



# Monitoring kwelderrand Oerderduinen

M.E. Sanders, P.A. Slim & R.M.A. Wegman





# Inhoudsopgave

|  |    |
|--|----|
| Samenvatting   | 3  |
| 1. Inleiding   | 4  |
| 1.1. Aanleiding en kader   | 4  |
| 1.1.1. Gaswinning Ameland en bodemdaling                                     | 4  |
| 1.1.2. Onderzoek monitoring effecten bodemdaling                             | 5  |
| 1.2. Doel  | 6  |
| 1.3. De kwelderrand Oerderduinen   | 6  |
| 1.3.1. Morfologie  | 6  |
| 1.3.2. Vegetatie   | 8  |
| 2. Methode   | 10 |
| 2.1. Luchtfoto-interpretatie   | 10 |
| 2.1.1. Luchtfoto's   | 10 |
| 2.1.2. Scannen en geometrisch corrigeren                                     | 11 |
| 2.1.3. Controle geometrie  | 11 |
| 2.1.4. Interpretatie kustlijn op fotoreeks en GIS-analyse                    | 11 |
| 2.2. Vegetatiemonitoring   | 12 |
| 2.2.1. Verzamelen veldgegevens   | 12 |
| 2.2.2. Analyse van vegetatieveranderingen in pq's                            | 13 |
| 3. Resultaten  | 14 |
| 3.1. Morfologie kwelderrand  | 14 |
| 3.1.1. Geometrische correctie  | 14 |
| 3.1.2. Interpretatie kustlijn – vegetatiegrens                               | 14 |
| 3.1.3. Analyse in GIS  | 15 |
| 3.2. Drainagepatroon De Hon en de Oerdsloot                                  | 18 |
| 3.3. Vegetatieverandering in pq's  | 19 |
| 4. Discussie   | 25 |
| 4.1. Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid                                       | 25 |
| 4.1.1. Nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de luchtfoto-interpretatie      | 25 |
| 4.1.2. Plaatsbepaling en hoogteligging pq's                                  | 25 |
| 4.1.3. Herkenning plantensoorten   | 26 |
| 4.2. Afslag en aanwas  | 27 |
| 4.3. Analyse oorzaken kustafslag   | 28 |
| 4.4. Mitigerende maatregelen   | 29 |
| 5. Conclusies en aanbevelingen   | 30 |
| Literatuur   | 31 |
| Bijlage 1 Luchtfoto's met kustlijninterpretatie                              | 33 |
| Bijlage 2 Clusteranalyse vegetatieopnamen 1986 en 2004                       | 38 |
| Bijlage 3 Waargenomen plantensoorten en frequenties                          | 41 |
| Bijlage 4 Rijksdriehoekcoördinaten van de pq's 1986/1988 (1999)              | 44 |
| Bijlage 5 Negendelige opnameschaal (Dirkse 1987, 1998)                       | 45 |
| Bijlage 6 Rijksdriehoekcoördinaten van de pq's 2004                          | 46 |
| Bijlage 7 Opnamen van alle pq's (01 t/m 06) van raai VII in 1986 en 2004     | 47 |
| Bijlage 8 Opnamen van de pq's 02, 04 en 05 van raai VI in 1986, 1999 en 2004 | 48 |
| Bijlage 9 Correlatiecoëfficiënten  | 50 |



## Samenvatting

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) is in 1986 begonnen met de winning van aardgas op Ameland. De effecten van de bodemdaling door gaswinning worden in een langjarig monitoringonderzoekprogramma op de voet gevolgd. Monitoring van veranderingen in de soortensamenstelling en kustmorfologie 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: veroorzaakt dan wel versnelt de bodemdaling kustafslag van de kuststrook en wat zijn de effecten op de vegetatie.

Om na te gaan of de kustafslag door bodemdaling wordt veroorzaakt, is voor de laatste 55 jaar aanwas en afslag van de kust gekwantificeerd door luchtfoto-interpretatie van de kustlijn. Na vergelijking van de luchtfoto-interpretaties bleek dat aanwas van de kust tot ca. 1979 plaatsvond. Daarna was er vooral afslag. Kustafslag begon dus ruim voor de aanvang van de gaswinning in 1986. In het algemeen is na 1986 geen versnelde afslag vastgesteld hoewel op enkele plekken sterke erosie plaatsvond. De snelheid van afslag kan oplopen tot meer dan 3 m per jaar.

De gevolgen voor de vegetatie werden vastgesteld door vegetatieopnamen van permanente proefvlakken (pq's) van 1986 met die van 1999 en 2004 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 zoutindicerende 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.

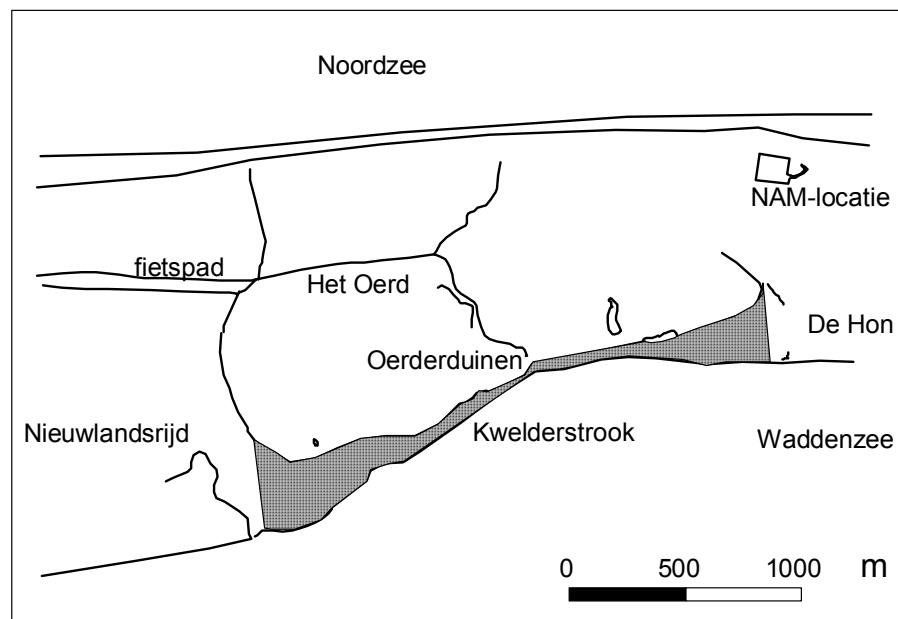
Conclusie is dat de regressie van de vegetatie tussen 1986 en 2004 vooral wordt veroorzaakt door de kustafslag en aanvullend door de bodemdaling. Het verloop van de kustafslag lijkt tot nu toe in overeenstemming met de natuurlijke dynamiek van de kust. Of dit in de toekomst ook het geval zal zijn, is niet te voorspellen. Het volgen van de dynamiek van kustlijn en vegetatie blijft daarmee van belang.

# 1. Inleiding

## 1.1. Aanleiding en kader

In 1986 is de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) begonnen met de winning van aardgas op Ameland. Tegelijkertijd is een uitgebreid en langjarig onderzoek opgezet naar de effecten van de gaswinning: 'Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost'. Monitoring van veranderingen in de soortensamenstelling en kustmorfologie 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 sprake is van aanzienlijke kustafslag over een lengte van 2 km van de smalle kwelderzone en duinvoet ten zuiden van de Oerderduinen, dus tussen het Nieuwlandsrijd en De Hon (figuur 1). Deze kustafslag zou mogelijk veroorzaakt of versneld worden door bodemdaling als gevolg van gaswinning. De soortensamenstelling van de kuststrook is door zoet-zoutgradiënten zeer divers en uniek. Kustafslag kan betekenen dat waardevolle vegetaties verloren gaan of dat hun areaal afneemt. Onderzoek naar het gedrag van de kwelderrand en de veranderingen in de vegetatie van de kwelderstrook is daarom opgenomen als een integraal onderdeel van de monitoring van de bodemdalingeffecten op Ameland-Oost.

*Figuur 1*  
Locatie kwelderstrook  
en kwelderrand  
onderlangs Het Oerd  
en de Oerderduinen.

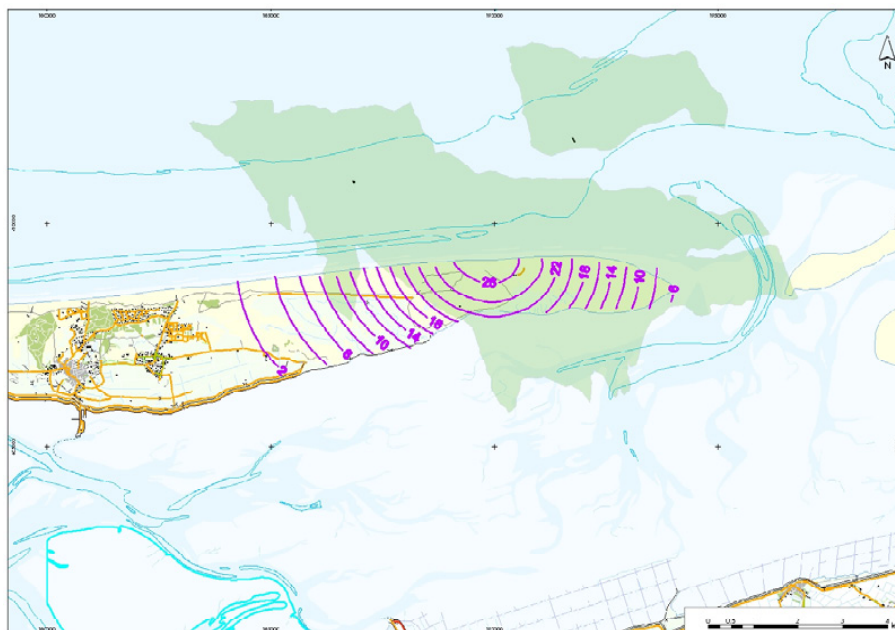


### 1.1.1. Gaswinning Ameland en bodemdaling

De gaswinning op Ameland veroorzaakt een schotelvormige bodemdaling (figuur 2). De door de NAM voorspelde einddaling van het middelpunt nabij de NAM-locatie, is ca. 32 cm in 2020 (zie [Bodemdaling en Gaswinning](#)). De kwelderrand Oerderduinen ligt in zijn geheel binnen deze dalingschotel. 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 (Anonymus zonder jaar). Het model berekent dat in 1988, 2 jaar na het begin van de gaswinning het meest westelijke deel van de kwelderrand 12 mm is gedaald en het oostelijke deel 18 mm. In 2003, een jaar voor het laatst bruikbare luchtfoto-opnamejaar, bedroeg de daling in het meest westelijke deel 153 mm en in het oostelijk deel tot 225 mm. Vanaf het begin van de gaswinning staat de kwelderrand dus onder invloed van de bodemdaling.



Figuur 2  
Contouren voor de in  
2003 gemeten  
bodemdaling (in cm)  
door gaswinning  
veroorzaakt  
(zie [Bodemdaling en  
Gaswinning](#)).



### 1.1.2. Onderzoek monitoring effecten bodemdaling

De monitoring van effecten op bodemdaling omvat morfologische, hydrologische, economische en ecologische aspecten en is uitgevoerd door WL|Delft Hydraulics (voorheen Waterloopkundig Laboratorium), 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 na dertien jaar gaswinning geëvalueerd (Eysink *et al.* 2000). Ook nu na 18 jaar gaswinning vindt een evaluatie plaats waarvan dit verslag onderdeel uitmaakt.

De resultaten van het onderzoek naar de morfologie en de vegetatie worden hier kort besproken. De bestudeerde morfologie omvat het gedrag van de Noordzeekust, migratie van geulen, de Waddenzee en sedimentatie op de kwelders. In het algemeen zijn de waargenomen veranderingen door de hoge dynamiek van het waddengebied moeilijk te relateren aan de opgetreden bodemdaling. De ecologische aspecten betreffen, naast vogeltellingen, vooral de kwelder- en duinvegetatie. De vegetatieontwikkelingen zijn bestudeerd aan de hand van een groot aantal permanente proefvlakken (pq's). Op de kwelder kan van slechts een beperkt aantal van de 39 pq's worden aangetoond dat de regressie in de vegetatieontwikkeling voor rekening kwam van de bodemdaling. De waargenomen vegetatieontwikkelingen in de duinen, duinvalleien en hoge kwelder (65 pq's) kunnen langs de nat-droog en langs het zoet-zout gradiënt worden toegeschreven aan een combinatie van weersinvloeden en bodemdaling. Beide zijn in grootte ongeveer even belangrijk geweest. De veranderingen van de vegetatie langs de voedselarm-voedselrijk gradiënt, en de veranderingen in biodiversiteit zijn noch aan weersinvloeden, noch aan bodemdaling toe te schrijven.

In aanvulling op dit hoofdproject is de dynamiek onderzocht van het morfologisch gedrag van de kwelderrand en de vegetatieveranderingen van de smalle strook aan de duinvoet van de Oerderduinen.



## 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. Sinds wanneer is er sprake van kustafslag en wat zijn de meest waarschijnlijke oorzaken?
2. Is er na het begin van de gaswinning (1986) sprake van versnelde kustafslag?
3. Wat zijn de gevolgen voor de vegetatie?
4. Welke veranderingen traden na 1996 (verwijdering drempel bij kustverdediging) op in de kustmorfologie in het gebied van de Oerdsloot en na 1986 in het drainagepatroon van De Hon?

Gegevens over een langere periode vanaf ca. 1959 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 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 project. Er is wel aandacht besteed aan een vergelijking van bijvoorbeeld omslagmoment van aanwas naar afslag met gebeurtenissen zoals het begin van de gaswinning.

## 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 Nieuwlandsrijd in het westen, tot de kwelder van De Hon in het oosten. Tussen de Oerderduinen en de kwelderrand ligt een strook kweldervegetatie (figuur 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.

### 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 opgedeeld in 5 deelgebieden (figuur 8). In het eerste deel van ca. 400 m lengte is de kwelderrand een klifje tot 50 cm hoog (figuur 3). Dit eerste deel is erg lastig te interpreteren omdat afslag niet samenloopt met de vegetatiegrenzen (figuur 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 kweldervegetatie en zeekraal in lage bedekking ertussen (figuur 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 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 3  
Kwelderrand door  
kustafslag; westelijk  
deel kuststrook  
Nieuwlandsrijd  
(augustus 1999).  
Foto: M.E. Sanders.*



*Figuur 4  
Kustafslag; westelijk  
deel kuststrook van het  
Nieuwlandsrijd  
(augustus 2004).  
Foto: R.M.A. Wegman.*





*Figuur 5  
Graduele overgang  
vegetatie naar wad.  
Links Engels slijkgras  
(Spartina townsendii)  
en rechts langarige  
zeekraal (Salicornia  
procumbens).  
Oerderduinen,  
augustus 1999.  
Foto: M.E. Sanders.*



*Figuur 6  
Scherpe  
vegetatiegrens en  
wad; oostelijk deel  
kuststrook.  
Oerderduinen,  
augustus 1999.  
Foto: M.E. Sanders.*



### 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 zoet-zoutgradiënt versterkt door het drangwater uit het grote achterliggende duinmassief van de Oerderduinen.

Een tweede belangrijke ecologische factor van invloed op de soorten-samenstelling 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 zeer lang 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 mensenheugenis beheerd door de provinciale natuurbeheersvereniging It Fryske Gea). Ongelijkmatige begrazing door kleinere grazers als konijnen, vogels 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*) en zilte rus (*Juncus gerardi*). In het databestand van de Landelijke Vegetatiedatabank (380.000 vegetatieopnamen) komt een dergelijke combinatie niet voor. Laaggelegen treft men veelvuldig 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 ('opdrijfseil') 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. Methode

Twee verschillende benaderingen van gegevensinwinning zijn toegepast; een luchtfoto-interpretatie en het opnemen van de vegetatie in het veld. De luchtfoto-interpretatie is vooral gericht op lokalisatie van de kustlijn, de grens tussen wad en land, over een periode van een halve eeuw. Het veldwerk richt zich op het bestuderen van veranderingen in de soortensamenstelling van de vegetatie in pq's (1986-1999) om de gevolgen van bodemdaling en kustafslag te kunnen vaststellen.

Er is veel aandacht besteed aan de geometrie van de luchtfoto's, de herkenning van de kwelderrand, het lokaliseren van pq's en de determinatie van plantensoorten, die de basis vormen van de analyse. Het is namelijk onmogelijk betrouwbare conclusies te trekken uit de resultaten wanneer vegetatieopnamen, luchtfoto-interpretaties of kaarten ruimtelijk ten opzichte van elkaar verschoven en/of inhoudelijk niet op elkaar zijn afgestemd.

### 2.1. Luchtfoto-interpretatie

#### 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 1](#) staan de beschikbare typen luchtfoto's met nummer, schaal en opnamedatum voor zover bekend, 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, is het gebruik van luchtfoto's van de Topografische Dienst te Emmen noodzakelijk om een voldoende lange tijdreeks te verkrijgen. De Topografische Dienst heeft luchtfoto's van Ameland-Oost vanaf WO II tot 2004. 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.



Tabel 1  
Meta-informatie  
beschikbare luchtfoto's.

| 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                       |
| 13/05/1984 | KLM aerocarto | Panchromatisch | 1: 5 000 | 5863 t/m 5867             |
| 06/04/1986 | Top. Dienst   | Panchromatisch | 1:18 000 | G08                       |
| 04/05/1990 | Top. Dienst   | Panchromatisch | 1:18 000 | H07                       |
| 25/04/1992 | Top. Dienst   | Panchromatisch | 1:18 000 | G07                       |
| ?/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                       |
| 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                       |

### 2.1.2. Scannen en geometrisch corrigeren

De panchromatische luchtfoto's van de Topografische Dienst zijn eerst gescand met 750 dots per inch (ca. 60 cm in het terrein). De gescande foto's zijn geometrisch gecorrigeerd naar het Rijksdriehoekstelsel aan de hand van paspunten (herkenbare punten op de foto's waarvan X- en Y-coördinaten bekend zijn zoals de baak, en hoeken van de NAM-locatie), met GPS in het veld gemeten punten (middenpunt van wegkruisingen) en overdrachtspunten. Deze overdrachtspunten, zoals greppel- en kreekkruisingen, zijn afgeleid van geometrisch gecorrigeerde foto's van 1984 (1:5000). Deze foto's konden nauwkeurig worden gecorrigeerd omdat strandpalen met bekende X- en Y-coördinaten op de foto herkenbaar aanwezig waren. De opvolgende foto's in de tijdreeks zijn naar elkaar gecorrigeerd, met zoveel mogelijk overdrachtspunten van al gecorrigeerde foto's, om de geometrische afwijkingen zo klein mogelijk te houden.

### 2.1.3. 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 decimeters nauwkeurig bekend. De vegetatieopnamen van de pq's geven informatie over de locatie; is de vegetatie of wad (kale bodem) in 1986, 1999 en 2004.

### 2.1.4. 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 kustlijnkaarten 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 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.

## 2.2. Vegetatiemonitoring

### 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.

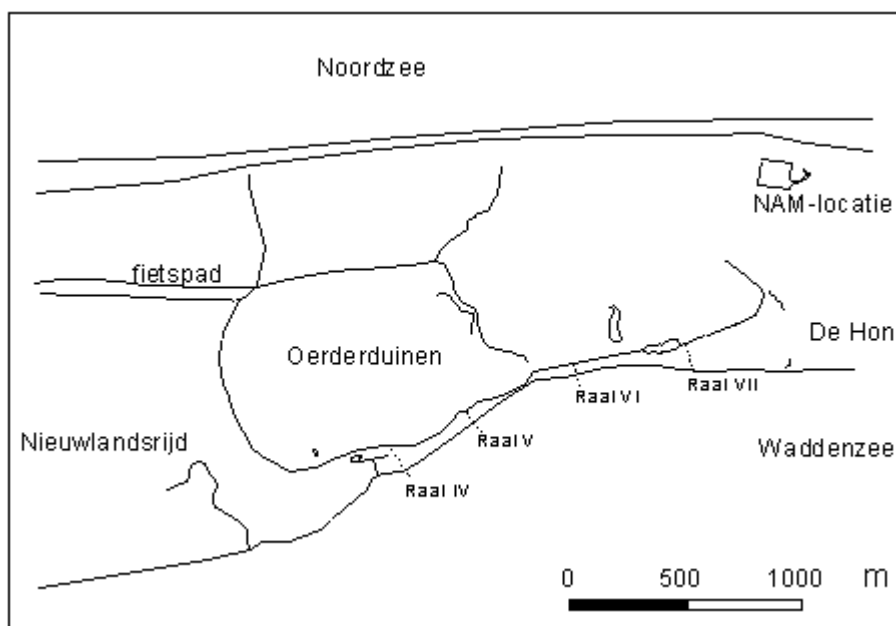
De locatiekeuze vond in 1986 plaats op grond van voorafgaande uitgebreide bestudering van bestaande vegetatiekaarten en van expertkennis. Daarmee zijn alle aanwezige vegetatietypen representatief bemonsterd. Deze pq's zijn gelegen in raaien (transecten) loodrecht op de waddenkust. De pq's meten 2\*2m<sup>2</sup> en zijn noordzuid gericht. De in de pq's voorkomende plantensoorten met bijbehorende bedekking (opnameschaal van de 4<sup>e</sup> bosstatistiek, Dirkse 1987, 1998; [bijlage 5](#)) 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 1.3.1](#)) liggen (delen van) respectievelijk de raaien IV, V, VI en VII ([figuur 7](#)). Elk van de vier raaien ligt langs de hoogt gradiënt loodrecht op de kust, waarbij het laagst gelegen proefvlak (pq 01) vanaf de Waddenzee (ca. 0,90 m +NAP) in 1986 net in de eerste vegetatie was gelegd, en het hoogstgelegen proefvlak (pq 05 of 06) op de duinvoet (ca. 3,60 m +NAP). De pq's zijn verspreid over de breedte van de kwelderrand (ca. 50-150 m) en regelmatig over de lengte ervan (ca. 2 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 bestudeerde proefvlakken.

Door nu deze pq's na 13 en 18 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 dataverwerking-programma 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 beide jaren gemaakt door P.A. Slim. Tijdens de opname van de vegetatie zijn in 1986 en 1999 van alle pq's foto's gemaakt.



Figuur 7  
De raaien waarop de  
pq's gelegen zijn.



### 2.2.2. Analyse van vegetatieveranderingen in pq's

De vegetatie van de 23 pq's is in augustus/september 1986 opgenomen en in augustus 1999 en 2004 herhaald. De datasets zijn samengevoegd en met elkaar vergeleken. De data van 1986 en 1999, en van 1986 en 2004 zijn bewerkt met het clusterprogramma TWINSPAN (Hill 1979). TWINSPAN clustert op gestandaardiseerde wijze de 46 vegetatieopnamen van de 23 pq's (1986 - 1999 en 1986 - 2004). 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 1986 en 2004 (bijlage 2) in hetzelfde cluster komen. Indien nu bij de 2004-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 1986, 1999 en 2004 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 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> as in ecologisch opzicht het meest betekenisvol zijn; daarom zijn de 3<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> assen buiten beschouwing gelaten. Ook de gemiddelde positie van de sample scores voor de raaien IV t/m VII, en van alle raaien samen, is voor elk van de opnamejaren nagegaan. Hiermee kan de verplaatsing in de tijd en dus eventuele veranderingen worden gevisualiseerd.



## 3. Resultaten

De luchtfoto-interpretatie van de morfologie van de kwelderrand tussen 1949 en 2004 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](#).

### 3.1. Morfologie kwelderrand

#### 3.1.1. Geometrische correctie

De geometrische afwijking van de gecorrigeerde panchromatische luchtfoto's staat in Tabel 2. De Root Mean Square error (RMS) is de ruimtelijke afwijking van de gecorrigeerde foto's door onontkoombare onnauwkeurigheden in het aanwijzen van paspunten op een gescande foto. De locatie van de kustlijn is gemiddeld gezien op 2,1 meter nauwkeurig in de Y-richting vast te stellen. Een verandering ten opzichte van de geïnterpreteerde kustlijn van een andere foto is dus met  $2 \times 2,1 = 4,2$  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.

Tabel 2  
Root Mean Square  
error van de  
geometrische  
correcties.

| Jaar       | RMS Y (m) | RMS X (m) | RMS totaal (m) |
|------------|-----------|-----------|----------------|
| 1949       | 1,4       | 1,1       | 1,7            |
| 1959       | 2,6       | 2,2       | 3,4            |
| 1969       | 2,3       | 1,9       | 2,9            |
| 1979       | 2,6       | 1,3       | 2,9            |
| 1986       | 0,9       | 0,7       | 1,1            |
| 1990       | 1,7       | 1,6       | 2,4            |
| 1992       | 3,0       | 3,2       | 4,3            |
| 1996       | 2,7       | 1,6       | 3,2            |
| 2000       | 1,7       | 1,4       | 2,2            |
| 2004       | 2,1       | 1,4       | 2,5            |
| gemiddelde | 2,1       | 1,6       | 2,7            |

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 1](#)). De geometrische correctie is onnauwkeurig wanneer de controlelijnen van het kaartje niet passen op de objecten van de foto. Op de foto's van 1992 na, pasten de controlelijnen goed op de luchtfoto's. De afwijking van de 1992-luchtfoto's wordt te groot geacht waardoor ze niet zijn gebruikt om de kustlijn te interpreteren.

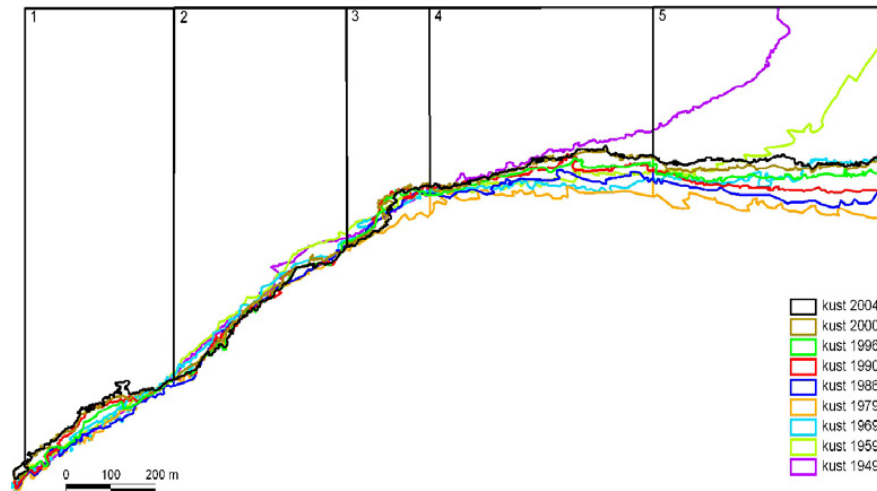
De locatie van de pq's is ook op de luchtfotokaartjes geplot. In 1999 liggen alle eerste pq's op het wad, en de tweede pq's in de vegetatie. In 1986 liggen de eerste pq's van raai IV, VI en VII in de vegetatie en de eerste pq van raai V op het wad. Dit komt overeen met de analyse van vegetatieveranderingen in de pq's. De pq's op het wad bevatten zeekraal (*Salicornia* sp.) 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 correctie van de foto's met uitzondering van 1992, nauwkeurig genoeg zijn om de kustafslag te kwantificeren.

#### 3.1.2. Interpretatie kustlijn – vegetatiegrens

De luchtfoto-interpretatie resulteerde in kaarten van de kustlijn ([figuur 8](#)). Een presentatie van de kustlijnkaarten met de betreffende luchtfoto als ondergrond ([bijlage 1](#)) maakt de geïnterpreteerde locatie van de kustlijn inzichtelijk. Als kustlijn is de grens van de vegetatie en het wadzand aangehouden. [Figuur 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 3.1.3](#) wordt deze aangroei en afslag gekwantificeerd.

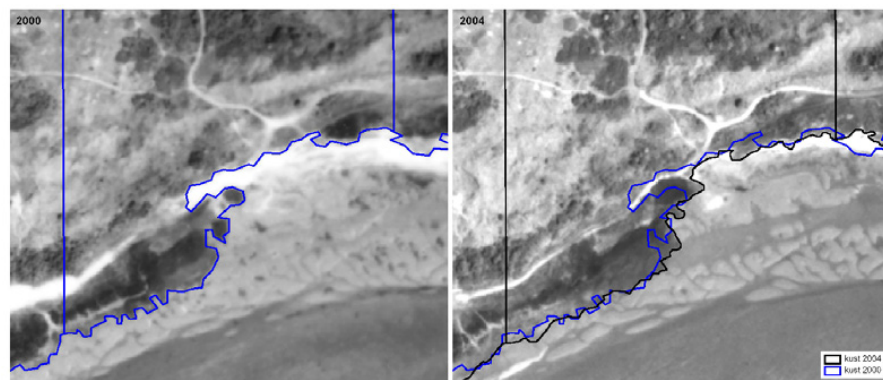
*Figuur 8*  
Gedrag kwelderrand  
Oerderduinen 1949-  
2004.



### 3.1.3. Analyse in GIS

In het GIS is per deel de kustlijn van een luchtfotojaar gecombineerd met de interpretatie van het tijdstip ervoor, en zijn verschillen in oppervlakte berekend. Deze verschillen in oppervlakten (in m<sup>2</sup>), de afslag of aanwas, zijn per deel bij elkaar opgeteld om de netto aanwas of afslag per deel en per periode te berekenen ([tabel 3](#) en [4](#), [figuur 10](#) en [11](#)). 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 3.1.1](#)) maal de lengte van het betreffende deel. Een afslag of aanwas kleiner dan de onnauwkeurigheid is in [tabel 3](#) en [4](#) met een '0' aangegeven, aangetoonde afslag met een '-' en aangetoonde aanwas met een '+'.

*Figuur 9*  
Detail met aanwas  
tussen 2000 en 2004.



Na 1959 laten alle vijf de delen van de kuststrook een zelfde trend zien: er ligt een omslagpunt van aanwas naar afslag rond 1979. Bij 1959 ligt een omslagpunt voor de drie westelijke delen, de oostelijke blijven aangroeien. De dynamiek neemt duidelijk toe van west naar oost. Tussen 1990 en 2004 is alleen in strook 3 sprake van aanwas ([figuur 9](#)), in de overige stroken vindt afslag plaats. Wanneer we alleen kijken naar het totaal van alle stroken dan is er tot 1979 sprake van aanwas, waarna er over de gehele lijn afslag optreedt. In [tabel 5](#) en [6](#) en in [figuur 12](#) en [13](#) 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 aangetoond. 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 aanwasselheid is voor dat er afslag plaatsvindt. Na 1986 vindt geen versnelde afslag plaats maar juist een afname in gemiddelde snelheid in deel 3 en 4. In deel 5 en 1 is er wel sprake van een snelheidstoename. Na 1990 is er sprake van afname van de gemiddelde snelheid van afslag waarbij de toe- of afname in de stroken 2 en 5 niet significant is gebleken. Over het totale traject is er alleen sprake van toename van de gemiddelde snelheid tussen de perioden 1959/69 en 1969/79.

Tabel 3  
Netto afslag en aanwas kuststrook.

|        | Deel | Kuststrook<br>Lengte (m) | Netto oppervlakteverschil tussen jaren (m <sup>2</sup> ) |         |         |         |         |   |         |   |         |   |
|--------|------|--------------------------|--|---------|---------|---------|---------|---|---------|---|---------|---|
|        |      |                          | '49-'59  | '59-'69 | '69-'79 | '79-'90 | '90-'00 | - |         |   |         |   |
| Netto  | 1    | 400                      | -1.807   | -       | 232     | 0       | 2.951   | + | -6.505  | - | -3.363  | - |
|        | 2    | 475                      | -2.038   | -       | 5.170   | +       | 6.889   | + | -995    | 0 | -2.008  | 0 |
|        | 3    | 200                      | -2.151   | -       | 1.617   | +       | 5.553   | + | -6.980  | - | 790     | - |
|        | 4    | 500                      | 22.084   | +       | 5.163   | +       | 7.638   | + | -20.171 | - | -6.435  | - |
|        | 5    | 500                      | 77.550   | +       | 34.498  | +       | 32.018  | + | -20.168 | - | -17.744 | - |
| Totaal |      | 2075                     | 93.637   | +       | 46.682  | +       | 55.048  | + | -54.819 | - | -28.759 | - |

Tabel 4  
Netto afslag en aanwas kuststrook.

|        | Deel | Kuststrook<br>Lengte (m) | Netto oppervlakteverschil tussen jaren (m <sup>2</sup> ) |         |         |   |         |   |
|--------|------|--------------------------|--|---------|---------|---|---------|---|
|        |      |                          | '79-'86  | '86-'96 | '96-'04 | - |         |   |
| Netto  | 1    | 400                      | 119  | 0       | -4.821  | - | -7.072  | - |
|        | 2    | 475                      | -238   | 0       | -125    | 0 | 545     | 0 |
|        | 3    | 200                      | -4.995   | -       | -1.564  | - | 1.459   | + |
|        | 4    | 500                      | -11.303  | -       | -8.795  | - | -7.585  | - |
|        | 5    | 500                      | -11.087  | -       | -18.556 | - | -13.952 | - |
| Totaal |      | 2075                     | -27.504  | -       | -33.860 | - | -26.605 | - |

Tabel 5  
Gemiddelde snelheid van afslag (-) en aanwas(+) kuststrook (cursief = niet significant).

|        | Deel | Kuststrook | Gemiddelde snelheid (m per jaar) |            |         |         |            |
|--------|------|------------|----------------------------------|------------|---------|---------|------------|
|        |      |            | '49-'59                          | '59-'69    | '69-'79 | '79-'90 | '90-'00    |
| Netto  | 1    |            | -0,5                             | <i>0,1</i> | 0,7     | -1,5    | -0,8       |
|        | 2    |            | -0,4                             | 1,1        | 1,5     | -0,2    | -0,4       |
|        | 3    |            | -1,1                             | 0,8        | 2,8     | -3,2    | <i>0,4</i> |
|        | 4    |            | 4,4                              | 1,0        | 1,5     | -3,7    | -1,3       |
|        | 5    |            | 15,5                             | 6,9        | 6,4     | -3,7    | -3,5       |
| Totaal |      |            | 4,5                              | 2,2        | 2,7     | -2,4    | -1,4       |

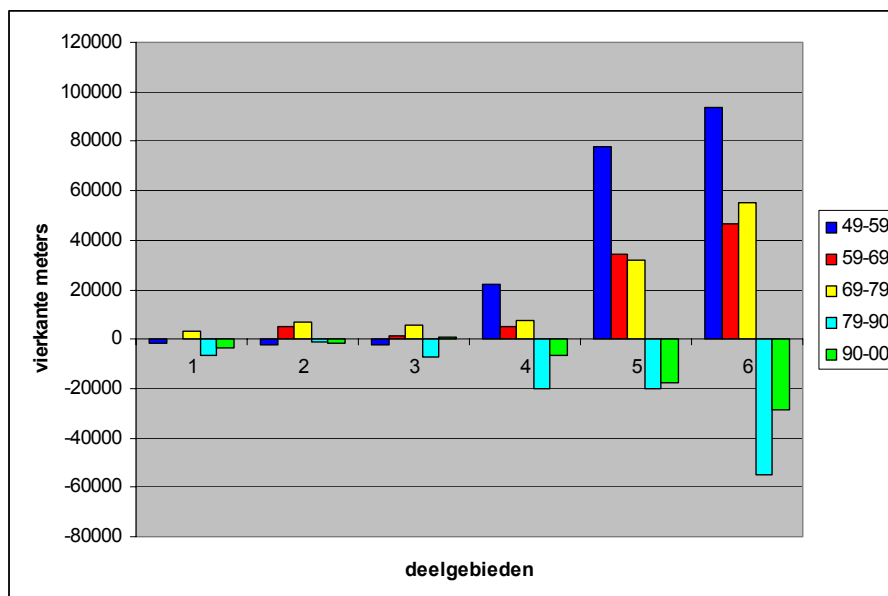
Tabel 6  
Gemiddelde snelheid van afslag (-) en aanwas(+) kuststrook (cursief = niet significant).

|        | Deel | Kuststrook | Gemiddelde snelheid (m per jaar) |            |            |
|--------|------|------------|----------------------------------|------------|------------|
|        |      |            | '79-'86                          | '86-'96    | '96-'04    |
| Netto  | 1    |            | <i>0,0</i>                       | -1,2       | -2,2       |
|        | 2    |            | -0,1                             | <i>0,0</i> | <i>0,1</i> |
|        | 3    |            | -3,6                             | -0,8       | 0,9        |
|        | 4    |            | -3,2                             | -1,8       | -1,9       |
|        | 5    |            | -3,2                             | -3,7       | -3,5       |
| Totaal |      |            | -1,9                             | -1,6       | -1,6       |

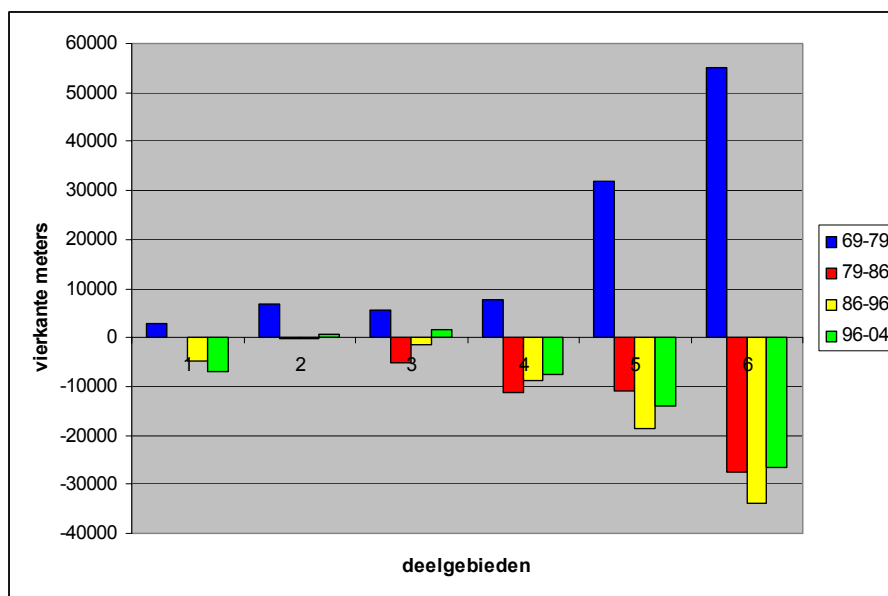




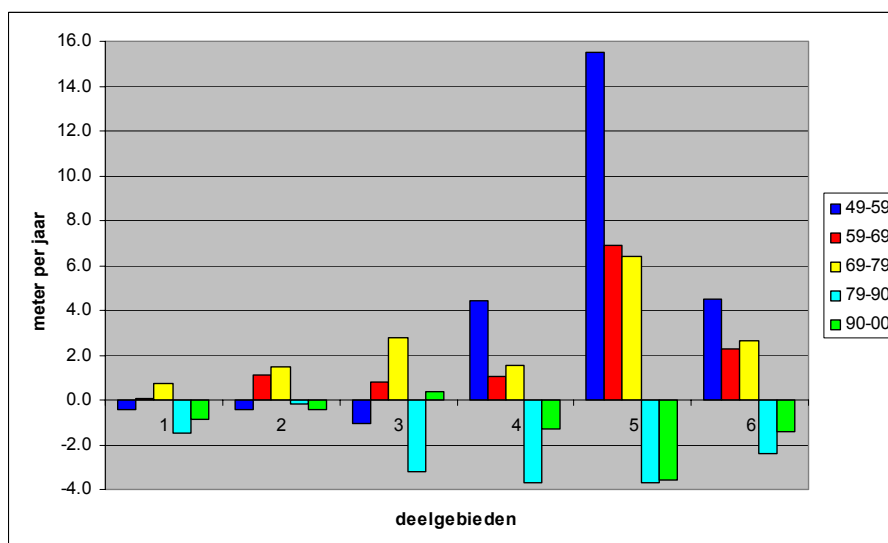
**Figuur 10**  
Netto aanwas en afslag per deelgebied (deel 6 is de totale kuststrook).



**Figuur 11**  
Netto aanwas en afslag per deelgebied (deel 6 is de totale kuststrook).

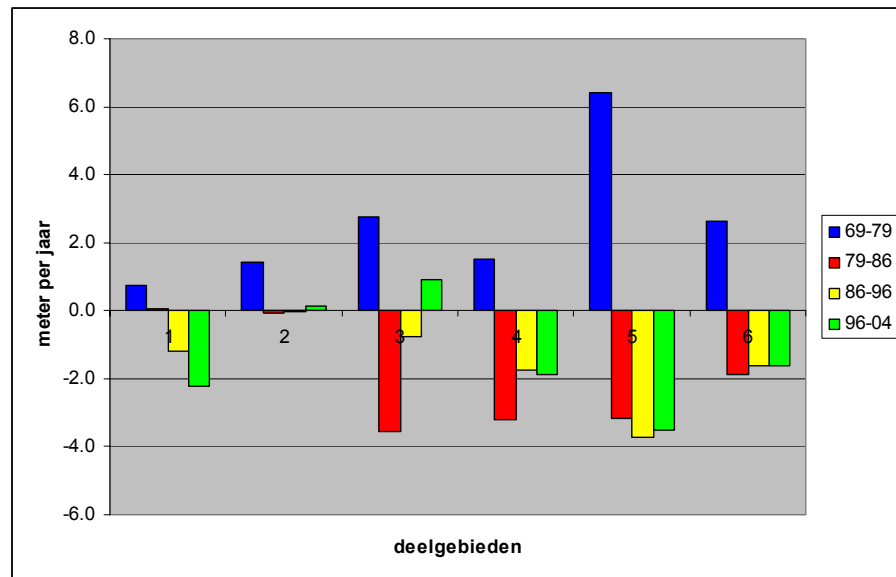


**Figuur 12**  
Gemiddelde snelheid van afslag en aanwas per deelgebied (deel 6 is de totale kuststrook).





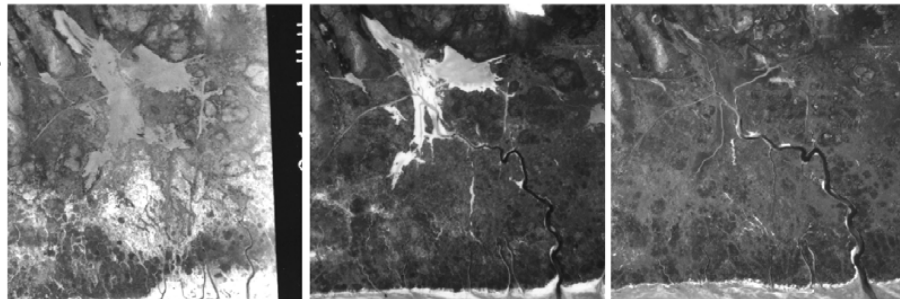
**Figuur 13**  
Gemiddelde snelheid van afslag en aanwas per deelgebied (deel 6 is de totale kuststrook).



### 3.2. Drainagepatroon De Hon en de Oerdsloot

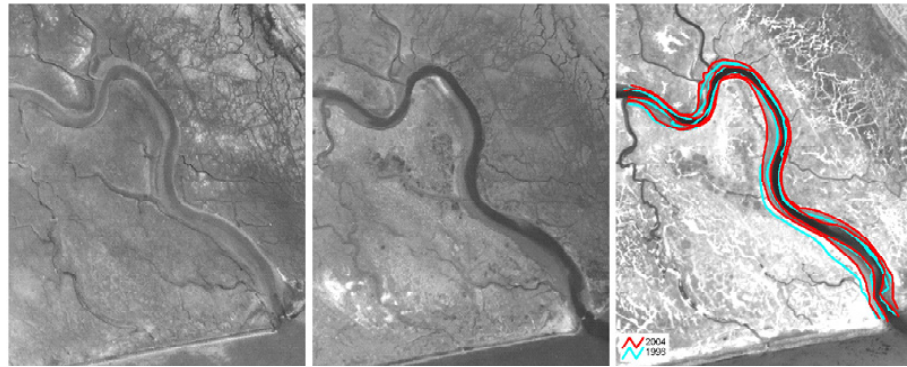
Op de luchtfoto van 1990 is nog duidelijk sprake van een vaak onder water staande laagte op De Hon zonder afvoergeulen naar de Waddenzee (figuur 14). Er zijn wel enkele geulen zichtbaar maar die bereiken de laagte niet. In 2000 is er aansluiting met het wad door een diepe geul, wordt de laagte gedraineerd en zijn er in de laagte duidelijk geulen herkenbaar daar waar in voorgaande jaren water stond. Op de foto van 2004 blijkt dat de laagte geheel is begroeid met vegetatie.

**Figuur 14**  
Verandering van drainagepatroon van de jaren 1990, 2000 en 2004.



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 15). Vanaf de luchtfoto's is niet te zien of de geul zich na die tijd heeft verdiept.

Figuur 15  
De loop van de  
Oerdsloot in de jaren  
1986, 1996 en 2004.



### 3.3. Vegetatieverandering in pq's

De vegetatieveranderingen zijn geanalyseerd door clusteranalyse met TWINSPAN. De voor 1986 en 2004 resulterende tabel is te vinden in [bijlage 2](#). De clusters kennen een hiërarchie die niet uitgebreid is aangegeven of met vegetietypen in aangeduid; wel is de hoofdscheiding in de tabel met een dubbele lijn en het 2<sup>e</sup> scheidingsniveau met een doorgetrokken lijn gemarkeerd.

Van de 23 pq's blijkt van bijna  $\frac{3}{4}$  (16 pq's) de opnamen uit 1986 en uit 2004 door TWINSPAN in verschillende clusters te zijn ingedeeld. In de loop van de tijd is er veel veranderd. De pq-nummers daarvan zijn in de kopgegevens van de tabel vet weergegeven. 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 glycofyten ('zoete' plantensoorten) zijn ingedeeld, en onderin rechts de halofyten ('zoute' plantensoorten). De scheiding ligt ongeveer bij de lijn boven *Glaux maritima* (melkkruid). Op grond van de soortensamenstelling is de volgorde van de clusters op te vatten als een gradiënt van het wad, laag in het transect (rechts), via de kwelder naar de duinvoet hoog in het transect (links). Dit ruimtelijke beeld weerspiegelt ook in grote lijnen de ontwikkeling die de vegetatie van zout naar zoet heeft doorgemaakt. Indien nu bij de 2004-opname een pq ten opzichte van de bijbehorende 1986-opname 'naar beneden, en dus naar rechts gaat' in de tabel, is dit opgevat als een terugval naar een eerder stadium van de vegetatieontwikkeling (regressie). Een verandering van een pq 'naar boven, en dus naar links' is beschouwd als een overgang naar een volgend stadium van de vegetatieontwikkeling (successie). Helemaal rechts liggen ook de pq's die door kustafslag op het wad zijn komen te liggen.

In 4 pq's (V 01, 03, 04, VII 05) heeft de vegetatie in de afgelopen 18 jaar een successie doorgemaakt. In 12 pq's (IV 01, 02, V 02, VI 01, 03, 04, 05, VII 01, 02, 03, 04, 06) geeft de vegetatie een regressie te zien (zie als voorbeeld [figuur 18-19](#) en [20-21](#): 1986-1999). Successie treedt het meest op in het westelijke deel van de kuststrook ('De Vennoot') en regressie het meest in het oostelijke deel (It Fryske Gea).

Een goed voorbeeld van regressie van de vegetatie geeft raai VII waarvan een overzicht van alle pq's (01 t/m 06) wordt gegeven in [bijlage 7](#). Pq VII 01 is in 2004 geheel afgeslagen (mv ligt dan 49 cm lager) en de andere pq's zijn 15-18 cm gedaald. Er is een sterke afname van het gemiddelde aantal plantensoorten/pq ( $4m^2$ ) van 9,2 (1986) tot 6,7 (2004). Door afslag en bodemdaling schuiven de vegetatiezones op; pq 05 ligt in 2004 op het niveau van pq 03 in 1986, maar heeft (nog) niet de vegetatie van toen. Dit is ook in de andere onderdelen van het monitoringonderzoek vastgesteld. Pq VII 02 laat het effect van opschuiven van de klifrand zien; het daar afgezette vloedmerk levert een hoge dominantie op van schorrenkruid (*Suaeda maritima*).



Vlak langs de oever is dus vooral de afslag van de kwelderrand (erosie) oorzaak van de grote veranderingen in de vegetatie. Zie als voorbeeld [figuur 18](#) en [19](#) (pq VI 01) waar de oorspronkelijke vegetatie in 1999 volledig is weggeslagen). [Bijlage 8](#) laat zien hoe daardoor ook in de pq's VI 02, 04 en 05 de vegetatie is veranderd. In pq VI 02 is door opslibbing de bodemdaling volledig gecompenseerd en meer landwaarts is de daling 15-20 cm (pq VI 04 en 05). De vegetatie van zeebies (*Bolboschoenus maritimus* subsp. *compactus*) ligt nu achter een strandwalleetje 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 van strandkweek (*Elytrigia atherica*) met binnendringende zeebies 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*); in de bovenste helft van het proefvlak zeer verruigd met spiesmelde (*Atriplex prostrata*) door veek (vloedmerk of opdrijfseel). 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 fijn goudscherm en geelhartje.

Onderlangs de duinvoet van de westelijke kuststrook bij het Nieuwlandsrijd 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.

De regressie van de vegetatie tussen 1986 en 2004 (in ca. ½ van de pq's) lijkt vooral door de kustafslag en aanvullend door de 'normale' bodemdaling te zijn veroorzaakt.

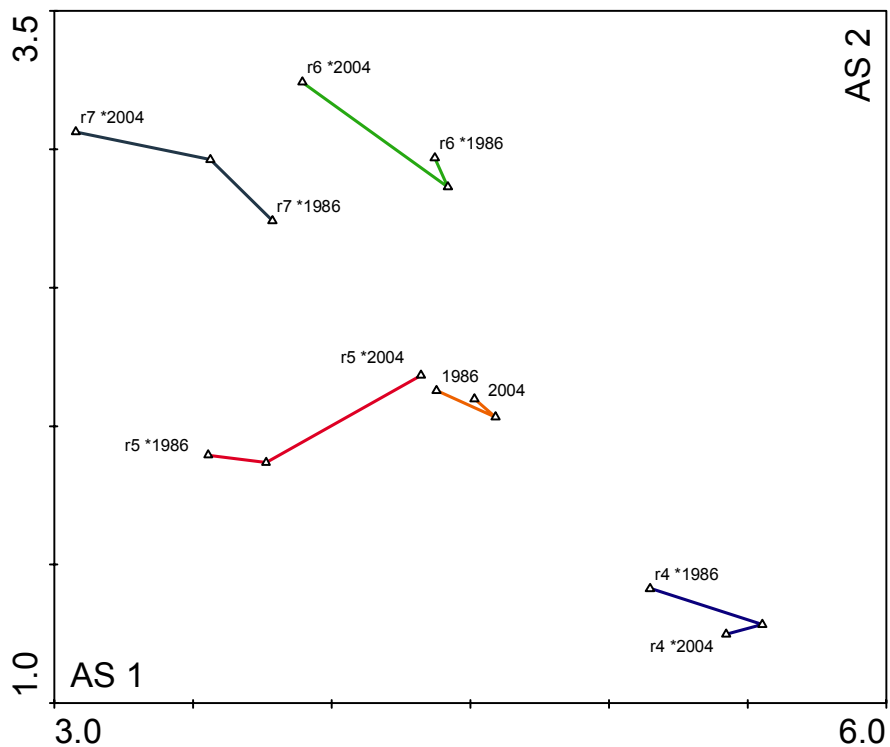
De soortenplot van de multivariate analyse met CANOCO toont op de (horizontale) 1<sup>e</sup> as de (op het grensgebied van de kust te verwachten) ecologische hoofdgradiënt van zout en nat (links) naar zoet en droog (rechts). D.w.z. links: wad en kwelder met o.a. langarige zeekraal (*Salicornia procumbens*) en rechts: droog, voedselarm, zuurder en zoet duin met o.a. gewoon haakmos (*Rhytidiadelphus squarosus*) en fijn schapegras (*Festuca filiformis*). De (verticale) 2<sup>e</sup> as laat de gradiënt zien van vochtige, zoete omstandigheden (onder) naar droge, zoete duinvegetaties (boven). D.w.z. onder: de vochtige kwelder met een inslag van blauwgrasland met o.a. armbloemige bies (*Eleocharis quinqueflora*) en boven: het droge duin met o.a. muurpeper (*Sedum acre*) ([figuur 16](#)).

De ecologische betekenis van de assen wordt bevestigd met een analyse met behulp van ecologische indicatiewaarden, natuurbehoudswaarde en soortenaantal: de 1<sup>e</sup> as indiceert voor (links) significant hoge Ellenbergwaarden voor licht, vocht, pH, nutriënten en vooral voor zout, en afnemende soortenrijkdom. De 2<sup>e</sup> as indiceert significant voor vocht en natuurbehoudswaarde; naar beneden toenemend. Rechtsonder 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; linksboven vooral de pq's van de raaien (VI en VII) die meer in de richting van De Hon zijn gelegen (It Fryske Gea) ([bijlage 9](#)). De plot met gemiddelde samplescores ([figuur 17](#)) per raai laat zien dat de verplaatsing tussen 1986 en 2004 overall genomen niet groot is, tussen de raaien nogal verschilt (significant), en tussen de jaren niet significant





*Figuur 17  
Gemiddelde  
samplescores per raai  
(lees voor r4: raai IV  
enz.) en overall  
gemiddelde van alle  
pq's samen voor de  
opnamejaren 1986,  
1999 en 2004. De  
verbinding tussen de  
jaren geeft de 'reis'  
weer die de opnamen  
in de tijd maken.*





Door de verschillende milieumomstandigheden die op korte afstand van elkaar voorkomen, zijn er veel verschillende plantensoorten aanwezig. Het totale aantal aangetroffen plantensoorten bedraagt 135; daarvan zijn er 116 hogere planten en 16 lagere planten zoals mossen ([bijlage 3](#)). 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 meer dan 30 soorten voor per pq van 4 m<sup>2</sup>. De Rode Lijstsoorten geelhartje (*Linum catharticum*), fraai duizendguldenkruid (*Centaurium pulchellum*), late ogentroost (*Odontites vernus* subsp. *serotinus*), Engels lepelblad (*Cochlearia officinalis* subsp. *anglica*) en zeealsem (*Seriphidium maritimum*) zijn na 1986 niet meer in de proefvlakken aangetroffen.

Uit [bijlage 3](#) blijkt dat ondanks bodemdaling en afnemend areaal (afslag) de verschillen in frequentie van plantensoorten tussen 1986 en 2004 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: Engels slijkgras (*Spartina anglica*), gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*), zulte (*Aster tripolium*), schorrenzoutgras (*Triglochin maritima*), zeeweegbree (*Plantago maritima*), dunstaart (*Parapholis strigosa*), zilte rus (*Juncus gerardi*) en fioringras (*Agrostis stolonifera*). Storingsindicatoren (door afslag) zoals schorrenkruid (*Suaeda maritima*) en *Ulva* nemen sterk in frequentie toe. Ook aardbeiklaver (*Trifolium fragiferum*) en Engels raaigras (*Lolium perenne*) nemen in frequentie toe.

**Figuur 18**  
Vegetatie 1986 (8 september) van Raai VI pq 01. 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.



**Figuur 19**  
Vegetatie 1999 (26 augustus) van Raai VI pq 01. De kwelder is afgeslagen en is wad geworden. Groenwieren en schaars voorkomende kortarige zeekraal (*Salicornia europaea*) en langarige zeekraal (*S. procumbens*) bepalen nu het aspect.  
Foto: P.A. Slim.





*Figuur 20*  
*Vegetatie 1986 (9 september) van Raai VII pq 03. 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.*



*Figuur 21*  
*Vegetatie 1999 (24 augustus) van Raai VII pq 03. Er heeft regressie van de vegetatie plaatsgevonden: nu domineren schorrenkruid (Suaeda maritima) en gewoon kweldergras (Puccinellia maritima), vergezeld van spiesmelde (Atriplex prostrata), melkkruid (Glaux maritima) en kortarige zeekraal (Salicornia europaea). Foto: P.A. Slim.*







## 4. Discussie

### 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.

#### 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 grijswaardeverschillen niet overal duidelijk zijn en omdat de vegetatie op enkele plekken ook gradueel over kan gaan in wad door onder andere zeekraalvegetatie (figuur 4 en 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 kustlijnkaarten op de foto's te projecteren zodat iedereen kan achterhalen hoe de interpretatie plaatsvond (bijlage 1).

#### 4.1.2. Plaatsbepaling en hoogteligging pq's

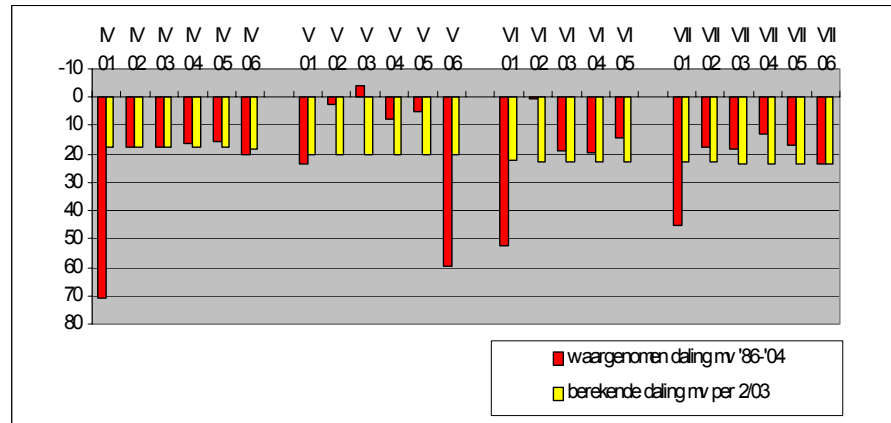
In 1986 zijn van de met piketten gemarkeerde middelpunten van alle pq's door Rijkswaterstaat, Dienstkring Waddeneilanden, Kantoor Ameland, met optische middelen (theodoliet) de X-, Y- en Z-coördinaat (plaats en hoogte) bepaald. Voor het monitoringprogramma dat in 1989 begon, zijn bij in dit programma 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 4. 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 piketten 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 zijn door Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. de exacte locaties en hoogten ([bijlage 6](#)) bekend gemaakt met een geavanceerd Global Positioning System (RTK-GPS). Een enkele ijzeren buis moest worden vervangen. De veranderingen in maaiveldligging tussen 1986 en 2004 ([bijlagen 4 en 6](#)), veroorzaakt door kustafslag, opslibbing en bodemdaling, alsmede de berekende bodemdaling, wordt gegeven in [figuur 22](#).

**Figuur 22**  
Verandering in maaiveldhoogte door kustafslag, opslibbing en bodemdaling in de pq's van de raaien IV t/m VII tussen 1986 en 2004. Rood: waargenomen maaiveldverandering; geel: berekende bodemdaling. De grootste veranderingen zijn veroorzaakt door afslag van kwelder en duinvoet.



### 4.1.3. Herkenning plantensoorten

In 1986 en in 1999 zijn de pq's opgenomen door dezelfde persoon, in het zelfde jaargetijde en met de zelfde methode, wat 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 en korstmossen zijn in alle gevallen verzameld en bewaard. De in de hoger gelegen vegetaties schaars voorkomende mossen zijn door Dr. G.M. Dirkse, en de korstmossen door Dr. H.F. van Dobben nagedetermineerd. 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 van de geslachten zeesla (*Ulva*), darmwier (*Enteromorpha*) en nopjeswier (*Vaucheria*) 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) kaffe(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 soorten zijn in 1999 niet 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 Nieuwlandsrijd is bij lagere graasdruk in 2004 armbloemige waterbies massaal teruggezien. Zandpaardebloem (*Taraxacum sectio Erythrosperma*)



is in 1986 niet onderscheiden naast gewone paardebloem (*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 schapegras (*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.

## 4.2. Afslag en aanwas

De vastgestelde snelheid van afslag en aanwas is een gemiddelde over een periode van 10 jaar. Tot 1979 zijn er in de tussenliggende jaren geen luchtfoto's beschikbaar; na 1979 echter wel. Naast de in dit project gebuikte foto's heeft de Topografische Dienst luchtfoto's van 1980, 1981, 1983, 1989, 1990 en 1995. Het gebruik van deze foto's is echter beperkt vanwege de geometrische nauwkeurigheid van de gecorrigeerde luchtfoto's (4 m). 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. In theorie kan dit moment overal tussen 1970 en 1985 liggen. Deze uitersten zijn echter niet aannemelijk omdat er dan onwaarschijnlijk grote afslag en aanwas zou hebben plaatsgevonden. De Topografische Dienst beschikt over luchtfoto's van 1983 die de periode waarin omslag heeft plaatsgevonden zou kunnen beperken. Zij kunnen evenwel niet worden gebruikt voor het vaststellen van de snelheid omdat zij maar 3 jaar voorafgaand aan de foto's van 1986 zijn gemaakt.

Over de gehele kuststrook gezien neemt de gemiddelde snelheid van afslag af van 1,9 m/jaar voor 1986 naar 1,6 m/jaar tot 1996 en 1,6 m/jaar in de periode 1996-2004. De gaswinning veroorzaakt de afslag dus niet en versneld 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. Plaatselijk kan de snelheid van aanwas of afslag dus groter zijn dan van het betreffende deel is vastgesteld. De kwelderstrook in deel 3 is op zijn smalst en de afslag reikt bijna tot aan de duinvoet. Er is in dit deel weer enige aangroei vastgesteld. De afslag in deel 4 verloopt na de gaswinning minder snel, de afslag in deel 5 blijft onverminderd 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 4](#)).

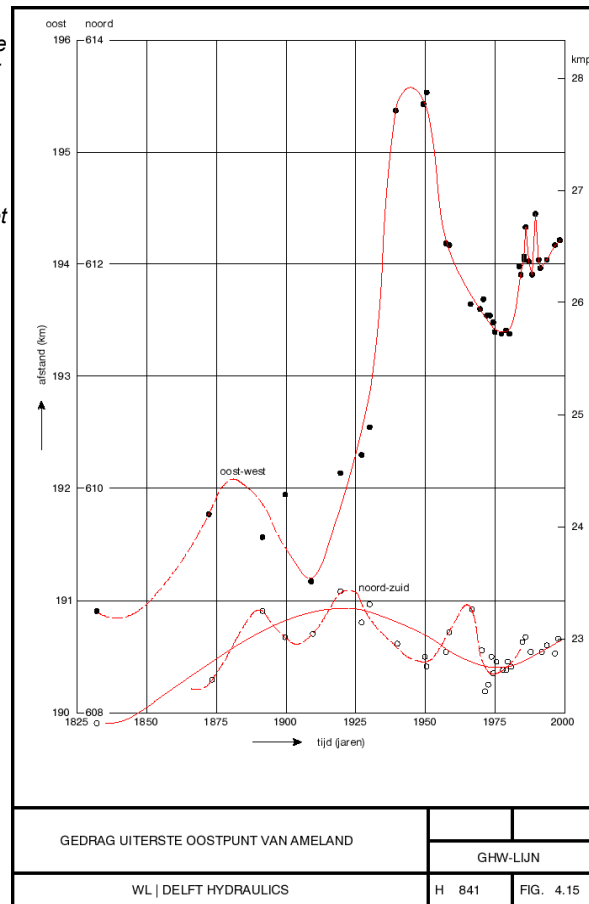


### 4.3. Analyse oorzaken kustafslag

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 (figuur 23 en 24); 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 24. De periodiciteit van aanwas en afslag kan tevens samenhangen met het migreren van enkele geulen in het gebied (Eysink *et al.* 2000). De mogelijke invloed van bodemdaling werd daarbij niet uitgesloten.

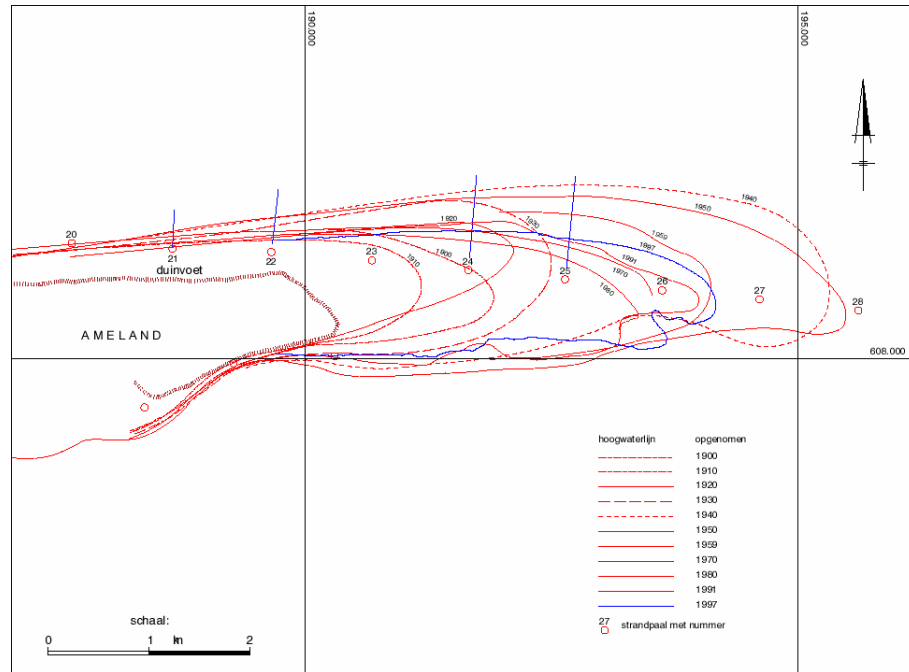
Klifvorming is op zichzelf geen onnatuurlijk proces (Van de Koppel *et al.* 2005). Op Terschelling vindt bijvoorbeeld ook afslag van de kwelders plaats (Ehlers 1988). In de Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee (Oost *et al.* 1998, Eysink *et al.* 2000) en door Dijkema bij deze tussenrapportage, wordt nader ingegaan op de vorming van kwelderklifjes.

**Figuur 23**  
Gedrag van het uiterste oostpunt van Ameland; verplaatsing van de gemiddelde hoogwaterlijn in oostwestelijke richting en in noordzuidelijke richting (naar: Eysink *et al.* 2000).





**Figuur 24**  
Ontwikkeling van het oostpunt van Ameland tussen 1900 en 1997; ook wel het 'kwispelen van de staart van Ameland' genoemd (naar: Eysink et al. 2000).



#### 4.4. Mitigerende maatregelen

Door kustafslag wordt de kwelderrand steeds smaller. De beweidingdruk neemt hierdoor mogelijk toe, en de ruimte voor doorgang ('kwelderpad') wordt misschien beperkt. Ook de vegetatie komt tenslotte door afslag onder druk te staan ([paragraaf 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. Voor dit deel van Ameland en ook elders in het waddengebied, is het echter staand beleid om bij dergelijke natuurgebieden niet in te grijpen in de natuurlijke ontwikkeling. Mitigerende maatregelen zijn daarom nu niet aan de orde.



## 5. Conclusies en aanbevelingen

Er vindt overeenkomstig de indruk van It Fryske Gea afslag plaats van de kuststrook tussen het Nieuwlandsrijd en De Hon. Deze afslag vindt plaats vanaf ca 1979. Voor die tijd vindt er alleen aanwas plaats. In de periode 1949-1959 bedraagt de aanwas, over een lengte van 2 km ca. 9,4 ha. In de periode 1959-1969 bedraagt de aanwas 4,7 ha en in de periode 1969-1979 5,5 ha. Rond 1979 begint de afslag, die in de periode 1979-1986 ca. 2,8 ha bedraagt. In de periode 1986-1996 bedraagt de afslag 3,4 ha en tussen 1996 en 2004 2,7 ha.

Afslag vond dus reeds plaats voor de aanvang van de gaswinning in 1986. De gemiddelde snelheid van afslag is in het meest westelijke (deel 1) en het meest oostelijke deel (deel 5) toegenomen na 1986, in tegenstelling tot de delen 3 en 4 (midden) waar de gemiddelde snelheid juist is afgenomen. Over de gehele kuststrook gezien neemt de gemiddelde snelheid van afslag af van 1,9 m/jaar voor 1986 naar 1,6 m/jaar tot 1996 en 1,6 m/jaar in de periode 1996-2004.

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 afnam.

Concluderend kan worden gesteld dat het optreden van kustafslag niet door gaswinning lijkt te zijn veroorzaakt of te zijn versneld. Afslag vindt voor aanvang van de winning in 1986 plaats, en de snelheid van afslag neemt na 1986 gemiddeld over de hele kuststrook niet toe. Het lijkt een natuurlijk proces dat in lijn is met de bevindingen van het WL|Delft Hydraulics en Alterra over de dynamiek van het oostelijk deel van Ameland. Of dit in de toekomst ook het geval zal zijn, is niet te voorspellen. Het volgen van de dynamiek van kustlijn en vegetatie blijft daarmee van belang.



## Literatuur

- Anonymous, zonder jaar. Bodemdaling Ameland: Analyse van de waterpassingen 1986-2003. Technisch rapport NAM, Assen. 13 p.
- 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.
- 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., 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 pp. + 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.

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

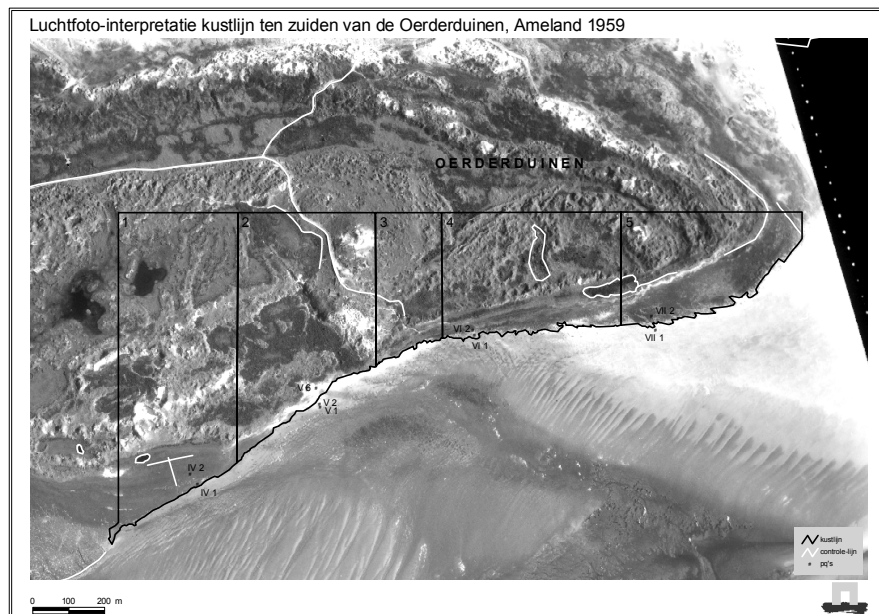
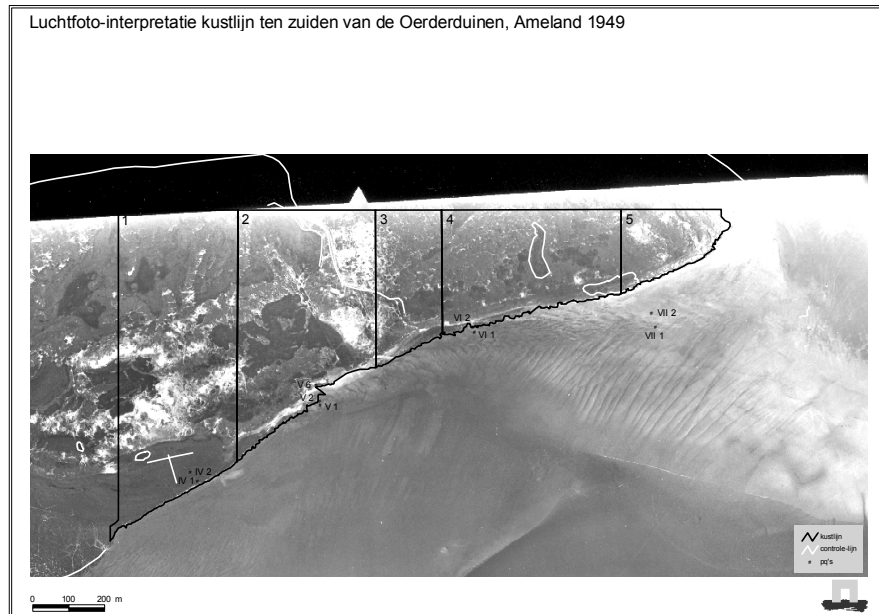
Oost, A.P., B.J. Ens, A.G. Brinkman, K.S. Dijkema, W.D. Eysink, J.J. Beukema, H.J. Gussinklo, B.M.J. Verboom & J.J. Verburgh, 1998. *Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee*. NAM, Assen. 372 p.

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.

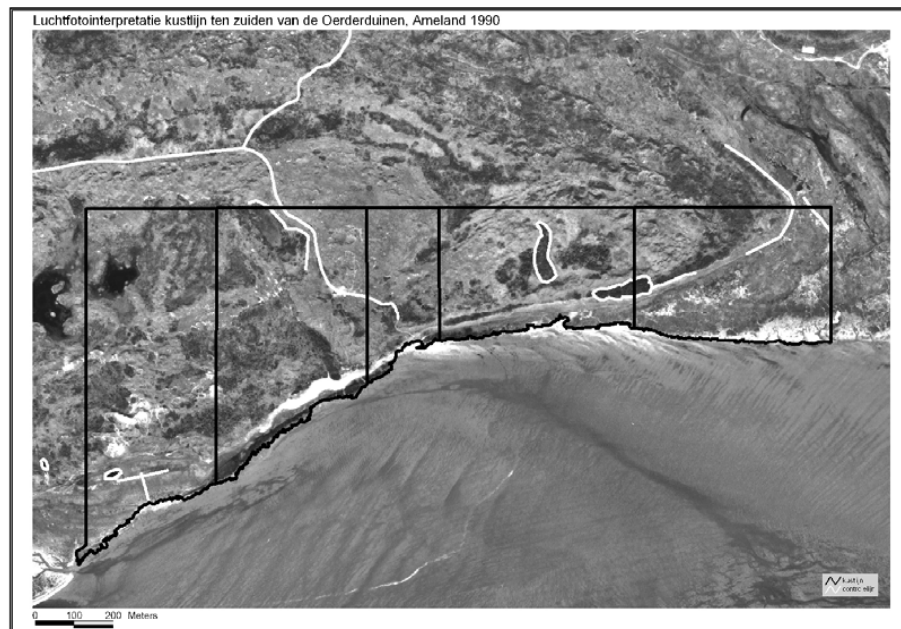
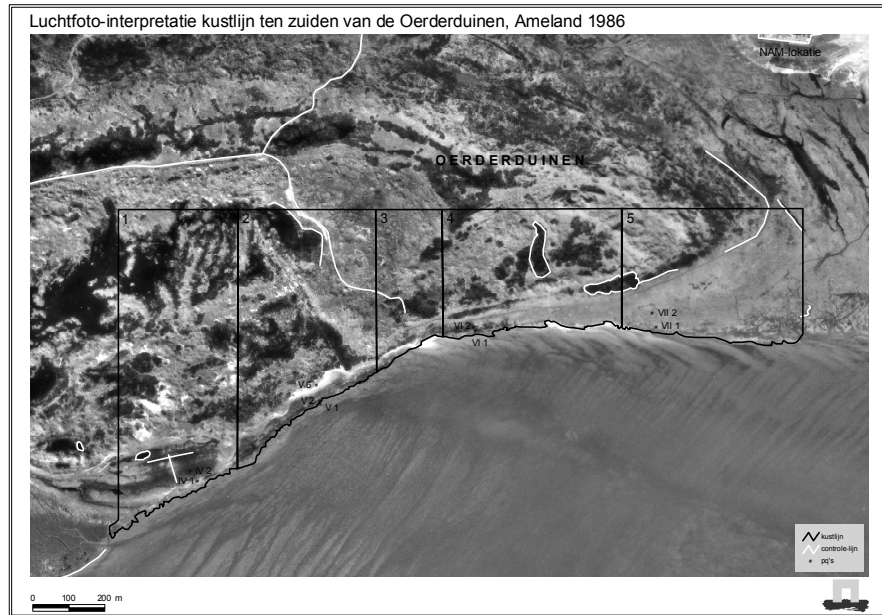


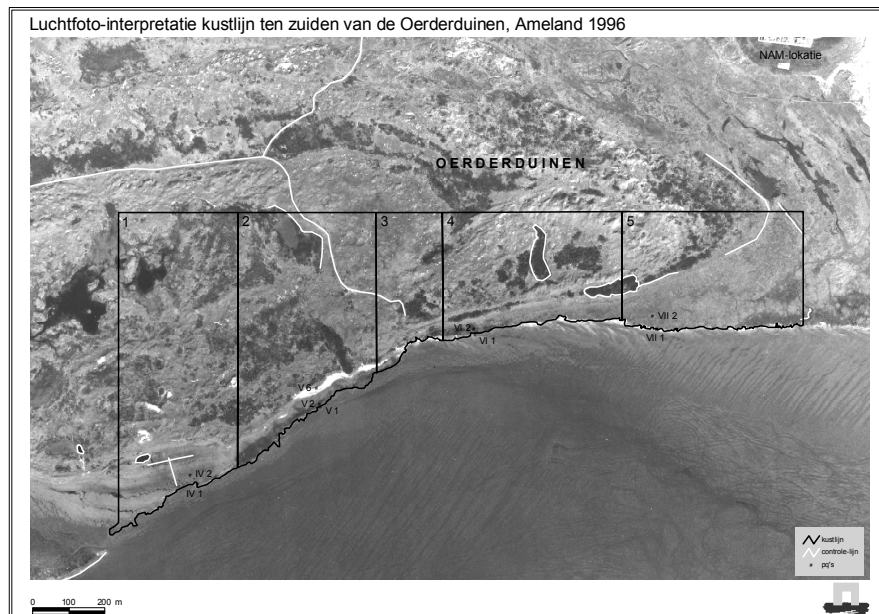


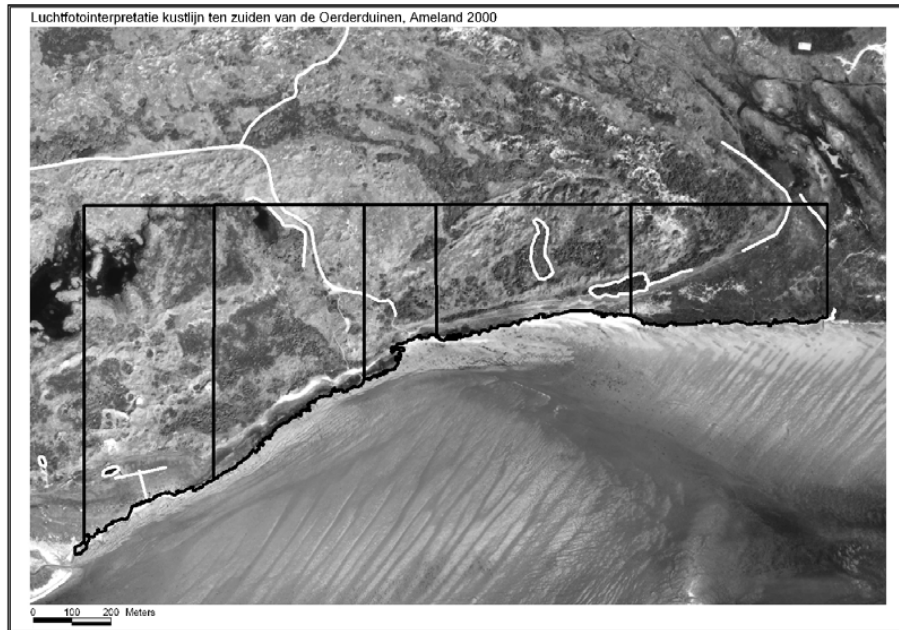
## Bijlage 1 Luchtfoto's met kustlijninterpretatie













## Bijlage 2 Clusteranalyse vegetatieopnamen 1986 en 2004

\* Raainummers in de tabel moeten als Romeinse cijfers worden gelezen.  
 \*\* De vegetatie van de vette pq-nummers, tevens versprongen, is in de loop van de tijd veranderd: door TWINSPAN in een ander cluster ingedeeld.  
 De hoofdscheiding is met een dubbele lijn en het 2<sup>e</sup> scheidingsniveau met een doorgetrokken lijn gemarkeerd. De scheiding tussen glycofyten ('zoete' plantensoorten) en halofyten ('zoute' plantensoorten) ligt ongeveer bij de lijn boven *Glaux maritima*. Soorten die slechts 1x voorkomen staan onderaan de tabel onder de witregel. Zie voor Nederlandse namen bijlage 3.

|                         |      |       |      |    |         |         |    |     |      |      |     |     |      |      |      |    |
|-------------------------|------|-------|------|----|---------|---------|----|-----|------|------|-----|-----|------|------|------|----|
| Jaar                    | 12   | 1112  | 1222 | 11 | 11      | 1112222 | 11 | 12  | 222  | 1122 | 112 | 22  | 111  | 2222 | 12   |    |
|                         | 90   | 9990  | 9000 | 99 | 99      | 9990000 | 99 | 90  | 000  | 9900 | 990 | 00  | 999  | 0000 | 90   |    |
|                         | 80   | 8880  | 8000 | 88 | 88      | 8880000 | 88 | 80  | 000  | 8800 | 880 | 00  | 888  | 0000 | 80   |    |
| 64                      | 6664 | 6444  | 66   | 66 | 6664444 | 66      | 64 | 444 | 6644 | 664  | 44  | 666 | 4444 | 64   |      |    |
| Maand                   | 98   | 8999  | 9999 | 99 | 99      | 8999899 | 89 | 99  | 999  | 8999 | 998 | 99  | 899  | 8999 | 89   |    |
| Dag                     | 13   | 2000  | 0000 | 00 | 00      | 2110300 | 31 | 10  | 000  | 3000 | 003 | 00  | 201  | 3000 | 20   |    |
|                         | 01   | 3991  | 9233 | 88 | 99      | 3001111 | 00 | 01  | 123  | 0822 | 891 | 33  | 390  | 1113 | 32   |    |
| Raainummer*             | 44   | 5675  | 7677 | 66 | 77      | 5444455 | 54 | 44  | 567  | 5666 | 674 | 77  | 574  | 4557 | 56   |    |
| Pq-nummer**             | 00   | 0 0   |      |    |         | 00000 0 |    | 00  |      | 00   |     |     |      |      |      |    |
|                         | 66   | 6006  | 0000 | 00 | 00      | 5343405 | 00 | 55  | 000  | 0220 | 000 | 00  | 000  | 0000 | 00   |    |
|                         |      | 56    | 2556 | 34 | 35      | 4       | 42 |     | 342  | 3    | 3   | 142 | 34   | 211  | 1121 | 11 |
| Gemidd hoogte vegetatie | 12   | 5333  | 5455 | 65 | 23      | 1211321 | 11 | 32  | 565  | 7566 | 111 | 34  | 455  | 1131 | 33   |    |
| Bed kale grond          | 13   | 7157  | 1111 | 53 | 21      | 7111111 | 53 | 11  | 313  | 6363 | 531 | 11  | 675  | 9959 | 99   |    |
| Bed dood materiaal      | 49   | 4543  | 8868 | 66 | 25      | 1131111 | 31 | 21  | 531  | 2763 | 221 | 11  | 134  | 1111 | 11   |    |
| Bed levend materiaal    | 99   | 7876  | 8899 | 88 | 98      | 6999999 | 89 | 99  | 899  | 7679 | 899 | 99  | 768  | 3381 | 43   |    |
| Z-coördinaat (m +NAP)   | 33   | 3222  | 1211 | 11 | 11      | 1121211 | 11 | 22  | 111  | 1111 | 111 | 11  | 111  | 0010 | 00   |    |
|                         | 64   | 0314  | 6259 | 68 | 56      | 8826058 | 67 | 54  | 164  | 1224 | 446 | 32  | 002  | 5605 | 89   |    |
|                         | 90   | 8818  | 0312 | 08 | 55      | 9629833 | 12 | 96  | 984  | 5430 | 501 | 44  | 567  | 9326 | 72   |    |
|                         | 03   | 0004  | 0516 | 00 | 00      | 0006646 | 00 | 00  | 335  | 0074 | 000 | 79  | 000  | 6048 | 05   |    |
| Aantal soorten          | 23   | 1212  | 1 1  | 11 |         | 1122112 | 21 | 23  |      | 11   | 111 |     | 1    |      |      |    |
|                         | 40   | 1469  | 2835 | 05 | 98      | 4911711 | 24 | 94  | 866  | 2052 | 211 | 78  | 594  | 1161 | 23   |    |
| Cirsium arvense         | .3   | 33.3  | .3.. | 55 | ..      | .....2  | .. | ..  | .1.  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Sonchu arvens v. marit  | ..   | 2..2  | .3.1 | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Urtica dioica           | ..   | .2..  | .... | 11 | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Eurhynchium praelongum  | ..   | .2..  | ...3 | 36 | ..      | .....1  | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Linaria vulgaris        | ..   | .1..  | ...2 | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Rumex crispus           | ..   | .1.2  | .2.. | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Cochlearia danica       | ..   | ..1.  | ...1 | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Cardamine hirsuta       | 1.   | 1...1 | ..   | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Lotus cornic v. cornic  | ..   | .4..  | .2.. | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Ammophila arenaria      | 33   | 7322  | .2.1 | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Arenaria serpyllifolia  | ..   | 1.1.  | .... | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Carex arenaria          | 26   | 2333  | .2.2 | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Galium mollugo          | 42   | 22.1  | .... | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Senecio sylvaticus      | 11   | 111.  | .... | .1 | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Plantago coronopus      | 2.   | .222  | .... | .. | ..      | .....1  | 2. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Rubus caesius           | 23   | ...1  | .... | .1 | ..      | ...1    | 1. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Cerast fontan s. vulga  | 12   | .211  | .1.1 | .. | ..      | .....   | .. | .1  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Leontodon saxatilis     | 1.   | .122  | .... | .. | ..      | .....   | .. | 1.  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Rhynchosia squarrosus   | 64   | .3..  | ...1 | .. | ..      | .....   | .. | 1.  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Sedum acre              | ..   | ..31  | .... | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Agrostis capillaris     | 74   | ....  | .... | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Galium verum            | 23   | ....  | .... | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Hypochaeris radicata    | 32   | ....  | .... | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Luzula campestris       | 35   | ....  | .... | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Plantago lanceolata     | 35   | ....  | .... | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Rumex acetosella        | 23   | ....  | .... | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Festuca filiformis      | 22   | ....  | .... | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Tarax. sect. Ruderalia  | 22   | ....  | .... | .. | ..      | .....   | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Lolium perenne          | .1   | ...2  | .... | .. | ..      | .....1  | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Holcus lanatus          | 25   | ..11  | .... | .. | ..      | .....   | .. | 32  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Poa annua               | ..   | ...1  | .... | .. | ..      | .....1  | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Cirsium vulgare         | ..   | ....  | ...1 | .. | ..      | .....   | 1. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Poa pratensis           | 45   | .512  | .2.. | .. | ..      | .23.3.1 | .. | .2  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Bellis perennis         | 1.   | ....  | .... | .. | ..      | .....1  | .. | ..  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Anthoxanthum odoratum   | .2   | ....  | .... | .. | ..      | .....   | .. | 32  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Eleocharis quinqueflor  | ..   | ....  | .... | .. | ..      | .....1  | 1. | 32  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Calliergonel cuspidata  | ..   | ....  | .... | .. | ..      | ...1    | .. | 31  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |
| Carex panicea           | ..   | ....  | .... | .. | ..      | .....   | .. | 22  | ...  | .... | ... | ..  | ...  | .... | ..   |    |



|                          |    |      |      |      |      |          |         |    |     |      |      |    |      |         |
|--------------------------|----|------|------|------|------|----------|---------|----|-----|------|------|----|------|---------|
| Cynosurus cristatus      | .1 | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 33 | ... | .... | .... | .. | .... | ..      |
| Eleocharis palustris     | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 22 | ... | .... | .... | .. | .... | ..      |
| Hydrocotyle vulgaris     | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 36 | ... | .... | .... | .. | .... | ..      |
| Lotus pedunculatus       | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 33 | ... | .... | .... | .. | .... | ..      |
| Mentha aquatica          | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 33 | ... | .... | .... | .. | .... | ..      |
| Ranunculus acris         | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 11 | ... | .... | .... | .. | .... | ..      |
| Ranunculus flammula      | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 11 | ... | .... | .... | .. | .... | ..      |
| Galium palustre          | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 12 | ... | .... | .... | .. | .... | ..      |
| Eleocharis uniglumis     | .. | .... | .... | ..   | ..   | 13.4243  | ..      | .. | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Juncus ambiguus          | .. | .... | .... | ..   | ..   | 3..1..   | 11      | .. | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Juncus articulatus       | .. | .... | .... | ..   | ..   | 322.2.3  | 1.      | 22 | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Potentilla anserina      | .. | .... | .2.. | .2   | .5   | 11335.2  | .1      | 33 | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Triglochin palustris     | .. | .... | .... | ..   | ..   | 1..1.1   | ..      | .. | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Odonti vernus s. serot   | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | 11      | .. | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Parapholis strigosa      | .. | .... | .... | ..   | ..   | .211.1   | 32      | .. | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Blysmus rufus            | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | 63      | .. | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Trifolium fragiferum     | .. | .... | .2   | .... | ..   | .144614  | 2.      | 13 | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Amblystegium varium      | .. | .... | .... | ..   | ..   | .1....   | 1.      | .. | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Drepanocladus aduncus    | .. | .... | .... | .1   | ..   | ..11..   | 6.      | .. | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Trifolium repens         | 11 | .2.1 | .... | ..   | ..   | .4233.6  | .1      | 11 | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Leontodon autumnalis     | .2 | .... | .... | ..   | ..   | .2322..  | .1      | 32 | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Carex nigra              | .. | .... | .... | ..   | ..   | .4313.1  | ..      | 76 | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Phragmites australis     | .. | .... | .... | ..   | ..   | .1.1.... | ..      | .2 | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Agrostis stolonifera     | .. | .513 | .3.1 | 12   | 34   | 6659554  | 48      | .2 | ..  | ..   | .2.. | .. | ..   | ..      |
| Plantago major           | .. | .... | .2   | .... | ..   | .....    | 3       | 11 | 1.  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Carex distans            | .. | .... | .1   | .2.. | .1   | ..       | .22.1.3 | .. | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Poa trivialis            | .. | .... | .3.. | .1.. | .1   | ..       | .62.... | .. | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Elytrigia repens         | 1. | .... | .... | .1.. | .3   | .....    | ..      | .. | ..  | ..   | ..   | .. | ..   | ..      |
| Festuca rubra            | 35 | 1465 | .614 | .4   | 77   | .473668  | .4      | 43 | .3. | .... | 23.  | .. | ..   | ..      |
| Glaux maritima           | .. | .... | .... | 1.   | 22   | 2342241  | 63      | .1 | 1.. | 12.. | 354  | 31 | .... | ..      |
| Juncus gerardi           | .. | .... | .2.. | ..   | 6.   | 1353373  | 53      | 31 | ..  | 253. | .24  | .1 | ..2  | ....    |
| Triglochin maritima      | .. | .... | .... | 1.   | ..   | .21333.  | .1      | 11 | ..  | 11.. | .1   | .. | .23  | ....    |
| Plantago maritima        | .. | .... | .... | ..   | 2.   | .22122.  | 23      | .. | ..  | .... | 122  | .. | ..2  | ....    |
| Elytrigia atherica       | .. | 1423 | 8799 | 57   | 15   | .....    | ..      | .. | .87 | .32. | .... | .. | ..   | ....    |
| Vaucheria species        | .. | .... | .... | 7.   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | .2.  | ....    |
| Spergularia marina       | .. | .... | .... | ..   | 1.   | 1..1..   | ..      | .. | ..  | 1..  | 2.2  | .. | ..   | ....    |
| Atriplex prostr v. prost | .. | .... | .1   | 2532 | 22   | 53       | ..1.2.  | .. | 332 | 5153 | 13.  | 22 | ..4  | ....    |
| Bolbosch mar s compact   | .. | .... | .... | 73   | ..   | .....    | 3.      | 1. | 75. | 7579 | 1.2  | .. | ..   | ....    |
| Tripleurospe maritimum   | .. | .... | .... | ..   | 1.   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..1  | ....    |
| Aster tripolium          | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | 1.      | .. | 2.. | 21.. | 11.  | .. | 2.2  | ....    |
| Limonium vulgare         | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..1 | 23.. | .... | .. | .2.  | ....    |
| Cochle officis s. angli  | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | 1..  | .. | .1.  | ....    |
| Spergu media s. angust   | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | 1.1 | .... | 321  | 12 | ..2  | ....    |
| Atriplex portulacoides   | .. | .... | .... | ..   | ..   | ..1....  | ..      | .. | 2.. | .... | ..   | 1. | .21  | ....    |
| Puccinellia maritima     | .. | .... | .... | ..   | 1.   | 1.....   | 2.      | .. | ..  | 1..  | 889  | 43 | 323  | ..1. 2. |
| Salicornia europaea      | .. | .... | .... | ..   | ..   | 1..1..   | ..      | .. | ..1 | 1..  | 133  | 34 | 522  | ..1. 1  |
| Spartina anglica         | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | 1..  | .3.  | .3 | 666  | ..8. .. |
| Suaeda maritima          | .. | .... | .... | ..   | ..   | ..1.1.   | ..      | .. | 516 | 1.2. | 242  | 99 | 435  | ..2. .. |
| Salicornia procumbens    | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..1  | .. | ..   | ..43    |
| Ulva lactuca             | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | 7.  | .... | ..   | .. | 1221 | ..      |
| Enteromorpha species     | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..1. | .3      |
| Viola canina             | .. | .... | .... | .1   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Myosotis ramosissima     | .. | .... | .... | .1   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Seneci jacobae s. dunen  | .. | 1..  | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Bupleurum tenuissimum    | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Galium aparine           | .. | .... | .... | .2.. | .... | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Linum catharticum        | .. | .... | .... | .3.. | .... | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Vicia lathyroides        | .. | .... | .... | .1.. | .... | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Cerastium semidecandru   | .. | .... | .... | .1.  | .... | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Syntrichia ruralis       | .. | .... | .... | .6.  | .... | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Achillea millefolium     | .2 | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Hieracium umbellatum     | .2 | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Polygonum aviculare      | .1 | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Tarax. sect. Erythr.     | .1 | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Veronica officinalis     | .1 | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Vicia sativa s. nigra    | .1 | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Calamagrostis epigejos   | .. | .... | .... | .2   | .... | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Erodium cicutae s. dunen | .. | .... | .... | .1   | .... | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Hippophae rhamnoides     | .. | .... | .... | .1   | .... | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Sagina nodosa            | .. | .... | .... | .2   | .... | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Stellaria media          | .. | .... | .... | .1   | .... | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Bryum species            | .. | .... | .... | .1   | .... | .....    | ..      | .. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Cardamine pratensis      | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 2. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Lophocolea bidentata     | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 1. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Pellia species           | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 1. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |
| Riccardia chamedryfoli   | .. | .... | .... | ..   | ..   | .....    | ..      | 1. | ..  | .... | ..   | .. | ..   | ..      |



|                               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>Cirsium palustre</i>       | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .2 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Eriophorum angustifoli</i> | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .2 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Juncus conglomeratus</i>   | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .1 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Prunella vulgaris</i>      | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .1 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Danthonia decumbens</i>    | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .2 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Trifolium pratense</i>     | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .3 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Brachytheciu rutabulum</i> | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .2 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Puccin distan s. dista</i> | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 2  | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Salix repens</i>           | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 1  | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Centaurium pulchellum</i>  | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 1  | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Henediella heimii</i>      | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 1  | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Juncus maritimus</i>       | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 3  | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Eleocharis multicaulis</i> | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 2  | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Brachytheciu mildeanum</i> | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 1  | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Drepanocladu polygamus</i> | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 1  | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| <i>Seriphidium maritimum</i>  | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 1  | .. |





## Bijlage 3 Waargenomen plantensoorten en frequenties

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

| Aantal soorten   | 106             | 97   | 102  | Nederlandse naam                        |
|--|-----------------|------|------|---|
|  | aantal vondsten |      |      |   |
| Wetenschappelijke naam                                 | 1986            | 1999 | 2004 |   |
| <i>Achillea millefolium</i>                            | 0               | 0    | 1    | Gewoon duizendblad                      |
| <i>Agrostis capillaris</i>                             | 1               | 1    | 1    | Gewoon struisgras                       |
| <i>Agrostis stolonifera</i>                            | 12              | 10   | 8    | Fioringras                              |
| <i>Amblystegium varium</i>                             | 2               | 0    | 0    | <i>Oeverpluisdraadmos</i>               |
| <i>Ammophila arenaria</i>                              | 4               | 4    | 4    | Helm                                    |
| <i>Anthoxanthum odoratum</i>                           | 1               | 2    | 2    | Gewoon reukgras                         |
| <i>Arenaria serpyllifolia</i>                          | 2               | 0    | 0    | Gewone zandmuur                         |
| <i>Aster tripolium</i>                                 | 7               | 1    | 1    | Zulte                                   |
| <i>Atriplex portulacoides</i>                          | 2               | 2    | 3    | Gewone zoutmelde                        |
| <i>Atriplex prostrata</i> var. <i>prostrata</i>        | 10              | 9    | 13   | Spiesmelde (var. <i>prostrata</i> )     |
| <i>Bellis perennis</i>                                 | 1               | 0    | 1    | Madeliefje                              |
| <i>Blysmus rufus</i>                                   | 2               | 2    | 0    | Rode bies                               |
| <i>Bolboschoenus maritimus</i> subsp. <i>compactus</i> | 6               | 7    | 6    | Zeebies (heen)                          |
| <i>Brachythecium albicans</i>                          | 0               | 1    | 0    | <i>Bleek dikkopmos</i>                  |
| <i>Brachythecium mildeanum</i>                         | 1               | 1    | 0    | <i>Moerasdikkopmos</i>                  |
| <i>Brachythecium rutabulum</i>                         | 0               | 0    | 1    | <i>Gewoon dikkopmos</i>                 |
| <i>Bromus hordeaceus</i>                               | 0               | 1    | 0    | Zachte dravik s.l.                      |
| <i>Bryum species</i>                                   | 0               | 2    | 1    | <i>Knikmos (G)</i>                      |
| <i>Bupleurum tenuissimum</i>                           | 1               | 1    | 0    | Fijn goudscherm                         |
| <i>Calamagrostis epigejos</i>                          | 0               | 0    | 1    | Duinriet                                |
| <i>Calliergonella cuspidata</i>                        | 2               | 2    | 1    | <i>Gewoon puntmos</i>                   |
| <i>Cardamine hirsuta</i>                               | 2               | 1    | 1    | Kleine veldkers                         |
| <i>Cardamine pratensis</i>                             | 1               | 1    | 0    | Pinksterbloem                           |
| <i>Carex arenaria</i>                                  | 4               | 4    | 4    | Zandzegge                               |
| <i>Carex distans</i>                                   | 3               | 4    | 4    | Zilte zegge                             |
| <i>Carex nigra</i>                                     | 3               | 3    | 4    | Zwarte zegge                            |
| <i>Carex panicea</i>                                   | 1               | 1    | 1    | Blauwe zegge                            |
| <i>Centaureum pulchellum</i>                           | 1               | 0    | 0    | Fraai duizendguldenkruid                |
| <i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>vulgare</i>        | 3               | 3    | 5    | Gewone hoornbloem                       |
| <i>Cerastium semidecandrum</i>                         | 1               | 0    | 0    | Zandhoornbloem                          |
| <i>Cirsium arvense</i>                                 | 4               | 5    | 5    | Akkerdistel                             |
| <i>Cirsium palustre</i>                                | 0               | 1    | 1    | Kale jonker                             |
| <i>Cirsium vulgare</i>                                 | 1               | 0    | 1    | Speerdistel                             |
| <i>Cladonia species</i>                                | 0               | 1    | 0    | <i>Heidestaartje &amp; Bekermos (G)</i> |
| <i>Cochlearia danica</i>                               | 1               | 1    | 1    | Deens lepelblad                         |
| <i>Cochlearia officinalis</i> subsp. <i>anglica</i>    | 2               | 0    | 0    | Engels lepelblad                        |
| <i>Cynosurus cristatus</i>                             | 1               | 3    | 2    | Kamgras                                 |
| <i>Danthonia decumbens</i>                             | 0               | 1    | 1    | Tandjesgras                             |
| <i>Drepanocladus aduncus</i>                           | 2               | 0    | 2    | <i>Moerassikkelmos</i>                  |
| <i>Drepanocladus polygamus</i>                         | 0               | 1    | 1    | <i>Goudsikkelmos</i>                    |
| <i>Eleocharis multicaulis</i>                          | 1               | 0    | 0    | Veelstengelige waterbies                |
| <i>Eleocharis palustris</i>                            | 1               | 1    | 1    | Gewone waterbies                        |
| <i>Eleocharis quinqueflora</i>                         | 2               | 0    | 2    | Armbloemige waterbies                   |
| <i>Eleocharis uniglumis</i>                            | 3               | 4    | 4    | Slanke waterbies                        |
| <i>Elytrigia atherica</i>                              | 9               | 9    | 7    | Strandkweek                             |
| <i>Elytrigia repens</i>                                | 2               | 2    | 1    | Kweek                                   |
| <i>Enteromorpha species</i>                            | 0               | 2    | 2    | <i>Darmwier</i>                         |
| <i>Eriophorum angustifolium</i>                        | 0               | 1    | 1    | Veenpluis                               |
| <i>Erodium cicutarium</i> subsp. <i>dunense</i>        | 0               | 0    | 1    | Duinreigersbek                          |
| <i>Eurhynchium praelongum</i>                          | 3               | 4    | 2    | <i>Fijn laddermos</i>                   |
| <i>Festuca filiformis</i>                              | 1               | 1    | 1    | Fijn schapengras                        |
| <i>Festuca rubra</i>                                   | 14              | 11   | 11   | Rood zwenkgras s.s.                     |



| Aantal soorten                       | 106             | 97   | 102  | Nederlandse naam          |
|--------------------------------------|-----------------|------|------|---------------------------|
|                                      | aantal vondsten |      |      |                           |
| Wetenschappelijke naam               | 1986            | 1999 | 2004 |                           |
| Galium aparine                       | 1               | 0    | 0    | Kleefkruid                |
| Galium mollugo                       | 3               | 1    | 2    | Glad walstro              |
| Galium palustre                      | 1               | 1    | 1    | Moeraswalstro             |
| Galium verum                         | 1               | 1    | 1    | Geel walstro              |
| Glaux maritima                       | 12              | 7    | 9    | Melkkruid                 |
| <i>Hennediella heimii</i>            | 1               | 2    | 0    | Ziltmos                   |
| Hieracium umbellatum                 | 0               | 1    | 1    | Schermhavikskruid         |
| Hippophae rhamnoides                 | 0               | 0    | 1    | Duindoorn                 |
| Holcus lanatus                       | 3               | 2    | 3    | Gestreepte witbol         |
| Hydrocotyle vulgaris                 | 1               | 1    | 1    | Gewone waternavel         |
| Hypochaeris radicata                 | 1               | 1    | 1    | Gewoon biggenkruid        |
| Juncus ambiguus                      | 3               | 1    | 1    | Zilte greppelrus          |
| Juncus articulatus                   | 5               | 3    | 3    | Zomprus                   |
| Juncus conglomeratus                 | 0               | 0    | 1    | Biezenknoppen             |
| Juncus gerardi                       | 11              | 11   | 9    | Zilte rus                 |
| Juncus maritimus                     | 1               | 1    | 0    | Zeerus                    |
| Leontodon autumnalis                 | 4               | 4    | 4    | Vertakte leeuwentand      |
| Leontodon saxatilis                  | 4               | 1    | 1    | Kleine leeuwentand        |
| Limonium vulgare                     | 3               | 0    | 1    | Lamsoor                   |
| Linaria vulgaris                     | 1               | 0    | 1    | Vlasbekje                 |
| Linum catharticum                    | 1               | 0    | 0    | Geelhartje                |
| Lolium perenne                       | 0               | 2    | 3    | Engels raaigras           |
| <i>Lophocolea bidentata</i>          | 1               | 0    | 0    | Gewoon kantmos            |
| Lotus corniculatus var. corniculatus | 1               | 0    | 1    | Gewone rolklaver          |
| Lotus pedunculatus                   | 1               | 1    | 1    | Moerasrolklaver           |
| Luzula campestris                    | 1               | 1    | 1    | Gewone veldbies           |
| Mentha aquatica                      | 1               | 1    | 1    | Watermunt                 |
| Myosotis ramosissima                 | 0               | 0    | 1    | Ruw vergeet-mij-nietje    |
| Odontites vernus subsp. serotinus    | 2               | 0    | 0    | Rode ogentroost           |
| Parapholis strigosa                  | 4               | 3    | 2    | Dunstaart                 |
| <i>Pellia species</i>                | 1               | 0    | 0    | Plakkaatmos (G)           |
| Phragmites australis                 | 1               | 2    | 2    | Riet                      |
| Plantago coronopus                   | 4               | 2    | 2    | Hertshoornweegbree        |
| Plantago lanceolata                  | 1               | 2    | 1    | Smalle weegbree           |
| Plantago major                       | 3               | 2    | 2    | Grote en Getande weegbree |
| Plantago maritima                    | 8               | 4    | 4    | Zeeweegbree               |
| Poa annua                            | 1               | 1    | 1    | Straatgras                |
| Poa pratensis                        | 5               | 6    | 6    | Veldbeemdgras             |
| Poa trivialis                        | 4               | 2    | 1    | Ruw beemdgras             |
| Polygonum aviculare                  | 0               | 2    | 1    | Gewoon varkensgras        |
| Potentilla anserina                  | 7               | 5    | 5    | Zilverschoon              |
| Prunella vulgaris                    | 0               | 0    | 1    | Gewone brunel             |
| Puccinellia distans subsp. distans   | 1               | 0    | 0    | Stomp kweldergras s.s.    |
| Puccinellia maritima                 | 10              | 5    | 4    | Gewoon kweldergras        |
| Ranunculus acris                     | 1               | 0    | 1    | Scherpe boterbloem        |
| Ranunculus flammula                  | 1               | 1    | 1    | Egelboterbloem            |
| <i>Rhytiadelphus squarrosus</i>      | 3               | 2    | 2    | Gewoon haakmos            |
| <i>Riccardia chamedryfolia</i>       | 1               | 0    | 0    | Gewoon moerasvorkje       |
| Rosa canina                          | 0               | 1    | 0    | Hondsroos                 |
| Rubus caesius                        | 4               | 1    | 2    | Dauwbraam                 |
| Rumex acetosella                     | 1               | 1    | 1    | Schapenzuring             |
| Rumex crispus                        | 1               | 1    | 2    | Krulzuring                |
| Sagina maritima                      | 0               | 1    | 0    | Zeevetmuur                |
| Sagina nodosa                        | 0               | 1    | 1    | Sierlijke vetmuur         |
| Salicornia europaea                  | 7               | 8    | 7    | Kortarige zeekraal        |
| Salicornia procumbens                | 1               | 2    | 2    | Langarige zeekraal        |
| Salix repens                         | 1               | 0    | 0    | Kruipwilg                 |
| Sedum acre                           | 1               | 0    | 1    | Muurpeper                 |
| Senecio jacobaea subsp. dunensis     | 1               | 3    | 0    | Duinkruiskruid            |
| Senecio sylvaticus                   | 5               | 1    | 1    | Boskruiskruid             |
| Seriphidium maritimum                | 1               | 0    | 0    | Zeealsem                  |
| Sonchus arvensis var. maritimus      | 1               | 2    | 3    | Zeemelkdistel             |



| Aantal soorten                                   | 106             | 97   | 102  | Nederlandse naam                  |
|--|-----------------|------|------|-----------------------------------|
|  | aantal vondsten |      |      |                                   |
| Wetenschappelijke naam                           | 1986            | 1999 | 2004 |                                   |
| <i>Spartina anglica</i>                          | 5               | 2    | 2    | Engels slijkgras                  |
| <i>Spergularia marina</i>                        | 4               | 1    | 2    | Zilte schijnspurrie               |
| <i>Spergularia media</i> subsp. <i>angustata</i> | 3               | 5    | 5    | Gerande schijnspurrie             |
| <i>Stellaria media</i>                           | 0               | 1    | 1    | Vogelmuur                         |
| <i>Suaeda maritima</i>                           | 6               | 5    | 10   | Schorrenkruid                     |
| <i>Syntrichia ruralis</i>                        | 1               | 0    | 0    | <i>Dak- en Grootduinsterretje</i> |
| <i>Taraxacum</i> sectie <i>Erythrosperma</i>     | 0               | 1    | 1    | Zandpaardenbloemen                |
| <i>Taraxacum</i> sectie <i>Ruderalia</i>         | 1               | 1    | 1    | Gewone paardebloemen              |
| <i>Trifolium fragiferum</i>                      | 4               | 5    | 6    | Aardbeiklaver                     |
| <i>Trifolium pratense</i>                        | 0               | 1    | 1    | Rode klaver                       |
| <i>Trifolium repens</i>                          | 6               | 6    | 6    | Witte klaver                      |
| <i>Triglochin maritima</i>                       | 9               | 4    | 5    | Schorrenzoutgras                  |
| <i>Triglochin palustris</i>                      | 1               | 1    | 2    | Moeraszoutgras                    |
| <i>Tripleurospermum maritimum</i>                | 2               | 0    | 0    | Reukeloze kamille                 |
| <i>Ulva lactuca</i>                              | 0               | 3    | 5    | <i>Ulva lactuca</i> (wier)        |
| <i>Urtica dioica</i>                             | 3               | 1    | 0    | Grote brandnetel                  |
| <i>Vaucheria species</i>                         | 2               | 0    | 0    | <i>Vaucheria species</i>          |
| <i>Veronica officinalis</i>                      | 0               | 0    | 1    | Mannetjesereprijs                 |
| <i>Vicia lathyroides</i>                         | 1               | 2    | 0    | Lathyruswikke                     |
| <i>Vicia sativa</i> subsp. <i>nigra</i>          | 0               | 0    | 1    | Smalle wikke s.s.                 |
| <i>Viola canina</i>                              | 1               | 0    | 0    | Hondsviooltje                     |



## Bijlage 4 Rijksdriehoekcoördinaten van de pq's 1986/1988 (1999)

(Z-coördinaat in m +NAP)

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 5 Negendelige opnameschaal (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 6 Rijksdriehoekcoördinaten van de pq's 2004

Werkelijk gemeten coördinaten Kustafslag ten zuiden van de Oerderduinen te Ameland.

| 17-aug-04                            |            |            |       |
|--------------------------------------|------------|------------|-------|
| RTK-DGPS Cor van der Laan Oranjewoud |            |            |       |
| Raai- en pq-nummer                   | X          | Y          | Z     |
| IV 01                                | 188813,314 | 607594,174 | 0,596 |
| IV 02                                | 188794,991 | 607620,776 | 1,610 |
| IV 03                                | 188787,541 | 607631,561 | 1,696 |
| IV 04                                | 188771,333 | 607655,170 | 2,086 |
| IV 05                                | 188748,150 | 607688,793 | 2,460 |
| IV 06                                | 188735,857 | 607706,568 | 3,403 |
| V 01                                 | 189155,912 | 607808,626 | 0,630 |
| V 02                                 | 189154,664 | 607815,621 | 1,024 |
| V 03                                 | 189153,118 | 607823,652 | 1,193 |
| V 04                                 | 189150,483 | 607837,537 | 1,534 |
| V 05                                 | 189148,315 | 607849,719 | 1,836 |
| V 06                                 | 189145,036 | 607862,575 | 2,484 |
| VI 01                                | 189585,657 | 608010,653 | 0,925 |
| VI 02                                | 189583,174 | 608024,445 | 1,237 |
| VI 03                                | 189581,348 | 608032,571 | 1,404 |
| VI 04                                | 189578,902 | 608042,384 | 1,683 |
| VI 05                                | 189577,363 | 608050,568 | 2,235 |
| VII 01                               | 190091,633 | 608023,402 | 0,568 |
| VII 02                               | 190080,046 | 608063,389 | 1,445 |
| VII 03                               | 190075,631 | 608078,676 | 1,347 |
| VII 04                               | 190071,953 | 608091,655 | 1,249 |
| VII 05                               | 190062,434 | 608126,083 | 1,511 |
| VII 06                               | 190058,900 | 608138,234 | 1,926 |



## Bijlage 7 Opnamen van alle pq's (01 t/m 06) van raai VII in 1986 en 2004

| Tabelnummer                              | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |                             |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------|
| Jaar                                     | 1986   | 1986   | 1986   | 1986   | 1986   | 1986   |                             |
| Maand                                    | 09     | 09     | 09     | 09     | 09     | 09     |                             |
| Dag                                      | 09     | 09     | 09     | 09     | 09     | 09     |                             |
| Expositie ('NWZOVX')                     |        |        |        |        |        |        |                             |
| Inclinatorie (graden)                    |        |        |        |        |        |        |                             |
| Opnr                                     | 075    | 076    | 077    | 078    | 079    | 080    |                             |
| Pqnr                                     | VII 01 | VII 02 | VII 03 | VII 04 | VII 05 | VII 06 |                             |
| Gemiddelde hoogte vegetatie              | 5      | 5      | 2      | 1      | 3      | 3      |                             |
| Bedekking kale grond                     | 7      | 1      | 2      | 3      | 1      | 5      |                             |
| Bedekking dood materiaal                 | 3      | 8      | 2      | 2      | 5      | 4      |                             |
| Bedekking levend materiaal               | 6      | 8      | 9      | 9      | 8      | 7      |                             |
| Z-coördinaat (hoogte m +NAP)             | 1,060  | 1,600  | 1,550  | 1,400  | 1,650  | 2,110  |                             |
| Aantal soorten                           | 9      | 2      | 9      | 11     | 8      | 16     |                             |
| Wetenschappelijke naam                   |        |        |        |        |        |        | Ned_naam                    |
| <i>Cochlearia officinalis s. anglica</i> | 1      | .      | .      | .      | .      | .      | Engels lepelblad            |
| <i>Vaucheria species</i>                 | 2      | .      | .      | .      | .      | .      | Vaucheria species           |
| <i>Atriplex portulacoides</i>            | 2      | .      | .      | .      | .      | .      | Gewone zoutmelde            |
| <i>Limonium vulgare</i>                  | 2      | .      | .      | .      | .      | .      | Lamsoor                     |
| <i>Triglochin maritima</i>               | 2      | .      | .      | .      | .      | .      | Schorrenzoutgras            |
| <i>Spartina anglica</i>                  | 6      | .      | .      | 3      | .      | .      | Engels slijkgras            |
| <i>Suaeda maritima</i>                   | 3      | .      | .      | 4      | .      | .      | Schorrenkruid               |
| <i>Salicornia europaea</i>               | 2      | .      | .      | 3      | .      | .      | Kortarige zeekraal          |
| <i>Puccinellia maritima</i>              | 2      | .      | 1      | 8      | .      | .      | Gewoon kweldergras          |
| <i>Elytrigia atherica</i>                | .      | 8      | 1      | .      | 5      | 2      | Strandkweek                 |
| <i>Atriplex prostrata var. prostrata</i> | .      | 2      | 5      | 3      | 3      | .      | Spiesmelde (var. prostrata) |
| <i>Festuca rubra</i>                     | .      | .      | 7      | 3      | 7      | 6      | Rood zwenkgras s.s.         |
| <i>Juncus gerardi</i>                    | .      | .      | 6      | 2      | .      | .      | Zilte rus                   |
| <i>Plantago maritima</i>                 | .      | .      | 2      | 2      | .      | .      | Zeeweegbree                 |
| <i>Spergularia marina</i>                | .      | .      | 1      | .      | .      | .      | Zilte schijnspurrie         |
| <i>Glaux maritima</i>                    | .      | .      | 2      | 5      | 2      | .      | Melkkruid                   |
| <i>Agrostis stolonifera</i>              | .      | .      | 3      | .      | 4      | 1      | Fioringras                  |
| <i>Spergularia media s. angustata</i>    | .      | .      | .      | 2      | .      | .      | Gerande schijnspurrie       |
| <i>Aster tripolium</i>                   | .      | .      | .      | 1      | .      | .      | Zulte                       |
| <i>Potentilla anserina</i>               | .      | .      | .      | .      | 5      | .      | Zilver schoon               |
| <i>Elytrigia repens</i>                  | .      | .      | .      | .      | 3      | .      | Kweek                       |
| <i>Juncus maritimus</i>                  | .      | .      | .      | .      | 3      | .      | Zeerus                      |
| <i>Syntrichia ruralis</i>                | .      | .      | .      | .      | .      | 6      | Dak- en Grootduinsterretje  |
| <i>Sedum acre</i>                        | .      | .      | .      | .      | .      | 3      | Muurpeper                   |
| <i>Carex arenaria</i>                    | .      | .      | .      | .      | .      | 3      | Zandzegge                   |
| <i>Ammophila arenaria</i>                | .      | .      | .      | .      | .      | 2      | Helm                        |
| <i>Leontodon saxatilis</i>               | .      | .      | .      | .      | .      | 2      | Kleine leeuwentand          |
| <i>Plantago coronopus</i>                | .      | .      | .      | .      | .      | 2      | Hertshoornweegbree          |
| <i>Arenaria serpyllifolia</i>            | .      | .      | .      | .      | .      | 1      | Gewone zandmuur             |
| <i>Cerastium fontanum s. vulgare</i>     | .      | .      | .      | .      | .      | 1      | Gewone hoornbloem           |
| <i>Cerastium semidecandrum</i>           | .      | .      | .      | .      | .      | 1      | Zandhoornbloem              |
| <i>Cochlearia danica</i>                 | .      | .      | .      | .      | .      | 1      | Deens lepelblad             |
| <i>Holcus lanatus</i>                    | .      | .      | .      | .      | .      | 1      | Gestreepte witbol           |
| <i>Poa pratensis</i>                     | .      | .      | .      | .      | .      | 1      | Veldbeemdgras               |
| <i>Senecio sylvaticus</i>                | .      | .      | .      | .      | .      | 1      | Boskruiskruid               |



## Bijlage 8 Opnamen van de pq's 02, 04 en 05 van raai VI in 1986, 1999 en 2004

| Tabelnummer                          | 1            | 2            | 3            |  |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--|
| Jaar                                 | 1986         | 1999         | 2004         |  |
| Maand                                | 09           | 08           | 09           |  |
| Dag                                  | 08           | 27           | 02           |  |
| Expositie ('NWZOVX')                 |              | V            | V            |  |
| Inclinatie (graden)                  |              |              | 1            |  |
| Bedekking totaal (%)                 | 0            | 0            | 0            |  |
| Opnr                                 | 071          | 021          | 156          |  |
| <b>Pqnr</b>                          | <b>VI 02</b> | <b>VI 02</b> | <b>VI 02</b> |  |
| Gemiddelde hoogte vegetatie          | 5            | 6            | 6            |  |
| Bedekking kale grond                 | 3            | 1            | 6            |  |
| Bedekking dood materiaal             | 7            | 6            | 6            |  |
| Bedekking levend materiaal           | 6            | 9            | 7            |  |
| Z-coördinaat (hoogte m +NAP)         | 1,240        | 1,230        | 1,237        |  |
| Aantal soorten                       | 10           | 5            | 5            |  |
| Aster tripolium                      | 1            | .            | .            | Zulte                                  |
| Triglochin maritima                  | 1            | .            | .            | Schorrenzoutgras                       |
| Eleocharis uniglumis                 | 1            | .            | .            | Slanke waterbies                       |
| Glaux maritima                       | 2            | .            | .            | Melkkruid                              |
| Agrostis stolonifera                 | 2            | .            | .            | Fioringras                             |
| Limonium vulgare                     | 3            | .            | .            | Lamsoor                                |
| Elytrigia atherica                   | 3            | 3            | 2            | Strandkweek                            |
| Juncus gerardi                       | 5            | 6            | 3            | Zilte rus                              |
| Atriplex prostrata v. prostrata      | 1            | 2            | 5            | Spiesmelde (var. prostrata)            |
| Bolboschoenus maritimus s. compactus | 5            | 6            | 7            | Bolboschoenus maritimus ssp. compactus |
| Puccinellia maritima                 | .            | 2            | .            | Gewoon kweldergras                     |
| Suaeda maritima                      | .            | .            | 2            | Schorrenkruid                          |

| Tabelnummer                          | 1            | 2            | 3            |  |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--|
| Jaar                                 | 1986         | 1999         | 2004         |  |
| Maand                                | 09           | 08           | 09           |  |
| Dag                                  | 08           | 27           | 02           |  |
| Expositie ('NWZOVX')                 |              | V            | V            |  |
| Inclinatie (graden)                  |              |              | 1            |  |
| Bedekking totaal (%)                 | 0            | 0            | 0            |  |
| Opnr                                 | 073          | 023          | 158          |  |
| <b>Pqnr</b>                          | <b>VI 04</b> | <b>VI 04</b> | <b>VI 04</b> |  |
| Gemiddelde hoogte vegetatie          | 5            | 6            | 6            |  |
| Bedekking kale grond                 | 3            | 1            | 1            |  |
| Bedekking dood materiaal             | 6            | 1            | 3            |  |
| Bedekking levend materiaal           | 8            | 9            | 9            |  |
| Z-coördinaat (hoogte m +NAP)         | 1,880        | 1,710        | 1,683        |  |
| Aantal soorten                       | 15           | 9            | 6            |  |
| Tripleurospermum maritimum           | 1            | .            | .            | Reukeloze kamille                      |
| Poa trivialis                        | 1            | .            | .            | Ruw beemdgras                          |
| Rubus caesius                        | 1            | .            | .            | Dauwbraam                              |
| Senecio sylvaticus                   | 1            | .            | .            | Boskruiskruid                          |
| Urtica dioica                        | 1            | .            | .            | Grote brandnetel                       |
| Viola canina                         | 1            | .            | .            | Hondsviooltje                          |
| Potentilla anserina                  | 2            | .            | .            | Zilverschoon                           |
| Agrostis stolonifera                 | 2            | 3            | .            | Fioringras                             |
| Carex distans                        | 1            | 3            | .            | Zilte zegge                            |
| Cirsium arvense                      | 5            | 2            | 1            | Akkerdistel                            |
| Elytrigia atherica                   | 7            | 6            | 8            | Strandkweek                            |
| Festuca rubra                        | 4            | 7            | 3            | Rood zwenkgras s.s.                    |
| Eurhynchium praelongum               | 6            | 2            | .            | Fijn laddermos                         |
| Atriplex prostrata v. prostrata      | 2            | 1            | 3            | Spiesmelde (var. prostrata)            |
| Bolboschoenus maritimus s. compactus | 3            | 5            | 5            | Bolboschoenus maritimus ssp. compactus |
| Juncus gerardi                       | .            | 4            | .            | Zilte rus                              |
| Suaeda maritima                      | .            | .            | 1            | Schorrenkruid                          |





| Tabelnummer                        | 1            | 2            | 3            |                             |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|
| Jaar                               | 1986         | 1999         | 2004         |                             |
| Maand                              | 09           | 08           | 09           |                             |
| Dag                                | 09           | 26           | 02           |                             |
| Expositie ('NWZOVX')               |              | Z            | Z            |                             |
| Inclinatie (graden)                |              |              | 11           |                             |
| Bedekking totaal (%)               | 0            | 0            | 0            |                             |
| Opnr                               | 074          | 020          | 159          |                             |
| <b>Pqnr</b>                        | <b>VI 05</b> | <b>VI 05</b> | <b>VI 05</b> |                             |
| Gemiddelde hoogte vegetatie        | 3            | 3            | 4            |                             |
| Bedekking kale grond               | 1            | 4            | 1            |                             |
| Bedekking dood materiaal           | 5            | 4            | 8            |                             |
| Bedekking levend materiaal         | 8            | 8            | 8            |                             |
| Z-coördinaat (hoogte m +NAP)       | 2,380        | 2,250        | 2,235        |                             |
| Aantal soorten                     | 24           | 32           | 18           |                             |
| Leontodon saxatilis                | 1            | .            | .            | Kleine leeuwentand          |
| Linaria vulgaris                   | 1            | .            | .            | Vlasbekje                   |
| Galium aparine                     | 2            | .            | .            | Kleefkruid                  |
| Galium mollugo                     | 2            | .            | .            | Glad walstro                |
| Linum catharticum                  | 3            | .            | .            | Geelhartje                  |
| Rhytiadelphus squarrosus           | 3            | .            | .            | Gewoon haakmos              |
| Bupleurum tenuissimum              | 1            | 1            | .            | Fijn goudscherm             |
| Senecio sylvaticus                 | 1            | 1            | .            | Boskruiskruid               |
| Vicia lathyroides                  | 1            | 1            | .            | Lathyruswikke               |
| Eurhynchium praelongum             | 2            | 1            | .            | Fijn laddermos              |
| Urtica dioica                      | 2            | 1            | .            | Grote brandnetel            |
| Trifolium repens                   | 2            | 2            | .            | Witte klaver                |
| Plantago coronopus                 | 2            | 2            | .            | Hertshoornweegbree          |
| Lotus corniculatus v. corniculatus | 4            | .            | 2            | Gewone rolklaver            |
| Agrostis stolonifera               | 5            | 7            | 3            | Fioringras                  |
| Ammophila arenaria                 | 3            | 2            | 2            | Helm                        |
| Carex arenaria                     | 3            | 2            | 2            | Zandzegge                   |
| Cerastium fontanum s. vulgare      | 2            | 3            | 1            | Gewone hoornbloem           |
| Cirsium arvense                    | 3            | 3            | 3            | Akkerdistel                 |
| Elytrigia atherica                 | 4            | 3            | 7            | Strandkweek                 |
| Festuca rubra                      | 4            | 3            | 6            | Rood zwenkgras s.s.         |
| Poa pratensis                      | 5            | 3            | 2            | Veldbeemdgras               |
| Poa trivialis                      | 3            | 1            | 1            | Ruw beemdgras               |
| Rumex crispus                      | 1            | 2            | 2            | Krulzuring                  |
| Plantago lanceolata                | .            | 2            | .            | Smalle weegbree             |
| Polygonum aviculare                | .            | 2            | .            | Gewoon varkensgras          |
| Sagina nodosa                      | .            | 2            | .            | Sierlijke vetmuur           |
| Plantago major                     | .            | 2            | .            | Grote en Getande weegbree   |
| Sagina maritima                    | .            | 1            | .            | Zeevetmuur                  |
| Senecio jacobaea s. dunensis       | .            | 1            | .            | Duinkruiskruid              |
| Rosa canina                        | .            | 1            | .            | Hondsroos                   |
| Bryum species                      | .            | 1            | .            | Knikmos (G)                 |
| Henediella heimii                  | .            | 1            | .            | Ziltmos                     |
| Carex distans                      | .            | 3            | 2            | Zilte zegge                 |
| Juncus gerardi                     | .            | 3            | 2            | Zilte rus                   |
| Atriplex prostrata v. prostrata    | .            | 2            | 5            | Spiesmelde (var. prostrata) |
| Sonchus arvensis v. maritimus      | .            | 3            | 3            | Zeemelkdistel               |
| Potentilla anserina                | .            | 2            | 2            | Zilverschoon                |
| Elytrigia repens                   | .            | 1            | 1            | Kweek                       |
| Cardamine hirsuta                  | .            | .            | 1            | Kleine veldkers             |



## Bijlage 9 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.

| grenzen  | -0,5         | 0,50         |       |              |
|----------|--------------|--------------|-------|--------------|
|          | 1° As        | 2° As        | 3° As | 4° As        |
| licht    | <b>-0,81</b> | 0,22         | -0,06 | 0,21         |
| vocht    | <b>-0,77</b> | <b>-0,63</b> | -0,10 | -0,30        |
| zuur     | <b>-0,82</b> | -0,09        | -0,10 | -0,15        |
| stikstof | <b>-0,75</b> | 0,44         | -0,04 | 0,26         |
| zout     | <b>-0,94</b> | -0,18        | -0,29 | -0,18        |
| NBW      | -0,34        | <b>-0,57</b> | -0,35 | <b>-0,53</b> |
| Nspec    | <b>0,76</b>  | -0,37        | 0,04  | -0,24        |



*Klifrand met afslag aan de westkant van de kuststrook onder Het Oerd, beheerd door 'De Vennoot' (augustus 2004). Foto: R.M.A. Wegman.*



*Klifrand en afslag met nieuwe pioniervegetatie aan de westkant van de kuststrook onder Het Oerd, beheerd door 'De Vennoot' (augustus 2004). Foto: R.M.A. Wegman.*





*Klifrand met opgerolde zeebiesvegetatie aan de oostzijde van de kuststrook onder de Oerderduinen, beheerd door It Fryske Gea (augustus 2004). Foto: R.M.A. Wegman.*



*Klifrand met nieuwe zeekraalvegetatie aan de oostzijde van de kuststrook onder de Oerderduinen, beheerd door It Fryske Gea (augustus 2004). Foto: R.M.A. Wegman.*

