt uitbreiding van de vegetatie plaats. De snelheid van afslag kan lokaal oplopen tot meer dan 3 m per jaar maar neemt in de tijd steeds verder af. Ook de oppervlakte kustafslag vermindert. Erosie en de snelheid ervan lijken van doen te hebben met de autonome grootschalige processen aan de oostenden van de Waddeneilanden.

De gevolgen voor de vegetatie zijn vastgesteld door vegetatieopnamen van permanente proefvlakken (pq's) van 1986 met die van 1999, 2004 en 2010 met elkaar te vergelijken. Er blijkt vooral sprake te zijn van een teruggang in de vegetatiesuccessie, hier regressie genoemd. De vegetatie van een aantal pq's aan de wadkant is in deze periode totaal weggeslagen en in de vegetatie van de aanliggende pq's zijn minder zout indicerende plantensoorten aangetroffen. Ook de soortenrijkdom neemt af. Een aantal vegetatiezones schuift landwaarts op en loopt zich 'stuk' op de duinvoet met Helm waar in ecologisch en fysiek opzicht steeds minder ruimte is ('coastal squeeze').

Conclusie is dat de regressie van de vegetatie tussen 1986 en 2010 vooral wordt veroorzaakt door het grote effect van de kustafslag en aanvullend door de geringere impact van de bodemdaling. Het verloop van de kustafslag lijkt tot nu toe in overeenstemming met de natuurlijke dynamiek van de kust die hier samen hangt met autonome grootschalige processen in de omgeving van de 'eilandstaart'.

Of de trend in afname van de kustafslag zich voortzet is nog niet te voorspellen. Het volgen van de dynamiek van kustlijn en vegetatie blijft daarmee van belang.

The Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) began extraction of natural gas on the island of Ameland in 1985. Since 1986, the effects of subsidence as a result of gas extraction have been closely monitored as part of a long-term research programme. Monitoring changes in coastal morphology and species composition along the narrow coastline below the 'Oerd' dunes is part of this research programme. The vegetation of the coastline south of 'Het Oerd' and the 'Oerd' dunes is marked by high species diversity with a unique composition of species due to the salinity gradient. The combination of salt-tolerant plant species and species of mesotrophic fen meadows means that a large number of Red List species are found here. This coastline is particularly vulnerable to coastal retreat, which threatens its ecological value. The central question of this study is threefold: 1) has subsidence caused or accelerated erosion of the coastline; 2) how has erosion progressed over time; and 3) what have been the effects on vegetation?

To determine whether subsidence has caused coastal retreat, this study quantifies accretion and erosion of the coastline over the past 61 years by interpretation of aerial photographs of the coast. Comparisons of the aerial photograph interpretations show that coastal accretion was the dominant process up to about 1979. Afterwards, erosion became the main process at work.



Coastal erosion thus began well before the start of gas extraction in 1986. Subsidence due to gas extraction therefore cannot be the cause of coastal retreat. Overall, erosion was not found to have accelerated after 1986, though high rates of erosion did take place at some locations in the eastern part. Further on, at 'De Hon' area (outside the research area) expansion of vegetation took place. Erosion rates of more than 3 m per year were measured at some places, but these rates declined again during the study period. Surface coastal erosion also declined. Erosion and erosion rates seem a result of independent large-scale processes at the easternmost parts of the Wadden islands.

Impacts on vegetation were determined by comparing detailed descriptions of the vegetation (relevés) on permanent test plots ('PQs') from 1986 with those from 1999, 2004 and 2010. There appears to be mainly a decrease in plant succession, here called 'regression'. The vegetation on a number of PQs on the saltmarsh side was completely washed away over this period, and plant species found on adjacent PQs indicate reduced salinity. Species diversity declined as well. A number of vegetation zones migrated landwards and were 'squeezed out' at the foot of dunes grown with Marram, where in ecological and physical terms successively less space was available ('coastal squeeze').

The conclusion is that the regression of the vegetation between 1986 and 2010 was caused primarily by the great impact of coastal retreat and to a less extent by subsidence. Up to now, the progression of coastal retreat appears to be in line with the natural dynamics of the coast, which here is related to independent large-scale processes at work in the surroundings of this 'tail' of islands.

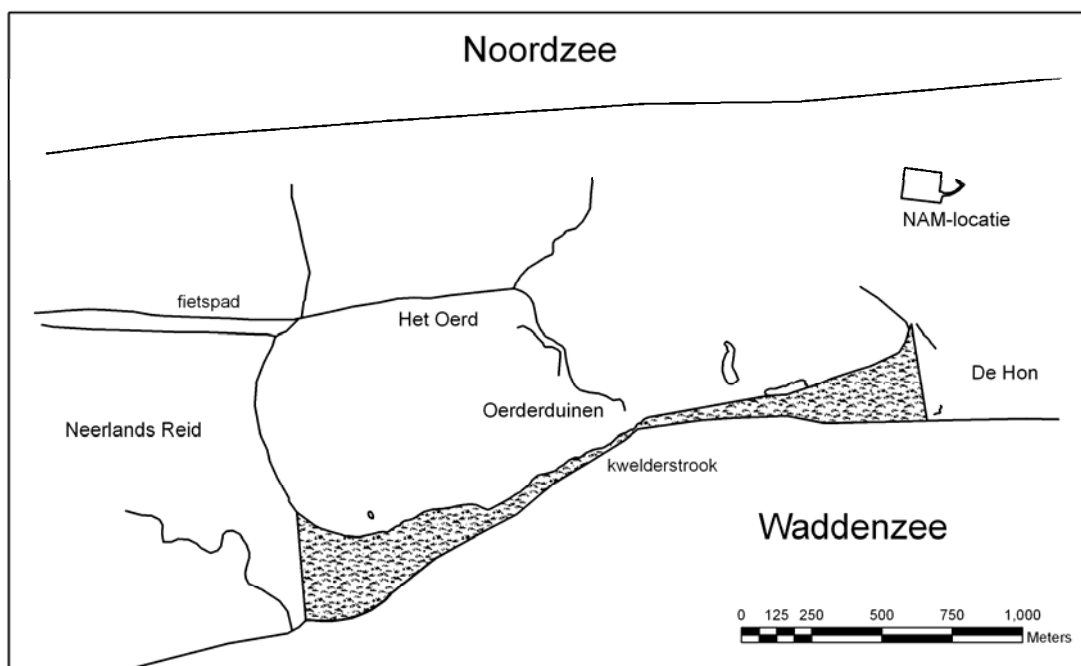
Whether the trend of declining erosion of the coast will persist cannot yet be predicted. Continued monitoring of the dynamics of the coastline and its vegetation therefore remains of importance.

2.7.1. Inleiding

2.7.1.1. Aanleiding en kader

In 1985 is de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) begonnen met de winning van aardgas op Ameland. Na een t=0-meting in 1986 (Dankers et al. 1987) is door de Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland vlak daarna een uitgebreid en langjarig onderzoek opgezet naar de effecten van de gaswinning: 'Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost'. Monitoring van veranderingen in de soortensamenstelling en kustmorphologie van de smalle kwelderzone ten zuiden van de Oerderduinen was oorspronkelijk geen onderdeel van het onderzoekprogramma. Bij beheerders van It Fryske Gea en bij andere lokaal bekende personen, bestond de overtuiging dat er over een lengte van 2 km sprake is van aanzienlijke kustafslag van de smalle kwelderzone en duinvoet ten zuiden van de Oerderduinen, dus tussen Neerlands Reid en De Hon (figuur 2.7.1). Deze kustafslag zou mogelijk veroorzaakt of versneld worden door bodemdaling als gevolg van de gaswinning.

De biodiversiteit en natuurwaarde van de kuststrook is door zoet-zoutgradiënten zeer divers en uniek. Kustafslag kan betekenen dat waardevolle vegetaties verloren gaan of dat hun areaal afneemt. Daarom is in 1999 een eerste onderzoek gestart naar het gedrag van de kwelderrand en de veranderingen in de vegetatie van de kwelderstrook (Sanders & Slim 2000). Het onderzoek naar de kwelderrand is opgenomen als een integraal onderdeel van de monitoring van de bodemdalingseffecten op Ameland-Oost (Sanders et al. 2005). De huidige rapportage bevat de resultaten van een luchtfotoïnterpretatie van foto's gemaakt in 2009 en vegetatieopnamen gemaakt in 2010 die zijn vergeleken met resultaten van de luchtfotoïnterpretaties en vegetatiegegevens van eerdere jaren (Sanders & Slim 2000, Sanders et al. 2005) om de veranderingen te kunnen interpreteren.

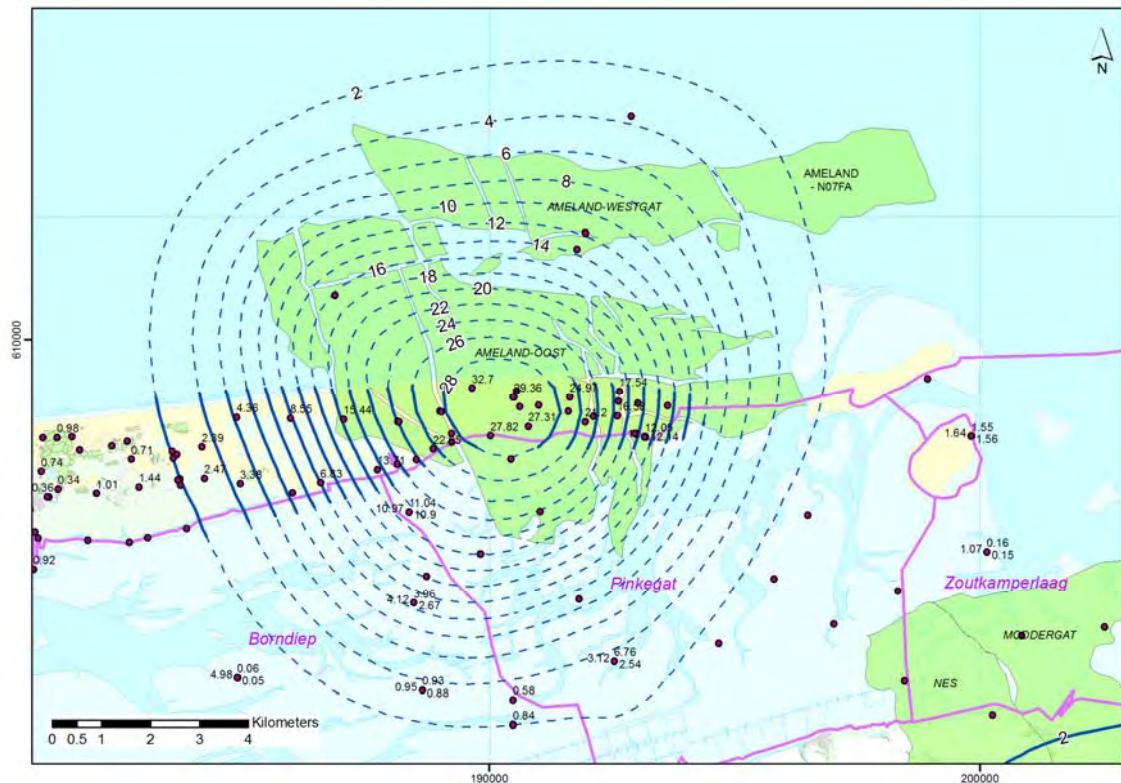


Figuur 2.7.1 Locatie kwelderstrook en kwelderrand onderlangs Het Oerd en de Oerderduinen.
Location of the coastal zone and the investigated saltmarsh edge along the front of 'Het Oerd' and the 'Oerd' dunes.

2.7.1.1.1. Gaswinning Ameland en bodemdaling

De gaswinning op Ameland veroorzaakt een schotelvormige bodemdaling (figuur 2.7.2). De door de NAM voorspelde einddaling van het middelpunt nabij de NAM-locatie, is ca. 36 cm in 2035 (hoofdstuk 1). De kwelderrand Oerderduinen ligt in zijn geheel binnen deze dalingsschotel. In februari 1987 is de NAM begonnen met jaarlijkse hoogtemetingen. Op grond van deze hoogtemetingen is de daling vlakdekkend geschat met behulp van een regressiemodel (hoofdstuk 1). Het model berekent dat in 1999, 14 jaar na het begin van de gaswinning het meest westelijke deel van de kwelderrand 15 cm is gedaald en het oostelijke

deel 21 cm. In 2004, bedroeg de daling in het meest westelijke deel 19 cm en in het oostelijk deel 26 cm, en in 2009 het jaar met het laatst bruikbare luchtfoto-opnamejaar, bedroeg de daling in het meest westelijke deel 22 cm en in het oostelijk deel 29 cm. Vanaf het begin van de gaswinning staat de kwelderrand dus onder invloed van een bodemdaling van grofweg 1 cm/jaar.



Figuur 2.7.2 Contouren van de in de periode 1986-2009 gemeten bodemdaling (cm) door gaswinning. Contour lines of the measured soil subsidence (cm) as a result of natural gas extraction in the period 1986-2009.

2.7.1.1.2. Onderzoek monitoring effecten bodemdaling

De monitoring van effecten op bodemdaling omvat een breed scala aan aspecten (dit rapport) en wordt o.a. uitgevoerd door Deltares (voorheen Waterloopkundig Laboratorium, WL|Delft Hydraulics), Alterra (voorheen RIN, IBN-DLO) en het Natuurcentrum Ameland. Het doel van het onderzoek is de effecten van de door de NAM voorspelde bodemdaling te monitoren om, indien nodig, tijdig maatregelen te kunnen treffen om ongewenste situaties te voorkomen. De voorspelling uit 1987 (Anonymus 1987, Dankers et al. 1987) is in 1995, 2000 en 2005 geëvalueerd (Eysink et al. 1995, 2000, Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland 2005). De huidige evaluatie vindt plaats na 25 jaar gaswinning. Als onderdeel hiervan is opnieuw de dynamiek onderzocht van het morfologisch gedrag van de kwelderrand en de vegetatieveranderingen van de smalle strook aan de duinvoet van de Oerderduinen.

2.7.1.2. Doel

Dit onderzoek heeft tot doel de onzekerheid weg te nemen of er versnelde afslag van de kuststrook is opgetreden, en indien dit het geval is, zo mogelijk de oorzaak daarvan vast te stellen.

De vragen die daarbij aan de orde komen, zijn:

1. Veroorzaakt dan wel versnelt de bodemdaling kustafslag van de kuststrook?
2. Hoe is daarvan het verloop in de tijd?
3. Wat zijn de effecten op de vegetatie?

Additioneel is op verzoek aandacht besteed aan de vraag welke veranderingen optraden na 1996 in de kustmorfologie in het gebied van de Oerdsloot (toen met de kustverdediging van het Neerlands Reid de drempel in de Oerdsloot is verwijderd). En is onderzocht welke veranderingen optraden na 1986 in het drainagepatroon van een bijzondere locatie op De Hon.



Gegevens over een lange periode vanaf ca. 1950 tot heden kunnen aangeven of er sprake is van veranderingen in snelheid van afslag en met welke gebeurtenissen de veranderingen in afslag mogelijk samenhangen. Luchtfotografie biedt mogelijkheden de kustafslag vlakdekkend te kwantificeren en de mate en snelheid van afslag voor de afgelopen ruim halve eeuw vast te stellen. De gevolgen voor de soortensamenstelling van de vegetatie moeten in het veld worden vastgesteld omdat luchtfoto's hiervoor te weinig gedetailleerde informatie bevatten. Het vaststellen van de oorzaken van afslag is een groot onderzoek op zich en valt buiten de doelstelling van dit onderzoek. Er is wel aandacht besteed aan een vergelijking van bijvoorbeeld omslagmoment van aanwas naar afslag met gebeurtenissen zoals het begin van de gaswinning.

2.7.1.3. De kwelderrand Oerderduinen

De kwelderrand ten zuiden van de Oerderduinen is de ca. 2100 m lange grens tussen het wad en de vegetatie van het eiland. Deze strook reikt van de stenen oeververdediging van het Neerlands Reid in het westen, tot de kwelder van De Hon in het oosten. Tussen de Oerderduinen en de kwelderrand ligt een strook kweldervegetatie ([figuur 2.7.1](#)). Deze strook is 10 tot 300 m breed. De westelijke helft van de kwelderrand loopt van zuidwest naar noordoost en de oostelijke helft ligt westoost. Hieronder wordt de morfologie van de kwelderrand en de vegetatie van de aanliggende strook beschreven.

2.7.1.3.1. Morfologie

Zolang kwelders aangroeien, is er een geleidelijke overgang in hoogte van wad en pionierzone naar kwelder (Eysink et al. 2000). De hoge opslibbing van klei na overfloeding in de overjarige kweldervegetatie zorgt voor een gelaagde kleiige bodem. Bij afslag van het kwelderareaal ontstaat een kwelderrand, dat wil zeggen op de vegetatiegrens is een klifje aanwezig. Stabiele kwelders bestaan niet en natuurlijke morfologische processen bepalen wat de opslibbingbalans op de kwelder en pionierzone is (Van de Koppel et al. 2005). De natuurlijke processen mogen hier ongestoord hun gang gaan waardoor het gebied gevoelig is voor zeespiegelstijging en bodemdaling (Eysink et al. 2000).

Vanwege verschillen in morfologie maar ook in richting (expositie t.o.v. de golfwerking) van de kustlijn kan de mate van afslag of aanwas verschillen binnen de kuststrook. Om te voorkomen dat aanwas aan de ene kant en afslag aan de andere kant elkaar compenseren is de kuststrook voor dit onderzoek opgedeeld in 5 deelgebieden ([figuur 2.7.8](#)) met ongeveer gelijke morfologie en richting. In het eerste deel van ca. 400 m lengte is de kwelderrand een tot 50 cm hoog klifje ([figuur 2.7.3](#)). Dit eerste deel is erg lastig te interpreteren omdat afslag niet samenloopt met de vegetatiegrenzen ([figuur 2.7.4](#)). Het tweede deel van ca. 500 m heeft een laag randje in dichte rietvegetatie en in een dichte vegetatie van zeebies (of heen). De daarop volgende ca. 200 m (deel 3) is het knikpunt van de kustlijn; tot deel 3 loopt de kustlijn in noordoostelijke en na deel 3 in oostelijke richting. De strook is hier op zijn smalst. Onbegroeid duinzand ligt op enkele meters afstand van het onbegroeide wadzand met graduele overgangen van kweldervegetatie en zeekraal in lage bedekking ertussen ([figuur 2.7.5](#)). Deel 4 is ca. 500 m en bestaat soms uit lage, getrapte klifjes of uit een scherpe vegetatiegrens op een iets hoger gelegen zandwal van het wad ([figuur 2.7.6](#)). De laatste 500 m naar De Hon (deel 5) heeft weer een klifje. De morfologie van de kustlijn is dus erg variabel. Soms is het een scherpe grens van een klifje en/of van de vegetatie, soms zijn het graduele overgangen in de vegetatie van zeekraal op het wad naar een dichte zeebiesvegetatie op het eiland.



Figuur 2.7.3 Kwelderrand door kustafslag; westelijk deel kuststrook (augustus 1999). Foto: M.E. Sanders.
Saltmarsh edge as a result of erosion; western part of the coastal zone (August 1999). Photograph M.E. Sanders.



Figuur 2.7.4 Kustafslag; westelijk deel kuststrook van het Neerlands Reid (augustus 2004). Foto: R.M.A. Wegman.
Coastal retreat; western part of the coastal zone of the saltmarsh area 'Neerlands Reid' (August 2004). Photograph: R.M.A. Wegman.



Figuur 2.7.5 Graduele overgang van kweldervegetatie naar het wad. Links Engels slijkgras (*Spartina anglica*) en rechts Langerige zeekraal (*Salicornia procumbens*). Oerderduinen, augustus 1999. Foto: M.E. Sanders. Gradual transition of saltmarsh vegetation into mud flat. Left Common Cord-grass and right Glasswort. 'Oerd' dunes, August 1999. Photograph M.E. Sanders.



Figuur 2.7.6 Graduele scherpe vegetatiegrens en wad; oostelijk deel kuststrook. Oerderduinen, augustus 1999. Foto: M.E. Sanders. Sharp border of vegetation and saltmarsh; eastern part of the coastal zone. 'Oerd' dunes, August 1999. Photograph M.E. Sanders.



2.7.1.3.2. Vegetatie

De flora en vegetatie van de smalle kuststrook is zeer bijzonder omdat op korte afstand de hoogte gradueel stijgt van het wad via de kwelder naar het duin, waardoor milieugradiënten voorkomen van nat en zout (wad) tot droog en zoet (duin). Lokaal wordt de zout-zoetgradiënt versterkt door het drangwater uit het grote achterliggende duinmassief van de Oerderduinen.

Een tweede belangrijke ecologische factor van invloed op de soortensamenstelling is het begrazingsbeheer. De begrazing van de vegetatie is niet voor de gehele kwelder strook gelijk. Verschillen in begrazing versterken de grote soortenrijkdom van de plantenwereld. Er is begrazing door landbouwhuisdieren in het westen (sinds mensenheugenis eigendom en beheerd door 'De Vennoot'), gescheiden door een hek van een deel zonder grote grazers in het oosten (eigendom van de Dienst der Domeinen en sinds begin vorige eeuw beheerd door de provinciale natuurbuikervereniging It Fryske Gea). Ongelijkmatige begrazing door kleinere grazers als konijnen, ganzen en muizen vindt plaats over de gehele lengte van de kuststrook en vergroot op kleinere schaal de diversiteit aan plantensoorten.

Behalve geheel zoet en geheel zout indicerende vegetaties komen binnen enkele tientallen meters afstand vegetaties voor uit overgangsmilieus met door elkaar enerzijds ('zoete') blauwgraslandachtige soorten als Tandjesgras (*Danthonia decumbens*), Blauwe zegge (*Carex panicea*), Kale jonker (*Cirsium palustre*) en Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*), en anderzijds zoutplanten als Schorrenzoutgras (*Triglochin maritima*), Zilte rus (*Juncus gerardi*) en Melkkruid (*Glaux maritima*). In het databestand van de Landelijke Vegetatie Databank (LVD; 550.000 vegetatieopnamen; www.synbiosys.wur.nl/) komt een dergelijke combinatie niet voor. Laaggelegen treft men de Rode Lijstsoorten Rode bies (*Blysmus rufus*), Armbloemige waterbies (*Eleocharis quinqueflora*), en voorheen ook Engels lepelblad (*Cochlearia officinalis* subsp. *anglica*) aan. Bovenin de gradiënt, aan de duinvoet tot waar ook het veek ('opdrijfseel') reikt, kwamen de Rode Lijstsoorten Fijn goudscherm (*Bupleurum tenuissimum*), Sierlijke vetmuur (*Sagina nodosa*) en Geelhartje (*Linum catharticum*) spaarzaam voor. Het is dus van belang de bedreigingen van de vegetatie, in deze studie vooral kustafslag, te kwantificeren en de gevolgen voor de vegetatie vast te stellen.



2.7.2. Methode

De methode is beschreven in Sanders & Slim (2000). We beperken ons hier tot de relevante onderdelen voor de analyse van de monitoringsgegevens. Ook nu zijn twee verschillende benaderingen van gegevensinwinning toegepast. In het veld zijn in 2010 vegetatie-opnamen gemaakt en er zijn nieuwe luchtfoto's uit 2009 geïnterpreteerd. De luchtfoto-interpretatie is vooral gericht op lokalisatie van de kustlijn, de grens tussen wad en land, en vergeleken met de interpretaties van foto's over een periode van ruim een halve eeuw (Sanders & Slim 2000). Om de gevolgen van bodemdaling en kustafslag te kunnen vaststellen, zijn de resultaten van het veldwerk van 2010 vergeleken met eerdere opnamen van de soortensamenstelling van de vegetatie in pq's tussen 1986 en 2010.

2.7.2.1. Luchtfoto-interpretatie

2.7.2.1.1. Luchtfoto's

Luchtfoto's bevatten informatie over vegetatiebedekking, vegetatiestructuur en ook informatie over hoogteverschillen wanneer de opeenvolgende foto's elkaar ca. 60% overlappen. De informatie die uit luchtfoto's kan worden verkregen, is vooral afhankelijk van het filmtypen (zwart/wit, kleur, of false colour opnamen), het opnametijdstip en de schaal. In [tabel 2.7.1](#) staan de voor dit onderzoek gebruikte typen luchtfoto's met nummer, schaal en opnamedatum genoemd.

Indicatief voor het effect van bodemdaling door gaswinning op kustafslag is een verandering in de snelheid van afslag, een trendbreuk, op het moment dat er met gaswinning is begonnen (1986). Voor het bestuderen van een trendbreuk, een verandering in een langdurig proces, zijn de luchtfoto's van de Topografische Dienst te Emmen (sinds 2004 onderdeel van het Kadaster) gebruikt. De schaal (1:18 000) en de spectrale resolutie (grijswaarden) van de panchromatische luchtfoto's zijn echter minder geschikt voor het in kaart brengen van de vegetatie en het kwelderrandje, dan de beschikbare false colour (FC) luchtfoto's. De vegetatie op de FC-luchtfoto's kleurt rood, door een hoge reflectie van zonlicht in het nabij infrarode deel van het spectrum, waardoor vegetatie eenvoudig is te onderscheiden van zand (wit), vochtig zand (blauw) en water (zwart). De verschillen in grijswaarden op de panchromatische foto's worden veroorzaakt door verschillen in vegetatie en vochtigheid waardoor vegetatie niet overal even eenduidig van vochtig zand kan worden onderscheiden. De grens tussen de vegetatie en het wad komt daarom veel beter tot uiting in de kleurverschillen van FC-luchtfoto's dan in grijswaarden van de panchromatische foto's. FC-luchtfoto's zijn echter alleen van de laatste jaren beschikbaar waardoor zij ongeschikt zijn voor het bestuderen van langjarige processen. De FC-foto's dienen daarom ter ondersteuning van de kustlijninterpretatie met de panchromatische foto's.

Voor de kustlijninterpretatie van 2009 is gebruik gemaakt van orthofotomozaïeken van het Kadaster. Dit zijn meerdere digitale georeferencierte True Colour luchtfoto's die zijn samengevoegd tot één grote digitale luchtfoto met een resolutie van 40 cm in de werkelijkheid (opgave Kadaster). Door het gebruik van deze orthofotomozaïeken is het niet meer nodig luchtfoto's te scannen en geometrisch te corrigeren. Het Kadaster heeft de vervaardiging van orthofotomozaïeken tegenwoordig uitbesteed aan het bedrijf DotKa Data BV. De panchromatische luchtfoto's 1949-2004 van de Topografische Dienst waren eerst gescand met 750 dots per inch (ca. 60 cm in het terrein) en vervolgens geometrisch gecorrigeerd naar het Rijksdriehoekstelsel (Sanders & Slim 2000, Sanders et al. 2005).

Tabel 2.7.1 Meta-informatie gebruikte luchtfoto's.
Meta-information of used aerial photographs.

Datum	Herkomst	Type	Schaal	Fotonummers, kaart 2-west
1949	Top. Dienst	Panchromatisch	1:20 000	Run II, 31
1959	Top. Dienst	Panchromatisch	1:20 000	Run E, 162
1969	Top. Dienst	Panchromatisch	1:18 000	Run G, 10
01/10/1979	Top. Dienst	Panchromatisch	1:18 000	H08
06/04/1986	Top. Dienst	Panchromatisch	1:18 000	G08
04/05/1990	Top. Dienst	Panchromatisch	1:18 000	H07
?/08/1993	MD-RWS	False Colour	1: 5 000	36, 110 t/m 114 (even)
13/04/1996	Top. Dienst	Panchromatisch	1:18 000	H07



Datum	Herkomst	Type	Schaal	Fotonummers, kaart 2-west
07/07/1997	MD-RWS	False Colour	1: 5 000	8132 t/m 8136 (even)
13/05/2000	Top. Dienst	Panchromatisch	1:18 000	H07
29/05/2004	Top. Dienst	Panchromatisch	1:18 000	G07
28/09/2009	Top. Dienst	True Colour	1:18 000	Orthofotomozaïek

2.7.2.1.2. Controle geometrie

De nauwkeurigheid van de geometrische correctie is van essentieel belang om daadwerkelijk kustafslag aan te kunnen tonen. De geometrische afwijking tussen twee opeenvolgende foto's moet veel kleiner zijn dan de opgetreden afslag of aanwas om deze afslag of aanwas voldoende betrouwbaar te kunnen aantonen. Om te controleren of de geometrisch gecorrigeerde luchtfoto's voldoende nauwkeurig waren, zijn enige objecten met scherpe grenzen, zoals fietspaden en drinkpoelen, verdeeld over het hele terrein geïnterpreteerd van de 1996-luchtfoto's. Het kaartje met deze controlelijnen werd geprojecteerd op de gecorrigeerde luchtfoto's van de verschillende jaren. De geometrische correctie werd als niet nauwkeurig genoeg beschouwd wanneer de objecten van het kaartje niet passen op die in de foto.

Een tweede onafhankelijke controle vond plaats met de locatie van de aan de wadkant gelegen pq's in de raaien IV, V, VI en VII. Deze locatie is tot op enkele centimeters nauwkeurig bekend. De vegetatieopnamen van de pq's geven informatie over de locatie; is het vegetatie of wad (kale bodem) in 1986, 1999, 2004 en 2010.

2.7.2.1.3. Interpretatie kustlijn op fotoreeks en GIS-analyse

De grens van de vegetatie, veelal samenhangend met de kwelderrand, werd op het beeldscherm visueel geïnterpreteerd. Beeldscherminterpretatie heeft als voordeel dat er naar behoefte vergroot kan worden en dat de kustlijn direct op het computerscherm kan worden gedigitaliseerd. Beeldscherminterpretatie heeft hierdoor een hogere geometrische nauwkeurigheid dan stereoscopische interpretatie van de foto's.

De op het scherm gedigitaliseerde luchtfoto-interpretaties zijn opgeslagen in een Geografisch Informatiesysteem of GIS (ArcView). GIS is bij uitstek de techniek om statische gegevens als oppervlakte en omtrek maar ook ruimtelijke en temporele veranderingen zoals verplaatsing te analyseren. De kustlijnkarten van twee opeenvolgende jaren zijn met elkaar gecombineerd waarna de oppervlakteverschillen werden berekend voor de vijf verschillende deelgebieden en de kuststrook in zijn geheel ([paragraaf 2.7.1.3.1](#)).

De veranderingen in de kustmorfologie in het gebied van de Oerdsloot en in het drainagepatroon van De Hon zijn gelijk de kustlijn visueel geïnterpreteerd van het beeldscherm.

2.7.2.2. Vegetatiemonitoring

2.7.2.2.1. Verzamelen veldgegevens

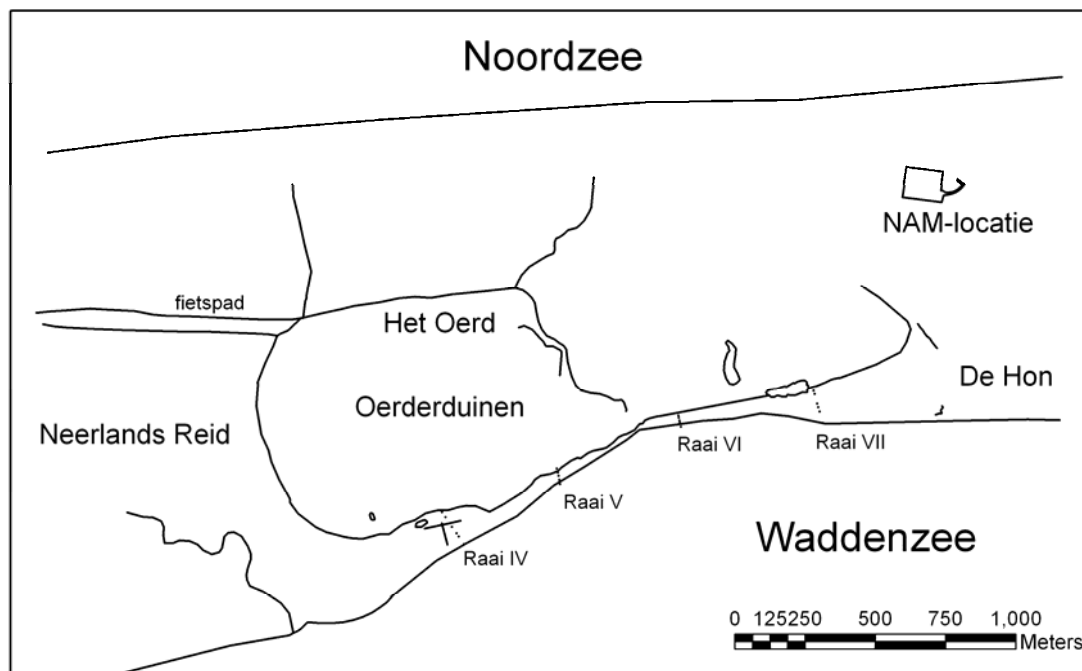
Op de plaats waar mogelijk kustafslag kon plaatsvinden, was de vegetatie van een aantal proefvlakken of permanente kwadraten (pq's) ten behoeve van het voorspellend onderzoek in 1986 opgenomen (Dankers et al. 1987, Anonymus 1987). In 1986 zijn de middelpunten van de pq's voorafgaand aan het opnemen van de vegetatie met genummerde piketten gemarkeerd.

De locatiekeuze vond in 1986 plaats op grond van voorafgaande uitgebreide bestudering van bestaande vegetatiekaarten en van expertkennis. Daarmee zijn alle aanwezige vegetatietypen representatief bemonsterd. Deze pq's zijn gelegen in raaien (transecten) loodrecht op de waddenkust. De pq's meten 2*2 m² en zijn noord-zuid gericht. De in de pq's voorkomende plantensoorten met bijbehorende bedekking (opnameschaal van de 4e bosstatistiek, Dirkse 1987, 1998; [bijlage 2.7 E](#)) zijn genoteerd. Tevens zijn sporen van begrazing, bodemtypen, hoogte van de vegetatie enz. vastgelegd. In deel 1, 2, 4 en 5 van de kuststrook ([paragraaf 2.7.1.3.1](#)) liggen (delen van) respectievelijk de raaien IV, V, VI en VII ([figuur 2.7.7](#)). Elk van de vier raaien ligt langs de hoogtetradiënt loodrecht op de kust, waarbij het laagst gelegen proefvlak (pq 01) vanaf de Waddenzee (ca. 0,90-1,50 m +NAP) in 1986 net in de eerste vegetatie was gelegd, en het hoogstgelegen proefvlak (pq 05 of 06) op de duinvoet (ca. 2,20-3,60 m +NAP). De pq's zijn verspreid over de breedte van de kwelderrand (ca. 50-140 m) en regelmatig over de lengte ervan (ca. 1,5 km); raai IV en V bij 'De Vennoot' en raai VI en VII bij It Fryske Gea. De volgende pq's zijn bestudeerd: raai IV pq-nummers 01 t/m 06, raai V pq's 01 t/m 06, raai VI pq's 01 t/m 05, en raai VII pq's 01 t/m 06. Deze 23 pq's behoren slechts ten dele

tot de in het standaardmonitoringprogramma (Van Dobben et al., [hoofdstuk 4.4](#) Vegetatieveranderingen in de duinen en hoge kwelder op Oost-Ameland) bestudeerde proefvlakken.

Door nu deze pq's na 13, 18 en 24 jaar opnieuw op te nemen worden de resultaten van de luchtfoto-interpretatie geverifieerd en kan de kwantitatieve en kwalitatieve betekenis van kustafslag en bodemdaling voor de vegetatie worden vastgesteld. De plaats van de pq's kon nauwkeurig met behulp van Global Positioning System (GPS) worden opgespoord waarna de vegetatie volgens de methode gebruikt in 1986 werd onderzocht.

Dataopslag en -verwerking vonden plaats met het dataverwerkingsprogramma TURBOVEG (Hennekens 1995). Hierbij wordt voor de nomenclatuur het Botanisch Basisregister (Anonymus 1992) gebruikt en impliciet voor de hogere planten de nomenclatuur van Van der Meijden (1996) gevolgd. De vegetatieopnamen zijn in alle jaren gemaakt door P.A. Slim, en in 2010 samen met H.P.J. Huiskes. Tijdens de opname van de vegetatie zijn tevens van alle pq's foto's gemaakt.



Figuur 2.7.7 De vier raaien waarop de 23 pq's gelegen zijn.
Four transects (IV-VII) where the 23 permanent plots are situated.

2.7.2.2.2. Analyse van vegetatieveranderingen in pq's

De vegetatie van de 23 pq's is in augustus/september 1986 opgenomen en in dezelfde periode in 1999, 2004 en 2010 herhaald. De datasets zijn samengevoegd en met elkaar vergeleken. De data zijn bewerkt met het clusterprogramma TWINSpan (Hill 1979). TWINSpan clustert op gestandaardiseerde wijze de 92 vegetatieopnamen van de 23 pq's. TWINSpan werd gedraaid met de standaardinstellingen. Opnamen die qua soortensamenstelling op elkaar lijken, komen in hetzelfde cluster terecht. Ook de plantensoorten worden gegroepeerd. Wanneer de vegetatie in een pq dus niet of weinig is veranderd, zal de betreffende opname van de verschillende jaren ([bijlage 2.7 B](#)) in hetzelfde cluster komen. Indien nu bij de 2010-opname een pq ten opzichte van de bijbehorende 1986-opname in een ander cluster terechtkomt, is dit geïnterpreteerd als een vegetatieverandering.

De datasets van de opnamejaren zijn tevens onderzocht met multivariate technieken met behulp van het programma CANOCO (Jongman et al. 1987, Ter Braak & Smilauer 2002). Hierbij is nagegaan hoe alle plantensoorten in alle opnamen zich ten opzichte van de verschillende assen groeperen, en wat de ecologische relevantie van die assen is. De ecologische betekenis van de assen is nagegaan met behulp van ecologische indicatiewaarden (Ellenberg 1979, Ellenberg et al. 1991), natuurbehoudswaarde (Clausman et al. 1984, Hertog & Rijken 1992) en soortenaantal. De natuurbehoudswaarde kan gezien worden als een schatting van de kans op het aantreffen van Rode Lijstsoorten (Wamelink et al. 2003).



Het blijkt dat de 1e en 3e as in ecologisch opzicht het meest betekenisvol zijn (de meeste informatie verschaffen); daarom zijn de 2e en 4e assen buiten beschouwing gelaten. De 2e as geeft namelijk vooral het onderscheid aan tussen de proefvlakken die door kustafslag op het wad zijn komen te liggen en onderscheiden zich daarmee in het voorkomen van de groenwieren Zeesla (*Ulva lactuca*) en darmwier (*Enteromorpha spec.*). Ook de gemiddelde positie van de sample scores voor de raaien IV t/m VII is voor elk van de opnamejaren nagegaan. Hiermee kan de verplaatsing in de tijd en dus eventuele veranderingen worden gevisualiseerd.



2.7.3. Resultaten

De luchtfoto-interpretatie van de morfologie van de kwelderrand tussen 1949 en 2009 en de analyse van de vegetatieveranderingen in pq's tussen 1986 en 1999 worden in dit hoofdstuk beschreven. De betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid van de resultaten worden bediscussieerd in [hoofdstuk 4](#).

2.7.3.1. Morfologie kwelderrand

2.7.3.1.1. Geometrische correctie

De locatie van de kustlijn is op de gecorrigeerde foto's van 1949 tot en met 2004 gemiddeld gezien op 2,1 meter nauwkeurig in de Y-richting vast te stellen (Sanders & Slim 2000). Een verandering ten opzichte van de geïnterpreteerde kustlijn van een andere foto is dus met $2 * 2,1 = 4,2$ meter vast te stellen. De uitkomsten moeten daarom als volgt worden geïnterpreteerd: kustafslag of aanwas van minder dan 4 m per 10 jaar (0,4 m per jaar) is met deze foto's niet met zekerheid aan te tonen. De nauwkeurigheid van het orthofotomozaïek is dezelfde als van de eerder gebruikte luchtfoto's.

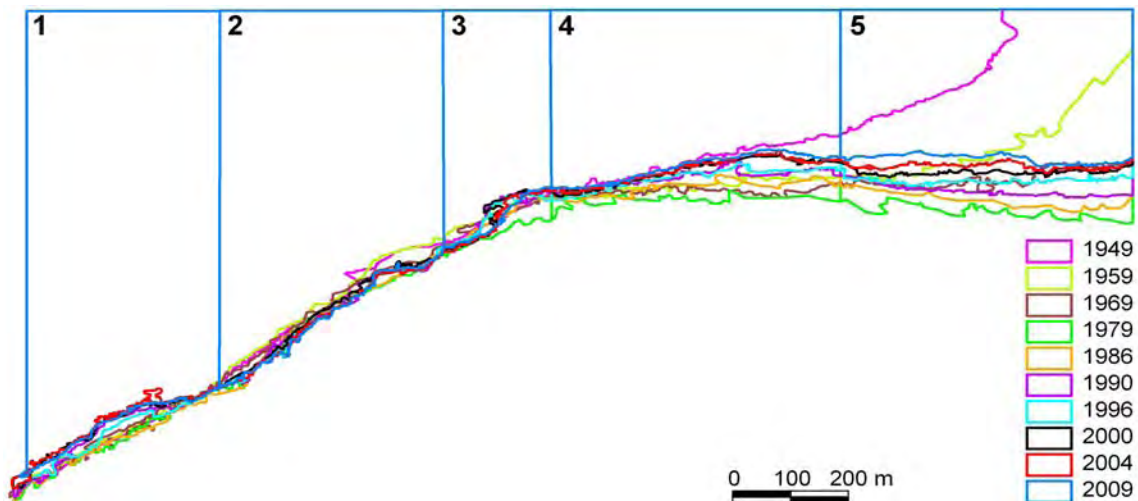
Enige objecten met scherpe grenzen verdeeld over het hele terrein zoals de fietspaden, de NAM-locatie en de drinkpoelen zijn geïnterpreteerd van de 1996 luchtfoto's om de nauwkeurigheid van de geometrische correcties te presenteren. Het kaartje met deze controlelijnen werd geprojecteerd op de luchtfoto's van de verschillende jaren ([bijlage 2.7 A](#)). De geometrische correctie wordt als onnauwkeurig beschouwd wanneer de controlelijnen van het kaartje niet passen op de objecten van de foto. De controlelijnen pasten goed op het orthofotomozaïek (zie [bijlage 2.7 A](#)).

De locatie van de pq's is ook op de luchtfotokaartjes geplot. In 1999 liggen alle eerste pq's op het wad, en de tweede pq's in de vegetatie. In 1986 liggen de eerste pq's van raai IV, VI en VII in de vegetatie en de eerste pq van raai V op het wad. Dit komt overeen met de analyse van vegetatieveranderingen in de pq's. De pq's op het wad bevatten zeekraal (*Salicornia spec.*) met lage bedekking en de pq's in de vegetatie hebben een vegetatiebedekking van 100%.

De controleobjecten en de ligging van de pq's wijzen uit dat de geometrische correcties van de foto's nauwkeurig genoeg zijn om de kustafslag te kwantificeren.

2.7.3.1.2. Interpretatie kustlijn - vegetatiegrens

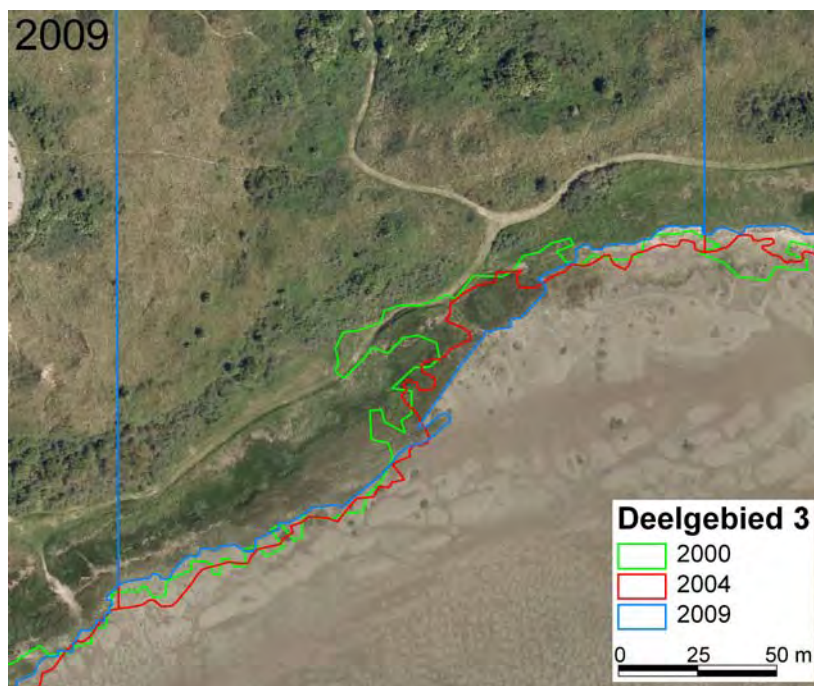
De luchtfoto-interpretatie resulteerde in kaarten van de kustlijn ([figuur 2.7.8](#)). Een presentatie van de kustlijnkaarten met de betreffende luchtfoto als ondergrond ([bijlage 2.7 A](#)) maakt de geïnterpreteerde locatie van de kustlijn inzichtelijk. Als kustlijn is de grens van de vegetatie en het wadzand aangehouden. [Figuur 2.7.8](#) laat zien dat er grote verschillen in aangroei en afslag tussen de 5 deelgebieden zijn. De dynamiek in het oostelijk deel is veel groter dan in het westelijk deel. De figuur illustreert daarmee dat opdeling in deelgebieden noodzakelijk was om de invloed van deel 5 op de resultaten van de andere kustdelen te elimineren. De kuststrook lijkt aan te groeien tot 1979 en daarna trad afslag op. In [paragraaf 2.7.3.1.3](#) wordt deze aangroei en afslag gekwantificeerd.



Figuur 2.7.8 Gedrag van de kwelderrand onder de Oerderduinen 1949-2009.
Behaviour of the saltmarsh edge underneath the 'Oerd' dunes.

2.7.3.1.3. Kwantificering van aanwas en afslag

In het GIS is per deel van de kustlijn van een luchtfotojaar de oppervlakte berekend. De netto aanwas of afslag per deel en per periode is berekend door de oppervlakte van de verschillende jaren van elkaar af te trekken (tabel 2.7.2). Vanwege de onnauwkeurigheid in de geometrische correcties hoeft de afslag of aanwas niet significant te zijn. Het verschil per deel moet groter zijn dan 4 m (afwijking door de geometrische correctie, paragraaf 2.7.3.1.1) maal de lengte van het betreffende deel. Een afslag of aanwas kleiner dan de onnauwkeurigheid is in tabel 2.7.2 met een '0' aangegeven, aangetoonde afslag met een '-' en aangetoonde aanwas met een '+'. De netto aanwas en afslag zijn berekend over een heel deelgebied. Binnen het deelgebied kan er tegelijk afslag én aanwas optreden waardoor de netto aanwas of afslag wat wordt uitgemiddeld (zie figuur 2.7.9). Een nettoberekening is nodig om binnen deze lokale dynamiek aan te tonen dat de kustlijn structureel aangroeit of afslaet.



Figuur 2.7.9 Detail met afslag en aanwas van deelgebied 3 tussen 2000, 2004 en 2009 (Topografische ondergrond © Kadaster, 2009).
Detail with erosion and saltmarsh growth of subsector 3 between 2000, 2004 and 2009.

Rond 1959 ligt een omslagpunt van afslag naar aangroei voor de drie westelijke delen, de oostelijke blijven aangroeien. Na 1959 laten alle vijf de delen van de kuststrook een zelfde trend



zien. Er is tot 1979 sprake van aanwas, waarna er over de gehele lijn afslag optreedt. De dynamiek neemt duidelijk toe van west naar oost. Na 1990 neemt de afslag af, een trend die zich ook tussen 2000 en 2009 voortzet. In de stroken 2 en 3 is er zelfs weer sprake van aanwas (tabel 2.7.2).

In tabel 2.7.3 en figuur 2.7.10 is de gemiddelde snelheid van afslag en aanwas gepresenteerd. De gemiddelde snelheid (in meter per jaar) is de netto afslag of aanwas per deel gedeeld door de lengte van het deel en door het aantal jaren van de periode. Alleen de snelheden van 0,4 m per jaar of meer zijn aangetoonde aanwas of afslag. Snelheden kleiner dan 0,3 m per jaar vallen binnen de onnauwkeurigheden van de methode. Opvallend is dat in de periode voorafgaand aan 1979 er eerst een toename van de aanwassnelheid is voor dat er afslag plaatsvindt. Na 1986 vindt geen versnelde afslag plaats maar juist een afname in gemiddelde snelheid.

Tabel 2.7.2 Netto afslag en aanwas kuststrook.
Net erosion and saltmarsh growth of the coastal zone.

		Kuststrook	Netto oppervlakteverschil tussen jaren (m ²)											
	Deel	Lengte (m)	'49-'59		'59-'69		'69-'79		'79-'90		'90-'00		'00-'09	
Netto	1	400	-1.807	-	232	0	2.951	+	-6.505	-	-3.363	-	-241	0
	2	475	-2.038	-	5.170	+	6.889	+	-995	0	-2.008	-	3.135	+
	3	200	-2.151	-	1.617	+	5.553	+	-6.980	-	791	+	969	+
	4	500	22.084	+	5.163	+	7.638	+	-20.171	-	-6.435	-	-3.994	-
	5	500	77.550	+	34.498	+	32.018	+	-20.168	-	-17.744	-	-12.916	-
Totaal		2075	93.637	+	46.682	+	55.048	+	-54.819	-	-28.759	-	-13.047	-

Tabel 2.7.3 Gemiddelde snelheid van afslag (-) en aanwas (+) kuststrook (cursief = niet significant).
Average rate of erosion (-) and growth (+) of the coastal zone (italic = not significant).

		Kuststrook	Gemiddelde snelheid (m per jaar)					
	Deel		'49-'59	'59-'69	'69-'79	'79-'90	'90-'00	'00-'09
Netto	1		-0.5	0.1	0.7	-1.5	-0.8	-0.1
	2		-0.4	1.1	1.5	-0.2	-0.4	0.7
	3		-1.1	0.8	2.8	-3.2	0.4	0.5
	4		4.4	1.0	1.5	-3.7	-1.3	-0.9
	5		15.5	6.9	6.4	-3.7	-3.5	-2.9
Totaal			4.5	2.2	2.7	-2.4	-1.4	-0.7

Specifiek voor de betreffende gebieden kan worden gesteld:

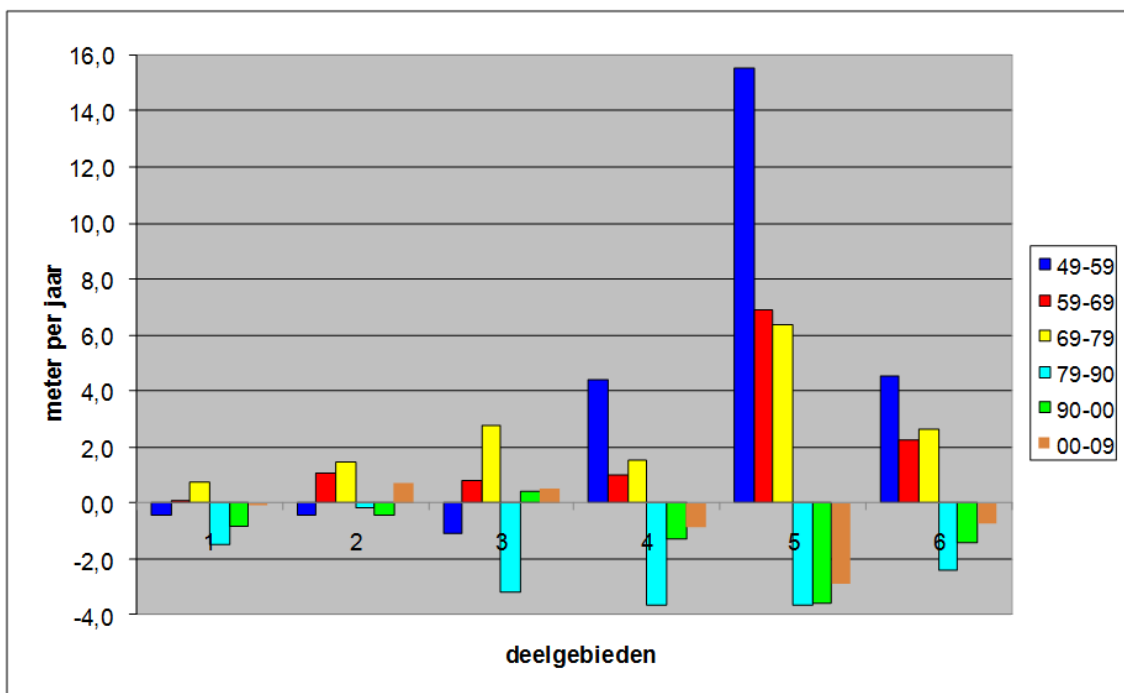
Strook 1: In eerste instantie versnelde afslag maar die vlakt af en is inmiddels gestopt;

Strook 2: Lichte afslag na 1979 en laatste periode wat aanwas;

Strook 3: Flinke afslag na 1979 en daarna lichte aanwas;

Strook 4: Flinke afslag na 1979 en die afslag wordt daarna flink minder;

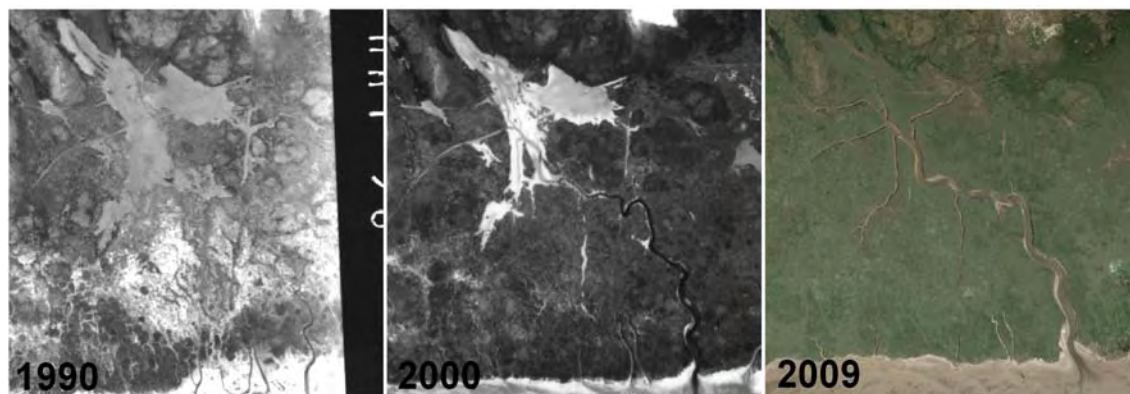
Strook 5: Flinke afslag na 1979 en die afslag wordt daarna langzaam minder.



Figuur 2.7.10 Gemiddelde snelheid van afslag en aanwas per deelgebied (deel 6 is de totale kuststrook).
Average rate of erosion and growth by subsection (section 6 is the total of the coastal zone).

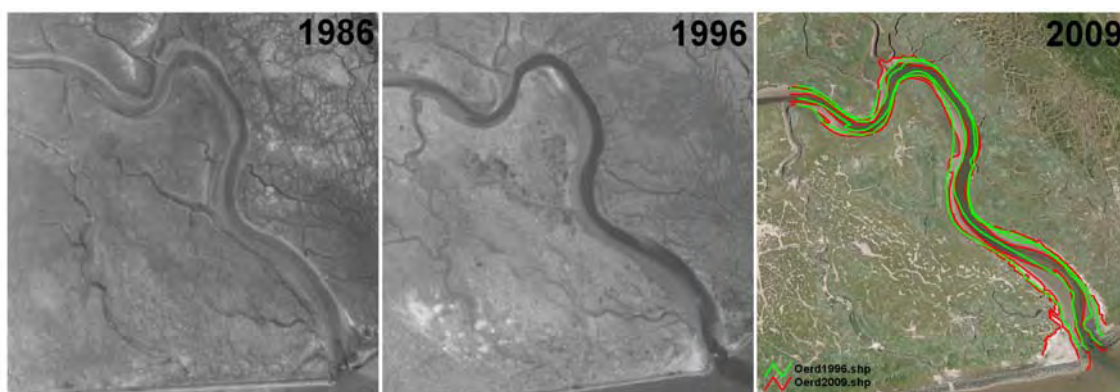
2.7.3.2. Drainagepatroon De Hon en de Oerdsloot

Op de luchtfoto van 1990 is nog duidelijk sprake van een vaak onder water staande laagte op De Hon zonder afvoergeulen naar de Waddenzee (figuur 2.7.11). Er zijn wel enkele geulen zichtbaar maar die bereiken de laagte niet. In 2000 is er aansluiting met het wad door een diepe geul, wordt de laagte gedraineerd en zijn er in de laagte duidelijk geulen herkenbaar daar waar in voorgaande jaren water stond. Op de foto van 2009 blijkt dat de laagte geheel is begroeid met vegetatie.



Figuur 2.7.11 Verandering van drainagepatroon van de jaren 1990, 2000 en 2009 (Topografische ondergrond © Kadaster, 2009).
Change of the pattern of drainage in the years 1990, 2000 and 2009.

De loop van de Oerdsloot heeft zich in de loop der tijd binnen een bepaalde range verlegd van oost naar west en andersom. In het begin van de jaren tachtig is een dam aangelegd in de monding van de Oerdsloot. Deze dam is in de winter van 1998/1999 weer verwijderd. Na de verwijdering van de dam heeft de loop van de Oerdsloot zich nauwelijks verlegd. De eerste 250 m na de monding lijkt enkele meters in oostelijke richting te zijn verplaatst (figuur 2.7.12). Vanaf de luchtfoto's is niet te zien of de geul zich na die tijd heeft verdiept.



Figuur 2.7.12 De loop van de Oerdsloot in de jaren 1986, 1996 (groen) en 2009 (rood) (Topografische ondergrond © Kadaster, 2009).
The course of the 'Oerdsloot' creek in the years 1986, 1999 (green) and 2009 (red).

2.7.3.3. Vegetatieverandering in pq's

De vegetatieveranderingen zijn geanalyseerd middels een clusteranalyse met TWINSPLAN. De voor 1986, 1999, 2004 en 2010 resulterende tabel is te vinden in [bijlage 2.7 B](#). De clusters kennen een hiërarchie die in de kop van de tabel is aangegeven maar niet met vegetatietypen is aangeduid. De clusters (3 niveaus) zijn in de tabel met een verticale lijn gemarkeerd.

De hoofdscheiding van de clustering met TWINSPLAN markeert vooral de buitenste pq's uit de latere jaren die door afslag op het (onbegroeide) wad zijn komen te liggen en gekenmerkt worden door de groenwieren darmwier (*Enteromorpha spec.*) en Zeesla (*Ulva lactuca*), en wat pioniers als zeekraal (*Salicornia spec.*). De uiteindelijke indeling met TWINSPLAN resulteert in twee kleine op het wad gelegen clusters met darmwier en/of Zeesla, en een cluster op het met pioniers opnieuw begroeid rakende wad. Daarna volgt een cluster met vooral *Salicornia europaea*, Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*) en Schorrenkruid (*Suaeda maritima*); een cluster met Strandkweek (*Elytrigia atherica*) en Zeebies (*Bolboschoenus maritimus*); een cluster met Zilte rus (*Juncus gerardi*), Melkkruid (*Glaux maritima*) en Rood zwenkgras (*Festuca rubra*); en tenslotte een met vooral louter *E. atherica* en *F. rubra*.

Omdat de vegetatie pal aan de kustlijn is gesitueerd, is de zoet-zoutgradiënt de ecologische 'sleutelfactor' die dominant is over alle andere factoren die in ecologisch opzicht relevant zijn. Uit de tabel blijkt dat boven links de halofyten ('zoute' plantensoorten) zijn ingedeeld, en onderin rechts de glycofyten ('zoete' plantensoorten). De scheiding ligt boven de regel met *Cardamine pratensis* (vet; Pinksterbloem). Op grond van de soortensamenstelling is de volgorde van de clusters op te vatten als een gradiënt van het wad, laag in het transect (links), via de kwelder naar de duinvoet hoog in het transect (rechts). Dit ruimtelijke beeld weerspiegelt ook in grote lijnen de ontwikkeling die de vegetatie van zout naar zoet heeft doorgemaakt. Indien nu bij een opname uit de latere jaren een pq ten opzichte van de bijbehorende 1986-opname 'naar boven, en dus naar links gaat' in de tabel, is dit opgevat als een terugval naar een eerder stadium van de vegetatieontwikkeling (regressie). Een verandering van een pq 'naar beneden, en dus naar rechts' is beschouwd als een overgang naar een volgend stadium van de vegetatieontwikkeling (successie).

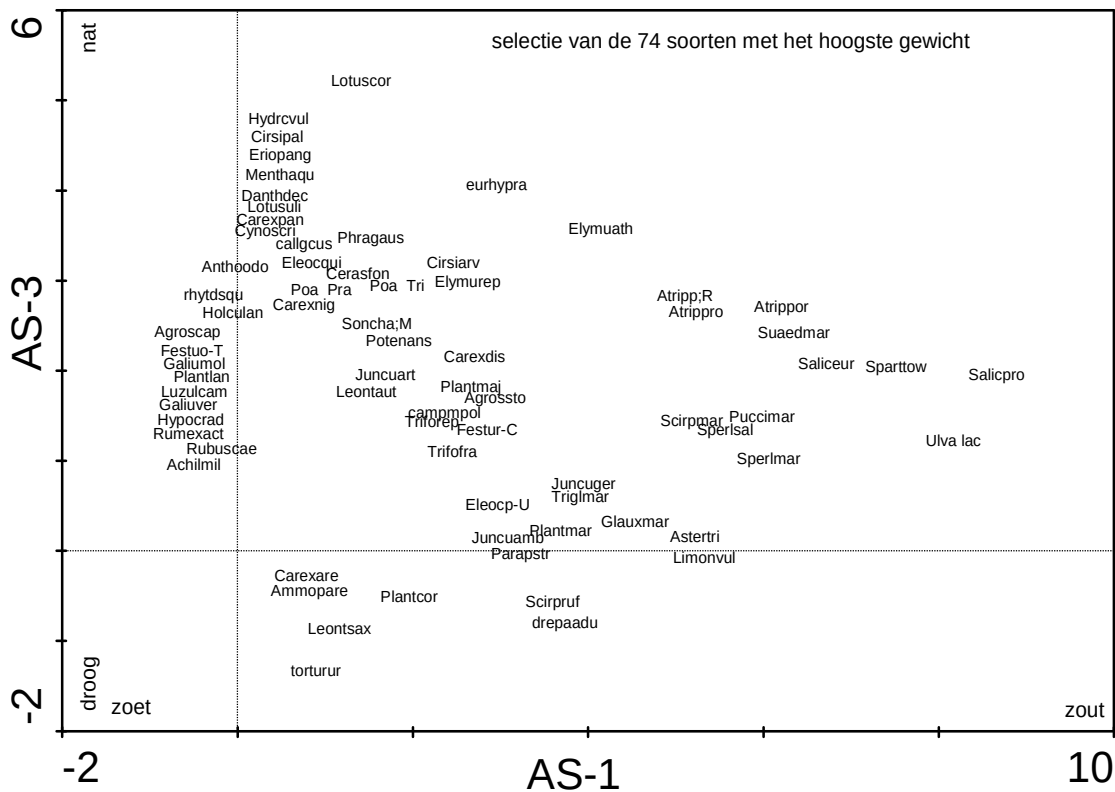
De soortenplot van de multivariate analyse met CANOCO toont op de (horizontale) 1e as de (op het grensgebied van de kust te verwachten) ecologische hoofdgradiënt van zout en nat (rechts) naar zoet en droog (links). D.w.z. rechts: wad en kwelder met o.a. Langarige zeekraal (*Salicornia procumbens*) en links: droog, voedselarm, zuurder en zoet duin met o.a. Gewoon haakmos (*Rhytidadelphus squarosus*) en Gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*). De (verticale) 3e as laat de gradiënt zien van droge, zoete duinvegetaties (onder) naar vochtige, zoete omstandigheden (boven). D.w.z. boven: de vochtige kwelder met een inslag van blauwgrasland met o.a. Blauwe zegge (*Carex panicea*), Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*) en Kale jonker (*Cirsium palustre*), en onder: het droge duin met o.a. Zandzegge (*Carex arenaria*) ([figuur 2.7.13](#)). De 2e as was als indicator voor wel of geen *Ulva lactuca* minder illustratief en wordt niet getoond.

De ecologische betekenis van de 1e as wordt bevestigd met een analyse met behulp van ecologische indicatiewaarden, natuurbewaardswaarde en soortenaantal: deze as indiceert voor (rechts) significant hoge Ellenberg-waarden voor licht, vocht, pH, nutriënten en vooral voor zout, en afnemende soortenrijkdom. De 3e as indiceert niet-significant voor indicatiewaarden.



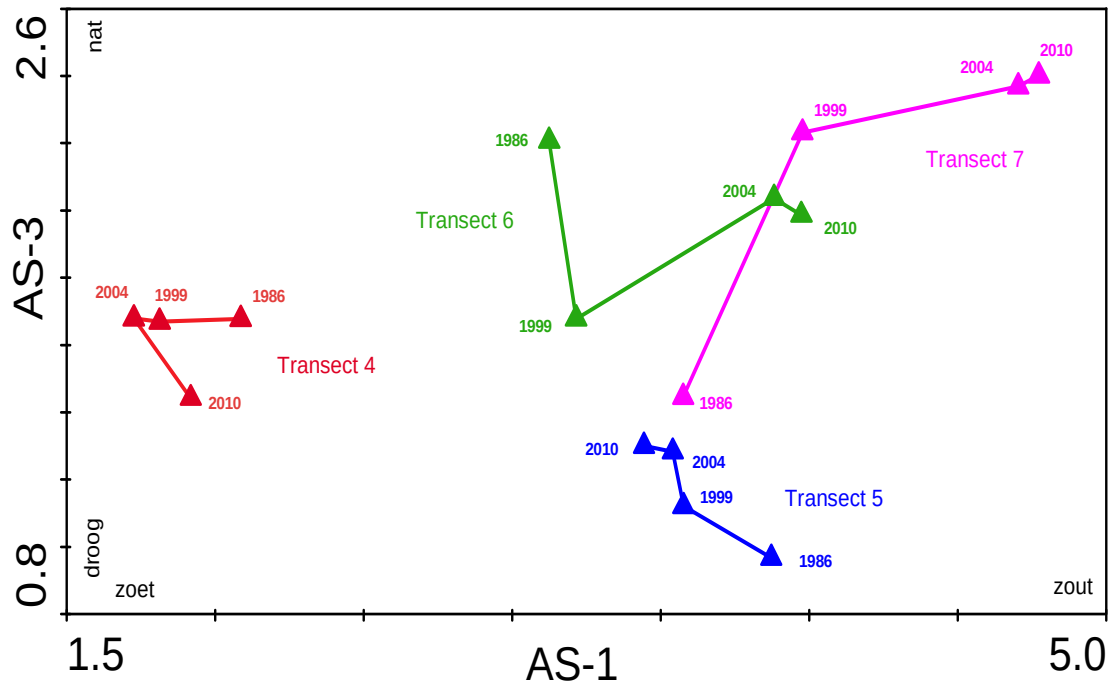
Linksboven bevinden zich dus vooral de onder invloed van het drangwater van de Oerderduinen staande pq's (raai IV) van de kuststrook van 'De Vennoot' met een hoge natuurbehoudswaarde; rechts vooral de pq's van de raaien (VI en VII) die meer in de richting van De Hon zijn gelegen (It Fryske Gea) (bijlage 2.7 G).

De plot met gemiddelde samplescores (figuur 2.7.14) per raai laat zien dat de verplaatsing tussen 1986 en 2010 in het westen niet zo groot is, maar meer oostelijk (It Fryske Gea) groter; en de verplaatsing 2004-2010 relatief gering. Raai IV verplaatst zich weinig in de tijd en laat geen lineaire trend zien; raai V gaat richting duinvoet (zoeter, natter), en de raaien VI en VII laten een duidelijke regressie zien en 'reizen in de tijd' richting zoutere en nattere omstandigheden. Dit laatste is in lijn met de afnemende soorten aantallen.



Figuur 2.7.13 Multivariate analyse met soortenplot van alle opnamen van alle jaren. De (horizontale) 1e as indiceert de ecologische gradiënt van zoet en droog (links) naar zout en nat (rechts). De (verticale) 3e as indiceert de gradiënt van droog en zoet (onder) naar vochtig en zoet (boven). De 2e as was als indicator voor wel of geen *Ulva lactuca* (Zeesla) minder illustratief. Zie voor de betekenis van de afgekorte soortnamen bijlage 2.7 C.

Multivariate analysis with species plot of all relevés of all years. The 1st axis indicates the ecological gradient from fresh and dry (left) to salt and wet circumstances (right). The 3rd axis indicates the gradient from dry and fresh (below) to moisture and fresh (above). The 2nd axis was as an indicator for the presence or absence of *Ulva lactuca* less illustrating. See for explanation of abbreviated species names annex 2.7 C.



Figuur 2.7.14 Gemiddelde samplescores per raai (lees voor transect 4: raai IV enz.) van alle pq's samen voor alle opnamejaren (1986, 1999, 2004 en 2010). De verbinding tussen de jaren geeft de 'reis' weer die de opnamen in de tijd maken. Transect 4 en 5 liggen aan de westkant ('De Vennoot'), transect 6 en 7 liggen aan de oostkant van de Oerderduinen (It Fryske Gea).
Average sample scores per transect (read IV instead 4 etc.) of all permanent plots together for all years (1986, 1999, 2004 and 2010). The connection between the years illustrates the 'travel' of the plots in time. Transect 4 and 5 are situated on the western part, transect 6 and 7 are situated on the eastern part of the 'Oerd' dunes, belonging to different owners.

Door de verschillende milieumomstandigheden die op korte afstand van elkaar voorkomen, zijn er veel verschillende plantensoorten aanwezig. Het totale aantal aangetroffen plantensoorten bedraagt 136; daarvan zijn er 117 hogere planten en 19 lagere planten zoals mossen (bijlage 2.7 C). De spreiding is ook groot: op het wad zijn pq's gelegen met onder deze extreme omstandigheden nog slechts wat groenwieren (*Ulva*, *Enteromorpha*, *Vaucheria*), maar op de overgang van kwelder en duin (de duinvoet) waar de invloed van de zee gering is, zijn de pq's het soortenrijkst en komen in sommige jaren meer dan 30 soorten voor per pq van 4 m² (pq's IV 05, IV 06, VI 05). De Rode Lijstsoorten Geelhartje (*Linum catharticum*), Engels lepelblad (*Cochlearia officinalis* subsp. *anglica*), Fijn goudscherm (*Bupleurum tenuissimum*) en Rode bies (*Blysmus rufus*) zijn na 1999 niet meer in de proefvlakken aangetroffen.

Uit bijlage 2.7 C blijkt dat ondanks bodemdaling en afnemend areaal (afslag) de verschillen in frequentie van plantensoorten tussen 1986 en 2010 over het geheel genomen minder groot zijn dan een beschouwing per pq doet vermoeden. Opvallend is wel dat allerlei soorten van de kwelder (Asteretea) in presentie afnemen: Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*), Zulte (*Aster tripolium*), Melkkruid (*Glaux maritima*), Lamsoor (*Limonium vulgare*), Schorrenzoutgras (*Triglochin maritima*), Zeeweegbree (*Plantago maritima*), Dunstaart (*Parapholis strigosa*), Zilte rus (*Juncus gerardi*) en Fioringras (*Agrostis stolonifera*); Gewone zoutmelde (*Atriplex portulacoides*) nam evenwel toe.



Figuur 2.7.15 Pq / permanent plot VI 01 in 1986.

Figuur 2.7.15. Pq VI 01 (8 september 1986). Vegetatie met een dominantie van Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*) en verder met o.a. Melkkruid (*Glaux maritima*), Gerande schijnspurrie (*Spergularia maritima*), Zilte schijnspurrie (*S. salina*), Rood zwenkgras (*Festuca rubra*) en Schorrenkruid (*Suaeda maritima*); net op de rand van de kwelder. Foto: P.A. Slim. Permanent plot VI 01 (September 1986). Vegetation with a dominance of Common Saltmarsh-grass and also a.o. Sea-milkwort, Greater Sea-spurrey, Lesser Sea-spurrey, Red Fescue and Annual Sea-blite; just on the edge of the saltmarsh. Photograph: P.A. Slim.



Figuur 2.7.16 Pq / permanent plot VI 01 in 2010.

Figuur 2.7.16. Pq VI 01 (3 augustus 2010). De kwelder is afgeslagen en is wad geworden. Groenwieren en schaars voorkomende Kortarige zeekraal (*Salicornia europaea*) bepalen nu het aspect. Foto: H.P.J. Huiskes. Permanent plot VI 01 (August 2010). Saltmarsh eroded away and resulted into sand flat. Green algae and sparse Common Glasswort now determine the aspect. Photograph H.P.J. Huiskes.



Figuur 2.7.17 Pq / permanent plot VII 03 in 1986.

Figuur 2.7.17. Pq VII 03 (9 september 1986). Vegetatie met een dominantie van Rood zwenkgras (*Festuca rubra*) en Zilte rus (*Juncus gerardi*) en verder met o.a. Spiesmelde (*Atriplex prostrata*), Fioringras (*Agrostis stolonifera*), Zeeweegbree (*Plantago maritima*) en Melkkruid (*Glaux maritima*). Foto: P.A. Slim. Permanent plot VII 03 (September 1986). Vegetation with dominance of Red Fescue and Saltmarsh Rush and also a.o. Spear-leaved Orache, Creeping Bent, Sea Plantain and Sea-milkwort. Photograph: P.A. Slim.



Figuur 2.7.18 Pq / permanent plot VII 03 in 2010.

Figuur 2.7.18. Pq VII 03 (3 augustus 2010). De pq is pal op de kwelderrand komen te liggen (VII 01 en 02 liggen nu op het wad). Er heeft regressie van de vegetatie plaatsgevonden: nu domineren Schorrenkruid (*Suaeda maritima*) en Gewone zoutmelde (*Atriplex portulacoides*) vergezeld van o.a. Spiesmelde (*Atriplex prostrata*) en Kortarige zeekraal (*Salicornia europaea*). Foto: H.P.J. Huiskes. Permanent plot VII 03 (August 2010). Now the plot is just lying on the edge of the saltmarsh (VII 01 and 02 now are lying on the sand flat). There was regression of the vegetation: now are dominating Annual Sea-blite and Sea-purslane accompanied by a.o. Spear-leaved Orache and Common Glasswort. Photograph: H.P.J. Huiskes.



2.7.4. Discussie

2.7.4.1. Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid

De nauwkeurigheid van de geometrische correctie en de betrouwbaarheid van de interpretatie bepalen in hoge mate de conclusies die uit de resultaten kunnen worden getrokken betreffende het gedrag van de kustlijn. De nauwkeurigheid in het bepalen van de pq-locatie en de herkenning van plantensoorten zijn van belang voor de conclusies betreffende de vegetatieveranderingen.

2.7.4.1.1. Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de luchtfoto-interpretatie

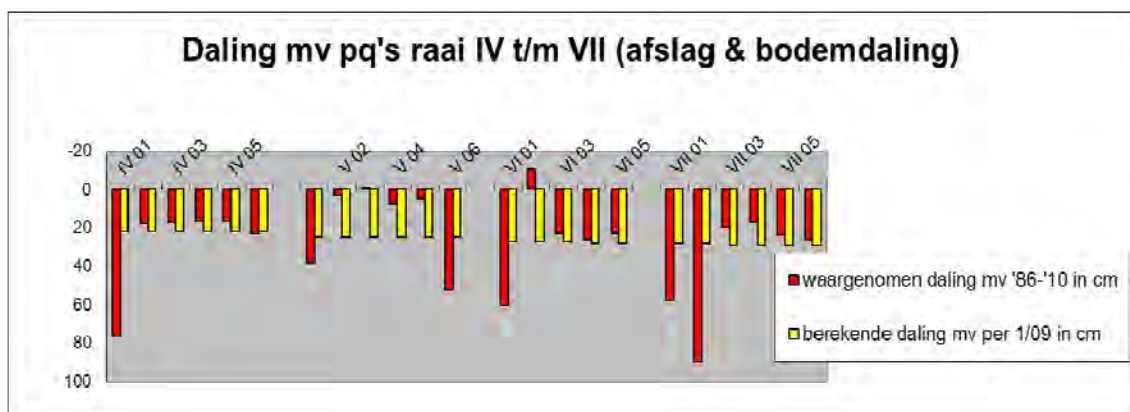
De nauwkeurigheid van de geometrische correctie van de luchtfoto's is goed gekwantificeerd en gecontroleerd. Wanneer de correctie onvoldoende nauwkeurig kon worden uitgevoerd (zoals bij de foto's van 1992), zijn de foto's niet meegenomen in de analyse. Naast de geometrische nauwkeurigheid is de betrouwbaarheid van de interpretatie van invloed op het resultaat. Als kustlijn is steeds de grens van de vegetatie en het wad/zand aangehouden. Een enkele keer is deze grens niet eenduidig omdat de grijswaardenverschillen niet overal duidelijk zijn en omdat de vegetatie op enkele plekken ook gradueel over kan gaan in wad door onder andere zeekraalvegetatie (figuren 2.7.4 en 2.7.5). Ondersteund door veldkennis, kennis van remote-sensing, en de FC-luchtfoto's is zo goed mogelijk een grens getrokken waar de vlakdekkende vegetatie van het eiland begint. Kwantificering van de betrouwbaarheid van de interpretatie was niet mogelijk. Kartering van de grens met een nauwkeurig GPS in het veld zou in het zelfde jaar als de luchtfoto-opname moeten plaatsvinden. De betrouwbaarheid van de interpretatie is inzichtelijk gemaakt door de kustlijnkarten op de foto's te projecteren zodat iedereen kan achterhalen hoe de interpretatie plaatsvond (bijlage 2.7 A).

2.7.4.1.2. Plaatsbepaling en hoogteligging pq's

In 1986 zijn van de met piketten gemarkeerde middelpunten van alle pq's door Rijkswaterstaat, Dienstkring Waddeneilanden, Kantoor Ameland, met optische middelen (theodoliet) de X-, Y- en Z-coördinaat (plaats en hoogte) bepaald. Voor het monitoringprogramma dat in 1989 begon (Duinen, Kwelders), zijn bij in dit programma opgenomen pq's, dus niet bij alle pq's, extra markeringen aangebracht (raai IV en VII). Naast de piket uit 1986 werd een ijzeren buis diep in de grond geslagen, alsmede 1 m buiten de pq aan de westkant een noord- en een zuidpaal van hergebruikt plastic aangebracht. In 1988 zijn door de NAM X-, Y- en Z-coördinaten van raai IV en VII nauwkeurig bepaald.

In 1999 konden zodoende de in het monitoringprogramma opgenomen proefvlakken raai IV pq's 01 t/m 06 en raai VII pq's 01 t/m 06 gemakkelijk worden teruggevonden. De niet in het monitoringprogramma opgenomen proefvlakken raai V pq's 01 t/m 06 en raai VI pq's 01 t/m 05, moesten dus opnieuw worden gelokaliseerd. Deze plaatsbepaling is uitgevoerd door de NAM met behulp van de coördinaten uit 1986 en een Global Positioning System (GPS). De exacte coördinaten van de pq's zijn te vinden in bijlage 2.7 D. De oorspronkelijke piketten uit 1986 van raai V pq's 02, 03 en 04 werden op deze wijze teruggevonden. De met GPS teruggevonden locatie van de X- en Y-coördinaten uit 1986 lag 80 cm westelijk van de teruggevonden piketten. Deze correctie is daarna toegepast bij de opnieuw uitgezette piketten van raai V pq's 01, 05 en 06, alsmede bij raai VI pq's 01 t/m 05. De nieuw aangelegde pq's zijn nu weer met genummerde piketten en met een extra ijzeren buis als verklikker, gemarkeerd. Tenslotte zijn van raai V en VI door de NAM opnieuw nauwkeurig de X-, Y- en Z-coördinaten bepaald. De pq's van raai IV en VII liggen daarmee in 1999 op precies dezelfde plek als in 1986. Door het terugvinden van pikettes uit 1986 werd aangenomen dat de pq's van raai V en VI ook op dezelfde plek lagen. Veranderingen in vegetatie zijn dus niet veroorzaakt door afwijkingen in de opnamelocatie.

In 2004 en 2010 zijn door Ingenieursbureau Oranjewoud BV de exacte locaties en hoogten (bijlage 2.7 F) bekend gemaakt met RTK-GPS. Een enkele ijzeren buis moest worden vervangen. De veranderingen in maaiveldligging tussen 1986 en 2010 (bijlagen 2.7 D en 2.7 F), veroorzaakt door kustafslag, opslibbing, opzanding en bodemdaling, alsmede de berekende bodemdaling (hoofdstuk 1), wordt gegeven in figuur 2.7.19.



Figuur 2.7.19 Verandering in maaiveldhoogte in cm door kustafslag, opslibbing, opzanding en bodemdaling in de pq's van de raaien IV t/m VII tussen 1986 en 2010. Rood: waargenomen maaiveldverandering; geel: berekende bodemdaling. De grootste veranderingen zijn veroorzaakt door afslag van de kwelder en van de duinvoet.

Change in ground level height in cm by erosion of the coastal zone, uprising by accretion (silt, sand) and by soil subsidence at the permanent plots of the transects IV inclusive VII between 1986 and 2010. Red: measured change in ground level; yellow: calculated soil subsidence with model. Greatest changes are a result of erosion of the saltmarsh and the base of the dunes.

2.7.4.1.3. Herkenning plantensoorten

In opnamejaren zijn de pq's opgenomen door dezelfde persoon, in het zelfde jaargetijde en met de zelfde methode, hetgeen de kwaliteit en vergelijkbaarheid van de opnamen bevordert. Er kwamen enkele indeterminaten voor (*Bryum* spec., *Cladonia* spec.). Exemplaren van moeilijk determineerbare soorten hogere planten zijn verzameld en zijn voor controle op Alterra beschikbaar. Mossen (bryofyten) en korstmossen (lichenen) zijn in alle gevallen verzameld en bewaard. De in de hoger gelegen vegetaties schaars voorkomende mossen en korstmossen zijn door experts nagedetermineerd (respectievelijk Dr. G.M. Dirkse, en Dr. H.F. van Dobben of Dr. A. Aptroot). Geen taxon is bij de bewerking van de data weggelaten.

Hoewel niet altijd gebruikelijk, zijn bij ons onderzoek wel de beide soorten zeekraal *Salicornia procumbens* en *S. europaea* onderscheiden. Deze onderscheiden soorten zijn belangrijk om hun specifieke ecologische indicatiewaarde: Langarige zeekraal (*S. procumbens*) algemeen voorkomend op kaal slik en in slijkgras-kweldergrasvegetaties, voornamelijk beneden de gemiddeldhoogwaterlijn (GHW), en Kortarige (*S. europaea*) voornamelijk boven GHW groeiend (Van der Meijden 1996). De op het laaggelegen wad voorkomende algen Zeesla (*Ulva lactuca*), darmwier (*Enteromorpha* spec.) en nopjeswier (*Vaucheria* spec.) zijn wel bij de opnamen betrokken.

Opgemerkt moet worden dat waterbiessoorten niet altijd even goed zijn te onderscheiden in vegetatieve toestand. Van Gewone waterbies (*E. palustris*) en Slanke waterbies (*E. uniglumis*) is altijd wel een exemplaar in de pq's aangetroffen met onderst(e) kafje(s) waardoor een onderscheid tussen de soorten mogelijk was. In 1986 zijn nog gevonden Veelstengelige waterbies (*E. multicaulis*) en Armbloemige waterbies (*E. quinqueflora*). Deze laatste twee soorten zijn niet in alle jaren gezien. Dit kan veroorzaakt zijn doordat een deel van de kwelderrand door rundvee wordt begraasd, en daardoor beide soorten in vegetatieve toestand niet zijn herkend. In de kuststrook van het Neerlands Reid kwam bij lagere graasdruk in 2004 Armbloemige waterbies massaal voor. Zandpaardenbloem (*Taraxacum* sectio *Erythrosperma*) is in 1986 niet onderscheiden naast Gewone paardenbloem (*T. sectio Ruderalia*). *T. tortilobum* is ook gerekend tot *Taraxacum* sectio *Erythrosperma*. Van *Plantago major* is in 1986 subsp. *pleiosperma* (Getande weegbree) en in 1999 subsp. *major* (Grote weegbree) gevonden; beide taxa zijn samengenomen. Schapengras (*Festuca ovina*) is hier altijd opgevat als Fijn schapengras (*F. filiformis*). Spiesmelde is altijd gerekend tot *Atriplex prostrata* var. *prostrata*. Moerasrolklaver (*Lotus pedunculatus*) en Gewone rolklaver (*L. corniculatus* var. *corniculatus*) komen beide in de bestudeerde vegetaties voor en zijn niet altijd even gemakkelijk van elkaar te onderscheiden; niet alle opgegeven kenmerken zijn even duidelijk aanwezig. Mogelijk was er in 1999 in raai VI pq 04 sprake van de bastaard van Kweek en Strandkweek (*Elymus repens* x *athericus*). Zeebies (heen) is hier *Bolboschoenus maritimus* subsp. *compactus* genoemd omdat het hier de ondersoort met compacte bloeiwijzen van brakke omstandigheden betreft.



2.7.4.2. Afslag en aanwas

De vastgestelde snelheid van afslag en aanwas is een gemiddelde over een periode van 10 jaar. Over 10 jaar gezien kan daarmee een afslag c.q. aanwas van 0,4 m per jaar of meer worden aangetoond. Om een werkelijke afslag van ca. 1 m per jaar aan te kunnen tonen moet er dus minimaal 4 jaar tussen de opeenvolgende luchtfoto's zitten.

Het omslagmoment van netto aanwas naar afslag werd vastgesteld rond 1979 (Sanders & Slim 2000). Over de gehele kuststrook gezien neemt de gemiddelde snelheid van afslag af van 2,4 m/jaar tussen 1979 en 1990 naar 1,4 m/jaar (1990-2000) en 0,7 m/jaar in de periode 2000-2009. De gaswinning veroorzaakt de afslag dus niet en versnelt deze tot nu toe ook niet. De aangetoonde afslag en aanwas zijn een gemiddelde over de kuststrook. Plaatsgewijze afslag en aanwas kunnen elkaar dus compenseren. Deze compensatie is gedeeltelijk ondervangen door een analyse van veranderingen in 5 verschillende delen van de kust met ongeveer dezelfde morfologie en richting. Echter de trend van verminderde netto afslag is op deze wijze aangetoond binnen de zeer lokale dynamiek van afslag en aanwas. Binnen de deelgebieden is de trend verschillend. De kwelderstrook in deel 3 is op zijn smalst en de afslag reikt bijna tot aan de duinvoet. Er is in dit deel (zie [figuur 2.7.9](#)) en in deel 2 weer enige aangroei vastgesteld. De afslag in deel 4 verloopt na de gaswinning minder snel, de afslag in deel 5 blijft hoog. Veranderingen in afslag zijn in deel 1 nogal wisselend mede omdat de afslag moeilijk te interpreteren is. De kwelderrand brokkelt namelijk af terwijl er ook kweldervegetatie blijft staan zodat er vegetatie-eilandjes ontstaan op het wad ([figuur 2.7.4](#)).

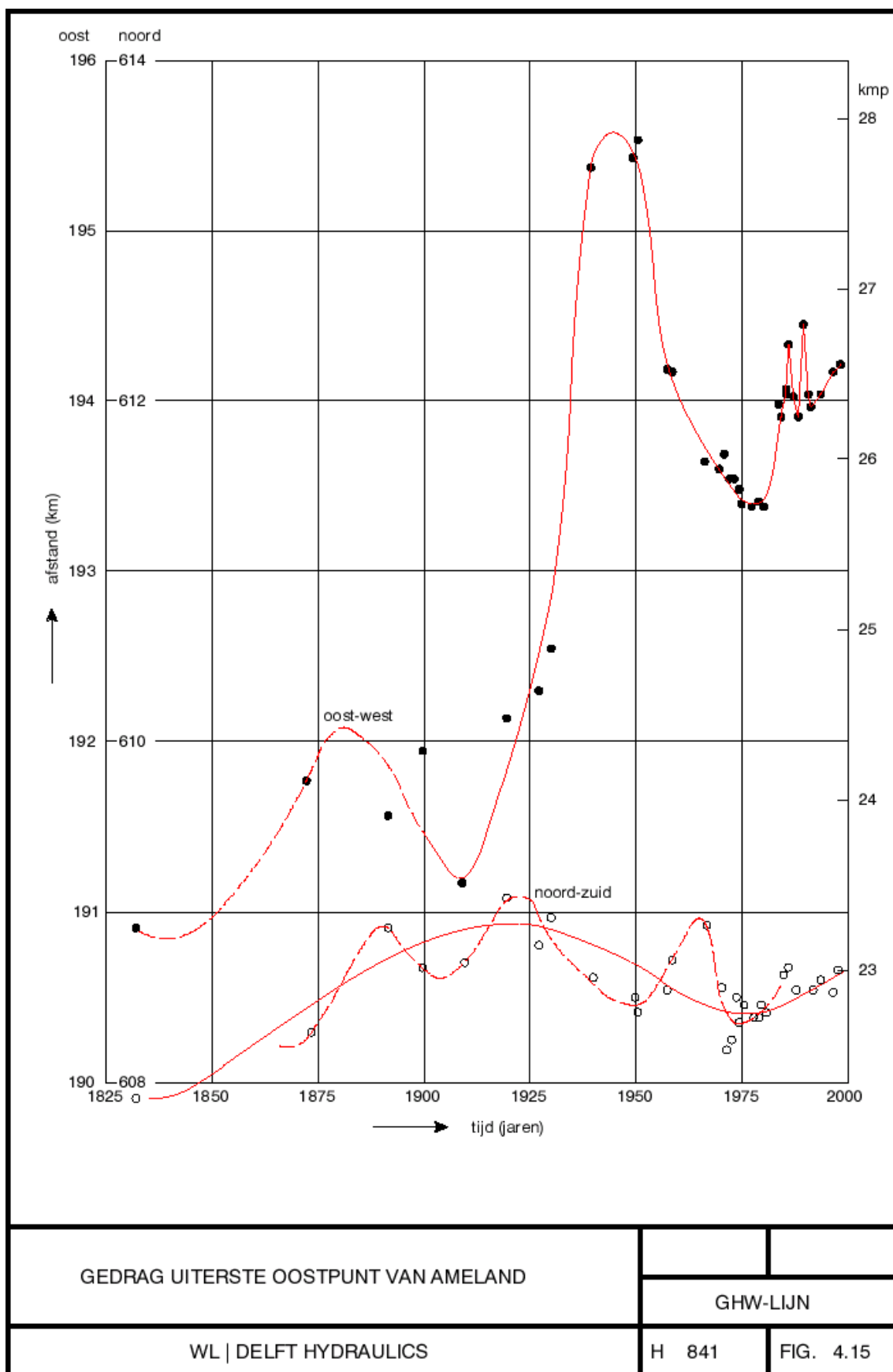
2.7.4.3. Analyse oorzaken kustafslag

Kustafslag vindt plaats vanaf een moment ruim voor aanvang van de gaswinning in 1986. De Hon kende in de afgelopen eeuw een grote mate van bewegelijkheid ([figuren 2.7.20 en 2.7.21](#)), het 'kwispelen van de staart van Ameland' genoemd. Het laatste omslagpunt van aanwas naar afslag rond 1979, valt samen met een omslagpunt van de verplaatsing van De Hon afgebeeld in [figuur 2.7.21](#). De periodiciteit van aanwas en afslag kan tevens samenhangen met het migreren van enkele geulen in het gebied (Eysink et al. 2000). Een mogelijke invloed van bodemdaling werd daarbij niet uitgesloten.

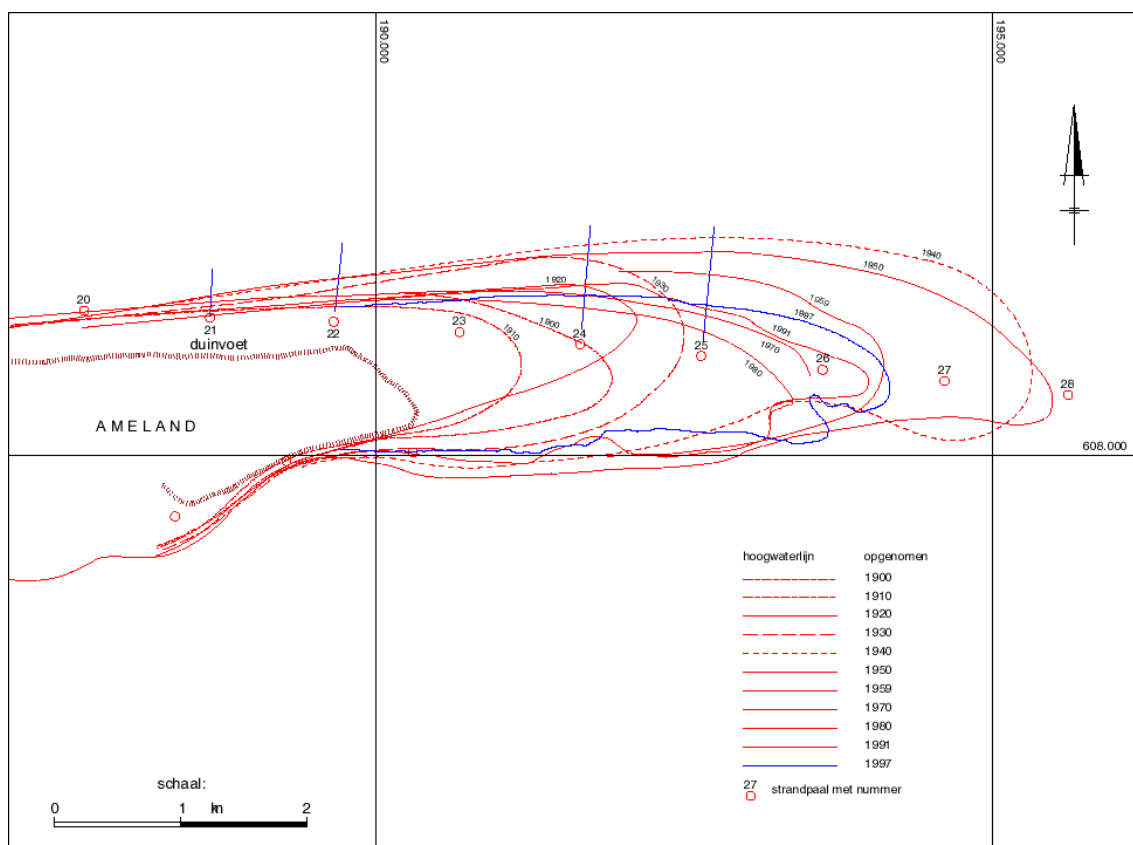
De wadplaten onder de Oerderduinen slibden gedurende de laatste 10 jaar gemiddeld 8 mm/jaar op (Krol, [hoofdstuk 2.8](#) Wadplaatsedimentatie bij Ameland 2000-2010). Maar lokaal zijn er grote verschillen (0-22 mm/jaar). Juist deze uitersten komen voor t.h.v. de kwelderrand hetgeen wijst op een relatief hoge dynamiek ter plaatse, mogelijk veroorzaakt door een lokale geul (Krol, [hoofdstuk 2.8](#): [figuur 2.8.17](#)).

Ook is het mogelijk dat de veranderingen van doen hebben met de nog steeds plaatsvindende verschuiving van het wantij als gevolg van de afsluiting van de Lauwerszee in 1969.

Klifvorming is overigens op zichzelf geen onnatuurlijk proces (Van de Koppel et al. 2005). Op Terschelling vindt bijvoorbeeld ook afslag van de kwelders plaats (Ehlers 1988). In de Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee (Oost et al. 1998, Eysink et al. 2000) en door Dijkema et al. (Kweldervegetatie Ameland 1986-2010), wordt nader ingegaan op de vorming van kwelderklijfsjes.



Figuur 2.7.20 Gedrag van de uiterste oostpunt van Ameland; verplaatsing van de gemiddelde hoogwaterlijn in oostwestelijke en in noordzuidelijke richting (Eysink et al. 2000).
Behaviour of the outermost eastern point of the isle of Ameland; movement of the mean high water line in east-west and in north-south direction (Eysink et al. 2000).



Figuur 2.7.21 Ontwikkeling van de oostpunt van Ameland tussen 1900 en 1997; ook wel het 'kwispelen van de staart van Ameland' genoemd (Eysink et al. 2000).
Development of the eastern part of the isle of Ameland between 1900 and 1997; called 'wagging the tail of Ameland' (Eysink et al. 2000).

2.7.4.4. Vegetatieverandering

Uit de vegetatieveranderingen blijkt dat successie het meest optreedt in het westelijke deel van de kuststrook ('De Vennoot') en regressie het meest in het oostelijke deel (It Fryske Gea); zie ook [figuur 2.7.14](#). Belangrijke oorzaak van het verschil is het verschil in beheer: in het westen wordt de kuststrook begraasd met runderen; in het oosten vindt een 'niets doen' beheer plaats. Verder is aan de westzijde van de kuststrook sprake van meer kweldruk door het achterliggende duinmassief van Het Oerd, dan in het oosten het geval is.

Vlak langs de oever is vooral de afslag van de kwelderrand (erosie) oorzaak van de grote veranderingen in de vegetatie. De regressie van de vegetatie lijkt vooral door de kustafslag en aanvullend door de 'normale' bodemdaling te zijn veroorzaakt. Zie als voorbeeld [figuren 2.7.15](#) en [2.7.16](#) (pq VI 01) waar de oorspronkelijke vegetatie volledig is weggeslagen (maaiveld -60 cm). In pq VI 02 is door opslibbing de bodemdaling meer dan gecompenseerd (maaiveld +11 cm) en meer landwaarts is de daling van het maaiveld 26-23 cm (pq VI 04 en 05); zie ook [figuur 2.7.19](#). De vegetatie van Zeebies (*Bolboschoenus maritimus*) ligt nu achter een strandwalle van ingespoeld zand, en de Zeebies is hoger en dichter geworden. De strandwal schuift nu over de zeebies heen. Bij pq VI 04 zien we een vegetatie met binnendringende zeebies die zelfs de Strandkweek verdringt en waardoor er geen plaats meer is voor andere soorten. Het hoogst, aan de duinvoet gelegen pq VI 05 tenslotte, is geheel veranderd in een strandkweekvegetatie met een ondergroei van Rood zwenkgras (*Festuca rubra*). Deze raai VI is een illustratie van het opschuiven van de verschillende vegetatiezones langs de smalle hoogtegradiënt en waarbij ze zich 'stuklopen' op de duinvoet met Helm (*Ammophila arenaria*) waardoor er in ecologisch en fysiek opzicht geen plaats meer is voor fijnproevers als Fijn goudscherm (*Bupleurum tenuissimum*) en Geelhartje (*Linum catharticum*). Zoals de bodemdaling op Ameland model is voor versnelde zeespiegelstijging (Van Dobben & Slim 2011), zo is het 'stuklopen' van de vegetatiezones van de kwelderrand tegen de duinvoet model voor het verschijnsel 'coastal squeeze'.



Onderlangs de duinvoet van de westelijke kuststrook naar het Neerlands Reid toe, is in een vegetatie van Helm ook sprake geweest van erosie. Hier is een deel van de duinvoet afgeslagen. De soortensamenstelling is daardoor niet wezenlijk veranderd. Lokaal komen hier op de grens van kwelder en wad zones voor met riet- (*Phragmites australis*) en zeebiesvelden. Dit is vooral het geval ter hoogte van raai V, alwaar deze bescherming bieden tegen kustafslag van het achterliggende grasland. Riet en zelfs Zeebies zelf verdragen geen zeewater maar komen wel voor onder brakke omstandigheden. Zij hebben hun bestaan te danken aan het zoete drangwater uit de Oerderduinen.

2.7.4.5. Mitigerende maatregelen

Door kustafslag wordt de kwelderrand steeds smaller. De beweidingsdruk neemt hierdoor mogelijk in de tijd toe, en de ruimte voor doorgang ('kwelderpad') kan misschien tijdelijk worden beperkt. Ook de vegetatie komt tenslotte door afslag onder druk te staan ([paragraaf 2.7.3.3](#)). Dit zou de vraag op kunnen roepen naar mitigerende maatregelen die de kustafslag zouden kunnen tegengaan. Hierbij valt te denken aan een oeververdediging in de vorm van bijvoorbeeld een stenen beschoeiing of een rijzendam. Aan de oostkant van Terschelling is bijvoorbeeld voor de kwelderrand ter hoogte van de Grië in 1991 ter voorkoming van verdere afslag, een stortstenen dam aangelegd. Dit was mede op grond van cultuurhistorische argumenten (Van Loon-Steensma 2011).

Voor de kwelderrand op Ameland wordt de mogelijkheid waarschijnlijk geacht dat de kustafslag in de niet al te verre toekomst tot stilstand komt en daarmee een omslagpunt bereikt. Voor dit deel van Ameland en ook elders in het waddengebied, is het staand beleid om bij dergelijke natuurgebieden niet in te grijpen in de natuurlijke ontwikkeling. Verder valt het natuurgebied onder de beschermende werking van de Natura 2000-gebieden 'Waddenzee' en 'Duinen Ameland'. Mitigerende maatregelen zijn daarom vooralsnog niet aan de orde.



2.7.5. Conclusies en aanbevelingen

Er vindt overeenkomstig de indruk van It Fryske Gea afslag plaats van de kuststrook tussen het Neerlands Reid en De Hon.

Bekend was dat de afslag van de kwelderrand reeds plaats vond voor de aanvang van de gaswinning in 1986 (Sanders & Slim 2000) en wel vanaf 1979 met een snelheid van gemiddeld 2,4 m/jaar (Sanders & Slim 2000). Na 1990 neemt over de gehele kuststrook gezien de gemiddelde snelheid van afslag af naar 1,4 m/jaar en zelfs 0,7 m/jaar in de periode 2000-2009. De totale kustafslag neemt daarmee gestaag af van 55 ha/11 jaar (1979-1990), via 29 ha/10 jaar (1990-2000) naar 13 ha/9 jaar (2000-2009).

Een direct gevolg van kustafslag is dat de vegetatie van de eerste pq's gelegen aan de wadkant is weggeslagen: 'kweldergrasvegetatie is wad geworden'. Verder is de algemene indruk van de vegetatieveranderingen dat de vegetatiezones zijn opgeschoven richting duinvoet, dat de vegetatie soortenarmer is geworden, en dat de frequentie van zoutplanten afneemt. Diverse soorten en vegetaties 'lopen stuk' op de duinvoet doordat er in fysiek en ecologisch opzicht geen plaats meer voor is, vooral veroorzaakt door kustafslag en in mindere mate door bodemdaling.

Concluderend kan worden gesteld dat het optreden van kustafslag niet door gaswinning lijkt te zijn veroorzaakt of te zijn versneld. Het lijkt een natuurlijk proces dat in lijn is met eerdere bevindingen over de dynamiek van de 'eilandstaart'; het oostelijk deel van Ameland. Of dit in de toekomst ook het geval zal zijn en een keerpunt wordt bereikt, is niet te voorspellen. Het volgen van de dynamiek van kustlijn en vegetatie in de lage frequentie van eens per zes jaar, blijft daarmee van belang.



2.7.6. Literatuur

Anonymus, 1987. Gaswinning op Ameland-oost; effecten van de bodemdaling. Waterloopkundig Laboratorium, Delft. 57 p. + 4 bijl.

Anonymus, 1992. Botanisch Basisregister 1991. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg. 79 p.

Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland 2005. Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; evaluatie na 18 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, [Assen]. 442 p.

Braak, C. J. F. ter & P. Smilauer, 2002. CANOCO reference manual and Canodraw for windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca USA, 500 p.

Clausman, P.H.M.A., W. van Wijngaarden & A.J. den Held, 1984. Verspreiding en ecologie van wilde planten in Zuid Holland. Deel A, Waarderingsparameters. Provinciale Planologische Dienst Zuid-Holland.

Dankers, N., K.S. Dijkema, G. Londo & P.A. Slim, 1987. De ecologische effecten van bodemdaling op Ameland. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. 90 p.

Dirkse, G.M., 1987. De natuur van het Nederlandse bos; resultaten van de overige statistieken bosterrein (natuurwetenschappelijke gegevens) van de Vierde Bosstatistiek. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 217 p.

Dirkse, G.M., 1998. The validity of general purpose flora-based classification of vegetation. IBN scientific contributions 14. IBN-DLO, Wageningen.

Ehlers, J., 1988. Morphologische Veränderungen auf der Wattseite der Barriere-Inseln des Wattenmeeres. Die Küste 47: 3-30.

Ellenberg, H., 1979. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Auflage. Scripta Geobotanica 9: 1-122.

Ellenberg, H., H.E. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner & D. Paulißen, 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18: 9-160.

Eysink, W.D., N. Dankers, K.S. Dijkema, H.F. van Dobben, C.J. Smit & J. de Vlas 1995. Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; eerste evaluatie na acht jaar gaswinning. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek/Waterloopkundig laboratorium | WL, Wageningen en Texel/Delft. 66 p. + div. tabellen & figuren.

Eysink, W.D., K.S. Dijkema, H.F. van Dobben, P.A. Slim, C.J. Smit, J. de Vlas, M.E. Sanders, J.

Wiertz & E.P.A.G. Schouwenberg, 2000. Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost; evaluatie na 13 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, Assen. 217 p. + 7 bijl.

Hennekens, S.M., 1995. TURBO(VEG); programmatuur voor invoer, verwerking en presentatie van vegetatiekundige gegevens. IBN-DLO/Giesen & Geurts, Wageningen. 71 p. + bijl.

Hertog, A.J. & M. Rijken, 1992. Geautomatiseerde bepaling van de natuurbehoudswaarde in vegetatieopnamen. Provincie Gelderland, Arnhem.

Hill, M.O., 1979. TWINSpan -- A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University, Ithaca. 90 p.



Jongman, R.H.G., C.J.F. ter Braak & O.F.R. van Tongeren (eds.), 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc, Wageningen. 299 p.

Koppel, J. van de, D. van der Wal, J.P. Bakker & P.M.J. Herman, 2005. Self-Organization and Vegetation Collapse in Salt Marsh Ecosystems. *The American Naturalist* 165 (1): E1-E12.

Loon-Steensma, J.M. van, 2011. Kweldervorming langs de Terschellinger Waddendijk. Een verkenning naar kansen, beperkingen en vragen rond kweldervorming langs de Waddendijk e.o. van Terschelling. Alterra, Wageningen UR. Alterra-rapport 2172. 88 p.

Meijden, R. van der, 1996. Heukels' flora van Nederland. Wolters-Noordhoff, Groningen. 678 p.

Oost, A.P., B.J. Ens, A.G. Brinkman, K.S. Dijkema, W.D. Eysink, J.J. Beukema, H.J. Gussinklo, B.M.J. Verboom & J.J. Verburgh, 1998. Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee. NAM, Assen. 372 p.

Sanders, M.E. & P.A. Slim, 2000. Monitoring kwelderrand Oerderduinen; een onderzoek naar de effecten van bodemdaling door gaswinning op de morfologie en vegetatie van de kuststrook ten zuiden van de Oerderduinen op Ameland-Oost. Alterra-rapport 007. Alterra Wageningen UR.

Sanders, M.E., P.A. Slim & R.M.A. Wegman, 2005. Monitoring kwelderrand Oerderduinen: 1-52. In: Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; evaluatie na 18 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, [Assen].

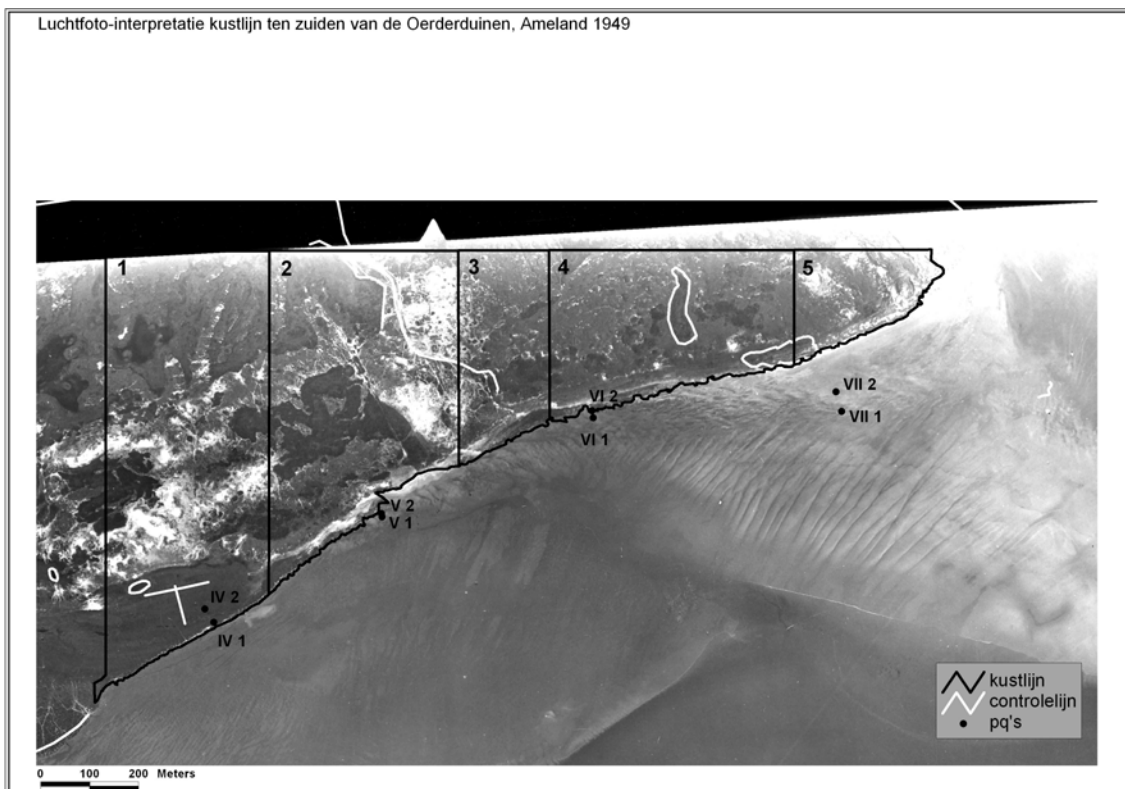
Dobben, H. F. van & P.A. Slim 2011. Past and future plant diversity of a coastal wetland driven by soil subsidence and climate change. *Climatic Change*. DOI10.1007/s10584-011-0118-5.

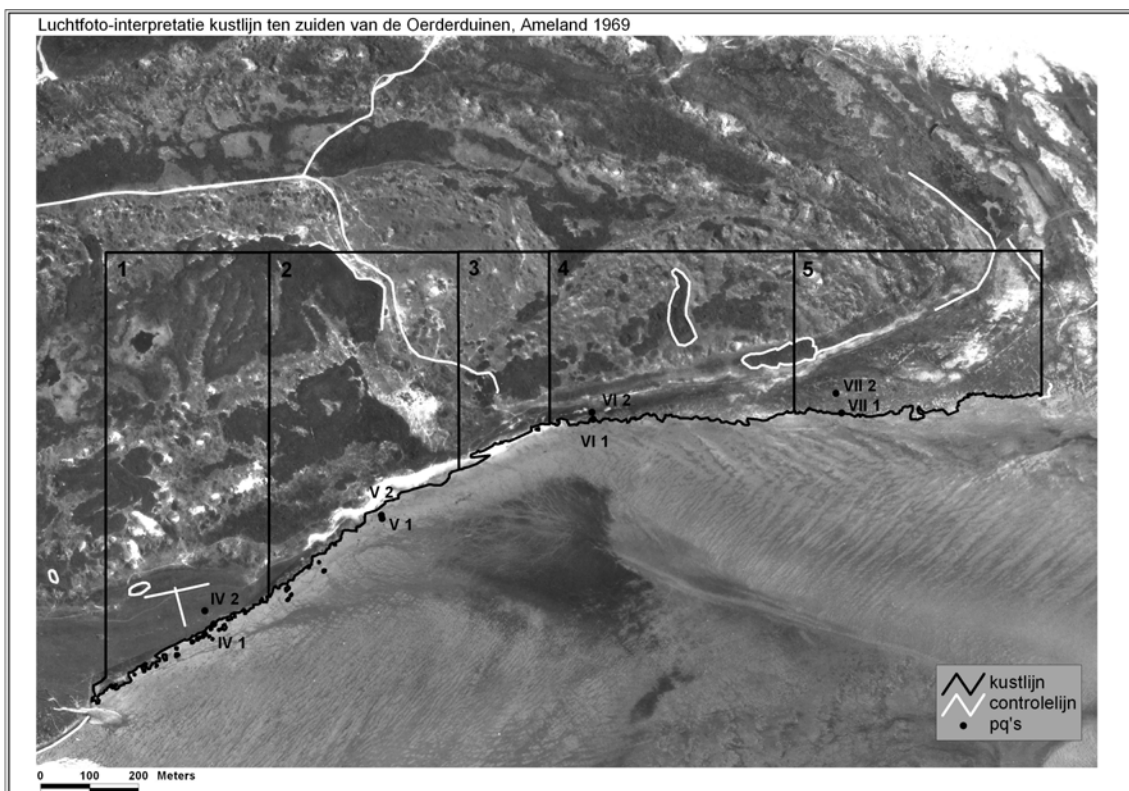
Wamelink, G.W.W., C.J.F. ter Braak & H.F. van Dobben, 2003. Changes in large-scale patterns of plant biodiversity predicted from environmental. *Landscape Ecology* 18: 513-527.

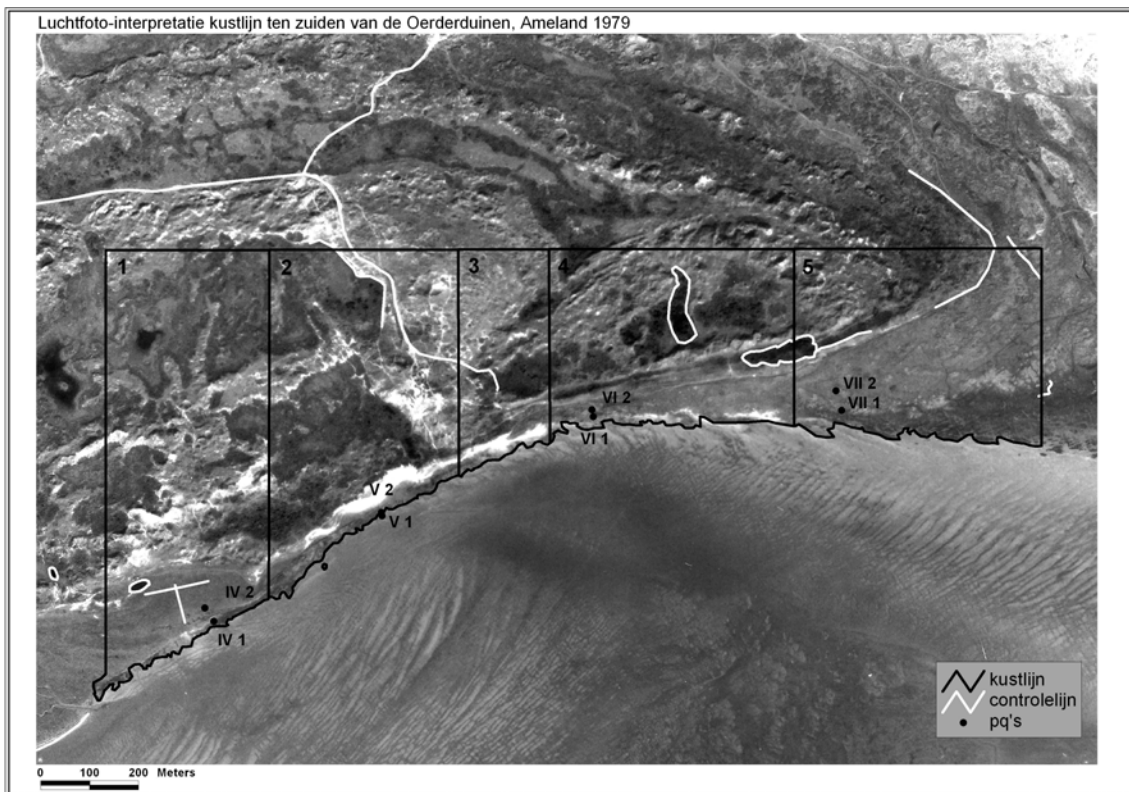


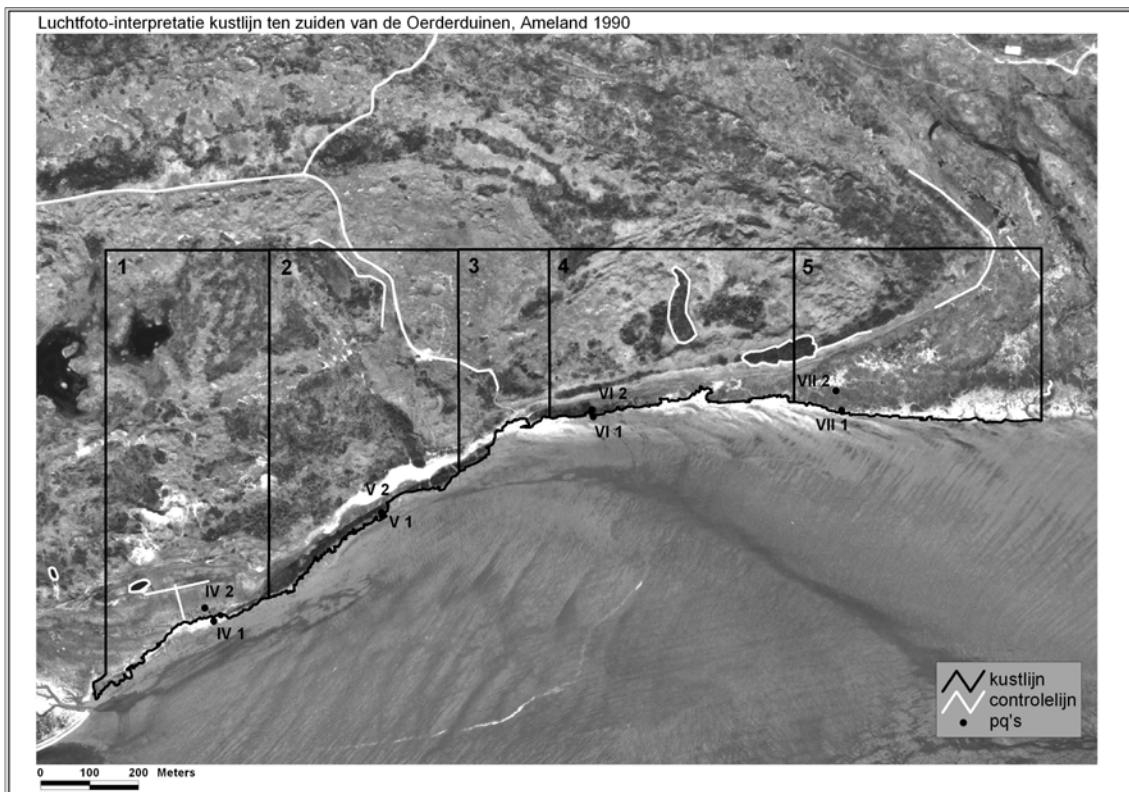
Bijlage 2.7 A Luchtfoto's met kustlijninterpretatie; voor alle jaren is de (deels virtuele) locatie van alle pq's 1 en 2 aangegeven.

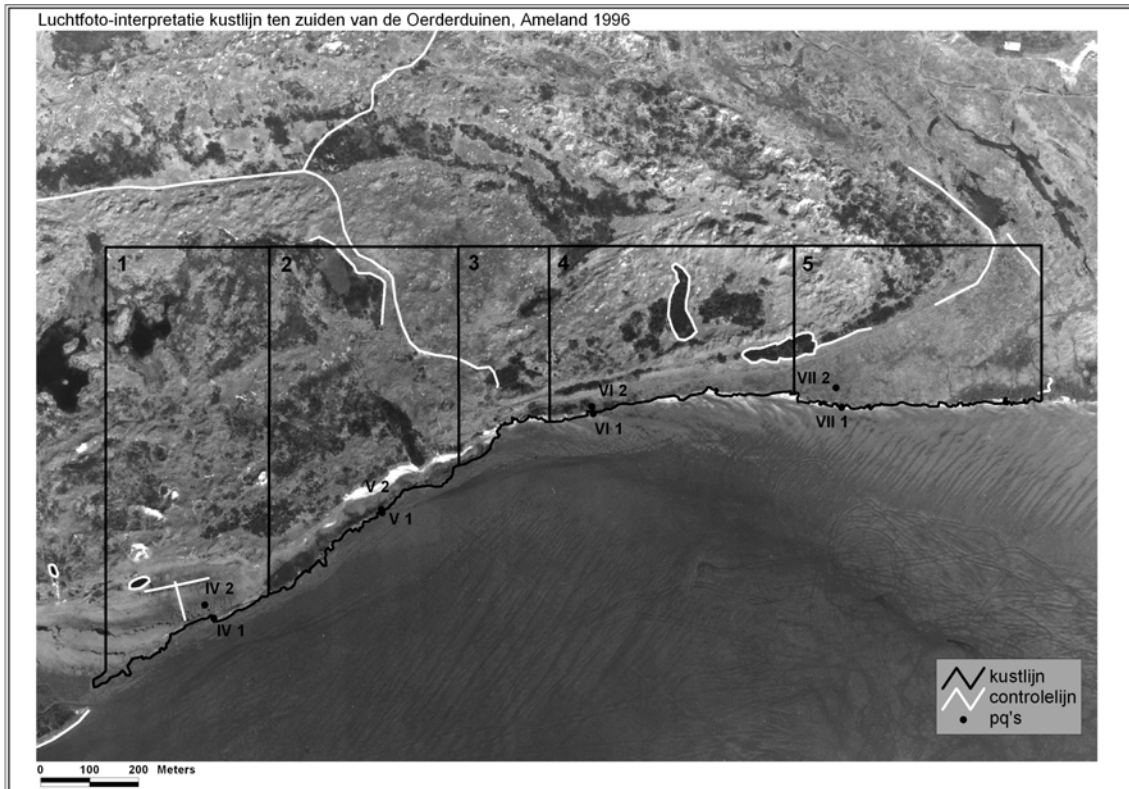
Aerial photographs with interpretation of the coast line; in all years the (partly virtually) location of all permanent plots 1 and 2 is given.

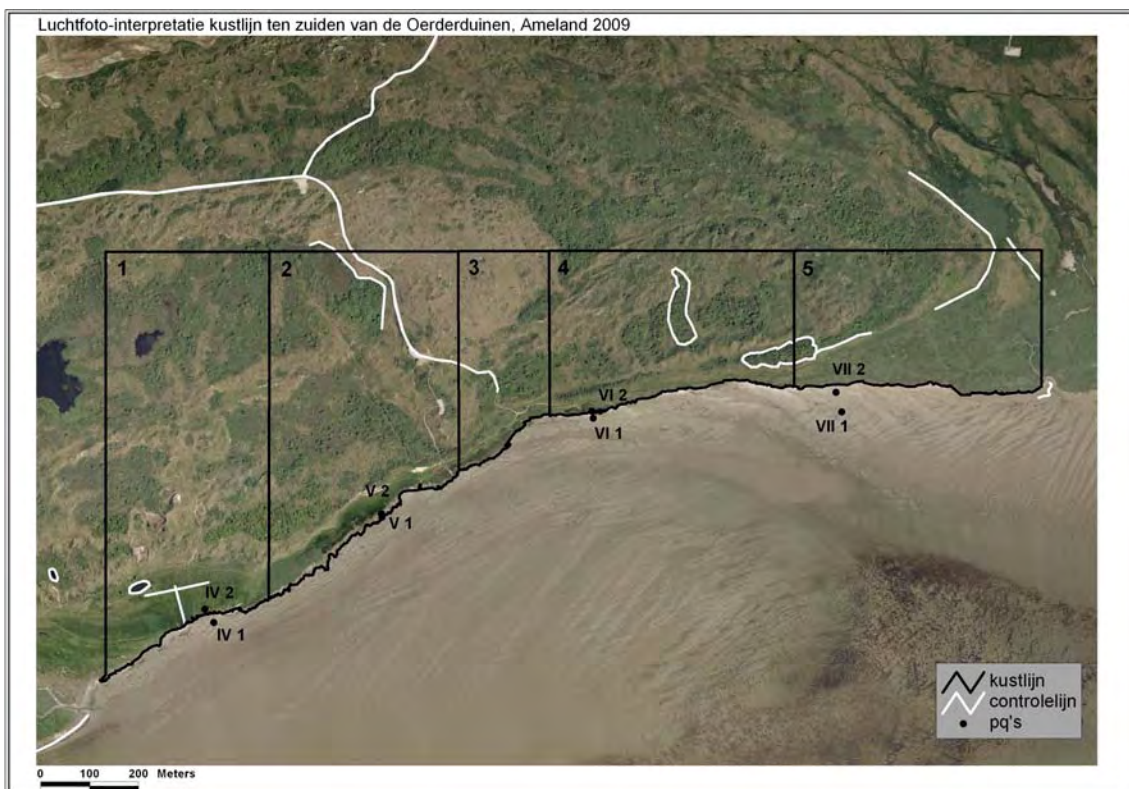
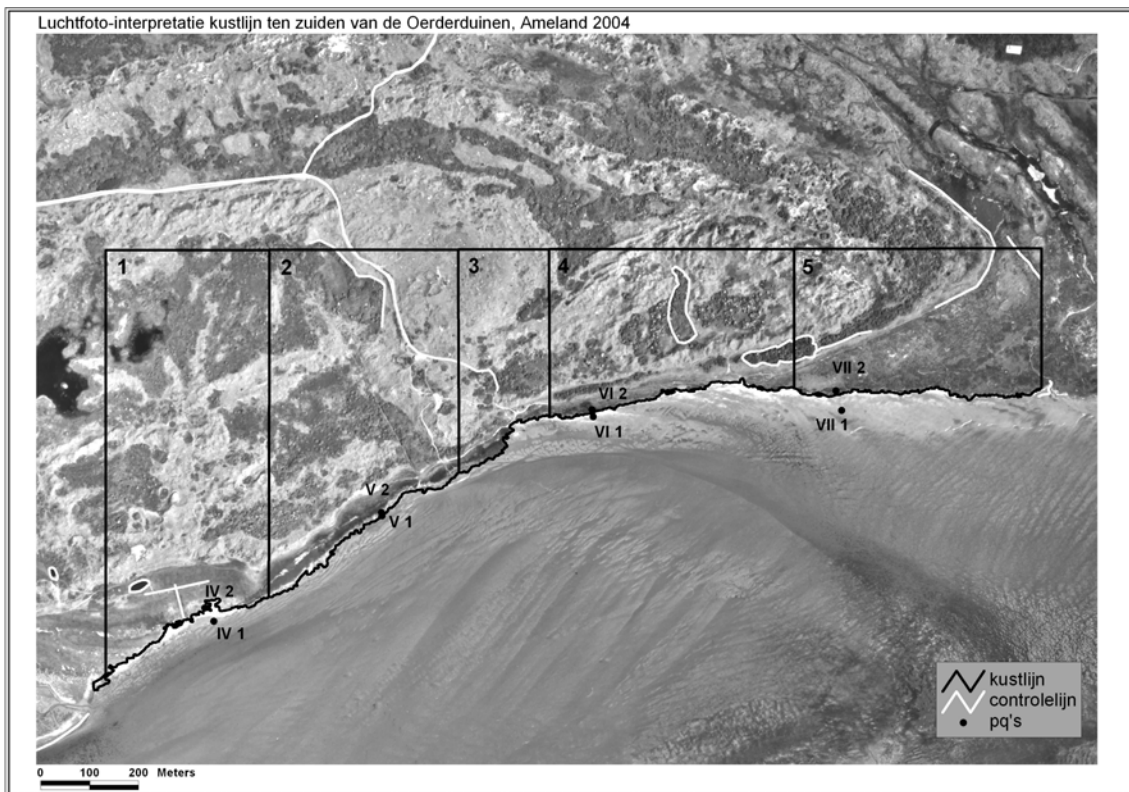












(Topografische ondergrond © Kadaster, 2009).



Bijlage 2.7 B Clusteranalyse vegetatieopnamen 1986, 1999, 2004 en 2010. Cluster analysis vegetation relevés 1986, 1999, 2004 and 2010

Pq-nummers in de tabel moeten gelezen worden als Romeinse en Arabische cijfers: 401 > IV 01. Minder frequent voorkomende soorten staan onderaan de tabel. Zie voor Nederlandse namen [bijlage 2.7 C](#). Less frequent species see table below.

Aantal opnamen: 92

Cluster/cluster	1	11111111	1111	000000000000000000	0000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000
	1	11111111	0000	111111111111111111	11111111111111	00000000000000000000	00000000000000000000
	1	00000000	----	111111111111111111	0000000000000000	11111111111111111111	00000000000000000000

Pq-nr/permanent plot	4	655447777	6556	75755767444557775	65676666777656	455444445455574744544445	647665477775476665546
	0	00000000	0000	000000000000000000	0000000000000000	00000000000000000000	00000000000000000000
	1	111112111	1121	323334131221241442	233232234522233	35454534455452334443525	56555665666664546664

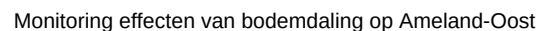
Jaar van opname/year	1	22222221	1122	222211111121121211	112111212212222	21112211212221111122221	222112212112122211111
	9	00000000	9900	000099999909909099	990999090090000	099900990900999990009	00099009099090009999
	9	101101109	9900	110188898908818099	891899180190000	09980099090118888811118	010890090981911188989
	9	040040049	9944	004066696946606499	690699064094444	4996449949400666660006	404694494960900066969

Enteromorpha species	[0]	2	.....	352.	.....	.....	.....
Ulva lactuca	[0]	5	333322232	..33	.....	.7.....	.....
Salicornia europaea	[0]	.	..3.....	2323	343523353353.3223	4.....2.2....	2..2..2.....
Puccinellia maritima	[0]	.	.....	..2.	633363433.92832284	3.	3.22.....
Spartina anglica	[0]	.	.....	..8.	.386.6.68..33.52.3	2.....	.....
Salicornia procumbens	[0]	.	.....	33.3	2..4....	.....	.....
Atriplex prostrata	[0]	.	.....	.....	.....3.3..3...	5....34.....	3.3..3.....3..3.
Limonium vulgare	[0]	.	.....	.....	.....3.....3.	2....3.	.....
Triglochin maritima	[0]	.	.....	.....	.....23.3..2...2..	22	3.23333.222.3....2..3333
Elytrigia atherica	[0]	.	.....	.....	.....	5..2.8.87883335	..2.....3.2..5..3..453..36.297738927873
Spergularia marina	[0]	.	.....	.....	.....2....33...223.	2..22.....	.....
Aster tripolium	[0]	.	.....	.....	.....3.3.....32.232.	..3.....2.	2...2...4.
Atriplex prostrata v. prostrata	[0]	.	.....	.....	33...43....3..523	..3.233..3345323	2...5..3.3..3..3..22..353..3.33..
Cochlearia officinalis s. anglica	[0]	.	.....	.....	.....2.....2.	.....	.....
Spergularia media s. angustata	[0]	.	.....	.....	232.232.2.233...32	..2.....2.....	2...3.
Vaucheria species	[0]	.	.....	.....	.....3.....	7	.....
Bolboschoenus maritimus s. compactus	[0]	.	.....	.....	.....2....36...72.	67999.9..5.7657	..2.....2...3.535..7...5...3.....
Plantago maritima	[0]	.	.....	.....	.....23....3.3...2.	.....	3.32333.....233.333.3333
Tripleurospermum maritimum	[0]	.	.....	.....	.....2.....	.....	.....2.....
Atriplex portulacoides	[0]	.	.....	.....	.....22324.3..5...	33.....3..2....	2...2..2.....2...
Juncus gerardi	[0]	.	.....	.....	..2..33....433..3.2	4.2.....365.	375334332323542636.6756...3...4...3.....3.
Glaux maritima	[0]	.	.....	.....	32..4.3...4.5.2233	22.....32	33443332..2.363333533436



Seriphidium maritimum	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....2.....	|	.....26233...	|	.....3.	|	.....
Suaeda maritima	[0]	.	|	.....	|	.3.	|	8924259335364.7238	|	45.....26233...	|	.....2.....22..	|	.....
Cardamine pratensis	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....23.2.....	|	.....
Festuca filiformis	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	3...33.....
Rumex acetosella	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	3...33..3.....
Taraxacum sectie Ruderalia	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	3...23.....
Mentha aquatica	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....4334.....	|	.....
Anthoxanthum odoratum	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....5333.....	|	.....33..3.....
Eriophorum angustifolium	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....2.33.....	|	.....
Hydrocotyle vulgaris	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....5365.....	|	.....
Eleocharis palustris	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....333.....	|	.....
Drepanocladus polygamus	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....232...2..2.....	|	.....
Lotus pedunculatus	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....4333.....	|	.....
Cirsium palustre	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....2.33.....	|	.....
Plantago lanceolata	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	3...345..5.....2
Bellis perennis	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....2.....	|	2.....
Cynosurus cristatus	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....2...3333.....	|	.....32..2.....
Carex panicea	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....3333.....	|	.....
Agrostis capillaris	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	7...64..3.....
Galium verum	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	3...33..3.....
Hypochaeris radicata	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	3...43..3.....3
Luzula campestris	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	3...35..4.....
Galium palustre	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....3233.....	|	.....
Ranunculus flammula	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....322.....	|	.....
Ranunculus acris	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....22.....	|	.....
Achillea millefolium	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	.....3..4.....
Odontites vernus	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....3.....23	|	.....
Taraxacum species	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	.....3.....3.....
Polygonum aviculare	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	.....3.2.....2.3.
Brachythecium albicans	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	.....2..2.....
Trifolium pratense	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....2.32.....	|	.....
Danthonia decumbens	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....3.33.....	|	.....
Lolium perenne	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....3.....2.....2.....	|	.....223.2.....3.
Hieracium umbellatum	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	.....33..3.....
Stellaria media	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	.....2..2.....2..
Juncus conglomeratus	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....22.....	|	.....
Sagina nodosa	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	.....3..3.....
Bryum species	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	.....2..2.....2..3
Rosa canina	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	.....2..2.....
Calliergonella cuspidata	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....2.....232.....	|	.....2..
Cirsium vulgare	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....	|	.....2.....2.....
Eleocharis quinqueflora	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....2.33..22.....	|	.....
Triglochin palustris	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....2..2.....2..2.....	|	.....
Potentilla anserina	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....2333564333333.32.2.5...3	|	.....3.....33.....33
Odontites vernus s. serotinus	[0]	.	|	.....	|	....	|	.....	|	.....	|	.....2..2.....	|	.....

165



Riccardia chamedryfolia [0] 22: 2; Pellia species [0] 22: 2; Lophocolea bidentata [0] 22: 2; Calamagrostis epigejos [0] 58: 3; Taraxacum erythrospermum [0] 52: 2; Hippophae rhamnoides [0] 58: 2; Erodium cicutarium s. dunense [0] 58: 2; Brachythecium rutabulum [0] 51: 3; Vicia sativa s. nigra [0] 52: 2; Veronica officinalis [0] 52: 2; Drepanocladus species [0] 84: 2; Galeopsis bifida [0] 84: 2; Festuca ovina [0] 70: 3; Myosotis ramosissima [0] 69: 2; Cerastium fontanum [0] 70: 3; Vicia sativa [0] 70: 2; Bromus hordeaceus [0] 29: 2; Taraxacum sectie Erythrosperma [0] 29: 2; Cladonia species [0] 46: 2; Prunella vulgaris [0] 51: 2; Sagina maritima [0] 40: 2; Centaurium pulchellum [0] 6: 2; Puccinellia distans s. distans [0] 2: 3; Salix repens [0] 2: 2; Cerastium semidecandrum [0] 17: 2; Eleocharis multicaulis [0] 21: 3; Syntrichia ruralis [0] 17: 6; Viola canina [0] 10: 2; Linum catharticum [0] 11: 3; Galium aparine [0] 11: 3;



Bijlage 2.7 C Waargenomen plantensoorten en frequenties. Observed plant species and their frequencies.

Overzicht van alle waargenomen plantensoorten en frequenties in 23 pq's van raai IV t/m VII (1986, 1999, 2004 en 2010), in de kuststrook Het Oerd en de Oerderduinen (mossen en korstmossen zijn cursief).

Overview of all observed plant species and their frequencies in 23 permanent plots of transects IV through VII (1986, 1999, 2004 and 2010), from the coastal zone 'Het Oerd' and 'Oerd' dunes (bryophytes and lichens are in *italics*).

Jaar/year	1986	1999	2004	2010	
Aantal soorten/number of species	106	97	102	85	
Wetenschappelijke naam/scientific name					Nederlandse naam/Dutch name
<i>Achillea millefolium</i>	0	0	1	1	Gewoon duizendblad
<i>Agrostis capillaris</i>	1	1	1	1	Gewoon struisgras
<i>Agrostis stolonifera</i>	12	10	8	9	Fioringras
<i>Amblystegium varium</i>	2	0	0	0	<i>Oeverpluisdraadmos</i>
<i>Ammophila arenaria</i>	4	4	4	2	Helm
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1	2	2	2	Gewoon reukgras
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	2	0	0	0	Gewone zandmuur
<i>Aster tripolium</i>	7	1	1	3	Zulte
<i>Atriplex portulacoides</i>	2	2	3	8	Gewone zoutmelde
<i>Atriplex prostrata</i> var. <i>prostrata</i>	10	9	13	11	Spiesmelde (var. <i>prostrata</i>)
<i>Bellis perennis</i>	1	0	1	0	Madeliefje
<i>Blysmus rufus</i>	2	2	0	0	Rode bies
<i>Bolboschoenus maritimus</i> s. <i>compactus</i>	6	7	6	6	Zeebies (heen)
<i>Brachythecium albicans</i>	0	1	0	1	<i>Bleek dikkopmos</i>
<i>Brachythecium mildeanum</i>	1	1	0	0	<i>Moerasdikkopmos</i>
<i>Brachythecium rutabulum</i>	0	0	1	0	<i>Gewoon dikkopmos</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	0	1	0	0	Zachte dravik s.l.
<i>Bryum species</i>	0	2	1	1	<i>Knikmos (G)</i>
<i>Bupleurum tenuissimum</i>	1	1	0	0	Fijn goudscherm
<i>Calamagrostis epigejos</i>	0	0	1	0	Duinriet
<i>Calliergonella cuspidata</i>	2	2	1	0	<i>Gewoon puntmos</i>
<i>Cardamine hirsuta</i>	2	1	1	1	Kleine veldkers
<i>Cardamine pratensis</i>	1	1	0	1	Pinksterbloem
<i>Carex arenaria</i>	4	4	4	2	Zandzegge
<i>Carex distans</i>	3	4	4	4	Zilte zegge
<i>Carex nigra</i>	3	3	4	4	Zwarte zegge
<i>Carex panicea</i>	1	1	1	1	Blauwe zegge
<i>Centaurium pulchellum</i>	1	0	0	0	Fraai duizendguldenkruid
<i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>vulgare</i>	3	3	5	1	Gewone hoornbloem
<i>Cerastium semidecandrum</i>	1	0	0	0	Zandhoornbloem
<i>Cirsium arvense</i>	4	5	5	3	Akkerdistel
<i>Cirsium palustre</i>	0	1	1	1	Kale jonker
<i>Cirsium vulgare</i>	1	0	1	1	Speerdistel
<i>Cladonia species</i>	0	1	0	0	<i>Heidestaartje & Bekermos (G)</i>
<i>Cochlearia danica</i>	1	1	1	0	Deens lepelblad
<i>Cochlearia officinalis</i> subsp. <i>anglica</i>	2	0	0	0	Engels lepelblad
<i>Cynosurus cristatus</i>	1	3	2	2	Kamgras
<i>Danthonia decumbens</i>	0	1	1	1	Tandjesgras
<i>Drepanocladus aduncus</i>	2	0	2	1	<i>Moerassikkeldmos</i>
<i>Drepanocladus polygamus</i>	0	1	1	3	<i>Goudsikkeldmos</i>
<i>Eleocharis multicaulis</i>	1	0	0	0	Veelstengelige waterbies
<i>Eleocharis palustris</i>	1	1	1	0	Gewone waterbies
<i>Eleocharis quinqueflora</i>	2	0	2	1	Armbloemige waterbies



Jaar/year	1986	1999	2004	2010	
Aantal soorten/number of species	106	97	102	85	
Wetenschappelijke naam/scientific name					Nederlandse naam/Dutch name
<i>Eleocharis uniglumis</i>	3	4	4	5	Slanke waterbies
<i>Elytrigia atherica</i>	9	9	7	8	Strandkweek
<i>Elytrigia repens</i>	2	2	1	2	Kweek
<i>Enteromorpha species</i>	0	2	2	0	Darmwier
<i>Eriophorum angustifolium</i>	0	1	1	1	Veenpluis
<i>Erodium cicutarium</i> subsp. <i>dunense</i>	0	0	1	0	Duinreigersbek
<i>Eurhynchium praelongum</i>	3	4	2	1	Fijn laddermos
<i>Festuca filiformis</i>	1	1	1	1	Fijn schapengras
<i>Festuca rubra</i>	14	11	11	11	Rood zwenkgras s.s.
<i>Galeopsis bifida</i>	0	0	0	1	Gespleten hennepnetel
<i>Galium aparine</i>	1	0	0	0	Kleefkruid
<i>Galium mollugo</i>	3	1	2	1	Glad walstro
<i>Galium palustre</i>	1	1	1	1	Moeraswalstro
<i>Galium verum</i>	1	1	1	1	Geel walstro
<i>Glaux maritima</i>	12	7	9	7	Melkkruid
<i>Hennediella heimii</i>	1	2	0	0	Ziltmos
<i>Hieracium umbellatum</i>	0	1	1	1	Schermhavikskruid
<i>Hippophae rhamnoides</i>	0	0	1	0	Duindoorn
<i>Holcus lanatus</i>	3	2	3	2	Gestreepte witbol
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	1	1	1	1	Gewone waternavel
<i>Hypochaeris radicata</i>	1	1	1	2	Gewoon biggenkruid
<i>Juncus ambiguus</i>	3	1	1	0	Zilte greppelrus
<i>Juncus articulatus</i>	5	3	3	3	Zomprus
<i>Juncus conglomeratus</i>	0	0	1	1	Biezenknoppen
<i>Juncus gerardi</i>	11	11	9	9	Zilte rus
<i>Juncus maritimus</i>	1	1	0	0	Zeerus
<i>Leontodon autumnalis</i>	4	4	4	4	Vertakte leeuwentand
<i>Leontodon saxatilis</i>	4	1	1	1	Kleine leeuwentand
<i>Limonium vulgare</i>	3	0	1	0	Lamsoor
<i>Linaria vulgaris</i>	1	0	1	1	Vlasbekje
<i>Linum catharticum</i>	1	0	0	0	Geelhartje
<i>Lolium perenne</i>	0	2	3	3	Engels raaigras
<i>Lophocolea bidentata</i>	1	0	0	0	Gewoon kantmos
<i>Lotus corniculatus</i> v. <i>corniculatus</i>	1	0	1	0	Gewone rolklaver
<i>Lotus pedunculatus</i>	1	1	1	1	Moerasrolklaver
<i>Luzula campestris</i>	1	1	1	1	Gewone veldbies
<i>Mentha aquatica</i>	1	1	1	1	Watermunt
<i>Myosotis ramosissima</i>	0	0	1	0	Ruw vergeet-mij-nietje
<i>Odontites vernus</i> s. <i>serotinus</i>	2	0	0	3	Rode ogentroost
<i>Parapholis strigosa</i>	4	3	2	0	Dunstaart
<i>Pellia species</i>	1	0	0	0	Plakkaatmos (G)
<i>Phragmites australis</i>	1	2	2	3	Riet
<i>Plantago coronopus</i>	4	2	2	1	Hertshoornweegbree
<i>Plantago lanceolata</i>	1	2	1	2	Smalle weegbree
<i>Plantago major</i>	3	2	2	2	Grote en Getande weegbree
<i>Plantago maritima</i>	8	4	4	5	Zeeweegbree
<i>Poa annua</i>	1	1	1	1	Straatgras
<i>Poa pratensis</i>	5	6	6	5	Veldbeemdgras
<i>Poa trivialis</i>	4	2	1	1	Ruw beemdgras
<i>Polygonum aviculare</i>	0	2	1	1	Gewoon varkensgras
<i>Potentilla anserina</i>	7	5	5	6	Zilverschoon
<i>Prunella vulgaris</i>	0	0	1	0	Gewone brunel
<i>Puccinellia distans</i> subsp. <i>distans</i>	1	0	0	0	Stomp kweldergras s.s.
<i>Puccinellia maritima</i>	10	5	4	3	Gewoon kweldergras
<i>Ranunculus acris</i>	1	0	1	0	Scherpe boterbloem
<i>Ranunculus flammula</i>	1	1	1	0	Egelboterbloem



Jaar/year	1986	1999	2004	2010	
Aantal soorten/number of species	106	97	102	85	
Wetenschappelijke naam/scientific name					Nederlandse naam/Dutch name
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	3	2	2	1	Gewoon haakmos
<i>Riccardia chamedryfolia</i>	1	0	0	0	Gewoon moerasvorkje
<i>Rosa canina</i>	0	1	0	1	Hondsroos
<i>Rubus caesius</i>	4	1	2	3	Dauwbraam
<i>Rumex acetosella</i>	1	1	1	1	Schapenzuring
<i>Rumex crispus</i>	1	1	2	1	Krulzuring
<i>Sagina maritima</i>	0	1	0	0	Zeevetmuur
<i>Sagina nodosa</i>	0	1	1	0	Sierlijke vetmuur
<i>Salicornia europaea</i>	7	8	7	6	Kortarige zeekraal
<i>Salicornia procumbens</i>	1	2	2	0	Langarige zeekraal
<i>Salix repens</i>	1	0	0	0	Kruipwilg
<i>Sedum acre</i>	1	0	1	0	Muurpeper
<i>Senecio jacobaea</i> subsp. <i>dunensis</i>	1	3	0	0	Duinkruiskruid
<i>Senecio sylvaticus</i>	5	1	1	0	Boskruiskruid
<i>Seriphidium maritimum</i>	1	0	0	1	Zeealsem
<i>Sonchus arvensis</i> v. <i>maritimus</i>	1	2	3	1	Zeemelkdistel
<i>Spartina anglica</i>	5	2	2	4	Engels slijkgras
<i>Spergularia marina</i>	4	1	2	2	Zilte schijnspurrie
<i>Spergularia media</i> subsp. <i>angustata</i>	3	5	5	3	Gerande schijnspurrie
<i>Stellaria media</i>	0	1	1	1	Vogelmuur
<i>Suaeda maritima</i>	6	5	10	7	Schorrenkruid
<i>Syntrichia ruralis</i>	1	0	0	0	Dak- en Grootduinsterretje
<i>Taraxacum</i> sectie <i>Erythrosperma</i>	0	1	1	0	Zandpaardenbloemen
<i>Taraxacum</i> sectie <i>Ruderalia</i>	1	1	1	2	Gewone paardenbloemen
<i>Trifolium fragiferum</i>	4	5	6	4	Aardbeiklaver
<i>Trifolium pratense</i>	0	1	1	1	Rode klaver
<i>Trifolium repens</i>	6	6	6	4	Witte klaver
<i>Triglochin maritima</i>	9	4	5	4	Schorrenzoutgras
<i>Triglochin palustris</i>	1	1	2	0	Moeraszoutgras
<i>Tripleurospermum maritimum</i>	2	0	0	0	Reukeloze kamille
<i>Ulva lactuca</i>	0	3	5	5	Zeesla
<i>Urtica dioica</i>	3	1	0	1	Grote brandnetel
<i>Vaucheria species</i>	2	0	0	0	Nopjeswier
<i>Veronica officinalis</i>	0	0	1	0	Mannetjesereprijs
<i>Vicia lathyroides</i>	1	2	0	0	Lathyruswikke
<i>Vicia sativa</i> s. <i>nigra</i>	0	0	1	1	Smalle wikke s.s.
<i>Viola canina</i>	1	0	0	0	Hondsviooltje



Bijlage 2.7 D Rijksdriehoekcoördinaten (cm) en hoogten in +NAP (m) van de pq's 1986/1988 (1999). Location and height of permanent plots 1986/1988 (1999) in national rectangular coordinate system (cm) and +Amsterdam Zero (m).

RAAI IV (X en Y gemeten in 1988 door NAM; Z in 1986 door RWS)

PQ	X	Y	Z
01	188813.40	607594.17	1,307
02	188794.96	607620.82	1,787
03	188787.59	607631.53	1,872
04	188771.29	607655.17	2,247
05	188748.09	607688.79	2,617
06	188735.81	607706.64	3,604

RAAI V (X en Y gemeten in 1999 door NAM; Z in 1986 door RWS)

PQ	X	Y	Z
01	189155.85	607808.56	0,865
02	189154.70	607815.72	1,050
03	189153.14	607823.65	1,150
04	189150.52	607837.53	1,611
05	189148.17	607849.79	1,890
06	189144.92	607862.72	3,081

RAAI VI (X en Y gemeten in 1999 door NAM; Z in 1986 door RWS)

PQ	X	Y	Z
01	189585.82	608010.71	1,446
02	189583.15	608024.51	1,239
03	189581.38	608032.60	1,596
04	189578.95	608042.45	1,879
05	189577.40	608050.64	2,379

RAAI VII (X en Y gemeten in 1988 door NAM; Z in 1986 door RWS)

PQ	X	Y	Z
01	190091.53	608023.44	1,020
02	190080.08	608063.42	1,620
03	190075.71	608078.72	1,530
04	190072.03	608091.75	1,380
05	190062.47	608126.08	1,680
06	190058.89	608138.32	2,160



Bijlage 2.7 E Negendelige opnameschaal (Dirkse 1987, 1998). Cover scale used (Dirkse 1987, 1998).

Negendelige schaal	Bedekking percentage	Symbool Braun-Blanquet
1	< 0,1	r
2	0,1-1	+
3	1-5	1
4	5-10	2a
5	10-25	2b
6	25-50	3
7	50-75	4
8	75-90	5
9	90-100	5



Bijlage 2.7 F Rijksdriehoekcoördinaten van de pq's 2010

Werkelijk gemeten coördinaten (Z-coördinaten in m +NAP) kustafslag ten zuiden van de Oerderduinen te Ameland 3-aug-2010 RTK-DGPS Cor van der Laan. Locations of permanent plots in national rectangular coordinate system and Amsterdam Zero measured August 2010.

Ingenieursbureau Oranjewoud BV					
Projectomschrijving: Vegetatieonderzoek Ameland					
Opdrachtgever: Alterra					
Projectnummer: 232917					
De onderstaande punten zijn gemeten op 3 augustus 2010					
Het referentiestation stond op kernnetpunt 29202-14					
Puntnr.	X	Y	Z		
29202-14	189215.61	608079.15	20.555		
RAAI IV (gemeten in 1988)					
PQ	X	Y	Z		
401	188813.380	607594.175	0.545		
402	188794.954	607620.822	1.611		
403	188787.595	607631.531	1.698		
404	188771.277	607655.160	2.083		
405	188748.102	607688.792	2.453		
406	188735.798	607706.644	3.371		
RAAI V (gemeten in 1999)					
PQ	X	Y	Z		
501	189155.857	607808.548	0.484		
502	189154.696	607815.697	1.021		
503	189153.135	607823.659	1.153		
504	189150.535	607837.544	1.537		
505	189148.171	607849.788	1.843		
506	189144.919	607862.719	2.556		
RAAI VI (gemeten in 1999)					
PQ	X	Y	Z		
601	189585.803	608010.713	0.844		
602	189583.147	608024.519	1.345		
603	189581.375	608032.583	1.369		
604	189578.950	608042.454	1.621		
605	189577.405	608050.650	2.151		
RAAI VII (gemeten in 1988)					
PQ	X	Y	Z		
701	190091.531	608023.462	0.444		
702	190080.082	608063.412	0.722		
703	190075.714	608078.714	1.335		
704	190072.015	608091.774	1.211		
705	190062.464	608126.081	1.438		
706	190058.896	608138.316	1.902		
Controlepunten					
Puntnr.	X	Y	Z-gemeten	Z-gegeven	Verskil
2C0129	188152.899	608318.324	3.383	3.378	0.005
2C0143	189225.080	607906.886	2.914	2.911	0.003
2C0082	189644.968	609018.033	2.878	2.879	-0.001
2D0081	190542.304	608928.318	4.010	4.011	-0.001
2D0101	190609.056	608627.691	2.071	2.061	0.010
2C0143	189225.136	607906.977	2.924	2.911	0.013
2C0143	189225.053	607906.869	2.921	2.911	0.010
2C0143	189225.094	607906.910	2.921	2.911	0.010
Het onderstaande punt is ter controle gemeten met LNR (Lauwersoog).					
Puntnr.	X	Y			
29202-14	189215.618	608079.163			
Z-gemeten: waarden gemeten op 3 augustus 2010 door Oranjewoud					
Z-gegeven: waarden meting 2009 bron RDNAP Rijkswaterstaat					



Bijlage 2.7 G Correlatiecoëfficiënten

Correlatiecoëfficiënten voor de relatie tussen de 'sample scores' op de eerste vier assen en de (ongewogen) gemiddelde Ellenberg-waarden (licht t/m zout), natuurbehoudswaarde (NBW) en soortenaantal (Nspec) per pq/jaar combinatie. Correlatiecoëfficiënten > 0,5 in absolute zin zijn vet weergegeven.

Correlation coefficients for the relation between the sample scores on the first four axis and the (unweighted) 'Ellenberg' ecological indicator values (light, moisture, acidity, nutrients, salinity), 'Compound Conservancy Value' and number of species per permanent plot/year combination. Correlation coefficients > 0.5 (absolute) are in bold.

Grenzen	-0,5	0,50		
kop	As1	As2	As3	As4
Licht	0.78	-0.19	0.12	0.12
Vocht	0.65	-0.57	-0.06	-0.06
Zuur	0.80	-0.33	-0.23	0.17
Stik	0.80	-0.07	0.27	0.14
Zout	0.69	-0.64	-0.07	-0.03
NBW	0.55	-0.75	-0.20	0.05
Nspec	-0.80	-0.21	0.08	0.01



Bijlage 2.7 H Foto's klifrand



Klifrand met sinds 1986 ruim 25 m afslag aan de westkant van de kuststrook onder Het Oerd, beheerd door 'De Vennoot' (3 augustus 2010). In 1986 vegetatie met dominantie van Engels slijkgras (*Spartina anglica*), en verder Schorrenkruid (*Suaeda maritima*) en Spiesmelde (*Atriplex prostrata*). Foto: H.P.J. Huiskes.

Cliff of the saltmarsh with at least 25 m of erosion on the west side of the coastal zone underneath 'Het Oerd' (August 2010). In 1986 vegetation with dominance of Common Cord-grass, and for the rest Annual Sea-blite and Spear-leaved Orache. Photograph: H.P.J. Huiskes.



Ruim 60 m teruggeschreden klifrand aan de oostzijde van de kuststrook onder de Oerderduinen, beheerd door It Fryske Gea. In 1986 vegetatie van Engels slijkgras in aanwezigheid van Engels lepelblad (*Cochlearia officinalis* subsp. *anglica*) (3 augustus 2010). Foto: H.P.J. Huiskes.

Cliff of the saltmarsh with at least 60 m of erosion on the east side of the coastal zone underneath the 'Oerd' dunes, managed by the nature conservation society 'It Fryske Gea'. In 1986 vegetation of Common Cord-grass in the presence of English Scurvygrass (August 2010). Photograph: H.P.J. Huiskes.



Klifrand bij het 'kwelderpad' onder Het Oerd, beheerd door It Fryske Gea (21 augustus 2004).

Foto: R.M.A. Wegman.

Cliff at the 'saltmarsh path' underneath 'Het Oerd' managed by the nature conservation society 'It Fryske Gea' (August 2004). Photograph: R.M.A. Wegman.



'Kwelderpad' met kustafslag onder Het Oerd, beheerd door It Fryske Gea. Onder water ontwikkelt zich een nieuwe pioniervegetatie met Zeebies of Heen (*Bolboschoenus maritimus*) en zeekraal (*Salicornia spec.*): zie voorplaat voor de situatie bij laagwater (21 augustus 2004). Foto's: R.M.A. Wegman.

'Saltmarsh path' with erosion of the coastal zone underneath 'Het Oerd', managed by 'It Fryske Gea'. Under water a new pioneer vegetation with Sea Club-rush and Glasswort: see front page for the situation at low tide (August 2004). Photographs: R.M.A. Wegman.

