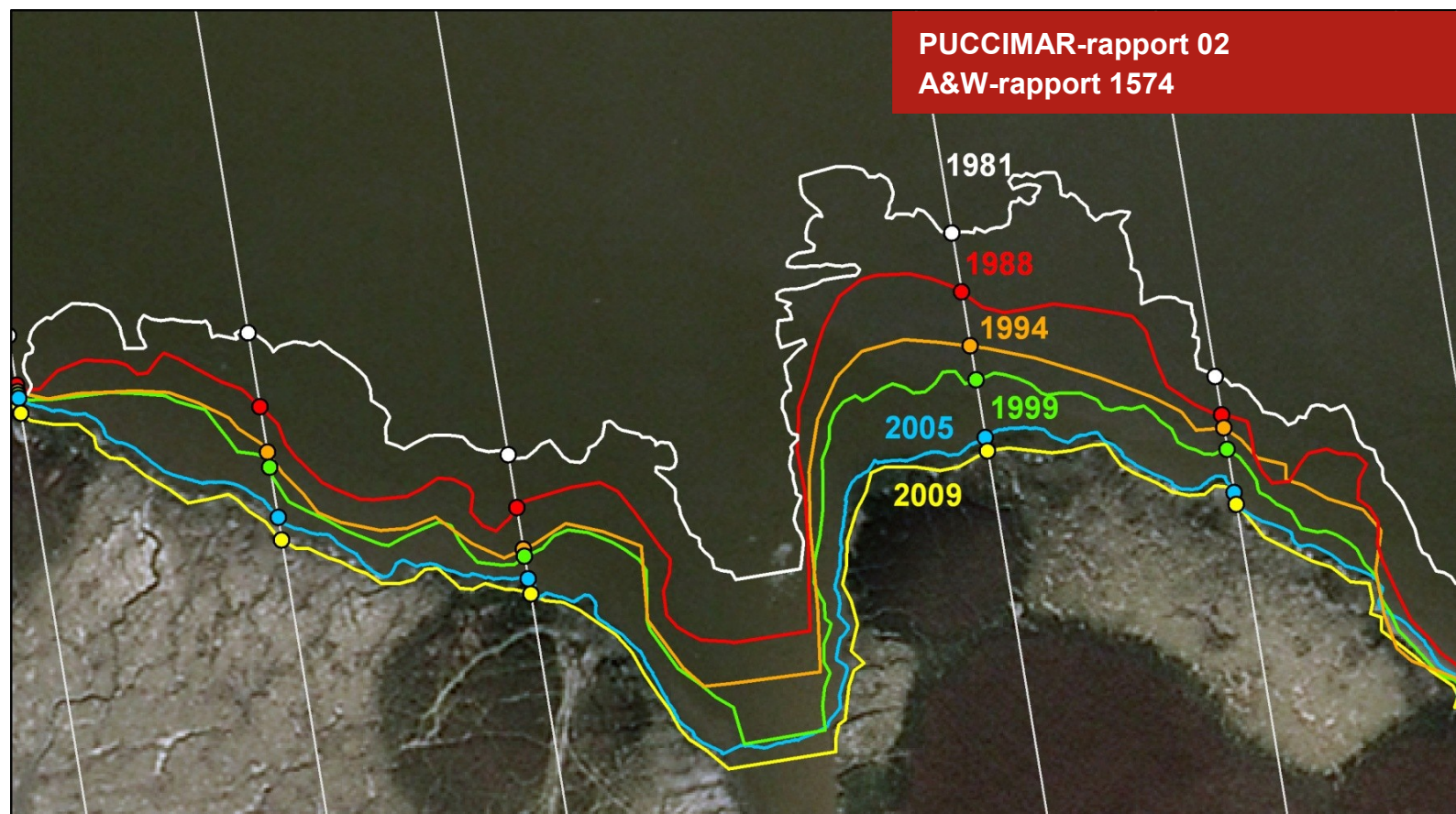




in samenwerking met

## Verkenning afslag Eems-Dollardkwelders

PUCCIMAR-rapport 02  
A&W-rapport 1574



in opdracht van



Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



Dienst Landelijk Gebied  
Ministerie van Economische Zaken,  
Landbouw en Innovatie



# Verkenning afslag Eems-Dollardkwelders

PUCCIMAR rapport 02  
A&W rapport 1574

---

P. Esselink  
D. Bos  
A.P. Oost  
K.S. Dijkema  
R. Bakker  
R. de Jong

## Voorplaat

Uitsnede van de Dollardkwelder met de ligging van de kwelderrand in zes verschillende jaren.

**P. Esselink<sup>\*)</sup>, D. Bos<sup>#)</sup>, A.P. Oost<sup>†)</sup>, K.S. Dijkema<sup>§)</sup>, R. Bakker<sup>#)</sup> & R. de Jong<sup>#)</sup>. 2011**

Verkenning afslag Eems-Dollardkwelders. PUCCIMAR rapport 02, A&W rapport 1574

PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek. Vries, Feanwâlden

## Oprichters

### Rijkswaterstaat

Dienst Noord-Nederland  
Postbus 2301  
8901 JH Leeuwarden

### Dienst Landelijk Gebied

Regio Noord  
Postbus 30027  
9700 RM Groningen

## Uitvoerders

### <sup>\*)</sup> PUCCIMAR

#### Ecologisch Onderzoek & Advies

Boermarke 35  
9481 HD Vries  
Telefoon 0592 544172  
Fax  
p.esselink@inter.nl.net

### <sup>#)</sup> Altenburg & Wymenga

#### ecologisch onderzoek BV

Postbus 32  
9269 ZR Feanwâlden  
Telefoon 0511 474764  
Fax 0511 472740  
info@altwym.nl  
www.altwym.nl

### <sup>†)</sup> Deltares

Postbus 85467  
3508 AL Utrecht  
Telefoon 088 3358273  
Fax 088 3357856  
info@deltares.nl  
www.deltares.nl

### <sup>§)</sup> Imares

Postbus 167  
1790 AD Den Burg  
Telefoon 0317 480900  
Fax 487362  
imares@wur.nl  
www.imares.wur.nl

---

## Projectnummer

1655

## Projectleider

P. Esselink

## Status

Definitief

---

## Autorisatie

Goedgekeurd

## Paraaf

E. Wymenga

## Datum

9 juni 2011



# Inhoud

---

Voorwoord	4
Samenvatting	5
1 Inleiding	9
1.1 Algemeen	9
1.2 Achtergrondinformatie over relevante processen en ontwikkelingen op kwelders	10
1.3 Doelstellingen van de verkenning	11
1.4 Leeswijzer	12
2 Methodes	13
2.1 Studiegebied	13
2.2 Hydrodynamische en morfologische gegevens	13
2.3 Kwelderontwikkeling	13
3 De Dollard in hydrologisch en geomorfologisch perspectief	17
3.1 Inleiding	17
3.2 Ontstaan van de huidige toestand van het Eems-Dollard estuarium	17
3.2.1 Inpolderingen	18
3.2.2 Vaarwegen	19
3.2.3 Gaswinning	21
3.3 Hydrologische ontwikkelingen	22
3.4 Aanbod van sediment	27
3.4.1 Natuurlijke aanbod	27
3.4.2 Invloed van de mens op het sedimentaanbod	27
3.5 Gelegenheid voor het sediment om tot afzetting te komen	32
3.5.1 Natuurlijke evenwichtssituatie	32
3.5.2 Invloed van de mens op bezinkingsmogelijkheden	34
3.6 Discussie	35
4 Kwelderontwikkeling in de Zuidelijke Dollard	37
4.1 Reconstructie areaalontwikkeling in de loop van de 20 <sup>e</sup> eeuw	37
4.2 Huidige status, eigendom en beheer	39
4.3 De opkomst van de Grauwe gans	40
4.4 Areaalontwikkeling in de zuidelijke Dollard: de periode 1981-2009 in detail	42
4.5 Verandering van de kweldergrens in ruimte en tijd	43
4.6 Verandering kweldergrens in relatie tot vegetatie	44
4.7 Hoogteontwikkeling kwelders na 1980	46
5 Discussie: oorzaken afslag Dollardkwelders	49
5.1 Geconstateerde veranderingen	49
5.2 Oorzaken van verandering	50
5.3 Prognose	52
6 Mogelijke maatregelen om de afslag van Dollardkwelders in te perken	53
7 Aanbevelingen	61
8 Literatuur	63
Bijlage I Verschilkaarten van de hoogte in de Dollard 1985 – 2008	67
Bijlage II Locaties hoogtemetingen particuliere kwelder	73
Bijlage III Verandering in ligging van de kwelderrand per tijdsperiode	74

## Voorwoord

---

In het kader van het implementatieproces van de EU-Kaderrichtlijn Water (KRW) is een verkennende studie uitgevoerd naar de mate van afslag van de kwelders in het Nederlandse deel van de Dollard. Naast een beschrijving van de ontwikkeling van de omvang van deze kwelders vanaf ongeveer 1920, wordt in dit rapport voor de periode 1980 – 2009 een gedetailleerde analyse gegeven van de veranderingen in de positie van de kwelderrand van de voormalige landaanwinningskwelders langs de zuidelijke rand van de Dollard; de Punt van Reide in het noorden is buiten beschouwing gebleven.

Het project is uitgevoerd in opdracht van de Dienst Landelijk Gebied regio Noord (DLG) door een samenwerkingsverband van de bureaus PUCCIMAR en Altenburg & Wymenga met een ondersteunende adviesrol van de kennisinstituten Deltares en Imares. DLG trad hierbij op als gedelegeerd opdrachtgever voor de Rijkswaterstaat.

Op deze plek willen we graag een aantal personen en instanties bedanken voor de verleende hulp of ondersteuning bij de totstandkoming van dit rapport: Bas Kers en Ed Vaessen (RWS-DID) souffleerden ons in de aanloopfase van het project over de mogelijkheden om “oude” luchtfoto’s te laten scannen en te laten trianguleren; de Servicedesk data van Rijkswaterstaat leverde waterstandgegevens van Delfzijl en Nieuwe Statenzijl; Michael Niklau (WSA-Emden) leverde ons met dezelfde efficiëntie waterstandgegevens van het peilstation Borkum; Herman Mulder (RWS-Waterdienst) en Sjaak de Boer (Groningen Seaports) stelden gegevens over verspreiding van baggerspecie in de Mond van de Dollard – Grote Gat locatie beschikbaar en leverden commentaar op een eerdere versie van dit rapport; Bert Speelman wist voor ons van bijna alle jaren gegevens over de veebezetting op de kwelders van de Stichting het Groninger Landschap te achterhalen; de Vogeltelgroep Dollard was bereid om gegevens van de aantallen Grauwe ganzen aan de Nederlandse kant van de grens ter beschikking te stellen; Klaus Gerdes deed hetzelfde voor de Duitse gegevens; Norbert Hecker (Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer) leverde gegevens over de ontwikkeling van de omvang van de Duitse kwelder in de Dollard; Egmond van Lammert (RWS-DNN) gaf ons inzicht hoe we tot een schatting konden komen van de kosten voor de aanleg en onderhoud van rijshoutdammen. Cees de Ranitz (Mij. tot Exploitatie van het Onverdeelde Munnikeveen B.V.), Ernstjan Cornelius, Ron Fijn (beide DLG), Herman Mulder, Ernst Lofvers, Jaap de Vlas en Aante Nicolai (allen RWS) leverden commentaar op een eerdere versie van dit rapport.

de auteurs

Vries

juni 2011

## Samenvatting

---

In het kader van de implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) is onderzoek verricht naar de ontwikkeling van de omvang van de kwelders in het Nederlandse deel van de Dollard met een accent op de veranderingen in de afgelopen 30 jaar. Sinds de stopzetting van de landaanwinningwerken in de Dollard in 1954, is de omvang van de kwelders door afslag geleidelijk afgenomen. De omvang van de kwelders in de Europese kustwateren zouden per 2015 tenminste moeten voldoen aan het zgn. ‘Goede Ecologische Potentieel’ (GEP). Terwijl in de huidige situatie de Nederlandse Dollardkwelders een omvang hebben van ongeveer 760 ha, is het GEP vastgesteld op 700 ha. Naast deze kwantitatieve maatlat, is een maatlat om de kwaliteit van kwelders binnen het kader van de KRW te evalueren nog in voorbereiding.

De Dollard is in het kader van de EU Vogel- en EU Habitatrichtlijn tevens aangewezen als *Natura2000* gebied. Het beleid en beheer hiervoor zijn nog niet vastgesteld.

Om de veranderingen van de kwelderrand eventueel te kunnen verklaren – en tegelijkertijd kennis te vergaren ten einde de vraag te beantwoorden welke inrichtings- of beheermaatregelen met succes ingezet zouden kunnen worden om de afslag te voorkomen dan wel te compenseren – wordt een analyse gegeven van de hydromorfologische ontwikkeling van de Dollard.

### *Hydromorfologische ontwikkeling*

De Dollard vormt een ongeveer 10 000 ha grote baai in het Eems-Dollard estuarium. Ontwikkelingen in andere delen van het estuarium (de rivier de Eems, het gebied van de Monding van de Dollard tot het zeegat tussen Rottumeroog en Borkum) hebben in sommige opzichten een belangrijke invloed op die de Dollard. Menselijke ingrepen spelen hierin een grote rol, met name die ten behoeve van de scheepvaart. Door verdieping en stroomlijning van vaargeulen zijn de getijslag en stroomsnelheden in het estuarium toegenomen. Voor de Dollard is, voor zover na te gaan, de invloed op het gemiddelde hoogwater (GHW) echter gering geweest. Dit geldt vermoedelijk ook voor de getijslag, hoewel deze niet gemeten is. Door de toegenomen stroomsnelheden en een verhoging van het onderhoudsbaggerwerk is in het hele estuarium het zwevend-stofgehalte in het water toegenomen. In de Dollard zelf wordt niet gebaggerd, maar de Mond van Dollard is de laatste jaren wel in gebruik als belangrijk verspreidingsgebied voor baggerspecie. Volgens modelvoorspellingen is door deze baggerverspreiding sprake van verhoogde slibconcentraties in het water en bezinkt een groot deel van het verspreide slib in de Dollard.

Na een daling van het GHW in de 19<sup>e</sup> eeuw, heeft het GHW in Nieuwe Statenzijl (Zd-Dollard) vanaf 1890 een gemiddelde stijging laten zien van 2.2 mm per jaar. Deze stijging is niet altijd even groot geweest. In de periode 1955 – 1983 bedroeg deze 6.3 mm per jaar. In de meest recente periode (1983 – 2009) daalde het GHW licht om rond een niveau van 1.45 m +NAP te blijven schommelen; van een stijging was geen sprake. Ook op de stations Delfzijl en Borkum is sinds 1983 sprake van een afvlakking, maar deze is op Borkum minder uitgesproken.

De morfologische ontwikkeling van de Dollard heeft een trendbreuk laten zien die samenvalt met de afvlakking in de stijging van het GHW. Tot 1985 was door sedimentatie sprake van een trendmatige inhoudsverkleining van de Dollard ten opzichte van NAP; na 1985 hebben periodes van erosie en sedimentatie elkaar afgewisseld. De ontwikkeling van de plaathoogte in de Dollard lijkt in belangrijke mate bepaald te worden door de ontwikkeling van het GHW.

De hoogteontwikkeling in het natte deel van de Dollard liet over de periode 1985 – 2008 echter niet overal een zelfde beeld zien. Hoewel de onzekerheden in de hoogtegevens aanzienlijk zijn, kan van het volgende beeld worden uitgegaan: een netto sedimentatie aan de zuidwest- en westkant van de baai tegenover een afgenomen plaathoogte aan de zuid en zuidoost kant van de Dollard. De sedimentatie in het westen is mogelijk mede een effect van de baggersverspreiding.

#### *Ontwikkeling kwelderareaal*

In het Nederlandse deel van de Dollard liggen twee verschillende typen kwelder, namelijk de Punt van Reide (PvR; 50 ha) als buitendijks gelegen oud land in het noordwesten en de uit landaanwinning voortgekomen kwelders langs de zuidrand (714 ha). De laatstgenoemde kwelders zijn onderwerp van deze verkenning met een focus op de periode 1981 – 2009.

Door de inpoldering van de Carel Coenraadpolder (1924) viel de omvang van de Nederlandse kwelders in de Dollard in één keer terug van ongeveer 840 ha naar 170 ha (incl. de Punt van Reide). Door landaanwinningswerken werd dit verlies binnen 30 jaar weer ingelopen. Hoeveel kwelder er tot de staking van de landaanwinning in 1953 was ontwikkeld, is niet precies bekend. Wel is van één plek bekend hoe breed de kwelder er in 1955 was (1070 m). Tot en met met 2009 was hiervan door afslag ruim 80 m verdwenen.

Door dijkverzwaring is tussen 1981 en 2009 aan de landzijde méér kwelder verdwenen dan netto aan de zeezijde door afslag (46 ha *versus* 26 ha). Wanneer de gedeeltelijke inpoldering van de PvR (1979) ook mee in beschouwing wordt genomen is rond 1980 in de Dollard totaal 86 ha kwelder door menselijke ingrepen verdwenen. Per 2009 restte er nog 764 ha kwelder in de Nederlandse Dollard, waarvan 714 ha in het zuiden: 263 ha particuliere kwelder en 450 ha in beheer bij Stichting Het Groninger Landschap (SGL).

#### *Kwelderafslag 1981 – 2009*

Door de beschikbaarheid van digitale luchtfoto's uit zes verschillende jaren, kon de verandering van de kweldergrens in vijf verschillende periodes met elkaar worden vergeleken. Deze analyse is uitgevoerd op basis van verschuiving van de positie van de kweldergrens op 190 raaien. De afslag liet grote verschillen in tijd en ruimte zien, tussen de verschillende periodes en tussen particuliere – en SGL kwelder. In de periode 1981 – 1988 liet zowel de particuliere als de SGL-kwelder de grootste afslag zien (gemiddeld -1.7 m/jr); tussen 1999 – 2005 vond er gemiddeld een aangroei plaats (gem. +0.4 m/jr). Bij de SGL-kwelder was elke periode sprake van afslag (periode 1981 – 2009 gem. -1.34 m/jr). Op de particuliere kwelder was één deelgebied waar een duidelijke aangroei van de kwelder plaatsvond. Deze aangroei compenseerde de afslag langs de rest van de particuliere kwelder. Hierdoor bleef de omvang van de particuliere kwelder vanaf 1988 vrijwel constant. De plaatselijke uitbreiding van de particuliere kwelder vond plaats in reactie op de positieve hoogteontwikkeling van de wadplaten in de westelijke Dollard, in het bijzonder vlak voor de kwelderrand. Voor de rand van de SGL-kwelder liet het wad juist een afname in hoogte zien.

Twee typen begroeiingen zijn in principe in staat de kwelderrand enigszins te beschermen door demping van golfenergie, namelijk Zeebies (of Heen) en in wat mindere mate Riet. Vanaf 1980 begon Heen zijn beschermende werking echter te verliezen door een toename van het aantal in de Dollard pleisterende Grauwe ganzen die 's winters naar knolletjes van Heen wroetten. Door het gewroet van de ganzen kregen golven vrij spel en was de afslag juist het grootst op plekken waar Heen de kwelderrand bezette. Met name op de oostelijk gelegen SGL-kwelder heeft het gewroet van de ganzen geleid tot een tijdelijke extra erosie van de kwelder.



### *Hoogteverandering kwelders*

Uit een vergelijking van in 1980 uitgevoerde hoogtemetingen op een stuk particuliere kwelder met de hoogtegegevens uit 2008 in het zgn. Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN-2), is een schatting gemaakt van de jaarlijkse netto hoogteverandering van de particuliere kwelders. Deze bedroeg 8.3 mm/jaar en was vrijwel gelijk aan hoogteverandering van gemiddeld 8.4 mm/jaar op de SGL-kwelder in de periode 1984 – 2003. De toename van de maaiveldhoogte op de particuliere kwelder was meer dan 6× zo hoog als de bodemdaling door gaswinning ter plekke. Ter hoogte van de SGL-kwelder is bodemdaling door gaswinning niet aan de orde omdat deze kwelder net buiten de bodemdalingsschotel van het Groninger gasveld ligt.

### *Kaderrichtlijn Water maatlat*

In de periode 1981 – 2009 is de snelheid waarmee de Nederlandse kwelders in de Dollard eroderen afgenomen van gemiddeld 1.4 ha per jaar tot minder dan 0.3 ha per jaar. Gegeven de marge tussen de huidige omvang van de kwelders (764 ha in 2009) en het vastgestelde GEP (700 ha) is bij een ongewijzigde voortzetting van de huidige trend de eerste decennia geen aanleiding om maatregelen te treffen om de afslag tegen te gaan. Deze conclusie vraagt wel om een enkele nuancering. De vraag hoe op de lange termijn het GEP van 700 ha op een optimale wijze kan worden gehandhaafd is bijvoorbeeld niet beantwoord. Ook kan vanuit andere functies de wens naar voren komen om kwelderafslag tegen te gaan. Mede op basis van de onderzoeksresultaten is daarom een evaluatie uitgevoerd van mogelijke maatregelen om de afslag tegen te gaan. Deze evaluatie heeft geresulteerd in een beheersvisie op de kwelderrand (zie hoofdstuk 6).

Een eventuele passieve benadering van de KRW-doelen door “uitwisseling” van arealen tussen waterlichamen, bijvoorbeeld tussen de Dollard en de oostelijke Waddenzee, of door samenvoeging van deze waterlichamen wordt in dit rapport afgewezen.

### *Beheersvisie kwelderrand en aanbevelingen*

Bij de formulering van de aanbevelingen voor eventuele maatregelen en het beheer heeft de volgende visie een grote rol gespeeld: Kwelders zijn van nature dynamisch. Een kwelder vertoont aangroei of afslag, maar een kwelder met een vaste begrenzing bestaat van nature niet. Een lage kwelder heeft de hoogste natuurwaarde. Voor een duurzaam behoud van de lage kwelder is het van belang dat het proces van kweldervorming af en toe opnieuw kan beginnen. In het algemeen is daar weinig ruimte voor, tenzij bestaande kwelders eerst ten dele verdwijnen. Alleen door dynamiek toe te staan is het mogelijk om een geleidelijke hoogtegradiënt tussen kwelder en wad te behouden.

In het geval de afslag ergens gestopt moet worden, moeten maatregelen afgestemd worden op de lokale omstandigheden. Bij het opstellen van aanbevelingen voor eventueel te treffen maatregelen zijn de Dollardkwelders daarom opgesplitst in vijf deelgebieden. Uitgaande van een tijdshorizon van 20 jaar wordt per deelgebied de volgende maatregelen aanbevolen (gebiedsvolgorde van west naar oost):

- a) **Westkust:** Twee opties: ‘niets doen’ of aangroei bevorderen door aanleg van rijshoutdammetjes loodrecht op de kwelderrand. In dit rapport wordt geen voorkeur aan één van beide opties gegeven.
- b) **ZW-hoek:** Kwelder met natuurlijke aangroei. De aanbeveling is om hier nadrukkelijk niets te doen, d.w.z. géén activiteit te ontplooiën die de morfologie van de buitenste kwelderzone en het aangrenzende wad kan beïnvloeden.
- c) **Zuidkust I:** De kwelder is hier voldoende breed om afslag te laten plaatsvinden, zodat op termijn ruimte beschikbaar komt voor nieuwe kweldervorming door aanleg of herstel van bezinkvelden.

- Deze situatie wordt de komende 20 jaar niet bereikt. Door het uit beweiding nemen van de kwelderrand kan de ontwikkeling van Riet worden bevorderd, waardoor de afslag wordt vertraagd.
- d) **Zuidkust II:** Als onder (c). In de verre toekomst zijn hier alleen kleinere bezinkvelden nodig. De komende 20 jaar zal ook hier niet voldoende ruimte ontstaan om tot een dergelijke maatregel te komen.
- e) **Oost van Westerwolsche Aa:** Bij niets doen komen zowel de beschermende functie die deze kwelder heeft ten aanzien van de Duitse kwelder, als de publieksfunctie (vogelwaarneemhut) onder druk. Ook kan vanuit *Natura2000* doelstellingen behoud van dit stuk kwelder gewenst zijn. Verdere afslag is met zachte maatregelen te voorkomen, bijvoorbeeld via aanleg van een vooroeververdediging met rijshoutdammen. Aanbevolen wordt om met de Duitse burens tot een gemeenschappelijke aanpak te komen.

#### *Onderzoek en monitoring*

De verandering in het sedimentaire gedrag van de Dollard vanaf 1985 kan met de bestaande kennis niet bevredigend worden verklaard (zie boven). Onderzoek om deze kennislacune op te vullen lijkt gewenst, mede om eventuele effecten van de baggerspreiding in de Mond van de Dollard te kunnen evalueren.

De monitoring van de morfologie van de Dollard heeft een laag oplossend vermogen in de tijd. Aanbevolen wordt om op de lodingskaarten en het AHN met een jaarlijkse monitoring van de hoogteligging op vaste raaien of deelgebieden te komen. Deze metingen geven (a) een controle mogelijkheid op het minder frequente gebiedsdekkende meetprogramma, (b) kunnen worden benut als ‘vinger aan de pols’ en (c) kunnen input leveren voor het hierboven genoemde onderzoek. Synchron met de zesjaarlijkse opnamecyclus van de RWS vegetatiekaarten wordt aanbevolen de ontwikkeling van de kwelderrand te monitoren en te analyseren. Bij onverwachte ontwikkelingen ontstaat zo de mogelijkheid om naar bevinding te reageren.

# 1 Inleiding

---

## 1.1 Algemeen

Kwelders kunnen ruwweg worden gedefinieerd als gebieden die begroeid zijn met kruiden, grassen of lage struiken en die bloot staan aan periodieke overstroming door zout of brak water (Esselink *et al.* 2009). Kwelders zijn voor de natuurbescherming van groot belang. Met een omvang van meer dan 9 500 ha (Esselink *et al.* 2009) leveren de Nederlandse kwelders een significante bijdrage aan het totale, nog resterende areaal kwelders in West-Europa (*ca.* 95 000 ha; Doody 2008). Wat de kwelders betreft heeft alleen het Verenigd Koninkrijk een vergelijkbare oppervlakte. In de Waddenzee ligt veruit het grootste areaal aaneengesloten kwelders van Europa, en - wereldwijd uiterst zeldzaam en belangrijk - meestal in de oorspronkelijke samenhang met de aangrenzende wadden en duinen (Dijkema *et al.* 1984).

Wereldwijd staan kwelders onder grote druk van menselijke activiteiten. Zo lieten de Nederlandse vastelandkwelders in de Waddenzee in de loop van de 20<sup>e</sup> eeuw een afname zien van bijna 40% (tot ongeveer 2 500 ha in 1995; dit ondanks de kunstmatige aangroei van kwelders door het opstarten van grootschalige landaanwinningswerken (Esselink 2000a; Dijkema *et al.* 2001).

Tegenwoordig zijn alle kwelders in de internationale Waddenzee beschermd door nationale (natuur)beschermingsmaatregelen. Daarnaast vallen kwelders internationaal onder de bescherming van de EU-Habitatrichtlijn. De Habitatrichtlijn voorziet in het realiseren van een netwerk van natuurgebieden van Europees belang (*zgn.* *Natura 2000*-netwerk) met als doel een gunstige staat van instandhouding te realiseren van habitattypen en soorten van communautair belang. In een tweede EU-richtlijn, de Kaderrichtlijn Water (KRW), worden kwelders beschouwd als onderdeel van het kwaliteitselement “hogere planten”. Doel van de KRW is dat vóór 2015 in alle waterlichamen een gunstige ecologische toestand moet zijn bereikt, het *zgn.* “Goede Ecologisch Potentieel” (GEP). In het GEP voor kwelders zijn criteria of maatlaten geformuleerd voor zowel areaal als kwaliteit.

Het GEP voor de Nederlandse kwelders in de Dollard vastgesteld op 700 ha na een voorstel daartoe door Dijkema *et al.* (2005) op basis van het opstellen van een historische referentiewaarde. In de periode 1600 – 1800 was in het oostelijke deel van de Nederlandse Waddenzee sprake van een globaal evenwicht tussen het verdwijnen van kwelders door erosie of inpoldering en vorming van nieuwe kwelders (Dijkema 1987a). De omvang van de kwelders als percentage van het totale getijdengebied bleef in de genoemde periode ongeveer constant. Met dit percentage is het GEP berekend.

De omvang van de Nederlandse kwelders in de Dollard is de laatste decennia als gevolg van erosie geleidelijke afgenomen, naar schatting met een snelheid van 1 – 2 ha per jaar. Volgens de meest recente cijfers (2006) hebben deze kwelders, inclusief de Punt van Reide, nu nog een omvang van 760 ha. Bij voortzetting van de huidige ontwikkelingen zal het bovengenoemde KRW-doel van 700 ha op termijn in gevaar komen. De zorg om de ontwikkeling van de Dollardkwelders is voor de Rijkswaterstaat aanleiding geweest om een verkenning uit te laten voeren naar de afslag van de kwelders in de Dollard. Als gedelegeerd opdrachtgever voor de Rijkswaterstaat heeft de Dienst Landelijk Gebied (DLG) de bureaus PUCCIMAR en Altenburg & Wymenga opdracht verleend om deze verkenning uit te voeren. In de onderhavige rapportage zijn de resultaten van deze verkenning neergelegd.

## 1.2 Achtergrondinformatie over relevante processen en ontwikkelingen op kwelders

### *Kwelders*

In zoute getijdenlandschappen vormen kwelders de hoogste delen van de intergetijdenzone. Kwelders kunnen het beste worden beschouwd vanuit een hiërarchische opbouw van het kustlandschap.

Kwelders zijn vaak onderdeel van een estuarium, een baai of een barrière of strandwalsysteem. Voor hun ontwikkeling en voortbestaan zijn kwelders afhankelijk van deze grootschalige systemen. In het algemeen zijn kwelders opgebouwd uit kleiig of fijn-zandig sediment dat bij overstroming uit de waterkolom sedimenteert. Deze sedimentatie treedt alleen op bij geringe stroomsnelheden en een lage turbulentie van het water. Het voorkomen van deze laag-energetische omstandigheden is afhankelijk van de grootschalige kustmorfologie.

Op grond van de herkomst van het substraat (allochtoon *versus* autochtoon), de geologische ontwikkeling en geomorfologie kunnen verschillende typen kwelder worden onderscheiden (Dijkema 1987b; Arens *et al.* 2009). In de Dollard gaat het om twee typen, namelijk de Punt van Reide als onbedijkt oud land, het beste te vergelijken met de zgn. hallig kwelders in Sleeswijk-Holstein (Esselink *et al.* 2009) en de omvangrijke, door landaanwinningswerken ontwikkelde kwelders langs de zuidrand van de baai. Deze kwelders kunnen zowel tot het estuariene kweldertype worden gerekend als tot het voorland kweldertype (Arens *et al.* 2009). De vastelandkwelders langs de Friese en Groninger noordkust worden ook tot het voorland kweldertype gerekend.

### *Kweldervegetatie*

Gaande van het wad naar de hoge kwelder is een zonering in de vegetatie te onderscheiden. Grenzend aan het onbegroeide wad ligt de pionierzone, met vegetatiegemeenschappen uit de Zeekraal- of de Slijkgrasklasse. De kwelder zelf is begroeid met vegetatiegemeenschappen uit de Zeeaster- of de Zeevetmuurklasse (Schaminée *et al.* 1998). Typische soorten voor de lage kwelder zijn Gewoon kweldergras en Zeeaster of Zulte. Op de hoge kwelder vindt men bijvoorbeeld Rood zwenkgras en Zeekweek. Op brakke kwelders, zoals die in de Dollard, kan Riet erg op de voorgrond treden.

De vegetatie op een kwelder is niet statisch. Vegetatiegemeenschappen gaan in elkaar over onder invloed van bijvoorbeeld hoogteontwikkeling door opslibbing, ontwatering, en beweiding. Dat proces heet ‘vegetatiesuccessie’. De vegetatiegemeenschappen, hun ecologie, de mogelijke overgangen naar elkaar en de sturende processen daarbij, zijn uitgebreid gedocumenteerd in Schaminée *et al.* (1998). Een vereenvoudigd successieschema voor de Waddenzee is gegeven in Dijkema *et al.* (2001) en voor de Dollard in Dijkema (1983) en Esselink (2000a). Bij beweiding kan zich een korte grazige kweldervegetatie met karakteristieke zoutplanten handhaven; bij een beheer van ‘niets doen’ zal zich een soortenarme Rietkwelder ontwikkelen.

### *Kwelderoppervlakte*

Kwelders ontstaan van nature op intergetijdenplaten met voldoende hoogte, met beschutting tegen golven en stroming en met voldoende aanvoer van sediment en aanvoer van plantendelen of zaden. In een wisselwerking tussen fysische en biologische processen kan een wadplaat begroeid met enkele pionierplanten zich ontwikkelen tot een met zoutplanten begroeide kwelder die boven gemiddeld hoogwater is gelegen met een bijbehorend geomorfologisch patroon van kreken, oeverwallen en kommen.

Door de aanleg van landaanwinningswerken heeft de mens de aangroei van kwelders in het verleden kunstmatig gestimuleerd. Het overgrote deel van de huidige vastelandkwelders in de Waddenzee zijn uit deze werken voortgekomen. Dit geldt, met uitzondering van de Punt van Reide,

ook voor de Dollardkwelders. In de Dollard zijn de werken met ingang van 1954 stopgezet (Esselink 1998, 2000a). Elders langs de Friese en Groninger vastelandkust is de doelstelling van de landaanwinningswerken geleidelijk veranderd van landwinning naar kwelderbehoud ten behoeve van natuurdoelstellingen en is de term landaanwinningswerken vervangen door kwelderwerken (Dijkema *et al.* 2001).

Een kwelder is van nature altijd aan verandering onderhevig. Afhankelijk van de lokale morfologie en hydrodynamiek vindt er aanwas plaats (zoals hierboven beschreven) of er is sprake van achteruitgang of afslag. Zolang een kwelder horizontaal aangroeit, is er sprake van een geleidelijke overgang in hoogte tussen het voorliggende wad en de kwelder. Als de aanwas stagneert, dan ontstaat er een kwelderklif. Kliferosie is alleen te voorkomen wanneer kwelderaanwas altijd maar door zou gaan of door het treffen van beheersmaatregelen (Dijkema *et al.* 2007). Kliferosie is een fase in het ideale plaatje van een cyclische successie van kwelders waarbij oude kwelders afslaan en voor het klif op den duur weer een jonge kwelder ontstaat (Jakobsen 1954; Storm 1999; Esselink 2000a; Dijkema *et al.* 2007). De snelheid van klifafslag is afhankelijk van in hoeverre het voorliggende wad de kwelderrand beschermt tegen golfwerking en van stroming. Afslag kan ook worden geremd door vegetatie. Vegetaties met Heen en Riet kunnen bijvoorbeeld veel golfenergie absorberen en daardoor de kwelder in theorie tegen afslag beschermen (Coops *et al.* 1991; Möller *et al.* 2011). Enkele schorren in het Deltagebied en ook de kwelders in de Dollard zijn door begrazing van Heen door Grauwe ganzen daarentegen juist extra kwetsbaar gebleken voor erosie (Esselink *et al.* 1997).

Omdat kwelders op de overgang liggen tussen land en zee, kunnen kwelders gevoelig zijn voor veranderingen in de waterstanden, m.n. van de hoogwaterstanden. Doordat bij elke overstroming slib sedimenteert en een kwelder daardoor in hoogte kan toenemen, hebben kwelders het vermogen om tot op zekere hoogte ‘mee te groeien’ met de stijging van de zeespiegel. In de Waddenzee varieert de netto toename in hoogte door opslibbing ruwweg van gemiddeld 0.5 cm per jaar voor eilandkwelders tot 1 cm per jaar voor vastelandkwelders (Esselink *et al.* 2009), *i.e.* ruim boven de gemiddelde toename van GHW van ongeveer 2 mm per jaar. In het geval de hoogteontwikkeling van een kwelder achterblijft bij de stijging van gemiddeld hoogwater zou deze op termijn verdrinken.

In het licht van de hierboven genoemde processen zal in de volgende hoofdstukken worden ingegaan op morfologie, hydrodynamiek, landaanwinning, areaalverandering, eigendom en beheer, aanwezigheid van Grauwe ganzen, afslag, vegetatie en opslibbing.

### 1.3 Doelstellingen van de verkenning

De doelen van de verkenning kunnen als volgt worden samengevat (zie tekstkader 1.1):

- 1) Het beschrijven van de huidige situatie en van de relevante ontwikkelingen in de Eems-Dollard vanaf ongeveer 1930 tot heden. Hieronder valt ook het bepalen van de oppervlakteverandering van de Dollardkwelders.
- 2) Het uitvoeren van een analyse van de oorzaak van de eventuele achteruitgang van de Dollardkwelders.
- 3) Het formuleren van mogelijke maatregelen die de kwelderafslag in de Dollard kunnen beperken dan wel aangroei van de kwelders zou kunnen bevorderen en een evaluatie van deze maatregelen op effectiviteit, kosten en uitvoerbaarheid.

### Tekstkader 1.1 Omschrijving van de gevraagde Verkenning

- 1) Het geven van een overzicht van de eigendomsituatie op basis van de kadastrale kaart
- 2) Het geven van overzicht in het Zuidwestelijk deel van de Dollard vanaf het begin van de landaanwinning op het gebied van:
  - a) Morfologie: hoogteontwikkeling van de wadplaten en sedimenthoogtes van de kwelder
  - b) Hydrodynamiek (waterstanden, getijslag, golfwerking)
  - c) Opslibbing van de kwelders
  - d) Omvang van de kwelders in het Nederlandse deel van de Dollard
- 3) Wat is de oorzaak van de kwelderafslag in de Eems-Dollard, zowel bij particuliere eigenaren als NB-organisaties?
- 4) Welk beheer vindt er plaats en door welke eigenaar/gebruiker gebeurt dat? Welke veranderingen in het beheer hebben zich sinds 1980 voorgedaan?
- 5) Welke effecten hebben de kwelderontwikkelingen op de verschillende beheersdoelstellingen? En omgekeerd welke veranderingen heeft het beheer op de ontwikkelingen op deze kwelders?
- 6) Welke mogelijke maatregelen zouden kwelderafslag kunnen beperken en/of kwelderaangroei kunnen stimuleren?
- 7) Een evaluatie van deze maatregelen op de volgende aspecten:
  - a) Kosten
  - b) Effectiviteit
  - c) Uitvoerbaarheid
- 8) Is er sprake van klimaatrobustheid bij deze mogelijk te nemen maatregelen?
- 9) Het geven van aanbevelingen over de meest geschikte methoden inclusief impletentatieproces en rekening houdend met natuurwetgeving en eventuele agrarische belangen die met de kwelders gemoeid zijn.

#### *Afbakening*

Onze studie beperkt zich in belangrijke mate tot de ontwikkeling van de Nederlandse landaanwinningskwelders in de Dollard. De Punt van Reide (46 ha) heeft een andere ontstaans-geschiedenis (zie boven). Afslag speelt bij de Punt van Reide geen rol, omdat de kwelderrand er in steen is vastgelegd.

De opdracht is beperkt tot het aspect kwantiteit. Het KRW-doel op dit vlak (zie § 1.1) wordt als gegeven beschouwd. We zullen niet ingaan op het aspect van de kwaliteit van de kwelders. Een goede kwaliteit van vastelandkwelders is het tweede KRW-doel voor kwelders welke door inspanningen van de beheerder kan worden gerealiseerd.

### 1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 (Methodes) is gewijd aan het beschrijven van de herkomst van onze gegevens en de aard van de analyses die er mee zijn uitgevoerd. In hoofdstuk 3 gaan we in op de hydrologie en de morfologie van de Dollard en de effecten van menselijk ingrijpen daarop. We hebben er een apart hoofdstuk van gemaakt, omdat de daarin bestudeerde fenomenen zich niet beperken tot het eigenlijke studiegebied, de kwelders van de Dollard. De kwelderontwikkeling in de Dollard wordt vervolgens belicht in hoofdstuk 4, waarbij we ingaan op areaalverandering, aangroei, afslag en mogelijke achterliggende processen op lokale schaal. In hoofdstuk 5 (Discussie) brengen we de gepresenteerde informatie uit de twee voorgaande hoofdstukken met elkaar in verband. Mede op basis daarvan geven we in hoofdstuk 6 een oordeel over de geschiktheid van mogelijke maatregelen om de afslag in te perken. We eindigen met een hoofdstuk aanbevelingen (7).

## 2 Methodes

---

De door ons gepresenteerde informatie over morfologie, hydrodynamiek, landaanwinning, areaalverandering, eigendom en beheer, aanwezigheid van Grauwe ganzen, afslag, vegetatie en opslibbing is verzameld op basis van diverse bronnen (literatuur, bestaand kaartmateriaal en oude gegevenssets). Voor de verschillende aspecten lichten we hieronder – waar relevant – de oorsprong van de informatie en de door ons gekozen bewerkingen toe.

### 2.1 Studiegebied

Het studiegebied omvat de Nederlandse kwelders in de zuidelijke Dollard (Fig. 2.1). Voor zover het van belang wordt geacht voor onze studie, zullen de ontwikkelingen op de Punt van Riede en Duitse kwelders kort worden beschreven. Figuur 2.1 geeft eveneens de belangrijkste toponiemen.

### 2.2 Hydrodynamische en morfologische gegevens

#### *Waterstanden estuarium*

De ontwikkeling in waterstanden en getijslag wordt beschreven op basis van gegevensreeksen van meetstations in Borkum, Delfzijl en Nieuwe Statenzijl. De gegevens van Borkum worden in deze studie gebruikt als referentie voor de ontwikkelingen in Nieuwe Statenzijl. Eventuele verschillen in de ontwikkeling in beide datareeksen kunnen worden toegeschreven aan veranderingen in het Eems-Dollard estuarium.

### 2.3 Kwelderontwikkeling

#### *Eigendom en beheer*

De meest recente eigendomssituatie van de kwelders is samengevat op basis van kadastrale informatie per 2010. Alle delen van de kwelder in particulier bezit worden gezamenlijk de Particuliere kwelders genoemd en als zodanig in de analyse betrokken. De overige kwelderdelen zijn eigendom van Natuurmonumenten en Stichting Het Groninger Landschap (SGL) en zijn in het beheer bij SGL. Het beheer is beschreven op basis van literatuur plus informatie die door de beheerders ter beschikking is gesteld.

#### *Pleisterende Grauwe ganzen*

Sinds 1974 worden de aantallen Grauwe ganzen maandelijks geteld in zowel het Duitse als het Nederlandse deel van de Dollard. Aan de Nederlandse kant is het aantal Grauwe ganzen inclusief vogels op aangrenzende binnendijkse landbouwpercelen. De Duitse aantallen omvatten alleen de buitendijks waargenomen vogels. Van Duitse zijde zijn de tellingen ter beschikking gesteld door K. Gerdes; voor de Nederlandse zijde door de Vogeltelgroep Dollard. De telresultaten over de periode 1974 – 1991 zijn zonder verdere bewerking overgenomen uit Esselink *et al.* (1997). Voor de periode 1991 – 2009 zijn aan de Nederlandse kant de aantallen vastgelegd per deelgebied. Voor deze periode

zijn de aantallen opnieuw verwerkt. De telresultaten zijn opgeteld per maand en per jaar. Een zeer klein aantal tellingen (9 van de 456) ontbrak, met name betrekking hebbend op de zomermaanden wanneer er maar weinig ganzen in de Dollard verblijven. De ontbrekende tellingen zijn aangevuld door ‘imputing’; in dit geval door de gemiddelde waarde in te voeren van het aantal in dezelfde maand van het voorgaande en het erop volgende jaar. De aldus aangevulde aantallen betreffen 0.26% van de totale aantallen in het uiteindelijke telbestand. De som van de maandelijks aanwezige aantallen Grauwe ganzen is vervolgens gemiddeld over de maanden december tot februari om de lange termijn ontwikkeling zichtbaar te maken. De gegevens zijn ook gemiddeld per jaar en per deelgebied om een indruk te geven van de ruimtelijke spreiding.

#### *Ontwikkeling kwelderareaal in de loop van de 20<sup>e</sup> eeuw*

Op basis van literatuur en bestaand kaartmateriaal wordt een beeld geschetst van de ontwikkeling van het kwelderareaal in het Nederlandse deel van de Dollard in de loop van de 20<sup>e</sup> eeuw. De ontwikkeling van de door SGL beheerde kwelder wordt geïllustreerd aan de hand van de breedte van de kwelder zoals deze na de inpoldering van de Carel Coenraadpolder een aantal keren is gemeten opgenomen ter hoogte van “de grenssloot van de (voormalige) gemeentes Beerta en Finsterwolde” (Fig. 2.1). De data zijn afkomstig uit brieven van “De Opzichter bij den Dollard” aan H.H. Burgemeester en Wethouders van Groningen en aantekeningen, zoals aangetroffen in het stadsarchief van Groningen (Esselink 1998, 2000a). De metingen zijn uitgevoerd met behulp van touwen. De laatste meting werd uitgevoerd in februari 1975. Dergelijke wintermetingen zijn ondergebracht bij het voorgaande groeiseizoen (conform Esselink 2000a). Het referentiepunt voor deze metingen zal bij benadering bij de dijkvoet van de dijk uit 1924 hebben gelegen, maar is niet exact bekend. Voor latere jaren is deze meetserie op deze locatie aangevuld met metingen van de kwelderbreedte op basis van false-colour luchtfoto’s en vegetatiekaarten (zie onder), waarbij het referentiepunt gelegd is op de dijkvoet van de dijk uit 1924. Om vertekening van het beeld door versterkte erosie bij de monding van de zwetsloot tegen te gaan zijn de metingen van de kwelderbreedte voor de jaren na 1975 op enige meters ten westen van de zwetsloot gedaan.

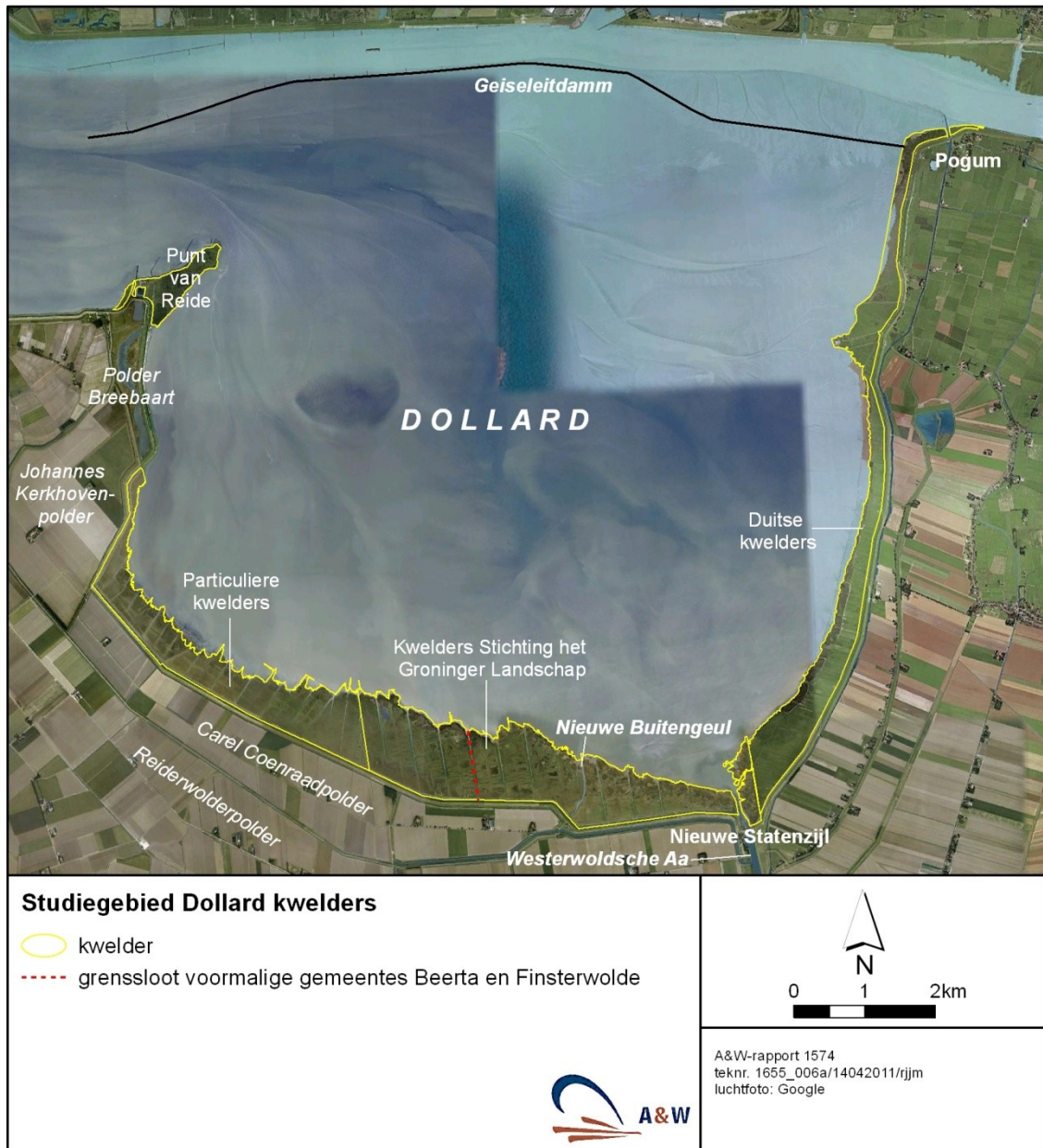
#### *Analyse kwelderafslag 1981 – 2009*

Vanaf 1980 zijn er false-colour luchtfoto’s en vegetatiekaarten beschikbaar van het studiegebied. Die stellen ons in staat om de ontwikkeling van de kwelderrand (afslag en aangroei) vanaf die tijd in meer detail te bestuderen. In het kader van dit project zijn de luchtfoto’s uit de jaren 1981 – 1999 gedigitaliseerd en gegeoreferent. Voortbouwend op onderzoek van Esselink *et al.* (1998) en Esselink (2000a, 2007) wordt met behulp van GIS de erosie van de kwelder onderzocht in relatie tot de aanwezige vegetatie op de kwelderrand. Tevens zal worden onderzocht of in de periode waarin de Heenbegroeiing langs de kwelderrand door de Grauwe gans werd aangepakt, een snellere afslag heeft plaatsgevonden. Ten einde de lengte van de kustlijn niet van invloed te laten zijn op de uitkomsten en conclusies, wordt de afslagsnelheid één dimensionaal geëvalueerd, uitgedrukt in meter per jaar.

De ligging van de kwelderrand (gedefinieerd als de overgang naar onbegroeid slik) is ingetekend voor zes jaren op basis van gescande digitale luchtfoto’s uit 1981, 1988, 1994, 1999 en 2009. In aanvulling daarop is de kwelderrand in 2005 overgenomen van de RWS-vegetatiekaart uit 2006 (gemaakt op basis van luchtfoto’s uit 2005). Vervolgens zijn 190 loodrecht op de dijk staande raaien op de luchtfoto’s geprojecteerd. Daarna is per periode op elke raai de afslag of aangroei van de kwelder gemeten als de afstand tussen de positie van de kwelderrand aan het begin en het einde van een periode.

De geografisch gecorrigeerde luchtfoto’s lieten een nauwkeurige positie positiebepaling van de





**Figuur 2.1** Het studiegebied met de kwelders van de Dollard en de belangrijkste toponiemen.

kwelderrand toe. De geometrische precisie van de gedigitaliseerde foto's lagen voor het binnenland in de orde van een meter of minder. Op de kwelder zijn minder referentiepunten beschikbaar en kan de geometrische precisie in theorie kleiner zijn door extrapolatie, maar een vergelijking van de ligging van de rand van de zwetsloten gaf geen bijzondere afwijkingen. De luchtfoto's uit 1981, 1988, 1994, 1999 waren in stereo beschikbaar, zodat met een Digitaal Fotogrammetrisch Systeem (DFS) de positie van de kwelderrand in een driedimensionaal beeld met een nauwkeurigheid van 0.5 m kon worden ingetekend. De positie van de kwelderrand in 2009 is in het veld op een tiental punten gecontroleerd, waarbij geen afwijkingen groter dan een meter zijn geconstateerd.

De zo verkregen kwelderrand is eveneens gebruikt om de omvang van de kwelders voor de verschillende jaren te berekenen. Hierbij zijn alle met hogere planten begroeide buitendijkse gronden tot kwelder gerekend. Dit zou kunnen leiden tot kleine verschillen tussen in dit rapport gepresenteerde resultaten en bijvoorbeeld de oppervlakte van de kwelders volgens de vegetatiekaarten van Rijkswaterstaat.

### *Vegetatie*

De veranderingen in ligging van de kwelderrand zijn gerelateerd aan de aanwezige vegetatie door op basis van RWS-vegetatiekaarten uit de periode 1980 – 2006 te bepalen welk vegetatietype op een bepaald moment op de kwelderrand aanwezig was. Bij de analyse van afslag en aangroei is de vegetatie op de kwelderrand vereenvoudigd en onderverdeeld in de volgende drie klassen: (1) Riet, (2) Zeebies of Heen en (3) overige vegetatie (Overig). Op de RWS vegetatiekaarten wordt de vegetatie beschreven op basis van een vast typenstelsel, de zgn. SALT97 typologie (de Jong *et al.* 1998).

Kaarteenheden waarin vegetatietypes met Riet een aandeel hadden van > 50% werden geclassificeerd als ‘Riet’. Het gaat hierbij om twee vegetatietypen, nl.: (a) het SALT97 vegetatietype Bb5 waarin Riet een bedekking heeft van > 50% en (b) Het vegetatie Bb3 waarin Riet een bedekking heeft van >25% en Riet een hogere bedekking heeft dan Heen.

Kaarteenheden waarin vegetatietypes met Heen een aandeel hadden van > 50% werden geclassificeerd als ‘Heen’. Het gaat hierbij om twee vegetaties, nl.: (a) het SALT97 vegetatietype Bi5 waarin Heen een bedekking heeft van > 50% en (b) Het vegetatie Bi3 waarin Heen een bedekking heeft van >25% en Heen een hogere bedekking heeft dan Riet.

Kaarteenheden waarin het aandeel van andere vegetatietypes dan de vier bovengenoemde SALT97 types Bb3, Bb5, Bi3 en Bi5 groter was dan 80% zijn geclassificeerd als ‘Overig’. Enkele kaarteenheden waren niet duidelijk toe te wijzen aan één van deze drie vegetatieklassen.

### *Hoogteontwikkeling kwelder*

De veranderingen in hoogteligging van het voorliggende wad worden beschreven op basis van lodingskaarten van Rijkswaterstaat en de beschikbare rapportages hierover. Voor wat betreft de bodemhoogte op de kwelders staan ons datareeksen ter beschikking van de SGL-kwelder (Esselink 2007) uit 1984, 1992 en 2003, in alle drie jaren gemeten door middel van waterpassing. De gegevens zijn met dezelfde criteria verwerkt als in Esselink *et al.* (1998) en Esselink (2007).

Voor de particuliere kwelder is een vergelijking gemaakt tussen beschikbare hoogtemetingen uit 1980 en recente hoogtemetingen uit 2008 van vrijwel dezelfde punten. Op de particuliere kwelder is in 1980 door Dankers *et al.* (1984) een zgn. transportstudie verricht. In deze studie is in een gebied van 200 m × 490 m de hoogte van het maaiveld gemeten door middel van waterpassing. Deze metingen zijn uitgevoerd door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat. De metingen uit 2008 zijn verkregen met behulp van laser-altimetrie, dat wil zeggen een bepaling vanuit een vliegtuig in de maand juli. Het betreft hier het zgn. AHN-2 bestand. Van het AHN-2 bestand is door ons het zogenaamde 5×5 m DHM raster gebruikt. Let op: de vergelijking berust dus op twee van elkaar verschillende methodieken. De vergelijking moet met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd, omdat vegetatie invloed heeft op de waarden binnen het AHN (van de Rijt & Esselink 2006; <http://www.ahn.nl/>). Iedere hoogtebepaling in 1980 uit het bestand van Dankers *et al.* is gekoppeld aan de omliggende vier hoogtebepalingen in het AHN-2bestand uit 2008. In de analyse zijn punten weggelaten die in greppels of sloten of binnen 50 meter van het oude dijklichaam (situatie 1980) liggen. In de periode 1984 – 1986 is de dijk namelijk verzwaaard, hetgeen ten koste ging van een strook kwelder met een breedte van *ca.* 47 meter.

De Dollardkwelders liggen op de rand van de zogenaamde bodemdalingsschotel van het gasveld van Slochteren. De invloed hiervan op de netto ophoging wordt geëvalueerd aan de hand van metingen van bodemdaling in het studiegebied door de NAM (2010).

## 3 De Dollard in hydrologisch en geomorfologisch perspectief

---

### 3.1 Inleiding

Doel van dit hoofdstuk is een beschrijving te geven van de belangrijkste aspecten achter de afzettingen van zand en klei in het Eems-Dollard estuarium, in het bijzonder in de Dollard, en of we vanuit deze kennis over de hydromorfologische ontwikkeling van het natte deel iets kunnen zeggen over perspectief voor kwelderbehoud of –ontwikkeling. Zoals zal worden aangetoond zijn de ontwikkelingen in de Dollard niet los te zien van veranderingen en menselijke ingrepen in andere delen van het estuarium.

Afzetting van sediment (klei en zand) is een functie van (1) het aanbod van sediment en (2) de gelegenheid om tot afzetting te komen. Beiden worden bepaald door natuurlijke factoren en menselijke beïnvloeding. De natuurlijke factoren voor het aanbod zijn de stroming en de golfwerking die transport van sediment dat elders – vanuit een dynamische morfologische evenwichtsituatie (in evenwicht met de hydraulica van het gebied) – vrij is gekomen. Menselijke beïnvloeding van het aanbod voor de Dollard vindt mogelijk plaats via het verspreiden van baggerspecie in de Mond van de Dollard en via ingrepen als onderhoudsbaggerwerk en uitgevoerde verdiepingen elders in het estuarium, waardoor de hydrologie van het estuarium sterk veranderd is.

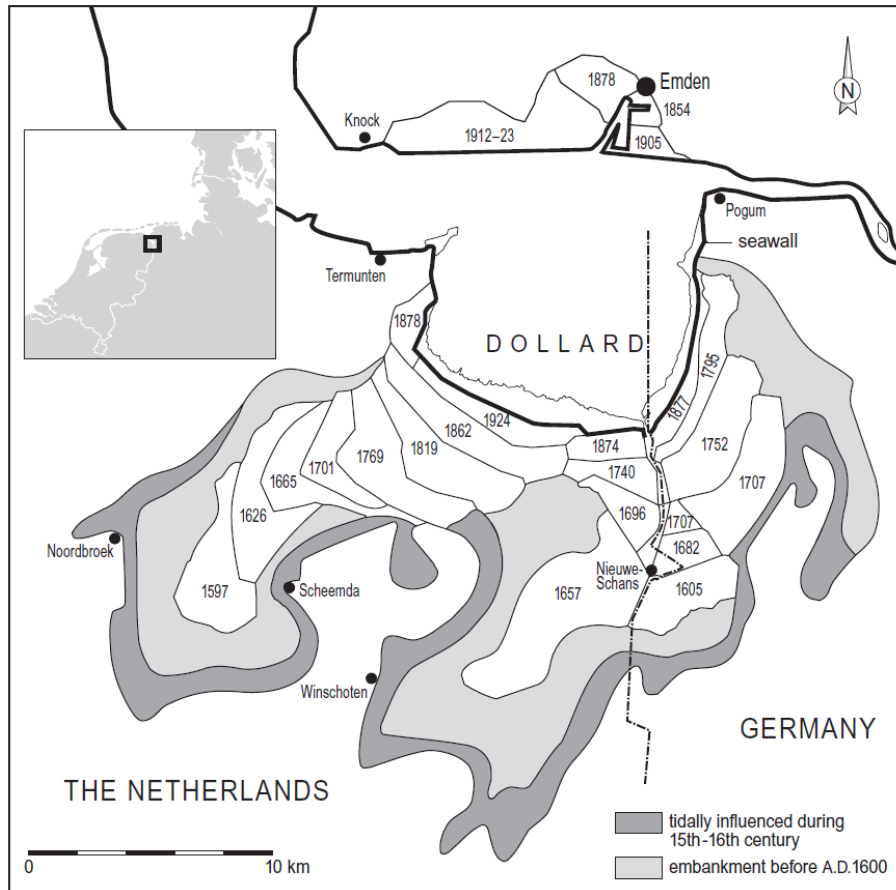
Afzetting van sediment uit de waterkolom op de bodem vindt onder natuurlijke omstandigheden plaats door de ontwikkeling van een (dynamische) natuurlijke evenwichtsituatie in het gebied en door de invloed van biota op dit proces. De gelegenheid tot afzetting van sedimentdeeltjes kunnen door menselijke ingrepen in het estuarium worden beïnvloed; bijvoorbeeld indirect door gewijzigd getijdenregime, door bodemdaling als gevolg van gaswinning en het creëren van luwe omstandigheden, zoals de aanleg van de Geiseleiddamm.

In dit hoofdstuk wordt eerst een overzicht gegeven hoe door menselijke invloeden het estuarium en de Dollard in het bijzonder hun huidige vorm heeft gekregen. Vervolgens zal de ontwikkeling van een aantal belangrijke hydrologische parameters worden besproken. Daarna zal worden ingezoomd op het sedimentaanbod en de meer recente morfologische ontwikkelingen in het ‘natte’ deel van de Dollard.

### 3.2 Ontstaan van de huidige toestand van het Eems-Dollard estuarium

#### *Ontstaan van de Dollard*

De Dollard is van een relatief recente oorsprong. Tot in de Late Middeleeuwen mondde de Westerwoldsche Aa ter hoogte van de Punt Reide uit op de rivier de Eems. Door een samenspel van bodemdaling als gevolg de Middeleeuwse veenontginningen en een verhoogde stormvloedfrequentie ontstond in het begin van de 15<sup>e</sup> eeuw een ondiepe baai. Door voortschrijdende erosie van met name de veenpakketten bereikte deze baai aan het begin van de 16<sup>e</sup> eeuw zijn maximale omvang (Stratingh & Venema 1855; Groenendijk & Bährenfänger 2008).



**Figuur 3.1** De maximale uitbreiding van de Dollard aan het begin van de 16<sup>e</sup> eeuw en haar inpolderingsgeschiedenis. Getallen geven jaar van inpoldering (gewijzigd naar de Smet & Wiggers 1960).

### 3.2.1 Inpolderingen

Vanaf de 16<sup>e</sup> eeuw begon een vrij intensieve inpoldering van het Eems-Dollard estuarium, in het bijzonder van de Dollard, welke kleiner van oppervlak werd door aanslibbingen en bedijkingen (Stratingh & Venema 1855; de Smet & Wiggers 1960). Hierdoor beslaat de huidige Dollard ruwweg nog maar 35% van de maximale uitbreiding rond 1510 (Fig. 3.1).

Ook in de loop van de twintigste eeuw hebben in de Eems-Dollard nog inpolderingen plaats gevonden. Tussen 1912 en 1924 zijn geulen en slibvlakten tussen Knock en Emden bedijkt om daarmee de diepte van de rivier te doen toenemen en tegelijkertijd het baggerbezwaar te laten afnemen (Gerittsen 1952; geciteerd door Werkgroep Dollard 2001). Sinds 1922 hebben nog verschillende inpolderingen plaatsgevonden met een totaal oppervlakte van *ca.* 21 km<sup>2</sup> (Schuchardt *et al.* 1993). De laatste inpoldering was Polder Breebaart (63 ha) vanwege de voorgenomen maar niet uitgevoerde aanleg van een nieuw scheepvaart- en afwateringskanaal.

Op enkele uitzonderingen na werd bij de opéénvolgende inpolderingen uitsluitend nieuw aangeslibde kwelders ingepolderd. Vanaf 1700 – maar mogelijk ook al eerder – werd de aangroei van kwelders kunstmatig gestimuleerd (Esselink 2000a). De steeds kleinere dimensies van de polders, met name vanaf de 18<sup>e</sup> eeuw, suggereren dat dit proces mogelijk steeds moeizamer verliep en dat de autonome ontwikkeling van de Dollard, dus het natuurlijke proces van verondieping door afzetting van sediment langzamerhand tot een einde zijn gekomen. Van tijd tot tijd werd geconstateerd dat zonder menselijke inmenging aangroei van kwelders uitbleef (Stratingh & Venema 1855; Esselink

2000a). De netto morfologische ontwikkelingen in de huidige Dollard zouden daarmee wel eens grotendeels aangestuurd kunnen worden door menselijke ingrepen.

### 3.2.2 Vaarwegen

#### *Stuw bij Herbrum*

Tegen het einde van de tweede helft van de 19<sup>e</sup> eeuw vonden er al belangrijke ingrepen in het estuarium plaats ten behoeve van de scheepvaart. Twee daarvan waren in 1899 de bouw van de stuw bij Herbrum en de aanleg van het Ems-Dortmundkanaal (Steen 2003). Dit heeft mogelijk de getijdendynamiek van het estuarium beïnvloed omdat de doordringing van de getijdengolf voorbij Herbrum werd beperkt (Habermann 2003).

#### *Geiseleiddamm*

In 1873 werd door de Duitse overheid westelijk van Pogum begonnen met het ophogen ‘Geiserücken’ tussen het Emders Fahrwasser en de Dollard baai. In 1900 en 1932 werden deze werken opnieuw opgepakt; in 1932 werd de dam met 2 km verlengd. Dit resulteerde erin dat de Mond van de Dollard de belangrijkste water aan- en afvoerroute werd voor de Dollard. Tegelijkertijd namen ook de stroomsnelheden en diepte van het Emders Fahrwasser toe. Hierdoor trad een natuurlijke verdieping op, die vanaf 1901 door aanvullend baggerwerk op 7.0 m onder SKN (= gemiddeld laagwater voor springtij) werd gehouden. Tussen 1958 en 1961 vond uiteindelijk de aanleg plaats van de 12 km lange ‘Geiseleiddamm’ tot aan het niveau van GHW. Sinds 1968 wordt de Geiseleiddamm niet meer onderhouden. Door onder- en overstroming was in 1977 bij Pogum over een lengte van 2 km het verval al zodanig, dat hier van een effectieve scheiding tussen Eems en Dollard geen sprake meer was (Werkgroep Dollard 2001) en dat er dus uitwisseling van water en gesuspendeerd sediment plaatsvindt tussen de Eems en de Dollard. Meer westelijk lag rond 2000 de kruin 0.6 – 0.7 m onder het niveau van GHW. Dit betekent dat rond het tijdstip van hoogwater de dam gedurende 4 uur onder water ligt. (Werkgroep Dollard 2001). Een belangrijk deel van het slib dat uit de Eems ter plekke wordt gedregd wordt geacht van de Dollard afkomstig te zijn.

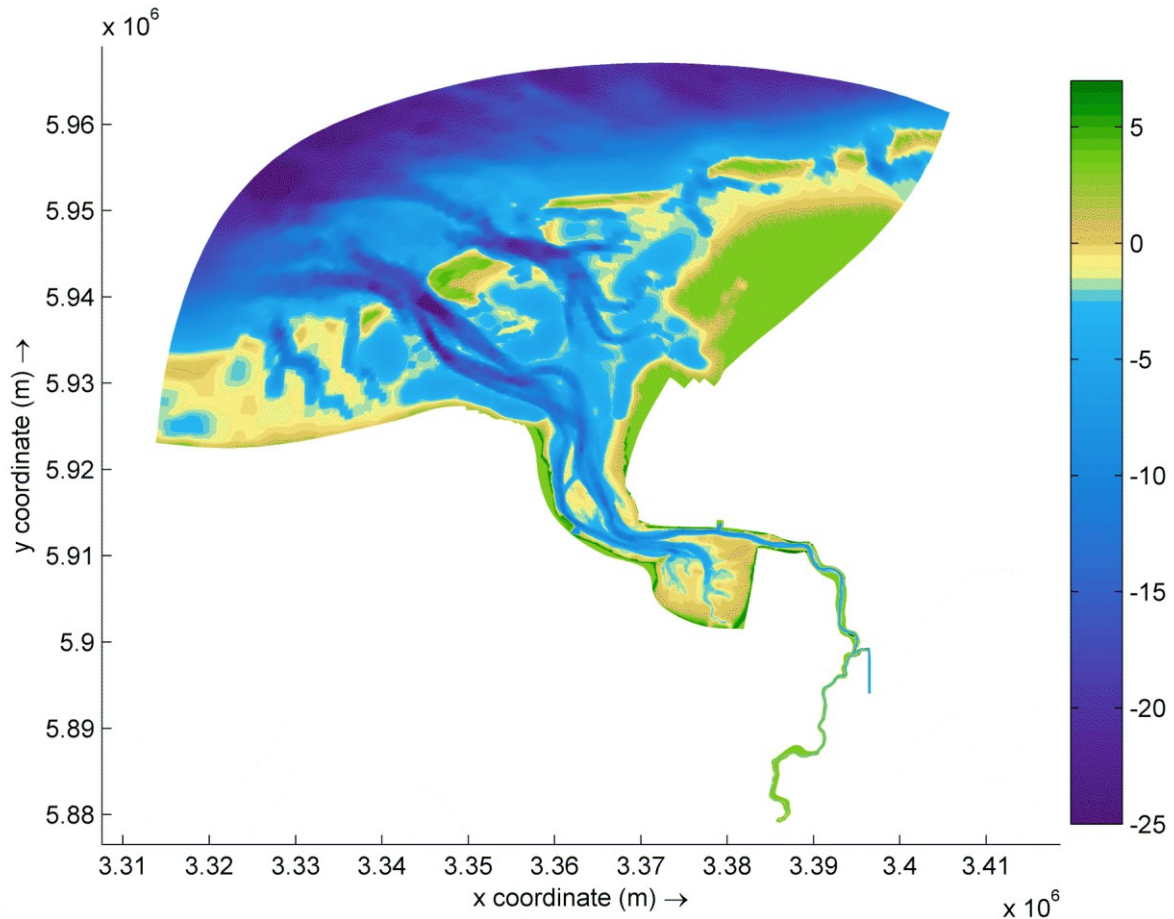
Behalve de Geiseleiddamm is ook nog een 2.2 km lange ‘Leitdamm Seedeich’ aangelegd in het meer naar buiten gelegen deel van het estuarium (Steen 2003).

#### *Verdiepingen en kanalisatie*

Met een baggervolume van rond  $4 \times 10^6$  m<sup>3</sup> per jaar was in de jaren twintig en dertig van de vorige eeuw al sprake van een aanzienlijke inspanning aan baggeractiviteiten in het estuarium (de Jonge 1983). Deze baggerwerkzaamheden waren met name gericht op het op diepte houden van de belangrijke vaarroutes. Tot aan het begin van de zestiger jaren, met uitzondering van de oorlogsjaren, zijn deze zgn. onderhoudsbaggerwerkzaamheden min of meer op hetzelfde volumenniveau gebleven.

Vanaf het midden van de zestiger jaren van de vorige eeuw zijn de scheepvaartgeulen tussen Knock en Borkum verdiept en gestroomlijnd (de Jonge 1983; Cleveringa 2008). Het oorspronkelijke geulensysteem met parallelle nevengeulen is daarbij omgevormd tot een systeem met één hoofdgeul (Fig. 3.2 en 3.3). Hierdoor is een trendbreuk opgetreden van het GHW (zie onder). Het Emders Fahrwasser werd al vanaf 1901 op 7 m onder SKN gebracht (zie boven). In 1948 volgde een verdieping tot 8.5 m (Werkgroep Dollard 2001). Tussen Emden en Papenburg is de rivier de Eems de afgelopen decennia stapsgewijs verdiept: eerst naar 5.7 m in 1985/1986, toen naar 6.8 m in 1991/1992, en tenslotte naar 7.3 m in 1994 (Jensen *et al.* 2003). Daarbovenop werd in 1984/1985 een bochtafsnijding gerealiseerd (‘Weekeborger Bucht’), waardoor de rivierlengte met bijna 1 km is afgenomen (Habermann 2003).



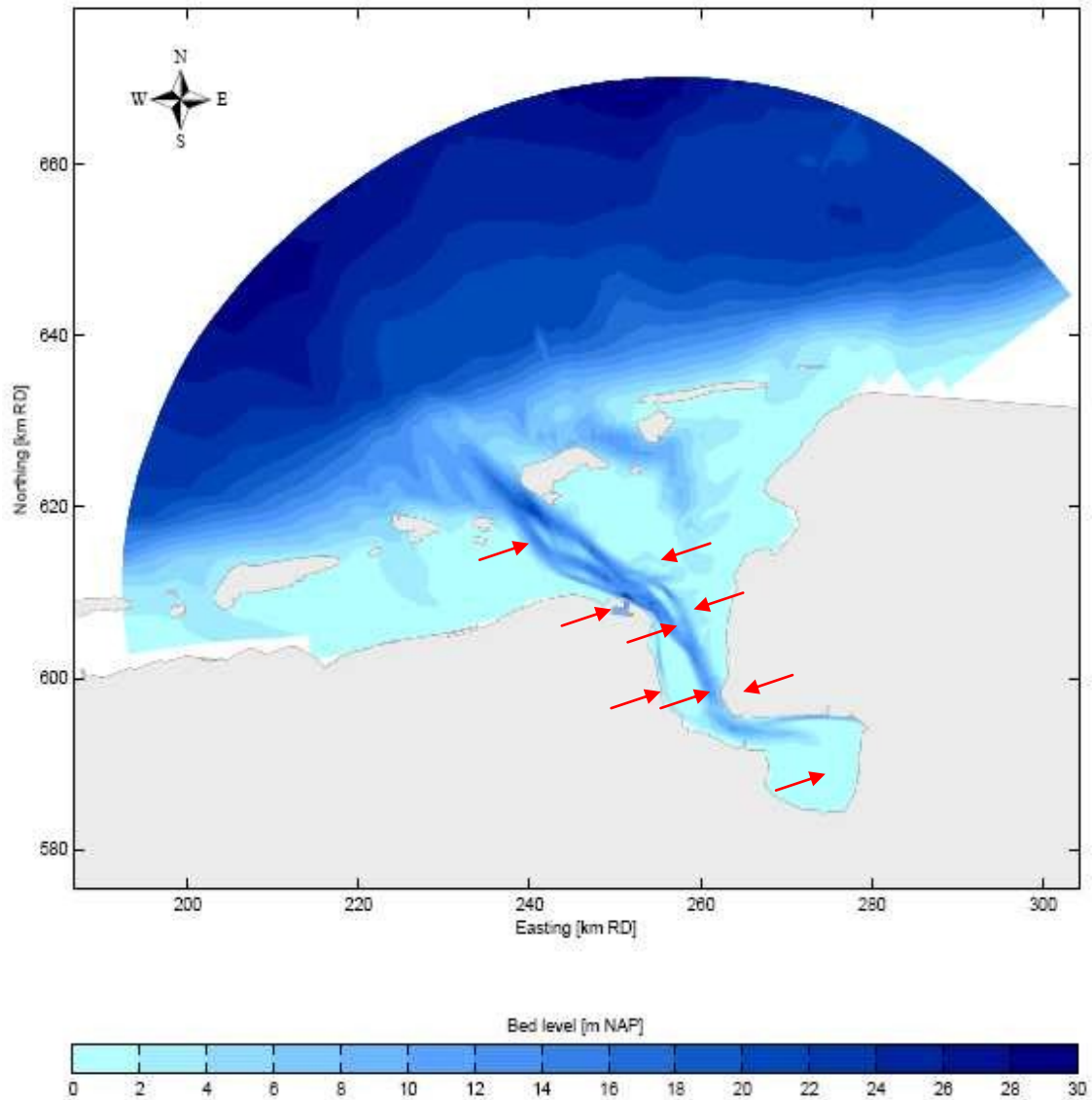


**Figuur 3.2** Diepte (in m t.o.v. van gemiddeld zeeniveau) en morfologie van het Eems-Dollard estuarium in 1926 (Herrling & Niemeyer 2008).

Om deze verdiepingen en de in het estuarium gelegen havens op diepte te houden is het niveau van het onderhoudsbaggerwerk toegenomen en moeten er jaarlijks aanzienlijke hoeveelheden sediment gebaggerd en weer verspreid worden. Dit werkt mogelijk verhogend op het sedimentaanbod voor de Dollard.

#### *Emssperrwerk*

Ter bescherming van het achterland tegen stormvloeden, maar ook om nog grotere passagiersschepen gebouwd in Papenburg te kunnen laten passeren, is in de jaren 1998 – 2002 bij Gandersum een stormvloedkering gebouwd (Niemeyer & Kaiser 2002). Tijdens sluiting gedurende enkele dagen van de kering voor ten behoeve van het stroomafwaarts verplaatsen van de grote schepen kan een dichtheidsgedreven stroming van zout water 10 – 20 km stroomopwaarts migreren (Talke & Swart 2006).



**Figuur 3.3** Diepte (in m t.o.v. van gemiddeld zeeniveau) en morfologie van het Eems-Dollard estuarium in 2002 (Herrling & Niemeyer 2008). Merk op dat de kleurencode afwijkt van figuur 3.2. Pijltjes geven de veranderingen ten opzichte van 1926 (Fig. 3.2).

### 3.2.3 Gaswinning

Het Eems-Dollard estuarium ligt ten dele in de bodemdalingsschotel van het Groningen gasveld (Fig. 3.4). Met ingang van 1964 wordt er gas uit dit veld gewonnen. Dit gaat gepaard met bodemdaling. In de periode 1964 – 2008 bedroeg de gemeten bodemdaling in het centrum van de schotel 30 cm (NAM 2010). Het schotelvormige dalingsgebied reikt bij Delfzijl tot over de Eems in Ost-Friesland. In de westelijke Dollard bedroeg de totale daling in 2008 6 cm; het centrum en het oostelijk deel van de Dollard liggen buiten het dalingsgebied. Verwacht wordt dat in 2070 de daling langs de Nederlandse kust van de Eems lokaal kan oplopen tot 38 cm; voor de westelijke Dollard ligt deze verwachting op 10 cm (NAM 2010). Gebaseerd op de meest recente voorspellingen voor het jaar 2050 en onder de aanname van een lineaire verloop, bedraagt het grootschalige (gehele estuarium) effect van bodemdaling door gaswinning minder dan 1 mm/jaar.



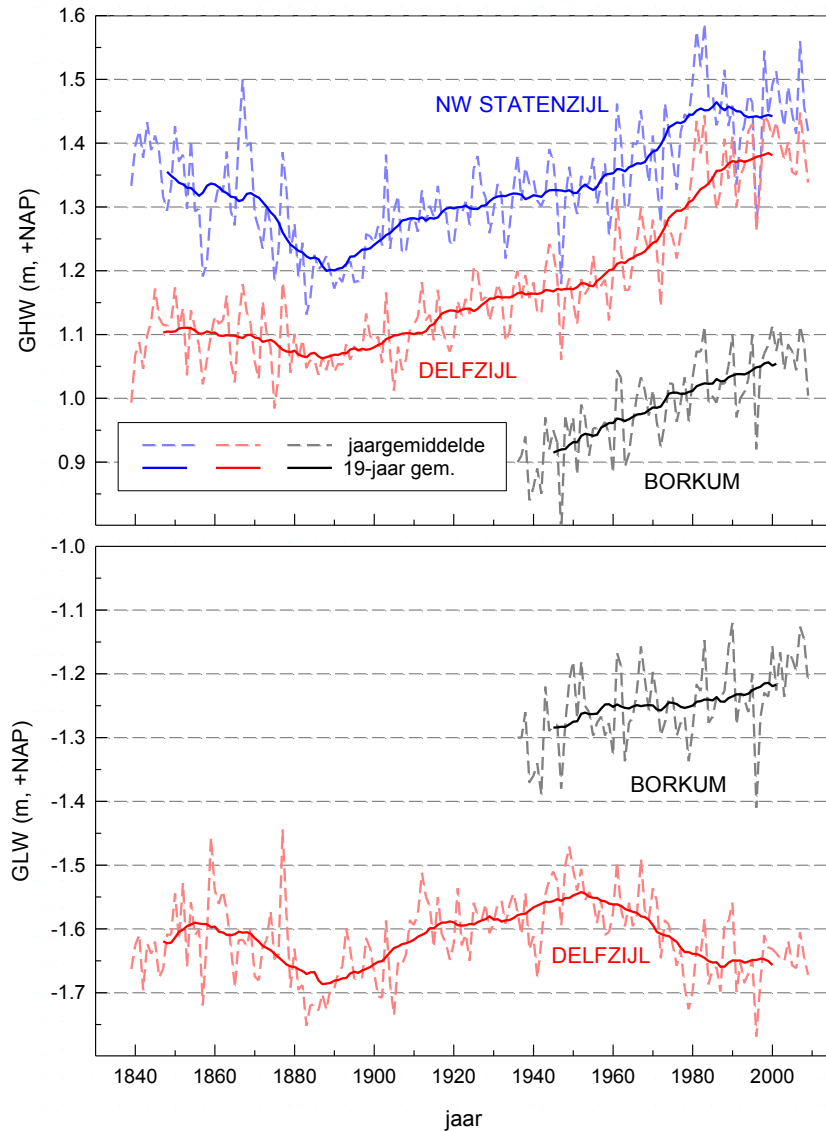
**Figuur 3.4** Contourkaart voor de bodemdaling door gaswinning vanaf het begin van de winning in 1964 tot de waterpassing van 2008 (NAM 2010).

### 3.3 Hydrologische ontwikkelingen

De waterstanden en stromingen in het Eems-Dollard estuarium worden gedomineerd door de getijbewegingen. Het gemiddelde tijverschil of de getijslag in het huidige estuarium neemt toe in stroomopwaartse richting van ongeveer 2.3 m in het mondingsgebied bij Borkum tot 3.5 m in de benedenloop van de rivier de Eems. Er zijn lange termijn veranderingen in de peilniveaus van GHW en GLW, en daarmee ook in de getijslag en de gemiddelde zeestand. Deze veranderingen zijn ten dele een gevolg van factoren als klimaatverandering en tectoniek (o.a. Oost *et al.* 2009), maar vinden ten dele ook hun oorzaak in de hierboven beschreven lokale menselijke ingrepen in het estuarium. Waterstanden zijn van invloed op de ligging van de ondergrens van de kwelderbegroeiing; de getijslag is van invloed op getijvolumina en stroomsnelheden en daardoor op sedimenttransporten in het estuarium. De genoemde veranderingen worden daarom hieronder beschreven.

De jaargemiddelde waterstanden laten onder invloed van het weer zoals wind en verschillen in luchtdruk een grote variatie van jaar op jaar zien (Fig. 3.5). Daarnaast zijn ook de periodieke relatieve bewegingen van de Maan en de Zon ten opzichte van de Aarde van invloed op het getij. Deze cyclus wordt de Saros cyclus genoemd en heeft een lengte van 18.6 jaar. In figuren 3.5 en 3.6 is de invloed van de Saros cyclus ruwweg geneutraliseerd door het 19jaars-lopende gemiddelde in de grafieken uit te zetten.



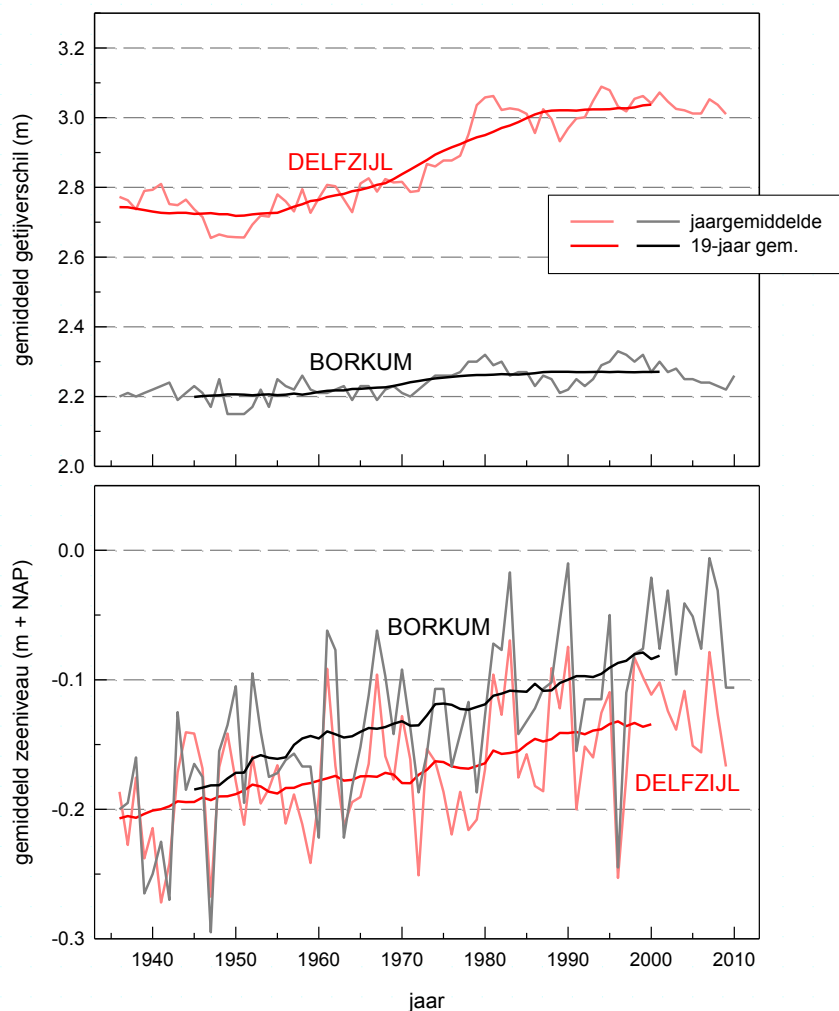


**Figuur 3.5** Ontwikkeling van het jaarlijks (A) gemiddeld hoogwater (GHW) en (B) gemiddeld laagwater (GLW) op drie stations in het Eems-Dollard estuarium sinds het begin van de peilregistraties op deze stations (1839 voor Nieuwe Statenzijl en Delfzijl, 1936 voor Borkum-Südstrand). In Nieuwe Statenzijl kan geen laagwaterpeil worden geregistreerd. Het 19-jarig lopend gemiddeld is gekozen om te corrigeren voor een mogelijk effect van de Saros-cyclus (zie tekst).

Van Delfzijl en Nieuwe Statenzijl zijn waterstandgegevens beschikbaar vanaf 1839. De huidige toename van gemiddeld hoogwater is op beide stations voorafgegaan door een dalende trend tot ongeveer 1890 (Fig. 3.5A). Dat jaar wordt vaak wel genoemd als het begin van de huidige klimaatverandering als gevolg van de antropogene stijging van de concentratie aan broeikasgassen in de atmosfeer. De geringe daling van GHW in Delfzijl voor 1890 (-0.9 mm/jr) is vergelijkbaar met andere oude meetreeksen in de Waddenzee. De veel forsere daling in Nieuwe Statenzijl (-3.8 mm/jr) is opmerkelijk.

Op basis van een regressieanalyse is het GHW in Nieuwe Statenzijl in de periode 1890-2009 gestegen met gemiddeld 2.2 mm/jaar; in Delfzijl was deze stijging met een waarde van 3.0 mm/jaar duidelijk hoger (Fig.3.5A). Van het GHW van Delfzijl is bekend dat hierin tweemaal een trendbreuk is opgetreden door een menselijke oorzaak, namelijk: (1) rond 1960 als gevolg van het uitbaggeren

van de vaargeul naar Emden en (2) in het najaar van 1978 door de uitvoering van havenwerken. In dit tweede geval was er sprake van een min of meer abrupte rijzing van de hoogwaterstanden met ongeveer 6 cm (Dillingh *et al.* 1993). Deze stijging is ook waar te nemen in figuur 3.5. Op beide stations laat het GHW een afwisseling zien van periodes met gemiddeld een relatief geringe stijging en periodes waarin van een snellere stijging sprake was. Zo bedroeg in Nieuwe Statenzijl in de periode 1910 – 1954 de stijging gemiddeld 1.0 mm/jaar tegenover een waarde van ongeveer 6 mm/jaar in de periode ervoor en erna (1890 – 1910 en 1955 – 1983 met resp. 5.7 mm/jr en 6.3 mm/jr). In Delfzijl was er geen verschil tussen de eerste twee periodes na 1890 en bedroeg de stijging over de gehele periode 1890 – 1954 gemiddeld 1.2 mm/jaar, terwijl in de periode 1955 – 1983 sprake was van een stijging van 6.7 mm/jaar. Na 1983 is op beide stations sprake van een duidelijke afvlakking in de stijging van GHW, in Nieuwe Statenzijl is zelfs sprake van een lichte daling. In Nieuwe Statenzijl is tevens de piekwaarde van het GHW voor 1983 in de 26 jaar erna niet meer overschreden. Voor de analyse van veranderingen in het kwelderareaal betekent dit dat de periode waaruit luchtfoto's beschikbaar zijn (1981 – 2009), gekenmerkt wordt door een min of meer stabiel niveau van GHW in de Dollard (1.45 m +NAP).



**Figuur 3.6** Vergelijking van de ontwikkeling van (A) de getijslag (verschil tussen jaarlijks GHW en GLW) (B) het gemiddeld zeeniveau op de peilstations Delfzijl en Borkum-Südstrand voor de periode 1936 – 2009.

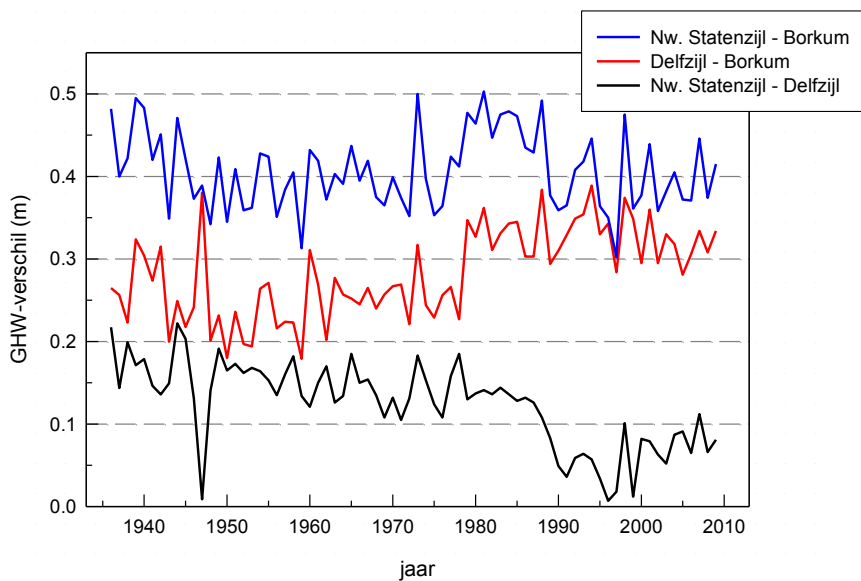
Van het peilstation Borkum is een veel kortere meetreeks beschikbaar die in 1936 begint. Tot en met 2010 liet het GHW hier een stijging zien van gemiddeld 2.5 mm/jaar. Ook voor Borkum geldt dat de maximumwaarde van het GHW uit 1983 nog niet opnieuw is overschreden en dat vanaf 1983 een afvlakking in de stijging van het GHW is te herkennen (Fig.3.5A). Iets soortgelijks is te zien in een paar andere meetstations in de Waddenzee. Dit wijst erop dat er naast een lokaal verschijnsel in de Eems-Dollard, er ook sprake is van een regionaal verschijnsel van afvlakking van het GHW. Wat de oorzaak van dit regionale verschijnsel is valt buiten het bestek van dit onderzoek.

Als gevolg van een globale stijging van de zeespiegel, mag ook een stijging van het jaarlijks GLW worden verwacht. Deze stijging is op de meeste peilstations kleiner dan de stijging van GHW. Ook op het station Borkum was dit het geval (1936 – 2010 1.4 mm/jr; Fig. 3.5B). Door de kleinere stijging van het GLW is op Borkum een gemiddelde vergroting van de getijslag opgetreden van 1.2 mm/jaar (of 12 cm/eeuw; Fig. 3.6A). Omdat zowel de niveaus van GHW als GLW zijn gestegen, is ook het gemiddeld zeeniveau gestegen (1.9 mm/jr).

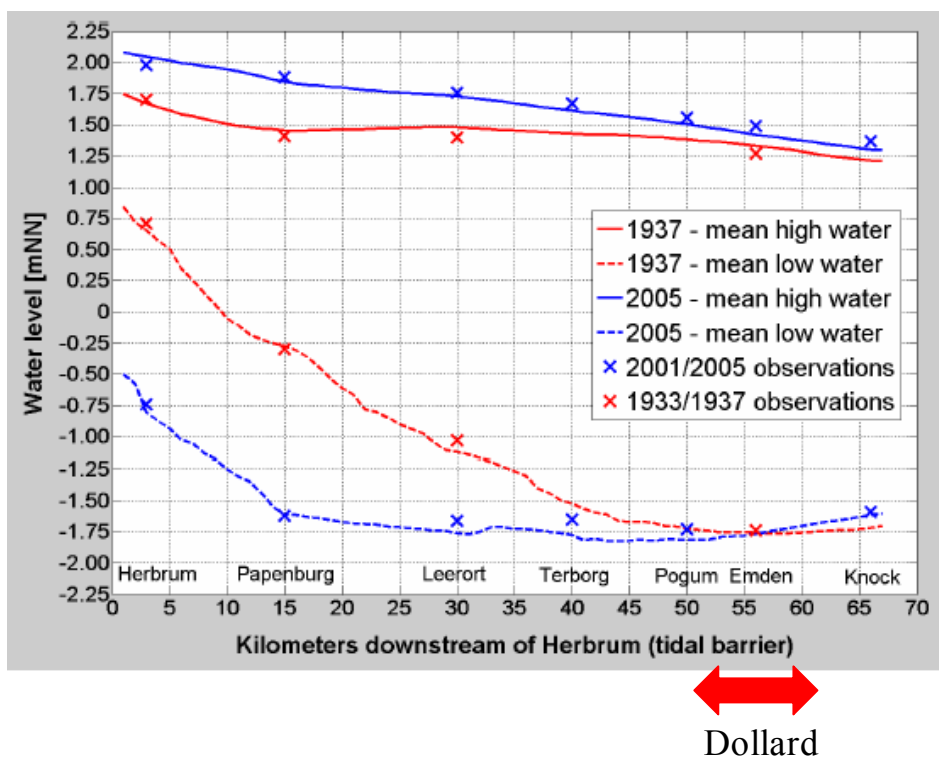
In tegenstelling tot Borkum, is in Delfzijl geen stijging, maar een daling van het GLW opgetreden (Fig. 3.5B). In de periode 1950 – 1980 bedroeg deze gemiddeld 4.4 mm/jaar; na 1980 was sprake van min of meer een stabilisatie van het GLW rond een niveau van NAP – 1.65 m. Door de daling van het GLW is in de periode 1950 – 1980 sprake van een snelle vergroting van de getijslag met 9 mm/jaar (Fig. 3.6A). Na 1980 heeft de getijslag een vrij constante waarde gehouden van gemiddeld iets meer dan 3 meter. De stijging van het gemiddeld zeeniveau (1.2 mm/jr) is door dit alles lager dan bij Borkum (Fig. 3.6B). De afwijking wordt toegeschreven aan menselijke ingrepen, zoals kanalisatie en aanleggen havenwerken (de Jonge 1983; Dillingh *et al.* 1993).

De vraag in hoeverre het getij in de zuidelijke Dollard (Nieuw Statenzijl) door menselijke ingrepen beïnvloed is, kan enkel aan de hand van hoogwatergegevens worden beschreven. De zuidelijke Dollard is namelijk te ondiep om laagwaterpeilen te kunnen monitoren. Er mag worden aangenomen dat waterstanden op Borkum weinig of niet beïnvloed zijn door de uitgevoerde ingrepen meer landwaarts in het estuarium. Wanneer nu het verschil tussen de jaarlijkse GHW's van Nieuwe Statenzijl en Borkum wordt uitgezet tegen de tijd, blijft dit verschil, afgezien van jaarlijkse fluctuaties, vrij constant op een niveau van 0.41 meter (Fig. 3.7). Daarentegen laat het verschil tussen de jaarlijkse GHW's van Delfzijl en Borkum wel een verandering zien. Met andere woorden: het gedrag van GHW in de zuidelijke Dollard lijkt niet sterk beïnvloed door de menselijke ingrepen in het estuarium. Indirect kan aan de hand van metingen in de regio Pogum-Emden (1936 – 2005) afgeleid worden dat ook het GLW vrijwel niet beïnvloed is door de mens (Fig. 3.8).

De grootste invloed hebben de gepleegde ingrepen gehad op het getij in de rivier de Eems, met name op het GLW en de getijslag (Fig. 3.8). Het GHW van 2005 laat stroomopwaarts van Pogum een stijging zien van 0.30 meter ten opzichte van het jaar 1937. Dit is bijna het dubbele van de stijging bij Borkum (welke min of meer representatief wordt geacht voor de ongestoorde situatie; Fig. 3.5A). Het laagwater is daar juist zeer sterk afgenomen met bijna 1.50 meter. Hierdoor is ook de getijslag hier de laatste 50 jaar sterk toegenomen (15 mm/jr in Papenburg). De toename neemt in zeewaartse richting af (Borkum 1.2 mm/jr; Fig. 3.6A). De verandering van het getijverschil heeft hogere getijvolumina en grotere stroomsnelheden tot gevolg en daardoor grotere sedimenttransporten.



**Figuur 3.7** Ontwikkeling van de niveauverschillen van het jaarlijks GHW tussen de stations Borkum-Südstrand, Delfzijl en Nieuwe Statenzijl over de periode 1936 – 2009.

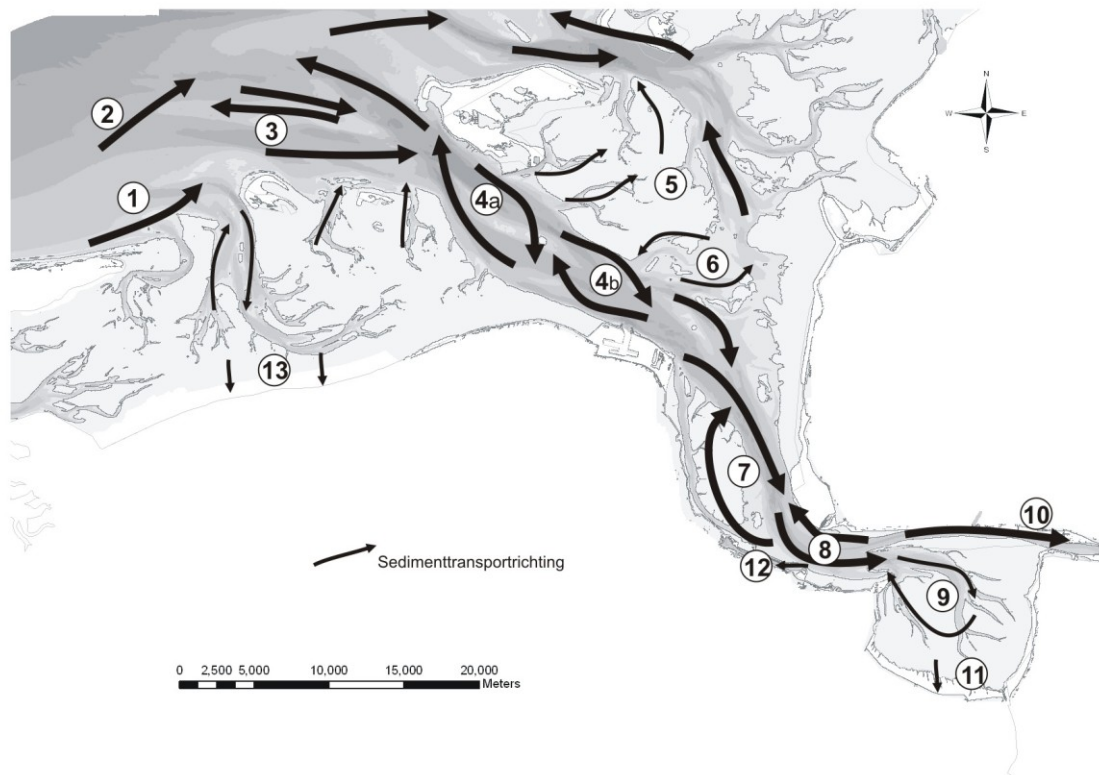


**Figuur 3.8** Het gemiddeld hoog- en laagwater langs de lengteas van het estuarium van de stuw bij Herbrum tot meer zeewaarts gelegen Knock voor de jaren 1937 en 2005. Lijnen geven berekende waarden; x waarnemingen. De getijslag is het meest toegenomen op de rivier de Eems (traject Herbrum – Pogum) (Uit: Herrling & Niemeyer 2008).

### 3.4 Aanbod van sediment

#### 3.4.1 Natuurlijke aanbod

Het natuurlijke aanbod van sediment is de resultante van (a) een afnemende energiediënt vanaf het Zeegat van de Eems tot in de Dollard (Fig. 3.9) en (b) het voortdurend in beweging zijn van grote hoeveelheden slib en zand in het estuarium, waarvan een fractie meer permanent tot bezinking komt. In het estuarium is in de afgelopen eeuwen de Dollard een luw, natuurlijk sedimentatiegebied geweest, dat deels daardoor vanaf de 16<sup>e</sup> eeuw kon worden ingepolderd (zie 3.2.1; Fig. 3.1).



**Figuur 3.9** Schematische weergave van de sedimenttransportpaden in de Eems-Dollard en aangrenzende delen van de Waddenzee (Cleveringa 2008).

#### 3.4.2 Invloed van de mens op het sedimentaanbod

Voor wat betreft de menselijke invloed op het aanbod zijn de volgende twee factoren van belang:

##### 1) De kanalisatie en verdiepbaggerwerkzaamheden in de Eems

Om de grotere vaardiepten in stand te houden moeten aanzienlijke hoeveelheden sediment gebaggerd en weer verspreid worden. Dit heeft mogelijk een verhogend effect op het sedimentaanbod voor de Dollard (zie ook onder punt 2). Vaak wordt gesteld dat door het baggeren en verspreiden geen sediment aan het systeem wordt toegevoegd, noch wordt onttrokken (tenzij baggerspecie op land wordt gestort). Dat is echter afhankelijk van de reddenatie die gevolgd wordt: als er geen havens waren zouden deze als bezinkplek ontbreken en zou het slib vermoedelijk netto niet tot bezinking komen. Alleen als de havens als onderdeel van het systeem worden beschouwd

klopt de redenering dus. Ondertussen kan wel worden uitgerekend dat de bijdrage van het baggeren en verspreiden in de orde van grootte van enkele procenten van het bruto jaartransport van slib moet zijn (H. Mulder, pers.meded.). De directe invloeden lijken daardoor wel mee te vallen.

Belangrijker is echter het effect van deze werken op de waterbewegingen en daarmee op de sedimenttransporten. Als gevolg van kanalisatie en verdieping van de Eems is de hydraulische ruwheid van het getijdensysteem aanzienlijk afgenomen. Dit leidt tot grotere getijvolumina, een versterkte getijassymetrie (vloedduur wordt korter in het rivierdeel) en toegenomen stroomsnelheden, waardoor het zwevend-stof gehalte in grote delen van het estuarium significant is toegenomen ten opzichte van de nog weinig beïnvloede situatie in het midden van de vorige eeuw (de Jonge & Brauer 2006; Talke & de Swart 2006; H. Mulder, pers.meded.). Daarnaast is ook de lengte van het estuarium van belang via resonantieverschijnselen (Schuttelaars *et al.* 2011). Uit modelbeschouwingen blijkt dat door verdieping en door het reduceren van de verticale eddy viscositeit (beiden bewerkstelligd door de kanalisaties) het Eems Estuarium opschuift in de richting van resonantie. Dit leidt tot een aanzienlijke toename van de getijdeslag.

Daarnaast heeft het gebied met het zgn. troebelheidsmaximum in het estuarium zich sterk vergroot en stroomopwaarts verplaatst (Fig. 3.10; Schuttelaars *et al.* 2011). In de rivier de Eems is het zwevend-stof gehalte met een factor tien toegenomen. Ook in de Dollard is het aanbod van slib toegenomen. Over een kortere periode gerekend is hier sprake geweest van een verdubbeling van het zwevend-stof gehalte (Fig. 3.11).

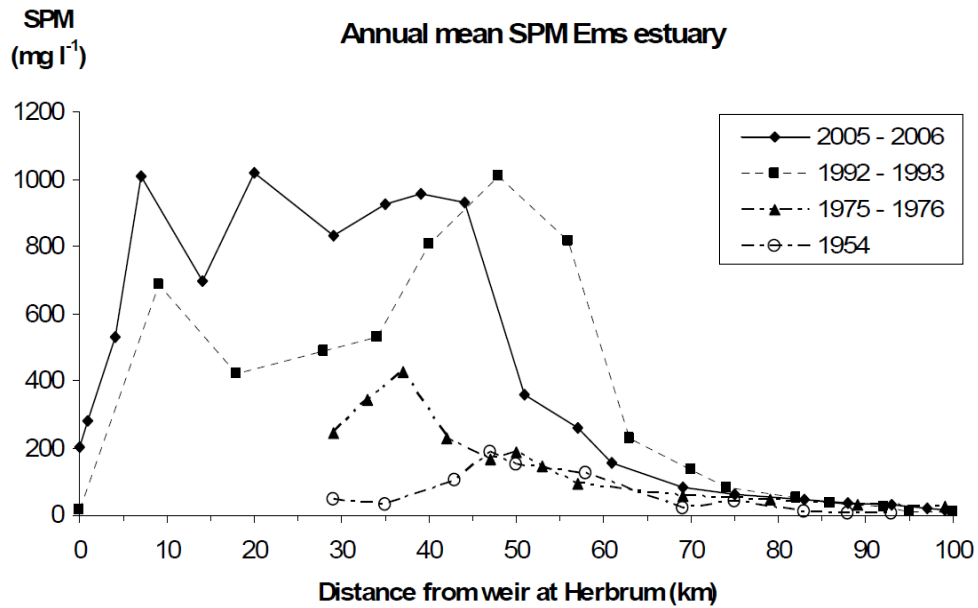
Een mogelijk bijkomend probleem is dat hoge slibgehalten in een estuarien systeem kunnen leiden tot hogere stormvloedstanden (Sha, pers. comm.) en via deze weg tot erosie kunnen leiden. Een hoog slibgehalte kan namelijk een weerstandsverlagend effect hebben, zodat het water makkelijker zijn weg kan vinden. Of dit een rol speelt in de Dollard zou nader onderzocht kunnen worden, door te kijken naar de afwijkingen tussen de stormvloedhoogten en –frequenties op de stations Delfzijl Nieuwe Statenzijl.

## 2) *Baggersverspreiding in de Mond van de Dollard.*

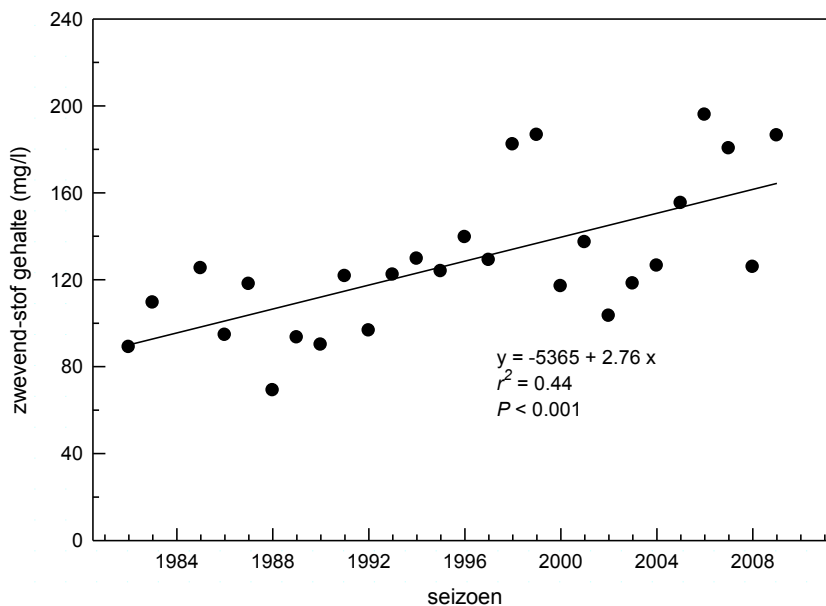
In de Mond van de Dollard wordt momenteel bagger verspreid (Tabel 3.1). In hoeverre en in welke mate hier ook al sprake van was vóór 1992, is niet geheel duidelijk. Mulder & Mijwaard (1997) geven een volume van *ca.* 50 000 m<sup>3</sup>/jaar voor de periode 1985 – 1990. In 2009 en 2010 is vanuit Duitsland baggerspecie verspreid op een nabijgelegen locatie vlak ten noorden van de Punt van Reide: in 2009 ging het daarbij om 120 000 m<sup>3</sup> en in 2010 om een nog onbekende hoeveelheid (H. Mulder, pers. meded.).

In modelmatig onderzoek door Boon *et al.* (2002) is gekeken naar effecten van het verspreiden van baggerspecie op nieuwe locaties, waarvan een aantal in de Dollard (diverse locaties op het traject Mond van de Dollard – Groote Gat). De drie belangrijkste conclusies van dit het onderzoek waren:

- a) Het verspreiden heeft een significant effect– in termen van concentraties en transporten – op het gedrag van het sediment in het estuarium. Dit heeft directe effecten op de opsilting van de havens en de geulen.
- b) Volgens de modeluitkomsten zou tussen de 20% (locatie verst weg van de Dollard) en 30% (locatie in de Dollard) van het slib dat verspreid wordt op locaties op het traject Mond van de Dollard – Groote Gat in de Dollard zelf tot bezinking komen. Dit levert de suggestie dat het sedimentaire gedrag van de Dollard tot op zekere hoogte bepaald kan worden door de hoeveelheden baggerspecie die verspreid worden en de ligging van de verspreidingslocaties.



**Figuur 3.10** De ontwikkeling van het jaargemiddelde zwevend-stof gehalte langs de lengteas van het estuarium voor de jaren 1954, 1975 – 1976, 1992 – 1993 en 2005 – 2006 (Schuttelaars *et al.* 2011). De volgende drie perioden kunnen worden onderscheiden: (a) 1954 - ‘Natuurlijke’ referentieperiode, (b) 1975 - periode met effecten van onderhoudsbaggerwerk, (c) 1992/93 – 2005/06 - periode met gecombineerde effecten van onderhoudsbaggerwerk plus effecten van geul/rivier kanalisaties en verdiepingen. De figuur laat de volgende effecten zien: (a) het zwevend-stof gehalte is sterk toegenomen, (b) het gebied van het zgn. troebelheidsmaximum is sterk vergroot en (c) het centrum van het troebelheidsmaximum is stroomopwaarts verschoven.



**Figuur 3.11** Toename van het jaargemiddelde zwevend-stof gehalte op het meetstation Groote Gat Noord van Rijkswaterstaat in de Noordelijke Dollard tussen 1982 en 2010. In de analyse is gekozen om een jaar te laten lopen van oktober t/m september ten einde stormseizoenen niet over twee kalenderjaren te hoeven verdelen. Jaargemiddelden zijn berekend op basis van maandgemiddelden. In 29 jaar is sprake geweest van een verdubbeling van de gehaltenes.

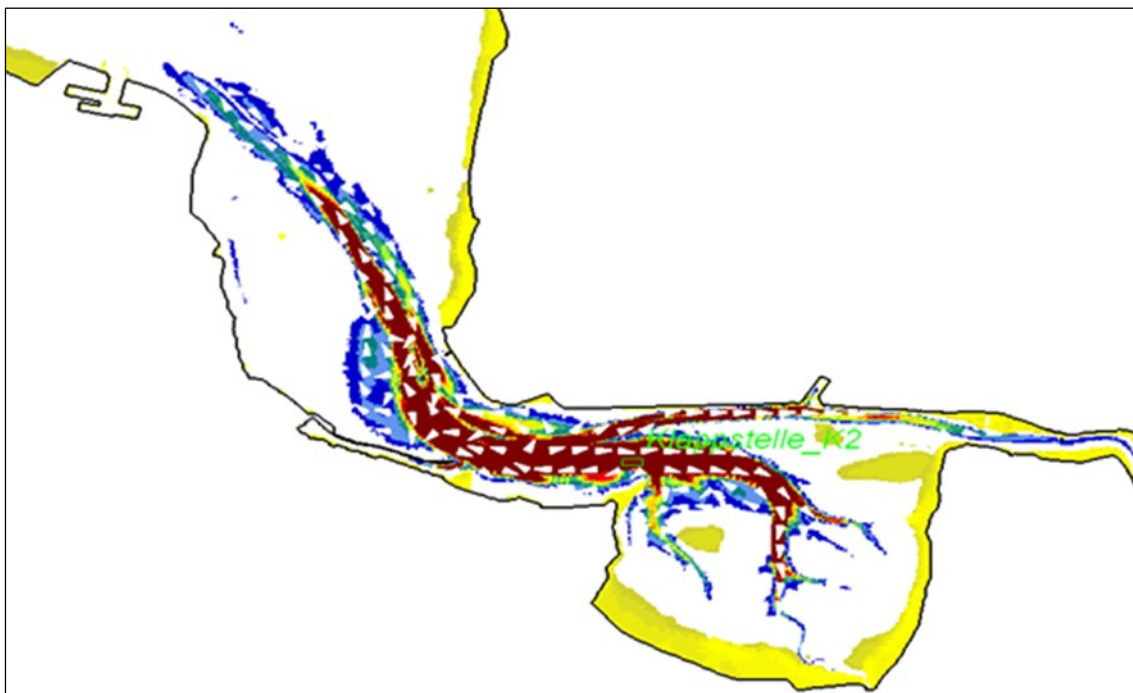
- c) De modellen voorspelden dat de concentraties van het slib in de waterkolom toenemen naarmate de hoeveelheid toeneemt of naarmate de locatie verder de Dollard in ligt op het traject Mond van de Dollard – Groote Gat. Het gaat lokaal om een toename van maximaal enkele tientallen procenten van de concentraties die normaal verwacht worden zonder verspreiding.

**Tabel 3.1** Baggerverspreiding in de Mond van de Dollard (naar gegevens van Groningen Seaports). Het volume van 2009 is inclusief verspreiden vanuit Duitsland (H. Mulder, pers. meded.). Volumina zijn gegeven als volumina in de beun.

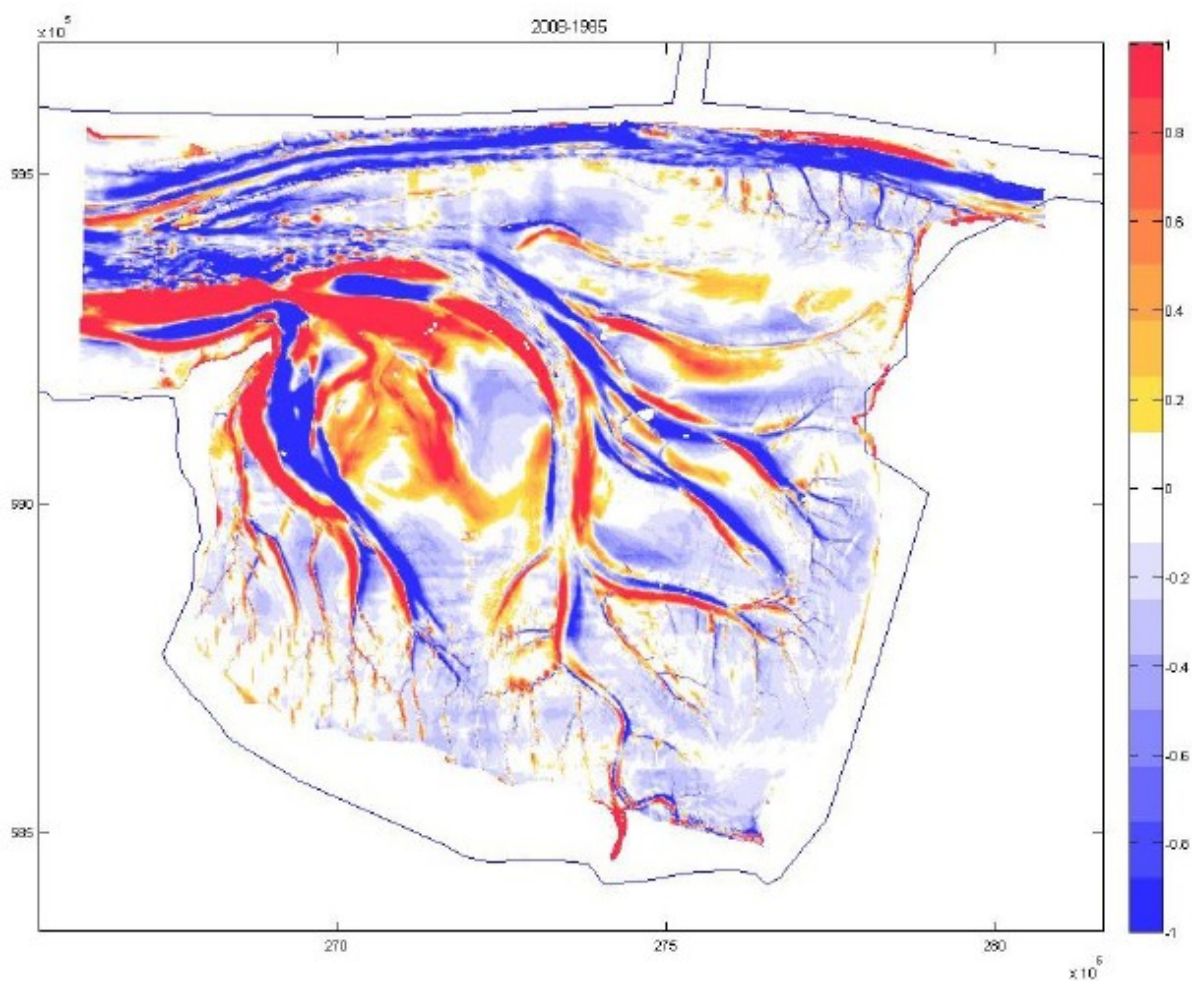
Jaar	Volume (in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
1992	0.871
1993	0.745
1994	0.910
1995	1.282
1996	1.161
1997	1.033
1998	1.235
1999	1.020
2000	1.072
2001	0.481
2002	0.799
2003	0.541
2004	0.178
2005	0.199
2006	0.253
2007	0.220
2008	0.318
2009	0.524
Gemiddeld	0.713

Bij dit alles past wel enige nuance: als de stortingen worden doorgerekend kan geconcludeerd worden dat dit maximaal maar om niet meer dan enkele procenten van de natuurlijke sedimentatie betreft (Mulder & Mijwaard 1997); zelfs als alle baggerspecie in één getij verspreid zou worden dan zou dit maar enkele procenten van het bruto slibtransport uitmaken gemiddeld over de hele Dollard (Mulder & Mijwaard 1997; Uliczka *et al.* 2009; H. Mulder, pers. meded.). Mogelijke effecten van baggerverspreiding in de Mond van de Dollard zullen derhalve vooral lokaal verwacht moeten worden. Opvallend is dat in de veranderingskaarten over de periode 1985 – 2009 (Cleveringa 2008; de Ronde ongepubl.) vooral sedimentatie plaats lijkt te vinden in het luwe westelijke deel van de Dollard, enigszins westelijk van het belangrijkste verspreidingsgebied (in de luwtezone waar de retourstroom plaatsvindt) van de bagger die in de Mond van de Dollard wordt aangeboden, zoals gemodelleerd door Uliczka *et al.* (2009; Fig. 3.12) (zie ook Fig. 3.13, Bijlage I). Of hier sprake is van een oorzakelijk verband is nog onduidelijk. In een onderzoek door RWS (2001) werd geen correlatie gevonden tussen de lange termijn sedimentatie in de Dollard en de bagger- en verspreidingsactiviteiten.





**Figuur 3.12** Verspreiding van sediment vanaf Klappstelle 2 in de Mond van de Dollard (Uliczka *et al.* 2009).



**Figuur 3.13** 1985 – 2008 Verschilkaart van het natte deel van de Dollard met sedimentatie (geel-rood) en erosie (blauw) (de Ronde, ongepubl.)

### 3.5 Gelegenheid voor het sediment om tot afzetting te komen

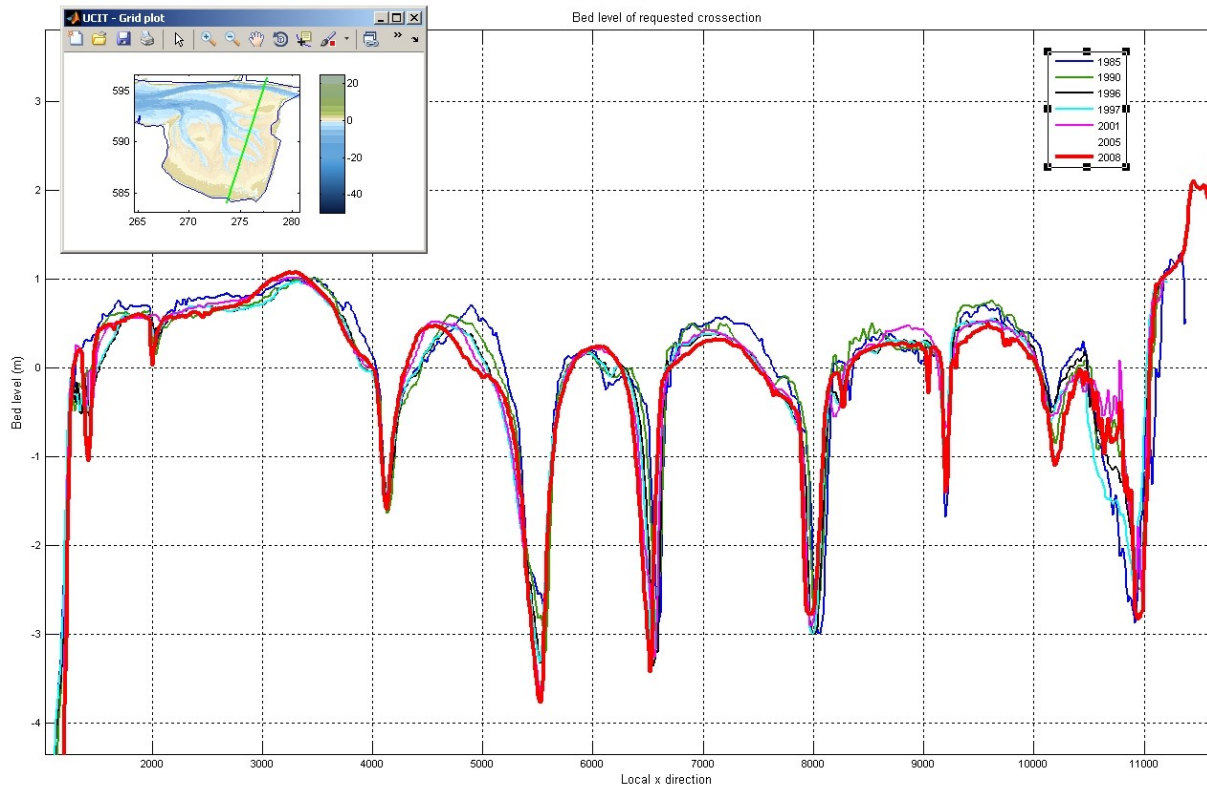
#### 3.5.1 Natuurlijke evenwichtssituatie

Voor de periode 1952 – 1996 is op basis van lodingsgegevens een oppervlakte- en inhoudberekening van de Dollard gemaakt (Werkgroep Dollard 2001). Ten opzichte van NAP was tot 1985 als gevolg van sedimentatie van een duidelijke inhoudsverkleining sprake. Na 1985 trad een trendbreuk op: inhoudsveranderingen waren kleiner en periodes van erosie en sedimentatie wisselden elkaar af. Deze afwisseling heeft zich tot 2008 voortgezet (de Ronde, pers. comm.). Het omslagpunt van 1985 valt samen met het in § 3.3 beschreven onderbreking van de stijging van het GHW te Nieuwe Statenzijl (Fig. 3.5).

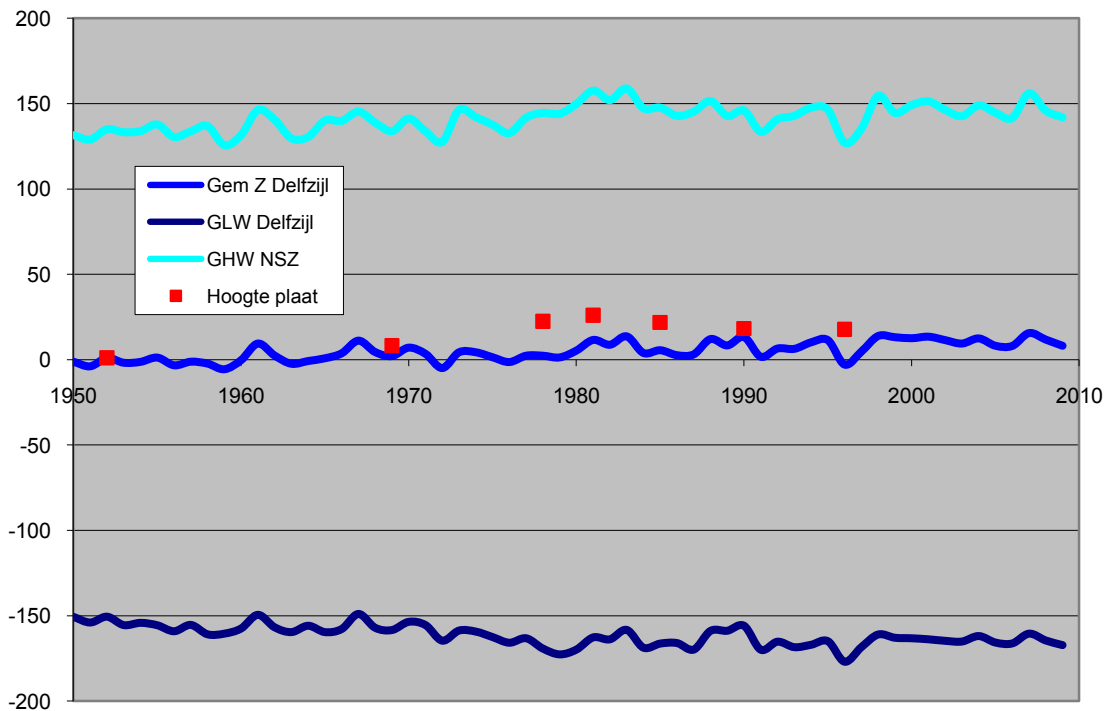
Binnen de Dollard liet de ontwikkeling van het sedimentvolume echter grote ruimtelijke verschillen zien. Terwijl over de periode 1985 – 2008 het sedimentvolume van de gehele Dollard maar een geringe afname (erosie) liet zien (afhankelijk van de methode met  $0.2 - 1.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), was in de zuidelijke Dollard de afname veel groter: namelijk  $3.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ ; de Ronde, pers. meded.). Voor het noordelijk deel was er dus een toename van het sedimentvolume van  $1.8 - 3.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Hierbij moet worden aangetekend dat geringe hoogteverschillen van relatief grote invloed zijn op de berekende veranderingen en dat mogelijk zowel hoogteveranderingen en volumeveranderingen binnen de foutenmarge liggen (Cleveringa 2008). Wanneer echter langs een dwarsprofiel in detail naar de hoogtegegevens wordt gekeken, lijken de metingen in verschillende jaren een grote mate van onderlinge consistentie te hebben (Fig. 3.14). Terwijl in de ZW-Dollard van een netto sedimentatie sprake was, nam tegelijkertijd de plaathoogte in ZO-hoek van de Dollard duidelijk af (Fig. 3.13).

Voor wat betreft de natuurlijke evenwichtssituatie op de intergetijdenplaten zijn er aanwijzingen dat over de periode 1969 – 1985 de gemiddelde plaathoogte in de Dollard gerelateerd was met de niveauverandering van het GHW (Eysink *et al.* 1998). Nadere inspectie voor de periode 1952 – 1996 met vaste verticale grenzen blijkt dit nog eens te bevestigen. Figuur 3.15 laat voor het eerst zien dat de plaathoogte kan afnemen bij een daling van het GHW. Uit een eerste, nadere analyse blijkt dat er nauwe relatie is tussen de hoogte van de intergetijdenplaten en het GHW van het jaar voorafgaand aan de loding plus de helft van het jaar van loding (Fig. 3.16). De hellingshoek van de lijn suggereert (a) dat er sprake is van een bijna rechtevenredige relatie (m.a.w. de veranderingen in de plaathoogte zijn nagenoeg gelijk aan de veranderingen in het gemiddelde hoogwaterniveau) en (b) ondanks een belangrijke verhoging van het GHW sinds 1952 (Fig. 3.5) is in de Dollard sindsdien het watervolume boven de intergetijdenplaten nauwelijks veranderd. Dit suggereert dat het GHW of een factor die deel uitmaakt van het GHW op hoofdlijnen bepalend is voor de gemiddelde plaathoogte.

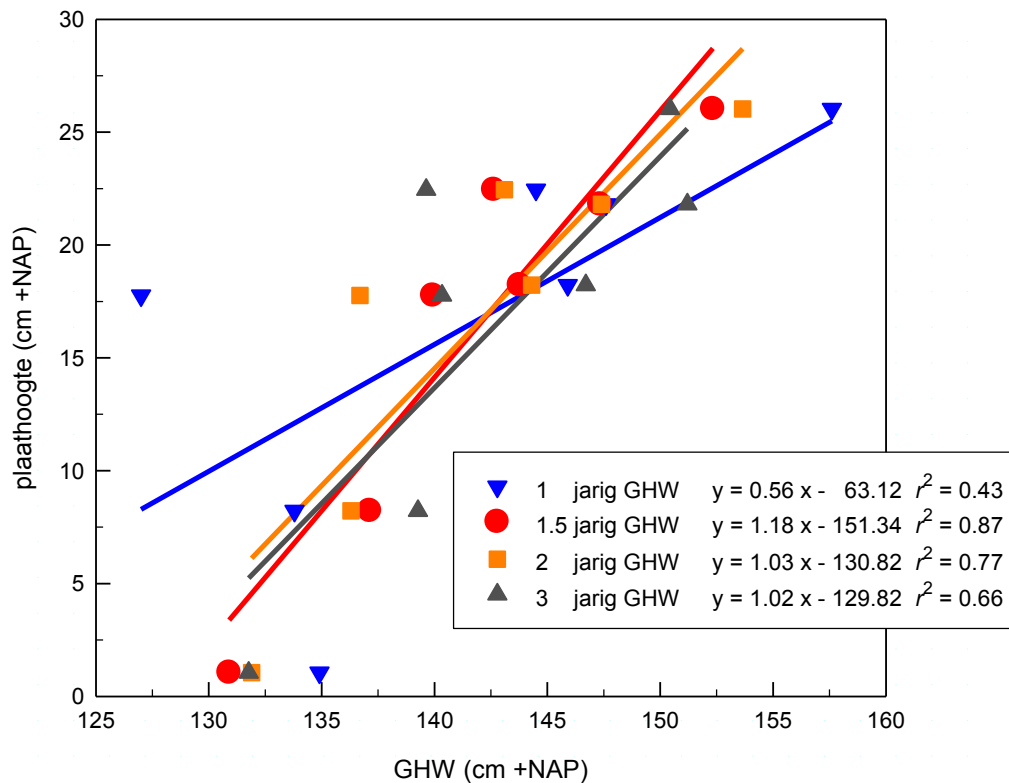
Een alternatieve verklaring zou kunnen zijn dat er weliswaar een correlatie is maar geen relatie. Tussen 1978 en 1983 komen de sterke hydrodynamische veranderingen in de Eems min of meer tot stilstand. De piek in plaathoogteontwikkeling valt daarmee samen en zou kunnen worden beschouwd als een reactie op de hydrodynamische veranderingen. Daarna zou er sprake kunnen zijn van een geleidelijk hervinden van een evenwichtssituatie en verlaging. Wat hiertegen spreekt is de toename van de slibconcentraties in het Grootte Gat (Fig. 3.11). Een derde alternatief ten slotte is dat beide processen een rol spelen: door een hoger GHW-peil is er meer accommodatieruimte in de Dollard voor toename van de plaathoogte en tegelijk is het aanbod van sediment ook hoog. Nader onderzoek zou hier duidelijkheid in kunnen scheppen.



**Figuur 3.14** Hoogteverandering langs een dwarsdoorsnede in de Dollard (groene lijn linksboven) in de periode 1985 – 2008 (de Ronde, pers. comm). De 2008 hoogtelijn begint in het noorden in het Emders Fahrwasser en loopt in het zuiden via de kwelder van SGL tot over de zeedijk.



**Figuur 3.15** GHW Nieuwe Statenzijl, GLW Delfzijl, Gemiddeld zeeniveau Delfzijl en gemiddelde plaathoogte tussen +1.35m NAP en -1.7m NAP (allen in cm t.o.v. NAP; data RWS).



**Figuur 3.16** Relatie tussen de gemiddelde plaathoogte in de Dollard tussen -170 cm NAP en +135 cm NAP en verschillende hoogwaterniveaus in Nieuwe Statenzijl op basis van lineaire regressies. Het éénjarig GHW niveau staat voor het jaargemiddelde GHW in het jaar van loding; het 1.5 jarig GHW voor het GHW van het jaar voorafgaande aan de loding plus voor de helft mee gewogen het lodingsjaar; het tweejarig GHW voor het gemiddelde GHW van het lodingsjaar en het voorafgaande jaar; het driejarig GHW voor het gemiddelde van het lodingsjaar en de twee voorafgaande jaren. Alle vier relaties zijn statistisch significant; het 1.5 jarig GHW geeft de beste fit ( $r^2 = 0.87$ ).

### 3.5.2 Invloed van de mens op bezinkingsmogelijkheden

De invloed van menselijke ingrepen in het estuarium op de mogelijkheden voor sediment om tot bezinking te komen, verliep en verloopt in de Dollard via de volgende wegen:

- 1) Mogelijke beïnvloeding van de getijhoogte (met name verhoging GHW) via de kanalisatie en verdieping van de Eems. Hiervoor lijken weinig aanwijzingen te bestaan, gezien het verloop van de getijcurve van GHW te Nieuwe Statenzijl.
- 2) Veranderingen aan de noordzijde van de Dollard: aanleg Geiseleitdamm. De ophoging van de Geiserücken in de 19<sup>e</sup> eeuw verkleinde de toegang van de Dollard voor het opkomende tij. In vergelijking met Delfzijl trad in Nieuwe Statenzijl tegelijk met de genoemde ophoging een sterke daling op van het GHW (Fig. 3.5). In de huidige situatie wordt de toegang voor water tot de Dollard beperkt door de Geiseleitdamm. Zonder de dam zou in Nieuwe Statenzijl mogelijk het niveau van GHW iets hoger liggen. De achteruitgang van de onderhoudstoestand van de dam heeft er toe geleid dat, mogelijk mede in combinatie met de verlaging van het gebied (= groter getijvolume), de Dollard zouter is geworden (Werkgroep Dollard 2001; Talke & de Swart 2006) en mogelijk meer slib aangeboden wordt (zie Fig. 3.11). In de buurt van Pogum

was het verval in 1977 al zodanig dat hier toen al geen sprake meer was van een effectieve scheiding tussen Eems en Dollard (§ 3.2.2). De weer toegenomen waterbewegingen hier kunnen de opgetreden geul- en plaaterosie in de noordoost hoek van de Dollard (Fig. 3.13) verklaren.

- 3) Bodemdaling door gaswinning. Door de sterke sedimentbewegingen zijn de effecten van de bodemdaling op de hoogteligging waarschijnlijk niet te detecteren. Wel is het zo dat lokaal extra sediment is ingevangen in de bodemdalingsschotel wat bij de hoogteverschillen ten opzichte van NAP tussen opeenvolgende metingen moet worden meegenomen. Schattingen van Mulder & Mijwaard (1997) geven een hoeveelheid van *ca.* 43 miljoen kg per jaar voor de Dollard. Uitgaande van een drooggewicht van  $1000 \text{ kg/m}^3$  gaat het dan om een volume van  $43\,000 \text{ m}^3$ .

### 3.6 Discussie

Er zijn grote ingrepen geweest en nog steeds gaande op het gebied van vaarwegen: met name het kanaliseren en verdiepen van de hoofdvaargeul is van grote invloed op het Eems-Dollardsysteem, niet alleen via de getijdeontwikkeling en daarmee op de stroomsnelheden en de sedimenttransporten, maar ook via baggeren en verspreiden dat ermee gepaard gaat. Voor de Dollard zelf is, voor zover na te gaan, vanaf ongeveer 1980 de invloed van de Eemsverdiepingen op het GHW gering geweest. Vermoedelijk is dit ook het geval voor het GLW (zie Fig. 3.8) en dus ook voor de getijslag.

Duidelijk is dat na 1983/85 er een verandering is opgetreden in het sedimentaire gedrag van de Dollard. De lange periode hiervoor waarin sedimentatie altijd heeft overheerst, heeft gemiddeld over het hele bekken, plaats gemaakt voor een afwisseling van perioden van erosie en van sedimentatie, ondanks een verhoogd zwevend-stof gehalte in het water (Fig. 3.11). De waargenomen gemiddelde sedimentaties kunnen autonome ontwikkelingen zijn die onafhankelijk zijn van de variatie in GHW of juist gestuurd worden door het GHW.

Lokaal zijn er grote verschillen waarbij erosie overheerst aan de oostkant en sedimentatie aan de west- en noordwestkant (Fig. 3.11). Dit zou te verklaren zijn door: (1) het instellen van een nieuw evenwicht aan de oostkant onder invloed van de achteruitgang van de beschermende werking van de Geiseleitdamm, (2) door het verspreiden van baggerspecie in de Mond van de Dollard dat, via transport over de vloed, en terugkeer via westelijker geulen tijdens de eb, deels tot afzetting kan komen aan de luwe westkant van de Dollard, conform modelinzichten (Boon *et al.* 2002), of (3) de veranderingen in hydrodynamische condities in de Eems in de periode 1978-1983 die leidden tot extra sedimentatie in de Mond van de Dollard. Aangezien het verval van het transporterend vermogen van het water het grootst is bij de Mond van de Dollard, mag verwacht worden dat daar sedimentatie optreedt. Of deze drie factoren werkelijk de oorzaak zijn van de waargenomen sterke verschillen in het erosie- en sedimentatiepatroon van de Dollard is echter nog niet bewezen.

Voor de Dollard is het vooralsnog onduidelijk of de sedimentatiepatronen in geulen en op platen de kwelderontwikkeling beïnvloeden. Van andere gebieden is bekend dat met name de doordringing van golfwerking een belangrijke beperking stelt aan kwelderontwikkeling (Janssen-Stelder 2000): als een geul dichterbij komt, wijder wordt of zich oriënteert op een kwelder kan zo meer afslag optreden. Ook als voorliggende platen lager worden kan de kwelder afslaan door versterkte golfwerking.: De enige locatie waar de kwelder enige aangroei liet zien, lag zuidelijk van het gebied waar sprake was van sedimentatie en geulvernaauwing, terwijl afslag met name in het oostelijk deel van de Dollard

plaatsvond waar zich verlaging van de platen voordeed. Of de kwelderontwikkelingen inderdaad hiermee samenhangen is vooralsnog onduidelijk.

Aanbevolen wordt om na te gaan of meer recente lodingen eenzelfde correlatie tussen GHW en plaathoogte laten zien of juist niet. Wel moet worden bedacht dat de onzekerheden in de lodingen aanzienlijk zijn zodat het moeilijk is om vast te stellen wat de precieze veranderingen op de platen zijn geweest: een betere graadmeter is waarschijnlijk de geuldiepte (Cleveringa 2008).

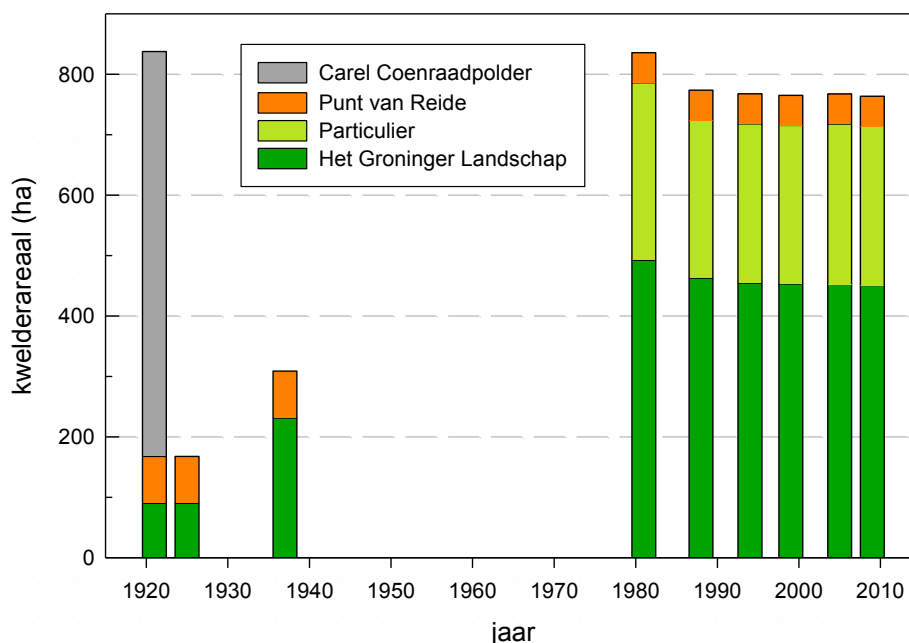
Daarnaast is het duidelijk dat door de ontwikkeling van de bodemdalingsschotel in de Dollard een aanzienlijke hoeveelheid sediment extra is opgeslagen die niet direct uit de lodingen tevoorschijn komt. Aangezien de bodemdaling grotendeels ten einde zou zijn gekomen, zal dit effect naar verwachting in de komende decennia niet meer zo sterk zijn. Afhankelijk van het daadwerkelijk bestaan van een relatie tussen GHW en plaathoogte zal de voorspelling voor de toekomst anders uitpakken. In beide gevallen echter lijkt er een kans aanwezig dat met name het verspreiden van baggerspecie in de Mond van de Dollard een rol speelt. Dit kan consequenties hebben voor de lange termijn ontwikkeling van het gebied en mogelijk ook op de ontwikkeling van de kwelders, zeker als het gebied niet langer aan substantiële bodemdaling door aardgaswinning onderhevig is. Aanbevolen wordt om nader uit te zoeken wat de effecten van het verspreiden van baggerspecie zijn op de Mond van de Dollard zelf, dit in perspectief tot de opgetreden veranderingen in hydrodynamiek van het estuarium.

## 4 Kwelderontwikkeling in de Zuidelijke Dollard

### 4.1 Reconstructie areaalontwikkeling in de loop van de 20<sup>e</sup> eeuw

Rond 1920 hadden de kwelders in het Nederlandse deel van de Dollard een omvang van ongeveer 840 ha: in het noorden de Punt van Reide met 78 ha en in het zuiden een door landaanwinning ontwikkelde kwelder van ongeveer 760 ha (Fig. 4.1). Bij de inpoldering van de Carel Coenraadpolder in 1924 werd de nieuwe zeedijk op de rand van de bestaande kwelder aangelegd en bleef er alleen nog een stuk kwelder over langs de dijk van de Reiderwolderpolder uit 1874. In 1937 was dit stuk kwelder 101 ha (Esselink 1998, 2000a); in 1924 zal de omvang wat kleiner zijn geweest en is om deze reden op 90 ha geschat. Door landaanwinningswerken volgens de zgn. ‘boerenmethode’ door de Stad Groningen hadden de kwelders van de stad in 1937 alweer een omvang van 241 ha. Of er op dat moment ook door de particuliere eigenaren langs de Carel Coenraadpolder kwelders waren ontwikkeld is onbekend.

De aangroei van de kwelders kwam in een stroomversnelling toen op initiatief van de Provincie Groningen in 1938 werd gestart met grootschalige landaanwinning volgens de principes van zogenaamde ‘Sleeswijk-Holstein methode’ (Esselink 1998, 2000a). Er werden hoofdduitwateringen gegraven en 200 × 200 m grote bezinkvelden aangelegd met een dicht greppelpatroon dat jaarlijks werd hergraven. In tegenstelling tot de rijshouten dammen in de Sleeswijk-Holsteinmethode werden de bezinkvelden omgeven door aarden dammen, die voor het merendeel bekleed werden met kweldergraszoden. De werken werden gestart op de kwelder die eigendom was van de Stad Groningen. Tijdens de Tweede Wereldoorlog hebben de werken praktisch stilgelegen; ook was er nauwelijks onderhoud. Na de oorlog zijn de werken hersteld en uitgebreid naar de particuliere gronden. Door een besluit van de Rijksoverheid is de landaanwinning in de Dollard met ingang van



**Figuur 4.1** De ontwikkeling van het kwelderareaal in het Nederlandse deel van de Dollard vanaf 1920.

1954 stilgelegd. Ook is toen de begreppeling gestaakt in het deel van de kwelders dat het verst verwijderd ligt van de zeedijk.

De omvang die de kwelders in 1953 hadden is niet goed bekend. Wel is duidelijk dat vrij snel na stopzetting van de landaanwinning de kwelder begon af te kalven, waardoor de kwelder in oppervlak afnam (zie hieronder). In 1981 hadden de zuidelijke kwelders een omvang van bijna 770 ha; *i.e.* ongeveer even groot als kort voor het moment van inpoldering van de Carel Coenraadpolder (Fig. 4.1).

In 1979 is van de Punt van Reide 28 ha kwelder verloren gegaan als gevolg van de inpoldering van Polder Breebaart en de aanleg van nieuwe Deltadijk. De Punt van Reide heeft een vaste oeververdediging waardoor er geen afslag is en het oppervlakte constant is. Rond 1985 is in de zuidelijke Dollard als gevolg van de aanleg van de nieuwe Deltadijk een smalle strook kwelder van 46 ha verloren gegaan. Daarmee vergeleken is er in de jaren 1981 – 2009 sprake geweest van relatief geringe afslag (26 ha). Per 2009 bedroeg de omvang van de Nederlandse kwelders in de Dollard nog ruim 760 ha (incl. Punt van Reide met 50 ha).

#### *Duitse kwelder*

Samen met de Duitse kwelder is nog ongeveer 1000 ha kwelder in de Dollard aanwezig. De Duitse kwelder bestaat uit drie verschillende deelgebieden, waarvan het jongste deel pas na 1960 door landaanwinning is ontwikkeld (Werkgroep Dollard 2001). De Duitse kwelder is de laatste decennia sterk in omvang afgenomen: over de periode 1991 – 2004 met maar liefst 95 ha (Tabel 4.1).

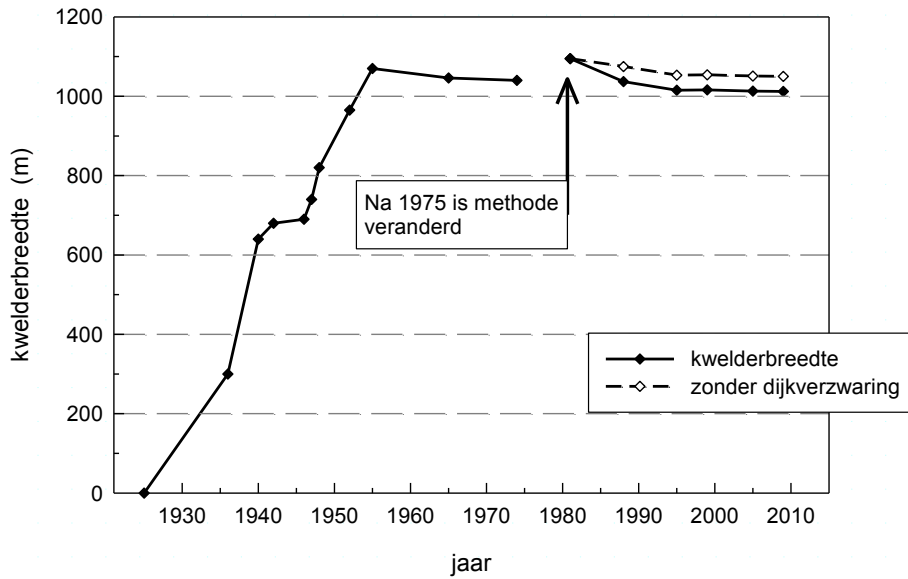
**Tabel 4.1** Ontwikkeling van de Duitse Dollardkwelders in de periode 1977 – 2004.

Jaar	Oppervlakte (ha)	Referentie
1977	390	Esselink (2000a)
1991	344	N.Hecker (pers.meded.)
1997	334	N.Hecker (pers.meded.)
2004	249	N.Hecker (pers.meded.)

#### *Kwelderbreedte op de voormalige gemeentegrens*

De ontwikkeling van de kwelder die tot 1981 eigendom was van de Stad Groningen kan ook beschreven worden op basis van de breedte van de kwelder op de grens van de voormalige gemeentes Beerta en Finsterwolde (Fig. 4.2; Esselink 1998, 2000a). Na de inpoldering van Carel Coenraadpolder was hier in 1924/25 geen kwelder meer over. Onderbroken door de oorlogsjaren vond door de landaanwinningswerken (zie boven) een snelle aangroei plaats tot een breedte van 1070 m in 1953 (gemiddelde aangroei 37 m/jr). Na stopzetting van de landaanwinning begon meteen de erosie. In maart 1956 waren de op het wad aangelegde dammen al nagenoeg verdwenen (Esselink 1998). In de periode 1955 – 1974 nam de breedte in totaal met 30 m af (gemiddeld -1.6 m/jr). Na 1975 is de methode van meten veranderd (zie § 2.3) en omdat de ligging van het originele referentiepunt niet exact bekend is, is de verandering tussen 1974 en 1981 niet goed bekend. Analyse van de luchtfoto's liet over de periode 1981 – 2009 een afslag zien van 45 m (gemiddeld -1.6 m/jr). Wanneer nu een zelfde snelheid van afslag voor de ontbrekende jaren wordt aangenomen, is in periode 1955 – 2009 de totale afslag op de voormalige gemeentegrens ruim 80 m geweest. Bij de dijkverzwaring rond 1985 is aan de landzijde nog eens 38 m kwelder verdwenen, zodat de totale breedte van de kwelder sinds 1955 met *ca.* 120 m is afgenomen.





**Figuur 4.2** Breedte van de kwelder die ontstond na inpoldering van de Carel Coenraadpolder in 1924 ten opzichte van de dijk uit 1924 op de grens van de voormalige gemeentes Beerta en Finsterwolde (Fig. 2.1). Door de dijkverzwaring in de jaren 1984 – 1986 is aan de landzijde een verlies van 38 m opgetreden, hetgeen is aangegeven met de stippellijn.

## 4.2 Huidige status, eigendom en beheer

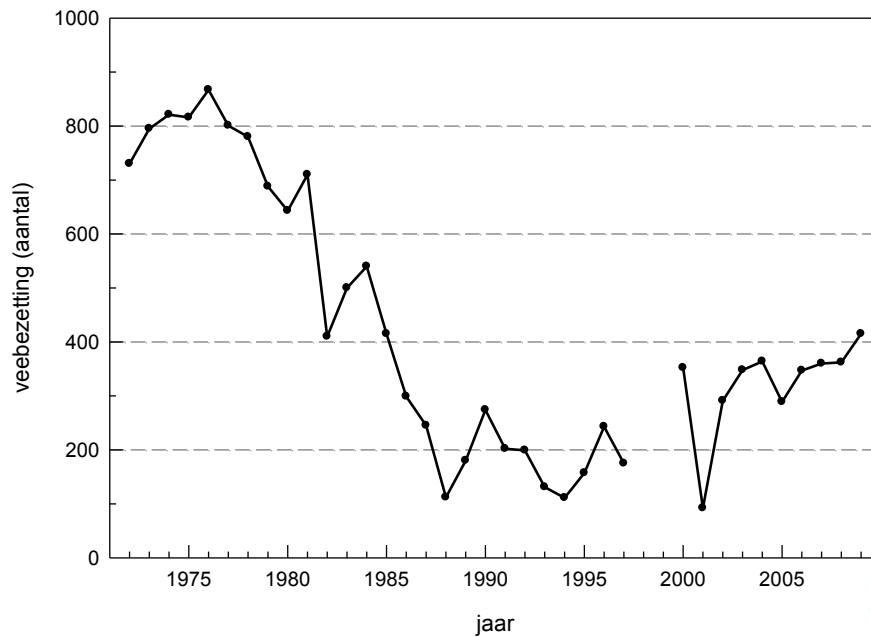
De kwelders in de Dollard waar deze studie met name op is gericht zijn deels in particuliere handen en deels in bezit van Stichting het Groninger Landschap (SGL) en Natuurmonumenten (Fig. 2.1). Er liggen ook kwelders op de Punt van Reide, welke ook in beheer zijn van SGL en kwelders in Duitsland, waarvan de eigendomssituatie ons niet is bekend.

### *Duitse kwelder*

In Duitsland worden de kwelders voor overgrote deel beweide, en wel met meer dan 1.5 grootvee-eenheid (GVE) per hectare. De kwelderrand is sinds ongeveer tien jaar uitgesloten van beweiding. Daardoor heeft zich hier een vegetatie van Riet kunnen ontwikkelen. De begreppeling wordt in het beweide deel onderhouden. Langs bijna de gehele kwelderrand is een vooroeververdediging aangelegd evenwijdig aan en op enige afstand van de kwelderrand: in het zuiden een rijshouten dam op, en in het noorden een stenen dam.

### *SGL kwelder*

De kwelders in het zuidoosten van de Dollard zijn sinds 1981 in beheer als natuureservaat bij SGL. Na 1981 is de beweiding met runderen geëxtensifieerd (Fig. 4.3) en sinds 1984 is het greppelonderhoud er gestaakt. Van het stukje kwelder tussen Nieuwe Statenzijl en de Duitse grens werd een vlakbij de dijk gelegen deel tot 1986 met schapen beweide. Na de dijkverzwaring is de beweiding er echter geheel gestopt. Ten westen van Nieuwe Statenzijl worden de kwelders van SGL wél beweide. Tijdens de laatste tien jaar van het beheer door de Stad Groningen werden deze kwelders intensief



**Figuur 4.3** Het maximale aantal stuks rundvee (excl. kalveren) per jaar op de kwelders van SGL voor de periode 1972 – 2009. In de jaren 1972 – 1981 was het beheer nog in handen van de Stad Groningen.

beweid met runderen. Het aantal runderen lag in deze jaren rond de 800 dieren (Fig. 4.3), hetgeen correspondeert met ongeveer 2 GVE per hectare. Onder SGL nam het aantal af tot rond de 200 dieren in de negentiger jaren (een teruggang met ongeveer 75% ten opzichte van het beheer door de Stad Groningen). In deze jaren bleek het onmogelijk om de streefaantallen in te scharen runderen te realiseren door een gebrek aan interesse bij boeren. Met ingang van 2000 lieten de aantallen weer een stijging zien tot meer dan 400 dieren in 2009. Het jaar 2001 vormde hierop een uitzondering door de uitbraak van Mond en Klauwzeer in dat jaar.

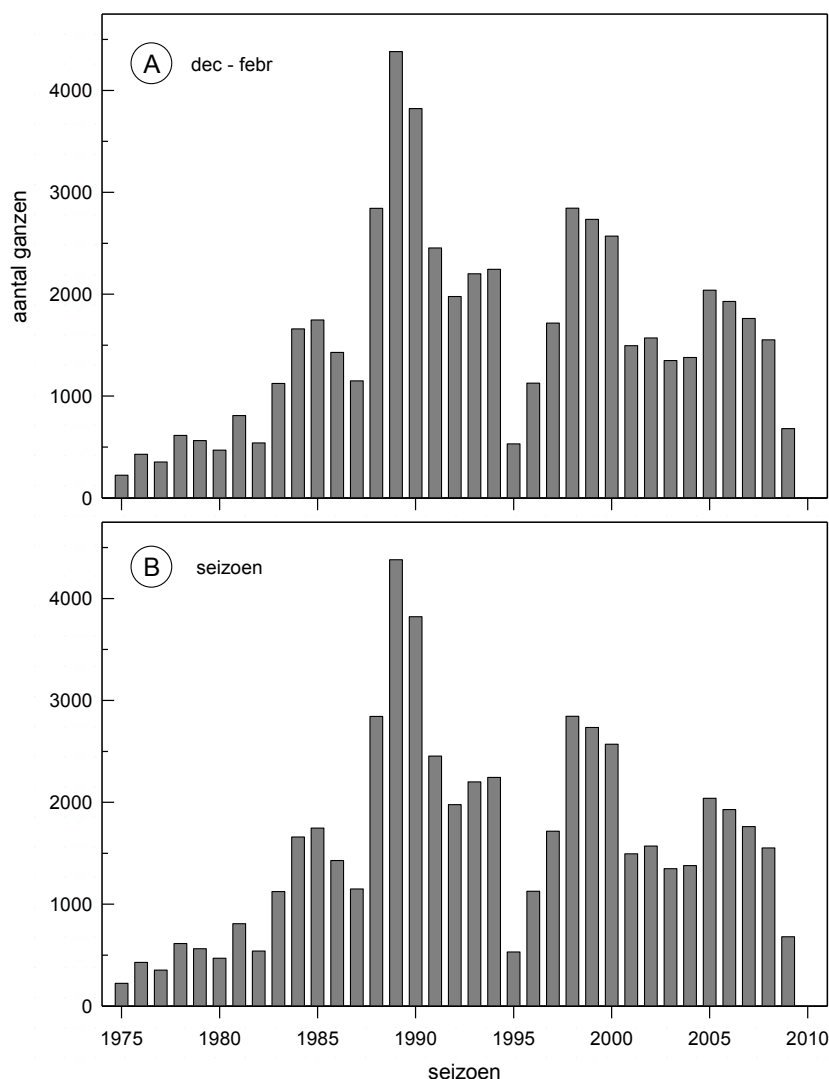
#### *Particuliere kwelder*

Op de particuliere kwelders worden in een brede strook langs de zeedijk de greppels om de paar jaar hersteld en worden waar nodig extra ontwateringsgreppeltjes gegraven. Het streven is om de kwelder te beweiden met 2.5 GVE per ha, maar in de praktijk is dit niveau niet haalbaar. Er zijn geen cijfers beschikbaar om de werkelijke beweidingsdichtheid te berekenen. In vergelijking met de fluctuaties in beweiding op de kwelders van SGL zal het beheer vrij constant zijn.

Van de voormalige landaanwinningswerken in de Dollard is niets meer over. Op de particuliere kwelders is geen sprake meer van enige vooroeververdediging, net zo min als op de kwelders van SGL.

### 4.3 De opkomst van de Grauwe gans

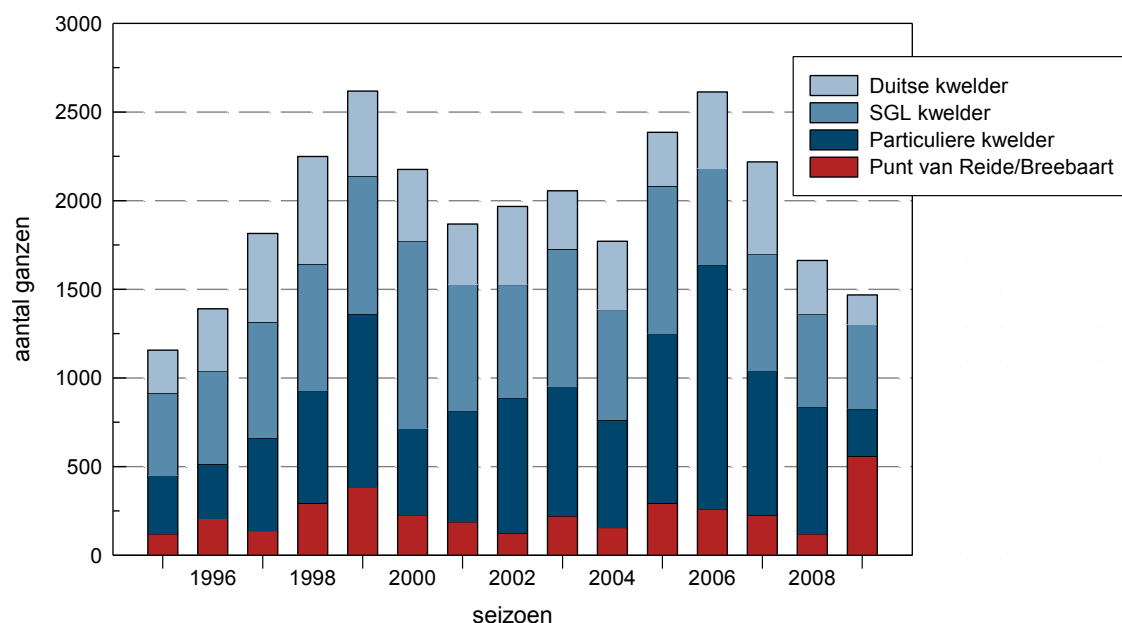
De aantalsontwikkeling van Grauwe ganzen is voor deze studie van belang omdat deze ganzen invloed hebben gehad op de ontwikkeling van kweldervegetatie in de Dollard, met name op het voorkomen van Heen en Engels slijkgras (Esselink *et al.* 1997; Esselink 2000b). Als gevolg van de



**Figuur 4.4** De ontwikkeling van het aantal Grauwe ganzen (gemiddelde per telling) in het Nederlandse en Duitse deel van de Dollard samen, voor (A) de maanden december tot februari en (B) voor het jaar als geheel. Het aantal Grauwe ganzen is aan de Nederlandse zijde inclusief vogels aangrenzende landbouwpercelen binnendijks. In het Duitse deel zijn alleen de dieren op de kwelder in de tellingen opgenomen. Seizoen 2009 verwijst naar de periode juli 2009 t/m juni 2010. Bron: K. Gerdes & Vogeltelgroep Dollard.

populatietoename van de Grauwe gans in NW Europa, zijn ook de aantallen in de Dollard in de laatste decennia sterk toegenomen, van maximaal enkele honderden in de jaren zestig van de vorige eeuw tot soms meer dan 10 000 na 1990. De vanaf 1974 gehouden maandelijkse vogeltellingen zijn net op tijd begonnen om deze ontwikkeling ook vast te leggen (Fig. 4.4). Na het midden of eind van de tachtiger jaren van de 20<sup>e</sup> eeuw zijn de aantallen niet verder toegenomen en heeft het aantal per jaar gemiddeld rond de 2.000 vogels geschommeld (Fig. 4.4B). Opvallend is dat de ganzen in de wintermaanden december t/m februari eind jaren tachtig de hoogste aantallen lieten zien, waarna een duidelijke afname intrad (Fig.4.4A). In deze maanden foerageren de ganzen normaal gesproken meer op de calorierijke wortelknolletjes van Heen, dan in het voorjaar en de zomer wanneer ze meer eiwitrijk voedsel prefereren.

Alleen in de laatste 15 jaar zijn de vogelaantallen in de Dollard aan de Nederlandse kant per deelgebied vastgelegd. Zowel op de particuliere kwelder, als op de SGL kwelder zaten in deze periode gemiddeld over het hele jaar gerekend ruim 650 Grauwe ganzen (Fig. 4.5).



**Figuur 4.5** De ontwikkeling van de aantallen Grauwe gans in de jaren dat tijdens tellingen de aantallen per deelgebied zijn vastgelegd (zie Fig. 2.1). Seizoen 2009 verwijst naar juli 2009 t/m juni 2010. Bron: K. Gerdes & Vogeltelgroep Dollard.

#### 4.4 Areaalontwikkeling in de zuidelijke Dollard: de periode 1981-2009 in detail

##### *Dijkverzwaring*

Zoals al in § 4.1 vermeld is, is in de jaren 1984/1986 bij het op deltahoogte brengen van de zeedijk een strook kwelder van enkele tientallen meters breed verdwenen met een totale oppervlakte van 46 ha. Opgesplitst naar deelgebied ging het hierbij om 27 ha bij de particuliere kwelder en bij SGL om 17 ha van de beweede kwelder en 1.5 ha van de tussen Nieuwe Statenzijl en de Duitse grens gelegen onbeweede kwelder. Tabel 4.1 geeft een correctie op het oppervlakte aan kwelders voor 1981 als zou de dijkverzwaring vóór 1981 zijn uitgevoerd. Deze correctie maakt het mogelijk om over de gehele periode 1981 – 2009 alleen naar de veranderingen in kwelderareaal te kijken als gevolg van afslag of eventuele aangroei.

##### *Afslag*

De particuliere kwelder heeft tussen 1981 en 1988 een afslag bijna 5 ha laten zien tot een oppervlakte van 262 ha (Tabel 4.2). Daarna is het oppervlakte min of meer constant gebleven.

De beweede kwelder van SGL liet over de gehele periode 1981 – 2009 een continue achteruitgang zien van in totaal 21 ha tot 428 ha in 2009. Meer dan 50% (11 ha) van deze afname vond plaats in de eerste periode t/m 1988 en meer dan 80% in de eerste helft van de onderzoeksperiode t/m 1994.

De onbeweede SGL kwelder tussen Nieuwe Statenzijl en de grens nam als gevolg van afslag met 3 ha af (12% van het gecorrigeerde oppervlakte in 1981). Twee voor de kwelderrand gelegen rieteilandjes zijn in de loop der tijd geheel weggeslagen. Het verdwijnen van deze eilandjes heeft bijgedragen aan de relatief grote afname hier.

**Tabel 4.2** Oppervlaktes (ha) per deelgebied in de zuidelijke Dollard in de periode 1981 – 2009. SGL-Oost verwijst naar de onbeweide Nederlandse kwelders oost van de Westerwoldse Aa. SGL-West verwijst naar de beweide kwelders van SGL west van de Westerwoldse Aa. In 1984 – 1986 heeft de uitgevoerde dijkverzwaring tot kwelderverlies geleid. De gearceerde waarden van 1981 geven de omvang van de kwelders in 1981 als zou de dijkverzwaring vóór 1981 zijn uitgevoerd.

Jaar	Particulier	SGL-West	SGL-Oost	Totaal
1981	294	466	26	786
1981	266	449	25	740
1988	262	438	24	724
1994	263	432	22	718
1999	262	431	22	715
2005	265	430	23	718
2009	263	428	22	714

#### 4.5 Verandering van de kweldergrens in ruimte en tijd

Door de kwelderrand in zes verschillende jaren in te tekenen konden we de verandering in positie van de kwelderrand meten voor vijf verschillende tijdsperiodes. In de navolgende paragraaf zullen we de gemeten veranderingen ook relateren aan de aanwezige vegetatie op de kwelderrand. In Figuur 4.6 is de verandering over de gehele studieperiode 1981 – 2009 zichtbaar gemaakt door de veranderingen langs de kwelderrand in kleur weer te geven. Ieder lijnstukje geeft aan hoever de kwelderrand is opgeschoven door aangroei (geel) of door afslag (rood). Figuur 4.7 geeft dezelfde informatie in grafische vorm. Bijlage III geeft de verandering als in Figuur 4.7 opgesplitst per tijdsperiode.

Afslag overheerste bij Het Groninger Landschap in alle perioden; gemiddeld bedroeg deze 1.3 m per jaar (Tabel 4.3). In overeenstemming met de veranderingen in oppervlakte, was de afslag het sterkst in de eerste periode t/m 1988, gevolgd door de periode 1988 – 1994.

Op de particuliere kwelder was duidelijk sprake van een gebied met aangroei (Fig. 4.6 en Fig. 4.7). Op andere delen van de particuliere kwelder vond echter een bijna evengrote afslag plaats, zodat gemiddeld de positie van de kwelderrand tussen 1981 en 2009 weinig is veranderd (Tabel 4.3). De aangroei trad vooral op in de twee periodes 1988 – 1994 en 1999 – 2005; de grootste afslag in de eerste periode t/m 1988. De afname in de laatste periode (2005 – 2009) gebeurde met name ten koste van de nieuwe aangroei; Bijlage III laat zien dat de afslag op de overige delen van de particuliere kwelder klein was.

De afslag of aangroei van de kwelder vertoonde geen significante relatie met het niveau van GHW, noch bij de particuliere -, noch bij de SGL-kwelder (correlatie coëfficiënt  $r = -0.30$  en  $-0.26$ ).

**Tabel 4.3** Gemiddelde verandering in de positie van de kwelderrand van 1981 – 2009 (uitgedrukt in m/jr) per periode en deelgebied.

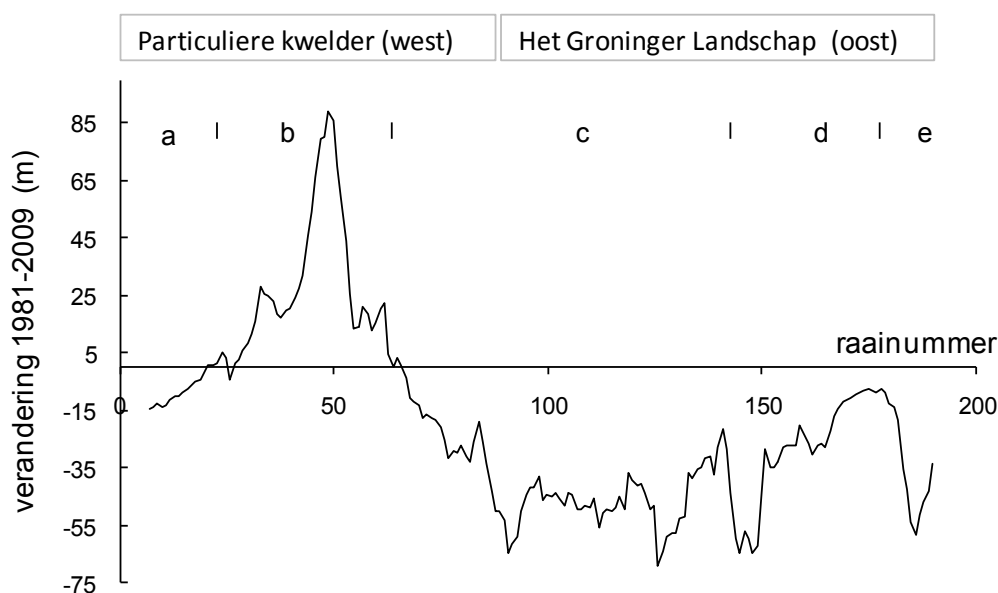
Deelgebied	Periode					
	1981–1988	1988–1994	1994–1999	1999–2005	2005–2009	1981–2009
Particulier	-0.8	0.7	-0.3	1.2	-0.7	0.07
SGL	-2.6	-1.9	-0.7	-0.3	-0.7	-1.34
Gemiddeld	-1.7	-0.7	-0.5	0.4	-0.7	-0.67



**Figuur 4.6** Waargenomen verandering in ligging van de kwelderrand langs 190 raaien loodrecht op de dijk tussen 1981 en 2009. Ieder lijnstukje geeft aan hoever de kwelderrand is opgeschoven door aangroei (geel) of afslag (rood).

#### 4.6 Verandering kweldergrens in relatie tot vegetatie

Bij de bestudering van de afslag in relatie tot vegetatie, beperken we ons tot de kwelderrand. De gedachte was dat eventuele verschillen in kwelderafslag mede afhankelijk zou zijn van welk vegetatietype er op de rand van de kwelder stond. We hebben daarom onderzocht in hoeverre de vegetatie langs de kwelderrand is veranderd (Tabel 4.4) en we hebben vervolgens de gemiddelde afslag of aangroei per tijdperiode berekend uitgesplitst naar welk vegetatietype op de kwelderrand stond bij aanvang van die periode (Tabel 4.5).



**Figuur 4.7** Waargenomen verandering in ligging van de kwelderrand langs 190 raaien loodrecht op de dijk in de periode 1981 – 2009 (zelfde informatie als in Fig. 4.6). De grafiek geeft het lopend gemiddelde over zeven naaste elkaar gelegen raaien. Tussen raainummers 90 en 100 ligt de grens tussen particuliere - en SGL kwelder. De letters a-e verwijzen naar de indeling in vijf deelgebieden ten behoeve van de bespreking van maatregelen in H6; a) Westkust, b) ZW-hoek, c) Zuidkust I, d) Zuidkust II, e) Oost van de Westerwolsche Aa.

**Tabel 4.4** Frequentie van voorkomen van vegetatietypen op de kwelderrand (aantal) op de particuliere en SGL kwelder tussen 1981 en 2006 (naar gegevens van RWS vegetatiekaarten).

Vegetatietype	Particulier					SGL				
	1981	1988	1994	1999	2006	1981	1988	1994	1999	2006
Heen	46	83	62	18	3	52	50	20	15	9
Heen/overig				8				10	10	
Overig	40	2	27	64	87	1	1	14	18	17
Riet		5	1			43	49	56	57	74
Riet/Heen	4					4				

**Tabel 4.5** Gemiddelde verandering in de positie van de kwelderrand per vegetatietype en periode (m/jr).

Vegetatietype	Periode				
	1981-1988	1988-1994	1994-1999	1999-2005	2005-2009
Heen	-2.48	-0.36	-0.15	0.46	-0.66
Heen/overig			0.37	3.18	
Overig	0.01	0.50	-1.49	-0.05	-0.54
Riet	-1.68	-1.48	-0.38	0.14	-0.91
Riet/Heen	-1.60				

Aanvankelijk werd de kwelderrand sterk gedomineerd door Heen en Riet. Heen nam echter af van 1981 tot 2006, zowel op de particuliere als op de SGL kwelder. Riet en overige vegetatie typen namen toe. Riet bleef echter beperkt tot de rand van de SGL kwelder. Op de particuliere kwelder is Riet nooit frequent aanwezig geweest, omdat daar altijd intensief werd beweid. Het is niettemin interessant om te zien dat Heen en Riet op de particuliere kwelder van 1981 naar 1988 een toename lieten zien, waarna beide typen vervolgens weer afnamen. In de discussie zullen we deze veranderingen bespreken tegen het licht van de aan- en afwezigheid van vee en Grauwe ganzen.

De gemiddelde afslag op de kwelder varieerde sterk per tijdsperiode. Er was sprake van een interactie met het aanwezige vegetatietype op de kwelderrand. In de periode met grote afslag op de SGL kwelder verdwenen er met name veel meters kwelder op de plekken waar Heen stond (Tabel 4.5).

## 4.7 Hoogteontwikkeling kwelders na 1980

### *Hoogteontwikkeling particuliere kwelder*

Van het onderzoeksgebied van Dankers *et al.* (1984) op de particuliere kwelder is de maaiveldhoogte tussen 1980 en 2008 flink toegenomen (Fig. 4.8). Omdat de verwachting is dat de opslibbingssnelheid afneemt naarmate de meetpunten dichterbij de dijk liggen (Esselink 2007), is de hoogte van het maaiveld uitgezet tegen de afstand tot de dijk (zie ook Bijlage II voor de ligging van de meetpunten). In 1980 lag het een groot deel van het gebied op een hoogte van 1.60 – 1.70 m +NAP, of bij benadering 0.15 – 0.25 m boven GHW. Op 400 m van de dijk begon de maaiveldhoogte af te lopen tot iets onder 1.45 m +NAP. Het blok van 200 tot 400 meter tegen de dijk aan (afstand tot de dijk 50-200 m) lag een fractie lager dan het aangrenzende blok aan de noordzijde (afstand tot de dijk 200 – 400 m).

In 2008 was de situatie geheel anders. In het eerste blok tegen de dijk was de maaiveldhoogte het hoogst en was de hoogte ook het sterkst toegenomen. Twee menselijke factoren hebben aan deze sterke ophoging bijgedragen, namelijk: (1) Bij de dijkverzwaring is er grond afgeschoven op de aangrenzende kwelder en (2) sinds de dijkverzwaring wordt de dijksloot bijna jaarlijks uitgebaggerd waarbij de bagger steeds op de kwelder is gedeponerd. Een tweede verschil met de situatie van 1980 is dat er aangroei van de kwelder heeft plaats gevonden en Figuur 4.8 niet meer de gehele hoogtegradiënt van dijk tot kwelderrand weergeeft. Binnen de oude begrenzing van Dankers *et al.* (1984) was de maaiveldhoogte in 2008 toegenomen tot >1.80 m +NAP (>0.35 m boven GHW). De gemiddelde hoogtetoeename bedroeg 8.3 mm/jaar.

### Foutendiscussie

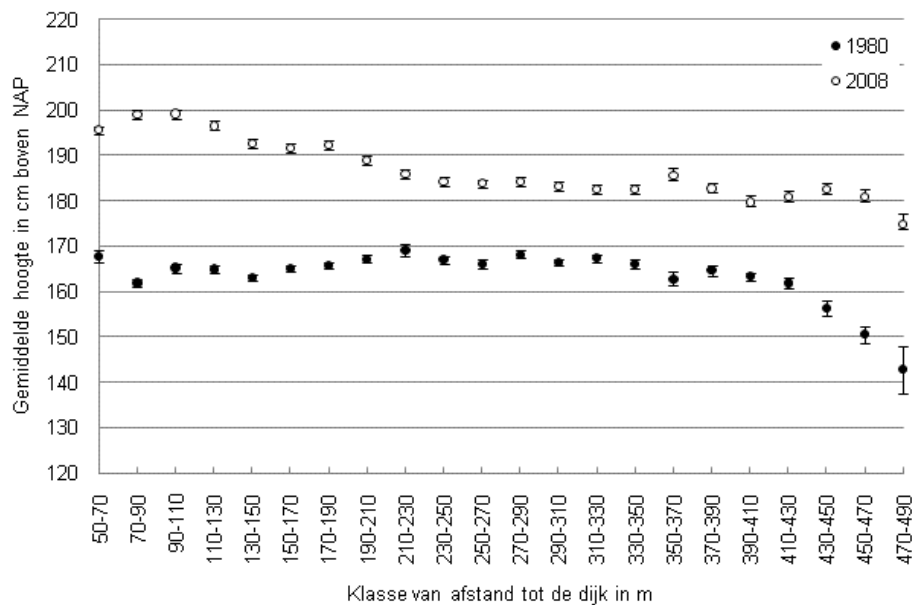
Omdat er bij de bepaling in 2008 gebruik is gemaakt van laser-altimetrie (zie § 2.3) is er mogelijk een meetfout gemaakt. Vegetatie kan invloed hebben op de waarden binnen het AHN (van de Rijt & Esselink 2006; van Waarden-Nagel 2008). Volgens de AHN website (<http://www.ahn.nl/>) kan er een verschil bestaan tussen de werkelijke hoogte en de gemeten waarde van ca. 15 cm, zelfs bij aanwezigheid van een korte vegetatie. Van de Rijt & Esselink (2006) geven aan dat de gemiddelde meetfout in het AHN-1 bestand 5 cm kan bedragen bij een harde vlakke topografie, maar kan oplopen tot 20 – 30 cm op een kwelder met een dichte en hoge vegetatie. Met name rietland en kweekruigten gaven de grootste overschatting van de hoogteligging in het AHN-1 bestand. Het AHN-2 bestand, waarvan wij gebruik hebben gemaakt, is in essentie niet anders.



Volgens de meest recente vegetatiekaart van RWS bestond in 2006 de vegetatie op het betreffende stuk kwelder grotendeels uit lage vegetaties met Gewoon kweldergras en Fioringras. Dit zal ook de situatie in 2008 zijn geweest. Omdat het om een beweide kwelder gaat, zal er tijdens de meting voor het AHN in juli 2008 dus ook overwegend een korte vegetatie hebben gestaan. In het hypothetische geval dat de aanwezige vegetatie de AHN-hoogtemetingen met 5 cm heeft beïnvloed, dan zou de gemiddelde hoogteverandering van 8.3 mm/jaar zijn overschat met 1.7 mm/jaar. Dat het hoogte van het maaiveld werkelijk flink is toegenomen staat dus buiten kijf.

#### Hoogteontwikkeling SGL kwelder

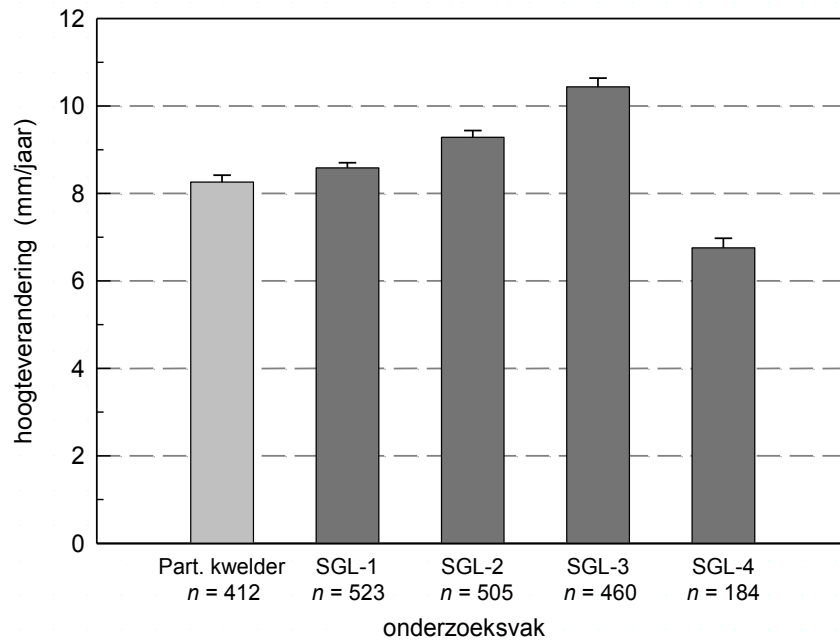
Op de SGL-kwelders is de hoogteverandering in min of meer dezelfde periode onderzocht als die op de particuliere kwelder, namelijk van 1984 – 2003 (Esselink 2007). In vier onderzoeksvakken nam de hoogte toe met gemiddeld met 6.6 – 10.4 mm/jaar (Fig. 4.9); over de vier vakken gemiddeld bedroeg de toename 8.7 mm/jaar. Opgesplitst naar twee periodes (1984 t/m 1991 en 1991 t/m 2003) was de toename in de eerste periode iets hoger dan in tweede periode (8.9 mm/jr *versus* 8.4 mm/jr).



**Figuur 4.8** De gemiddelde maaiveldhoogte ( $\pm$  standaardfout) op een stuk ( $200 \times 490$  m) van de particuliere kwelder in 1980 (waterpassing) en 2008 (AHN-2, vanuit een vliegtuig). Langs de horizontale as is de afstand tot de oude zeedijk uit 1924 weergegeven, ingedeeld in klassen van 20 m. Met de dijkverzwaring is een strook van 47 meter kwelder verloren gegaan. De kwelderrand lag in 2008 verder naar buiten dan in 1980, zodat in de grafiek de hoogte uit 2008 niet doorloopt tot de kwelderrand.

De toename in maaiveldhoogte op de particuliere – en SGL kwelder komen redelijk met elkaar overeen. Het onderzoeksgebied op de particuliere kwelder ligt echter net binnen de zogenaamde bodemdalingschotel van het Slochter gasveld. Tussen het begin van de gaswinning uit dit veld (1964) en 2008 is op deze plek een bodemdaling opgetreden van 6 cm (Fig. 3.4; NAM 2010). Omdat de bodemdaling een min of meer lineair verloop heeft, zal de bodemdaling de afgelopen decennia hier jaarlijks 1.3 mm/jaar hebben bedragen. De SGL kwelders liggen net buiten de schotel. Wanneer de toename van het maaiveld op de particuliere kwelder met deze waarde zou worden gecorrigeerd naar 9.6 mm/jaar, valt de netto opslibbing op de particuliere kwelder nog steeds binnen de variatie van de vier onderzoeksvakken op de SGL kwelder (Fig. 4.9).

Doordat het GHW-niveau in de zuidelijke Dollard al ongeveer 25 jaar geen trendmatige stijging heeft vertoond (§ 3.3; Fig. 3.5), is de hoogte van de kwelders ten opzichte van GHW toegenomen met gemiddeld meer dan 0.20 meter.



**Figuur 4.9** Vergelijking van de gemiddelde hoogteverandering ( $\pm$  standaardfout) op de particuliere kwelder en op de kwelders van Stichting Het Groninger Landschap (vier onderzoeksvakken SGL-1 t/m SGL-4; Esselink 2007). Om te benadrukken dat de resultaten op een verschillende manier zijn verkregen, hebben de twee deelgebieden een verschillende arcering gekregen.

## 5 Discussie: oorzaken afslag Dollardkwelders

---

### 5.1 Geconstateerde veranderingen

Van de huidige 1 000 ha kwelder in de Dollard, zijn de Nederlandse kwelders langs de zuidkust van de baai met 760 ha het belangrijkste. Deze kwelders zijn in het verleden door landaanwinning ontstaan. Eind 1953 zijn de landaanwinningswerken hier echter gestaakt (zie ook Esselink 1998; 2000a). Sindsdien is er afslag en is de omvang van dit kweldercomplex geleidelijk afgenomen. Daarnaast is rond het midden van de tachtiger van de vorige eeuw nog eens 46 ha verdwenen als gevolg van het op Deltahoogte brengen van de zeedijk. De Punt van Reide werd in 1979 met 28 ha verkleind door de aanleg van een nieuwe zeedijk en inpoldering van Polder Breebaart. Bij elkaar opgeteld is rond 1980 in het Nederlandse deel van de Dollard als gevolg van kustbeschermingsmaatregelen bijna 75 ha kwelder verdwenen. De veranderingen langs de kwelderrand zijn pas goed meetbaar geworden sinds er op een regelmatige basis gedetailleerde luchtfoto's worden genomen. Uit onze analyse blijkt dat in de periode 1981 – 2009 door afslag netto 26 ha kwelder is verdwenen.

Hoeveel kwelder in de Dollard aanwezig was op het moment dat de landaanwinning werd gestaakt is niet goed bekend. Wel is duidelijk dat eind zeventiger jaren van de vorige eeuw de omvang van de Nederlandse kwelders in de Dollard vergelijkbaar - of zelfs iets groter was dan aan het begin van de twintiger jaren, vlak vóór de laatste grote inpoldering (1924 Carel Coenraadpolder (670 ha)). Door de hierboven genoemde verliezen is het huidige areaal slechts enkele tientallen hectares kleiner dan rond 1920. Hoewel de Duitse kwelders in de Dollard grotendeels een vooroeververdediging hebben, is de omvang van deze kwelders recentelijk waarschijnlijk sterker teruggelopen dan die van de Nederlandse kwelders (§ 4.1).

In zowel absolute waarden als relatief ten opzichte van de totale afname, is het door afslag veroorzaakte verlies van kwelderareaal over de periode 1981 – 2009 met 26 ha bescheiden te noemen. Gedurende deze 28-jarige periode vertoonde de afslag een duidelijke variatie in zowel de loop van de tijd als ook ruimtelijk. Voor het ruimtelijke aspect zijn steeds drie deelgebieden onderscheiden, namelijk: (a) de westelijk gelegen particuliere kwelders en de oostelijk gelegen SGL kwelders opgedeeld in (b) een groot beweide complex ten westen van de monding van Westerwoldsche Aa (WWA) en (c) een kleine onbeweide kwelder tussen de monding van WWA en de Duitse grens.

Op de particuliere kwelder was sprake van zowel afslag als aangroei. De aangroei deed zich met name voor in twee periodes (1988 – 1994 en 1999 – 2005); in beide periodes op ongeveer hetzelfde kweldersegment in de ZW hoek van de Dollard. Op de overige delen van de particuliere kwelder vond afslag plaats. De snelste afslag deed zich voor in de periode 1981 – 1988. De ruimtelijke verschillen in aanwas en erosie hielden elkaar bijna in evenwicht, waardoor het oppervlakte van de particuliere kwelders in totaal maar weinig veranderde.

De SGL kwelders lieten overal afslag zien. Ook hier ging de afslag het snelst in de jaren 1981 – 1988, maar was ook hoog in de periode 1988 – 1994. (Tabel 4.3). In geen enkele periode was van aangroei sprake. In totaal nam het oppervlakte van de beweide kwelder af met 21 ha en het stukje onbeweide kwelder oostelijk van de WWA met 3 ha.

Of er maatregelen getroffen moeten worden om de afname van de kwelders in de Dollard te stoppen is een beleidskeuze, waarvoor in dit rapport de basisinformatie wordt aangeleverd. Welke maatregelen

eventueel kunnen worden getroffen is mede afhankelijk van de oorzaken van de achteruitgang. In de volgende paragraaf gaan we hierop in.

## 5.2 Oorzaken van verandering

### *Golfklimaat*

Dat er sinds de stopzetting van de landaanwinningswerken in 1953 sprake is van een voortgaande erosie van de kwelders in de zuidelijke Dollard wijst er op dat zonder de luwte van deze werken, de hydrodynamische omstandigheden in de Dollard niet gunstig zijn voor kwelders. We hebben niet de beschikking over gegevens van het golfklimaat in de Dollard, maar het lijkt aannemelijk dat in grote delen van de Dollard de kwelderrand aan een te hoge golfenergie bloot staat om zich te kunnen handhaven. Het is in dit verband opvallend dat de enige plek waar de afgelopen 20 jaar enige aangroei plaatsvond en zich voorsnog een smalle pionierzone kon handhaven juist in de ZW hoek van de baai lag (Fig. 4.6). Dit is van nature de meest beschutte hoek van de Dollard. De kwelderrand is er NO geëxponerd, waardoor golfenergie op de kwelderrand hier gering is. Juist bij harde wind uit oostelijke richtingen, is er sprake van sterk verlaagde hoogwaterstanden waardoor het water bij hoogwater de kwelderrand zelfs vaak niet bereikt.

### *Waterstanden en plaathoogte*

In de periode 1955 – 1983 was sprake van zeer sterke stijging van het niveau van GHW met 6.3 mm/jaar (§ 3.3; Fig. 3.5). Of een eventueel aanwezige pionierzone in hoogteontwikkeling deze stijging door opslibbing bij heeft kunnen houden is onbekend. De hoogteontwikkeling van wadplaten heeft in deze periode wél de ontwikkeling van het GHW gevolgd (§ 3.5.1), waardoor gemiddeld er (bij gelijkblijvende golfcondities) weinig is veranderd voor de vegetatie in de pionierszone qua golfaanval.

Na 1983 heeft de stijging van het GHW in Nieuwe Statenzijl een lichte daling en daarna een afvlakking laten zien. Sindsdien is sprake van gemiddeld een constant niveau van 1.45 m +NAP. De afvlakking van het GHW valt samen met een trendbreuk in de langjarige ontwikkeling van een verkleining van de inhoud van de Dollard. De plaathoogte in de ZO-Dollard is over periode 1985 – 2008 licht afgenomen (Fig. 3.13 en 3.15). Doordat de kwelders wel in hoogte zijn blijven toenemen is de hoogt gradiënt van wad naar kwelder steiler geworden. Vanuit kwelderperspectief op de korte termijn gezien is dit een minder gunstige ontwikkeling. Zo is ten westen van Nieuwe Statenzijl waar de Buiten Aa (= afwateringsgeul van de Westerwoldsche Aa) vlak langs de kwelder loopt, lokaal sprake van erosie als gevolg van ondermijning van de kwelderrand.

De stabilisatie van het GHW heeft in de ZW-Dollard mogelijk de ontwikkeling van een kleine pionierzone versterkt.

### *Verspreiding van baggerspecie*

Als gevolg van het verspreiden van baggerspecie in Mond van de Dollard is sprake van een verhoogd aanbod van sediment in de Dollard, waarvan volgens modelberekeningen een aanzienlijke fractie in de Dollard zelf tot bezinking komt (§ 3.4.2; Boon *et al.* 2002), hetgeen conform is aan de erosie- en sedimentatiebeelden voor de Dollard. Onduidelijk is in hoeverre de ontwikkeling van zowel de plaathoogte als van de pionierkwelder hierdoor zijn beïnvloed.

### *Bodemdaling*

Alleen de westelijke rand van de Dollard ligt binnen de bodemdalingsschotel van het Slochter gasveld. Zowel de kwelder als de aangrenzende wadplaten zijn hier de afgelopen 25 – 30 jaar in hoogte toegenomen. Er is dan ook geen direct verband tussen afslag of aangroei van de kwelder en bodemdaling door gaswinning.

### *Hoogteontwikkeling kwelder*

In het geval dat de hoogteontwikkeling van de kwelder lager zou zijn dan de lokale stijging van het niveau van GHW, kan een kwelder uiteindelijk verdrinken. Vanwege de lage beschikbaarheid van sediment, wordt gedacht dat mogelijk in de toekomst dit het lot zal zijn van de schorren in de Oosterschelde. In de Dollard is een dergelijk scenario niet aan de orde.

### *Vegetatieontwikkeling op de kwelderrand en ganzenwerk*

De vegetatieontwikkeling op de rand van de kwelder komt overeen met de literatuur. Op de SGL kwelder heeft Riet zich uitgebreid als reactie op het extensiveren van de beweiding sinds 1983 en de toegenomen leeftijd van de kwelder (Esselink 2000a; Esselink *et al.* 2000). De hoge beweidingdichtheid op de particuliere kwelder verklaart waarom Riet daar bijna ontbreekt. In de periode 1981 – 1988 lieten Heen en Riet hier niettemin tijdelijk een toename zien (Tabel 4.4). Wij denken dat er toen als gevolg van de werkzaamheden aan de dijkverzwaring tijdelijk minder vee op de kwelder aanwezig is geweest, met uitbreiding van Riet en Heen tot gevolg.

Zowel Riet- en Heenvelden kunnen een zekere weerstand bieden tegen golfenergie en zo de golfwerking op de kwelderrand dempen (Coops *et al.* 1991, Möller *et al.* 2011). Heen heeft hierbij een hogere weerstand dan Riet (Coops *et al.* 1991). Niettemin lieten begroeiingen van Heen een hogere afslagsnelheid laten zien die van dan Riet (Tabel 4.5). Dit komt overeen met eerder gepubliceerde waarnemingen (Esselink *et al.* 1997, 2000), maar het verschijnsel is nu voor het eerst gebiedsdekkend beschreven. De opkomst van de Grauwe gans in de Dollard heeft hierin een belangrijke rol gespeeld. Aangetoond is hoe in het winterhalfjaar door gewroet van ganzen naar knolletjes van Heen, het vegetatiedek werd vernietigd en erosie van de kwelderrand werd vergemakkelijkt (Esselink *et al.* 1997, Esselink 1998). Onder invloed van de Grauwe gans was Heen rond 1990 al praktisch van de kwelderrand verdwenen. Waar het vegetatietype in eerste instantie werd gevormd door bijna pure Heenbestanden, nam de mate van dominantie van Heen duidelijk af. De achteruitgang is hierdoor sneller verlopen dan de cijfers in Tabel 4.4 laten zien. Het oprollen van de Heenbestanden door de ganzen verklaart de hoge afslagsnelheid in de periode 1981 – 1988 in vergelijking met de latere periodes.

De ganzen hebben hun dieet aangepast aan het lage aanbod van Heen en zijn overgeschakeld naar andere plantensoorten op de kwelder zoals grassen, Zeeweegbree en Zulte (Aerts *et al.* 1996). Er zijn geen aanwijzingen dat de aanwezigheid van de Grauwe gans in de Dollard effect heeft op het voorkomen van Riet. In onderzoek naar habitatgebruik van ganzen op de Dollardkwelders werd Rietvegetatie volledig gemeden door foeragerende ganzen (Aerts *et al.* 1996). Evenmin werd in het onderzoek van Aerts *et al.* (1996) Riet in het dieet van de ganzen aangetroffen. De blijvende aanwezigheid van de Grauwe gans in de Dollard lijkt een grootschalig herstel van de oorspronkelijke Heenbestanden uit te sluiten.

### *Beheer*

Greppelonderhoud heeft geen rol gespeeld in de geconstateerde afslag of aangroei na 1980. Op de particuliere kwelder vindt in een brede strook langs de zeedijk greppelonderhoud plaats; op de SGL

kwelders is dit onderhoud in 1984 beëindigd. Nabij de kwelderrand is op zowel de particuliere - als de SGL kwelder al sinds lange tijd geen sprake meer van greppelonderhoud.

De rol van beweiding in veranderingen van de kwelderrand is relatief gering geweest. Op de particuliere kwelder is bij een reëtel hoge veebezetting sprake geweest van zowel afslag als aangroei. Op de SGL-kwelder heeft een lagere veebezetting geleid tot een verdergaande ontwikkeling van Riet op de kwelderrand. Bij gelijke omstandigheden zou dit geleid hebben tot een lagere afslag dan van de particuliere kwelder. Door een verschil in golfklimaat (zie boven) was de afslag van de SGL kwelder echter hoger dan van de particuliere kwelder. Onderzoek naar golfdemping door Riet Möller *et al.* 2011) maakt het erg aannemelijk dat als Riet er niet had gestaan, de afslag van de SGL-kwelder nog groter was geweest.

#### *Fixatie kwelderrand*

Kwelders zijn dynamische gebieden. Van nature vertoont een kwelder aangroei of afslag, maar een stabiele kwelder bestaat niet. Waar de positie van de kwelderrand niet veranderlijk is, zal door een ongelijke hoogteontwikkeling tussen kwelder en het aangrenzende wad zich uiteindelijk een klif ontwikkelen die vervolgens zal gaan eroderen. Een voorbeeld hiervan is te vinden ten westen van Nieuwe Statenzijl waar de kwelderrand lokaal erodeert als gevolg van ondermijning (*undercutting*, zie hierboven).

Er zijn diverse voorbeelden van kwelders waar erosie en het ontstaan van een nieuwe kwelder elkaar cyclisch in de tijd afwisselen (Jakobson 1954; Storm 1999; van de Koppel *et al.* 2005). In het kort kan deze als volgt worden omschreven: Vanuit de in de vorige alinea genoemde situatie wordt kwelder bij kliferosie vervangen door een wadplaat. Wanneer het wad voor een terugschrijdend klif door sedimentatie weer in hoogte gaat stijgen, dan zal zich op een gegeven moment bij een bepaalde hoogte weer vegetatie gaan vestigen van pionierplanten. Wanneer zich ook andere planten vestigen, zoals bijvoorbeeld Gewoon kweldergras gaat de pionierkwelder over in een lage kwelder. Door de toename van de vegetatiebedekking wordt er meer sediment ingevangen en neemt de nieuwe kwelder sneller in hoogte dan de aangrenzende pionierzone en het wad. Uiteindelijk wordt de hoogtegradiënt zo stijl dat zich weer een klif gaat vormen.

### **5.3 Prognose**

In de door ons onderzochte jaren is het oppervlakte van de Nederlandse kwelders in de zuidelijke Dollard afgenomen met een gemiddelde snelheid van 0.9 ha/jaar (vgl. Tabel 4.2). In de eerste jaren was de afslag – ondermeer door de ‘overbegrazing’ van Heen door de Grauwe gans – hoger dan in latere jaren en nam af van 1.4 ha/jaar in 1981 – 1994 tot minder dan 0.3 ha/jaar tussen 1994 en 2009. Er zijn echter geen aanknopingspunten gevonden voor een eventuele trendbreuk waarbij de voortgaande afslag zou kunnen omkeren in een aangroei van de kwelder.

In de meest beschutte ZW hoek van de baai was de afslag lager en is lokaal een geringe aangroei van de kwelder gevonden. Behalve de beschutte ligging, kan de aangroei mede positief zijn beïnvloed door het uitblijven van een stijging van het GHW en eventueel de verspreiding van baggerspecie in de noordelijke Dollard. Meer naar het oosten neemt de expositie van de kwelderrand toe en zal de kwelder ten gevolge hiervan geleidelijke verder afslaan.

In de ZO hoek vormt het stukje onbeweide SGL kwelder ten oosten van de Westerwoldsche Aa nu nog een bescherming voor de Duitse kwelder. Voortschrijdende erosie van de SGL-kwelder zal op termijn betekenen dat deze bescherming wegvalt en Duitse kwelder hier ook zal gaan afslaan.

## 6 Mogelijke maatregelen om de afslag van Dollardkwelders te beperken

---

Uitgaande van de huidige geringe afslagsnelheid van de Nederlandse kwelders (<0.3 ha/jaar; § 5.3) lijkt er enkel vanuit de KRW-maatlat ‘kwelderareaal’ geen directe aanleiding om op korte termijn inrichtingsmaatregelen te treffen om de afslag tegen te gaan. Bij deze conclusie zijn de volgende nuances te plaatsen:

- Over de hele onderzoeksperiode van bijna 30 jaar is de afslag niet constant geweest. Als gevolg veranderende omstandigheden kan de afslag in de toekomst ook weer toenemen.
- Het GEP van 700 ha wordt gezien als absolute ondergrens waar de omvang van de kwelders jaarlijks aan moet voldoen. In dit hoofdstuk wordt uitgelegd dat waar dit mogelijk is, maatregelen tegen afslag zich zouden moeten richten op een dynamische handhaving van de kwelderrand. In hoofdstuk 7 wordt vervolgens geconcludeerd dat in dat geval voor instandhouding van tenminste 700 ha kwelder, er een extra buffer nodig is.
- Vanuit andere functies (bijv. biodiversiteit, publieksfunctie) kan de wens naar voren komen om eventueel maatregelen tegen kwelderafslag te nemen.
- Maatwerk. In de Dollard heersen niet overal dezelfde omstandigheden. Dit betekent dus dat de ontwikkelingskansen niet overal hetzelfde zijn. Om via maatwerk tot een optimaal beheer te komen, verdient het aanbeveling om nu al na te denken onder andere over: waar ‘dynamische handhaving’ van de kwelder kan worden nagestreefd en wat de te doen met andere deelgebieden (eerder ingrijpen of laten gaan). Zo kan, afhankelijk van de lokale situatie en anticiperend op de verwachte ontwikkeling, gekozen worden om met een relatieve kleine ingreep de afslag tegen te gaan, ten einde een veel grotere maatregel in de toekomst te voorkomen.

Een evaluatie van mogelijke maatregelen om de kwelderafslag in de Dollard tegen te gaan behoorde daarnaast tot de doelstellingen van deze verkenning (§ 1.3). Deze evaluatie wordt in dit hoofdstuk uitgewerkt.

Er is een scala aan mogelijke maatregelen om de afslag van kwelders tegen te gaan dan wel aangroei te bevorderen. Deze maatregelen worden in het bijgaande tekstkader 6.1 kort besproken, waarbij ook de voor- en nadelen van elke maatregel aan de orde komen. De maatregelen zijn onder te verdelen in zogenaamde ‘harde’ en ‘zachte’ maatregelen enerzijds en ‘directe’ en ‘indirecte’ maatregelen anderzijds (Tabel 6.1). Met een ‘indirecte’ maatregel bedoelen we dat de maatregel niet op de kwelderrand zelf wordt uitgevoerd, maar dat het een maatregel is waarbij de randvoorwaarde of omgevingsfactor van de kwelderrand veranderd, zoals bijvoorbeeld het creëren van meer luwte.

Wanneer in het verleden erosie als een probleem werd ervaren, werd deze bijna altijd tegengegaan door de aanleg van of een harde vooroeververdediging of het aanbrengen van een stenen beschoeiing op de kwelderrand. Tegenwoordig is men echter terughoudender en ligt de nadruk op het werken met zachte maatregelen die zijn afgeleid van de traditionele landaanwinningswerken, zoals de aanleg van rijshoutdammen. Met rijshoutdammen kan een flexibeler beheer worden gevoerd, doordat het onderhoud aan de dammen in de loop van de tijd kan worden afgestemd op de lokale ontwikkelingen.

Tegelijkertijd is men afslag of erosie anders gaan waarderen. Een gevolg van de geschiedenis van de huidige kwelders is dat deze een zeer éézijdige leeftijdsopbouw hebben. De lage kwelder heeft de

hoogste diversiteit van voor kwelders specifieke organismen. Door successie neemt echter de hoge kwelder toe ten koste van de lage kwelder en de pionierkwelder. Een duurzaam behoud van lage kwelders is alleen mogelijk als het proces van kweldervorming af en toe opnieuw kan beginnen. Op maar weinig plaatsen is daar ruimte voor beschikbaar, tenzij bestaande kwelders eerst ten dele verdwijnen. Door een dynamiek toe te staan kan een geleidelijke hoogtegradiënt worden behouden

### Tekstkader 6.1 Overzicht van Maatregelen tegen Kwelderafslag

De maatregelen zijn onder te verdelen in zogenaamde ‘harde’ en ‘zachte’ maatregelen enerzijds en ‘directe’ en ‘indirecte’ maatregelen anderzijds (Tabel 6.1). Met een ‘indirecte’ maatregel bedoelen we dat de maatregel niet op de kwelderrand zelf wordt uitgevoerd, maar dat het een maatregel is waarbij de randvoorwaarde of de omgevingsfactor van de kwelderrand veranderd, zoals bijvoorbeeld het creëren van meer luwte.

**Tabel 6.1** Matrix met potentiële maatregelen om de afslag van kwelders te voorkomen dan wel aangroei te stimuleren.

Categorie	Hard	Zacht
Direct	1 Stenen glooiing tegen kwelderrand	2 Kleisuppletie tegen kwelderrand
Indirect	3 Vooroeververdediging stenendam 5 Kribben dwars op kwelderrand	4 Vooroeververdediging rijshoutdam 6 Rijshoutdam dwars op kwelderrand 7 Bezinkvelden 8 Bevordering plantengroei kwelderrand 9 Greppelen voor de kwelderrand

- 1) **Steenglooiing tegen kwelderrand.** De ‘klassieke’ oeververdediging bestaat uit een stenen glooiing die tegen de oever aanligt. Vroeger werden deze gebouwd met gezette natuursteen, zoals basalt, maar tegenwoordig is dit meestal breuksteen op geotextiel. Er is veel ervaring met dit soort constructies, ook voor de bescherming van kwelders (Storm 1999). Neerlandsreid op Ameland en de Punt van Reide zijn kwelders die door middel van een steenglooiing zijn vastgelegd. Een nadeel van deze maatregel is het starre en definitieve karakter van de verdediging. Wordt tegenwoordig gezien als laatste optie wanneer geen andere oplossingen mogelijk zijn (Dijkema *et al.* 2005; Esselink *et al.* 2009).
- 2) **Kleisuppletie tegen kwelderrand.** Bij een kleisuppletie wordt materiaal opgebracht direct tegen de eroderende kwelderrand. Bij het Rumoirtschor in de Oosterschelde is deze methode in 1992 als proef toegepast. De eerste jaren na de kleisuppletie was de erosie inderdaad minder, maar na zes jaar was de aangebrachte klei geheel verdwenen en sloeg het kwelderklif weer in dezelfde mate af als voorheen (Storm 1999). Op basis van deze proef concludeerde Storm (1999) ondermeer dat een kleisuppletie alleen effectief kan worden ingezet als: 1) de golfwerking relatief beperkt is, 2) de erosie wordt veroorzaakt door ondermijning van het klif, 3) regelmatig onderhoud en dus verstoring van het gebied acceptabel is en 4) er voldoende klei van goede kwaliteit in de directe omgeving voorradig is (*i.e.* combinatie van kwelderverdediging en afgraven / verlagen van kwelders).
- 3) **Vooroeververdediging van steen.** Dit zijn dammen op enige afstand van - en evenwijdig aan de oever. Bij de Grië op Terschelling is in 1991 een dam van stortsteen op het wad aangelegd om de kliferosie ter plekke te stoppen. Deze doelstelling is gerealiseerd. In de ruimte tussen kwelderklif en dam heeft zich een nieuwe kwelder gevormd. Tegelijkertijd vormde de dam echter een harde grens tussen wad en kwelder (Esselink *et al.* 2003). Een stenen dam ligt voor tientallen jaren vast, terwijl er met een rijshoutdam flexibeler op de ontwikkelingen kan worden ingespeeld. Vanwege deze nadelen moet een vooroeververdediging van steen worden gezien als noodmaatregel wanneer een zachte vooroeververdediging niet zou voldoen. In de Dollard ligt een stenen vooroeververdediging langs het meest noordelijke deel van de Duitse kwelders (zie § 4.2).
- 4) **Vooroeververdediging met rijshoutdam.** De kwelderrand in het zuidelijke deel van de Duitse kwelders in de Dollard wordt tegen golfwerking beschermd door een vooroeververdediging bestaande uit een



rijshoutdam onderbroken door stroomgaten op enige afstand van en evenwijdig aan de kwelderrand.

- 5) **Kribben dwars op kwelderrand.** Een andere klassieke oplossing is een serie kribben, bedoeld om opdringing van geulen tegen te houden. Kribben zijn altijd van steen en worden min of meer loodrecht vanaf de oever tot in de geul aangelegd. Op deze wijze zijn in Zeeland onbedoeld enkele kwelders beschermd en is op een enkele locatie zelfs een nieuwe kwelder gevormd. Kribben kunnen de stroom- en golfklimaat over een relatief groot gebied beïnvloeden. De mate waarin, hangt af van de lengte, de hoogte en het aantal kribben (Storm 1999). In de Wester- en Oosterschelde worden tegenwoordig geen nieuwe kribben meer aangelegd; opdringing van grote geulen wordt nu tegengegaan door aanleg van geulwandverdedigingen. Een nadeel van kribben is dat de bewegingsvrijheid van getijgeulen wordt beperkt waardoor ze de grootschalige dynamiek onderdrukken. In de Dollard is van een stroming parallel aan de kwelderrand sprake ter hoogte in de Buiten Aa.
- 6) **Rijshoutdammen dwars op kwelderrand.** Een zachte variant op stenen kribben is 30 jaar geleden toegepast bij het kweldergebied 'de Schorren' op Texel. Hier zijn op op een onderlinge afstand van 50 m, 50 m lange rijshoutdammen loodrecht op het kwelderklif aangelegd naar een ontwerp van Cor Veld (RWS) en Kees Dijkema (Imares). Vanwege de ligging van de Schorren op een wantij, is er vrijwel geen sprake van dwarsstroming. De erosie van het klif is door de aanleg van de dammetjes gestopt en ertussen is, ondanks gebrekkig onderhoud, een pionierzone gevormd.
- 7) **Bezinkvelden.** Met rijshoutdammen omsloten bezinkvelden zijn voor het eerst grootschalig toegepast bij de start van de landaanwinning volgens de zgn. Sleeswijk-Holsteinmethode. Naast de aanleg van de bezinkvelden op de lage kwelder en aangrenzende hooggelegen wad voorzag de methode ook in de aanleg en onderhoud van een intensief afwateringssysteem van greppels, dwarssloten en hooduitwateringen. De methode is aan het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw in Noord-Duitsland ontwikkeld. In 1935 werd de methode in iets gewijzigde opzet in Nederland geïntroduceerd, op het moment dat de rijksoverheid het initiatief van de landaanwinning langs de Friese en Groninger noordkust naar zich toetrok (Dijkema *et al.* 2001). In 1937 volgde de Provincie Groningen met de aanleg van grootschalige landaanwinningswerken in de Dollard (§ 4.1). Het primaire doel van de werken was om de aanwas van kwelders te bevorderen. Het merendeel van de huidige vastelandkwelders in de Waddenzee is uit deze vorm van landaanwinning voortgekomen.
 

De oorspronkelijke doelstelling is tegenwoordig helemaal verlaten. De beheersdoelstelling van de huidige bezinkvelden is gericht op het behoud van het huidige kwelders en de bijbehorende natuurwaarden. De term landaanwinningswerken is vervangen door kwelderwerken (Dijkema *et al.* 2001).

In afwijking van de oorspronkelijke Sleeswijk-Holstein methode, werd in Friesland en langs de Groninger noordkust gebruik gemaakt van grotere bezinkvelden (400 × 400 m). Nadat het grondwerk na 1980 minder intensief werd, bleek deze grootte niet meer effectief (Dijkema *et al.* 2001). Vermindering van de strijklengte door de aanleg van tussendammen om de 200 m loodrecht op de zeedijk bracht in vrijwel alle kwelderwerken de oplossing, behalve langs de oostelijke Groninger vastelandkwelders. Daar is in 1994 tevens een rijshoutdam evenwijdig aan de zeedijk toegevoegd om ook de noord-zuid strijklengte voor de kwelder tot 200 m te reduceren. Door de aanleg van deze rijshoutdam is de erosie van de pionierzone en de kweldergrens omgebogen naar de snelste aanwas langs de Groninger noordkust (Dijkema *et al.* 2010).

Bezinkvelden werken alleen als het wad niet te sterk erodeert en als er met het water voldoende sediment wordt aangevoerd. Een nadeel van bezinkvelden is dat er veel onderhoud nodig is. Het noodzakelijke onderhoud is wel sterk verminderd door de genoemde herstelmaatregelen en door het gebruik van duurzamer naaldhout (Dijkema *et al.* 2001).
- 8) **Bevordering plantengroei kwelderrand.** In het algemeen is door de beschermende werking van een min of meer gesloten vegetatiedek erosie op een kwelder te verwaarlozen. Vlakbij de kwelderrand is dit echter geen vast gegeven meer. Veel plantensoorten hebben niet voldoende weerstandsvermogen tegen golfenergie. Zo is Engels slijkgras als pionierplant van het kale wad gebonden aan relatief luwe plekken en doet de plant het slecht op meer geëxponeerde plekken. Ondanks het succes van veel aanplanten van Engels slijkgras in de eerste helft van de 20e eeuw, merkte König (1948) al op dat Engels slijkgras de kust niet beschermd, maar dat ze dáár stond waar de plant door de kust werd beschermd. Hetzelfde kan gesteld worden voor een soort als Zeeaster of Zulte. Alleen twee plantensoorten uit het brakke milieu, namelijk Heen en Riet hebben tot op zekere hoogte het vermogen om de golfenergie aan de kwelderrand op te vangen en de golfaanvallen op de

kwelder te dempen (Coops *et al.* 1991, Möller *et al.* 2011). Niet alleen Riet, maar ook Heen is in het verleden op tal van plaatsen in Nederland aangeplant om oeverafslag tegen te gaan.

Door het optreden (of beter: de terugkeer) van de Grauwe gans in de Dollard is bevordering van Heen geen optie meer (dit rapport). De ontwikkeling van een beschermend rietveld aan de kwelderrand kan worden bevorderd door de kwelderrand uit te sluiten voor beweiding. In de ZO-Dollard blijkt Riet maar een matige bescherming tegen afslag te bieden en is het golfklimaat mogelijk te ruw om een volledige bescherming te bieden (dit rapport).

- 9) **Greppelen voor de kwelderrand.** Ontwatering bevordert de bodemdoorluchting waardoor planten zich lager in de zonering kunnen vestigen. Wanneer in het hooggelegen wad voor de kwelderrand greppels worden gegraven kan hierdoor de grens van de begroeiing zich zeewaarts uitbreiden. Dit is het principe van landaanwinning volgens de zgn. boerenmethode, een methode van landaanwinning die waarschijnlijk al vanaf het einde van de 17<sup>e</sup> eeuw werd toegepast om de kwelderaanwas te bevorderen (Brahms 1767; Stratingh & Venema 1855). De bezinkvelden in de landaanwinning volgens de Sleswijk-Holsteinmethode werden normaal gesproken eveneens begreppeld.

Begreppeling van hooggelegen wad of van een pionierkwelder doorkruist de eventuele ontwikkeling van een natuurlijk afwateringssysteem van de kwelder (Esselink 2000a; Dijkema *et al.* 2007). Dit zou indruisen tegen de trilaterale doelstelling in de Internationale Waddenzee om de mate van natuurlijkheid van de vastelandkwelders te vergroten (Esselink *et al.* 2009). Begreppeling als maatregel voor kwelderbehoud wordt om deze reden niet geadviseerd.

tussen kwelder en het voorliggende wad. Door velen wordt kliferosie tegenwoordig als een natuurlijk proces gewaardeerd, in zowel natuurlijke kwelders als de half-natuurlijke vastelandkwelders (Esselink *et al.* 2009). Kliferosie zou daarom niet automatisch door tegenmaatregelen moeten worden gestopt. In uitgestrekte kwelders moet ruimte worden gegeven aan natuurlijke processen. In het geval afslag gestopt moet worden, moeten maatregelen worden afgestemd op de lokale omstandigheden (Adnitt *et al.* 2007; Dijkema *et al.* 2001, 2010; Esselink *et al.* 2009)

#### *Klimaatrobuustheid*

Eventueel te nemen maatregelen zouden beoordeeld moeten worden op zgn. 'klimaatrobuustheid' (Tekstkader 1.1). Deze term verwijst naar in hoeverre (1) de effectiviteit van de inrichtingsmaatregel kan worden aangetast door veranderende omstandigheden als gevolg van klimaatverandering, of (2) met de inrichtingsmaatregel flexibel op de veranderde omstandigheden kan worden gereageerd. In dit rapport gaat het om zeespiegelstijging als gevolg van de opwarming van de Aarde. Er kan worden gesteld dat harde maatregelen bij niet functioneren moeilijk of alleen tegen hoge kosten ongedaan kunnen worden gemaakt. Zo kan een stenen glooiing tegen de kwelderrand bij voortgaande afslag uiteindelijk als een losse rij stenen op het wad komen te liggen (Storm 1999). Een zachte maatregel daarentegen laat bij opgave uiteindelijk geen sporen na, of kan worden aangepast aan het gewijzigde hydrodynamische regiem. Een voorbeeld hiervan zijn de recente doorgevoerde wijzigingen in de aanleg en het onderhoud van de rijshoutdammen in de kwelderwerken langs de Groninger noordkust (Dijkema *et al.* 2007, 2010). De conclusie is dan ook dat in het algemeen een zachte maatregel beter aan het criterium klimaatrobuustheid voldoet dan een harde maatregel.

#### *Evaluatie*

De afslag van de zuidelijke Dollardkwelders is met gemiddeld 0.9 ha per jaar over de gehele onderzoeksperiode van bijna 30 jaar vrij bescheiden. Er is dan ook op het eerste gezicht geen hoge urgentie om in te grijpen in de Dollard. Het verdient wel aanbeveling na te denken hoe in de toekomst met de voortgaande afslag kan worden omgegaan.

De ontwikkelingen in de Dollard laten ruimtelijk belangrijke verschillen zien. Ook heersen niet overal dezelfde omstandigheden. Om deze reden wordt de geschiktheid van relevante maatregelen in een vijftal deelgebieden besproken. Hoe verder in de toekomst hoe groter de verschillen kunnen zijn tussen toekomstige ontwikkelingen en de verwachting van nu. Daarom wordt hieronder uitgegaan van een tijdshorizon van ongeveer 20 jaar waarbij de kustlijn van west naar oost wordt gevolgd.

a) *Westkust (Particuliere kwelder; raainummer 1 – 22)*

Hier ligt maar een smalle kwelder (Fig. 4.6). In de periode 1981 – 2009 was de totale afslag hier gering (maximaal 15 m; vgl. Fig. 4.7). Er heeft zich een scherp afgetekend ongeveer 0.4 m hoog erosieklif gevormd. De hoogte van het voorliggende wad heeft over de periode 1985 – 2008 geen netto verandering laten zien. De kwelderrand ligt hier geëxponeerd naar het oosten, zodat er weinig golfwerking op de kwelderrand is. Wel zou hier sprake zijn van stroming voor langs de kwelderrand.

Er is hier geen dringende reden om over te gaan tot het treffen van een maatregel. Tegelijkertijd lijken hier de omstandigheden bijna het meest gunstige om de aangroei van kwelder te bevorderen. Naar het voorbeeld van de Schorren op Texel (zie tekstkader) kan de aanleg van rijshoutdammetjes dwars op de kwelderrand snel tot aangroei van de kwelder leiden (Maatregel 6 uit tekstkader). Doordat een zekere dynamiek tussen de dammetjes gehandhaafd blijft, zal zich hier duurzaam een primaire pionierkwelder kunnen handhaven. Deze kwelderzone ontbreekt bijna geheel in de Dollard. Tegelijkertijd wordt de beperkte breedte van de kwelder vergroot. In eerste instantie zou overgegaan kunnen worden tot de aanleg van 50 m lange dwarsdammetjes met een onderlinge afstand van 100 m. Indien dit na enige jaren niet blijkt te voldoen kan in tweede instantie de onderlinge afstand tussen de dammetjes worden verkleind naar 50 m.

Op basis van het kostenniveau van 2011 en uitgaande van het ontwerp van de rijshoutdammen in de kwelderwerken langs de Groninger noordkust (paalhoogte 0.3 m boven GHW, 330 palen per 100 m dam en een dambreedte van 0.30 m) zouden de aanlegkosten neerkomen op ongeveer 3 000 euro per dam. De aanleg van de dwarsdammetjes over een afstand van 1 400 m en een onderlinge afstand van 100 m zou dan een investering van 45 000 euro vragen. Daarboven op komen onderhoudskosten. Een rijshoutdam vergt namelijk jaarlijks onderhoud. Per dam moet gerekend worden op een bedrag van ongeveer 1 200 euro; voor 15 dammetjes dus 18 000 euro per jaar (alle bedragen op basis van prijspeil 2011 en inclusief btw).

Voor dit stuk kwelder is ons advies neutraal ten aanzien van de twee opties niet ingrijpen *versus* de aanleg van dwarsdammetjes.

b) *Zuidwest hoek (Particuliere kwelder; raainummer 23 – 63)*

In de periode 1981 – 2009 heeft hier aangroei plaatsgevonden. In het jongste *Quality Status Report* van de Waddenzee (Esselink *et al.* 2009) wordt aanbevolen om de kwelderrand van kwelders met een natuurlijke aangroei niet te verstoren door een inrichtingsmaatregel. Het advies voor dit stuk kwelder is dan ook om een bewuste keuze te maken om hier geen maatregelen te treffen om de aangroei verder te stimuleren.

c) *Zuidkust I (Particuliere – en SGL kwelder tot Nieuwe Buitengeul; raainummer 64 – 141)*

De kwelder bereikt hier de grootste breedte (Fig. 4.6). In de periode 1981 – 2009 is de kwelderrand door erosie tot maximaal 70 m dijkwaarts opgeschoven. (Fig. 4.7). Van één plek is ook de totale afslag bekend tussen ongeveer het moment van stopzetting van de landaanwinning en 2009 ( $\geq 80$  m; § 4.1). Dit is minder dan een half bezinkveld van  $200 \times 200$  m. De hoogte van het

aangrenzende wad heeft over de periode 1985 – 2008 een lichte daling laten zien. De kwelderrand ligt overwegend op het noorden. Door verhoogde waterstanden bij harde noordelijke wind en een grote strijklengte staat de kwelderrand bloot aan een hoge golfenergie. Daarom zal de afslag hier voortduren, ook al is de snelheid van afslag in de laatste deelperiodes afgenomen (Tabel 4.3).

De afslag kan benut worden om op deze manier ruimte te scheppen om het proces van kweldervorming op termijn opnieuw te laten beginnen om zo weer jonge kwelder te ontwikkelen (§ 5.2). De mogelijkheid om dit te doen is, aansluitend op de historische ontwikkeling van de kwelders opnieuw bezinkvelden aan te leggen (maatregel 7). Kwelders zijn normaal gesproken een grootschalig landschap. Het advies is dan ook niet eerder tot een dergelijke maatregel over te gaan, dan het moment waarop ten opzichte van de situatie in 1955 de totale afslag de breedte van een heel bezinkveld (200 m) heeft bereikt. Deze situatie zal de komende 20 jaar nog niet worden bereikt.

Waar de afslag als probleem wordt ervaren, kan de ontwikkeling van rietvelden op de kwelderrand worden bevorderd door het uit beweiding nemen van de kwelderrand (maatregel 8).

d) *Zuidkust II (SGL kwelder Nw Buitengeul tot Nieuwe Statenzijl; raainummer 142 – 177)*

In de periode 1981 – 2009 is de afslag hier ongeveer even hoog geweest als bij het hiervoor besproken stuk kwelder (Fig. 4.6). De situatie verschilt met name op één punt, namelijk dat de Buiten Aa tot vlak onder de kwelderrand voorlangs de kwelder stroomt. De helling van het wad vóór de kwelder loopt op een aantal stukken sterk af de geul in (Fig. 3.14). Plaatselijk vindt ondermijning van de kwelderrand plaats. De hoogste afslag had plaats waar een buitenbocht van de Buiten Aa zich opdroeg in de richting van de kwelder, vlak ten oosten van de monding van Nieuwe Buitengeul (vgl. Fig. 4.6).

Of in het verleden is ingegrepen in de loop van de Buiten Aa, is niet bekend. In elk geval zijn hier geen sporen meer van aanwezig in het veld. Conform de bezwaren in het tekstkader is het advies om niet in te grijpen in de dynamiek van de Buiten Aa. Verder geldt ook hier het advies om pas tot een maatregel over te gaan wanneer er voldoende ruimte is ontstaan om het proces van kweldervorming opnieuw te laten beginnen. Om rekening te houden met de steilere helling van het voorliggende wad zal een bezinkveld kleinere afmetingen moeten hebben. Daarom kan eerder met de aanleg van een bezinkveld begonnen worden, bijv. wanneer er in totaal ten minste 150 m is verdwenen. Deze afstand wordt de komende 20 jaar nog niet bereikt.

e) *Oost van Westerwoldsche Aa (onbeweide kwelder tot aan Duitse grens (raainummer 178 – 190)).*

Over de periode 1981 – 2009 is dit stukje kwelder door afslag in oppervlakte afgenomen van 25 naar 22 ha (12% verlies). In meters uitgedrukt bedroeg de maximale afslag hier 55 m (Fig. 4.7). De kwelderrand ligt hier naar het NW. Bij harde noordwesten wind zijn er altijd verhoogde waterstanden en door de lange strijklengte is de golfwerking op de kwelderrand in de Dollard nergens zo hoog als hier. Het aanwezige Riet geeft wel enige bescherming en vertraagt de afslag, maar de golfwerking is te hoog om afslag te voorkomen. Zonder ingrijpen zal het proces van afslag hier dan ook verder gaan. Tussen 1981 en 1994 zijn twee rietvelden die als eilandjes voor de kwelderrand lagen verdwenen. Het noordelijke deel van de kwelder is nu een eiland doordat een geul vanuit de monding van de Westerwoldsche Aa aansluiting heeft gevonden op de grenssloot. Water kan zodoende ‘rondstromen’, waardoor geul en grenssloot zich zullen verbreden. Naar verwachting zal hierdoor het noordelijke deel in de toekomst versneld in omvang afnemen.

De voortgaande afslag heeft tot gevolg dat (1) de bescherming van de Duitse kwelder verloren gaat en de laatstgenoemde kwelder hier ook zal gaan afslaan, (2) de handhaving van de

vogelwaarneemhut 'De Kiekkaste' op zijn huidige locatie ter discussie komt te staan, en (3) de functie van dit stuk kwelder als broedgebied voor de Bruine kiekendief achteruit zal gaan. De Dollard is mede op grond van het voorkomen van de Bruine kiekendief als broedvogel aangewezen voor de EU-habitatrichtlijn. Voor deze functie geldt een behouddoelstelling. De onbeweide rietkwelder vervult hierbij een belangrijke rol.

Naar onze inschatting is de afslag met inzet van zachte maatregelen te stoppen. Het aanbrenge van een voorlangse vooroeververdediging met rijshoutdammen en eventuele afdamming van de geul waar deze in contact staat met de grenssloot lijken voor de hand liggende maatregelen. Uitgaande van een totale damlengte van maximaal 1000 m tot aan de landsgrens, kunnen de aanlegkosten worden geschat op 75 000 euro (zie voor toelichting deelgebied (a)). Na aanleg komen daar de jaarlijkse onderhoudskosten bij van naar schatting 24 000 euro.

Het advies is echter om eerst met de Duitse burens tot een gemeenschappelijke visie te komen voor het hele stuk kwelder oostelijk van de Westerwoldsche Aa alvorens eventuele maatregelen in studie te nemen. Een eventuele ingreep om de kwelder oost van de Westerwolsche Aa te behouden is het meest effectief en kan landschappelijk het beste worden ingepast bij een gemeenschappelijke aanpak aan beide zijden van de grens.



## 7 Aanbevelingen

---

### *Kaderrichtlijn Water maatlat*

De totale omvang van de Dollard, *i.e.* het Nederlandse en Duitse deel samen, bedraagt ongeveer 10 000 ha; in 2009 was het aandeel van de kwelders *ca.* 10% (1013 ha waarvan 249 ha in Duitsland (Tabel 4.1 en 4.2). Dit is nagenoeg gelijk aan de door Dijkema *et al.* (2005) voorgestelde potentiële referentiewaarde voor de Dollard. Het Goede Ecologische Potentieel (GEP) voor de omvang Nederlandse kwelders is vastgesteld op 700 ha. De vraag die nog niet beantwoord is, is of deze ondergrens in gevaar komt bij de aanbeveling om in de deelgebieden waar de omvang van de kwelder het grootst is, de afslag voorlopig ongemoeid te laten (deelgebieden (c) en (d) of Zuidkust I & II; zie hdst. 6). Wanneer in deze deelgebieden nog een keer 100 – 150 meter kwelder zou verdwijnen, is dit een verlies van 60 – 90 ha. Daarmee zou de omvang van de Nederlandse kwelders in de Dollard uitkomen op tussen de 650 en 700 ha. Om niet door de ondergrens van 700 ha heen te zakken, is dus elders in de Dollard een extra buffer vereist. Deze buffer kan op termijn eenvoudig worden ontwikkeld door langs de westkust kweldervorming te stimuleren door de gesuggereerde aanleg van dammetjes dwars op de kwelderrand.

Een eventuele passieve benadering van de KRW-doelen door “uitwisseling” van arealen tussen waterlichamen, bijvoorbeeld tussen de Dollard en de oostelijke Waddenzee, of door samenvoeging van waterlichamen wordt door Dijkema *et al.* (2005) als ongewenst betiteld. Deze auteurs wijzen hierbij op de specifieke verschillen in geomorfologie, bodemsamenstelling en vegetatie. Voor de Dollardkwelders kan de broedvogelbevolking aan dit rijtje worden toegevoegd (Mandema *et al.* in prep.). Uniek voor de Dollard is dat het een brak getijdengebied is en de kwelders zich langs een estuariene saliniteitsgradiënt uitstrekken van het oligohalien (=bijna zoet) in het ZO tot in het mesohalien (= zoutgehalte op *ca.* 60% van normaal zeewater) in het westen (Esselink 2000a). Aanbevolen wordt om binnen het kader van de KRW de Dollard als apart waterlichaam binnen het stroomgebied van de Eems te blijven benaderen en samenvoeging met de Waddenzee uit te sluiten.

In de periode 1981 – 2009 is de snelheid waarmee de Nederlandse Dollardkwelders eroderen afgenomen van 1.4 ha per jaar in 1981 – 1994 tot minder dan 0.3 ha per jaar tussen 1994 en 2009. De totale omvang van de kwelders bedroeg per 2009 nog 764 ha (inclusief de Punt van Reide met 50 ha; § 5.3). Deze cijfers geven aan dat er voorlopig geen directe aanleiding is om vanuit de de KRW-maatlat ‘kwelderareaal’ over te gaan tot het nemen van maatregelen om kwelderafslag tegen te gaan. Vanuit andere overwegingen kan het op beperkte schaal tegengaan van erosie wel in overweging worden genomen (hdst. 6).

### *Onderzoek en monitoring*

Na 1983 of 1985 is een verandering opgetreden in het sedimentaire gedrag van de Dollard (§ 3.6). Deze verandering is nog onvoldoende begrepen. Hoogstwaarschijnlijk is er voor de natte Dollard een relatie tussen plaathoogte en de gemiddeld hoogwaters. Mogelijk is er ook een relatie tussen sedimentatiepatronen en baggerverspreiding in de Monding van de Dollard.

Voor onderzoek naar de morfologische veranderingen in de Dollard hebben de lodingskaarten van Rijkswaterstaat een laag oplossend vermogen in de tijd. Tegelijkertijd bestaat er steeds enige onzekerheid over de betrouwbaarheid of reproduceerbaarheid van de metingen (zie o.a. Cleveringa 2008). Aanbevolen wordt om in aanvulling op de lodingskaarten en het AHN, tot jaarlijkse monitoring van de hoogteligging in een aantal gebieden te komen. Hiervoor zijn verschillende type metingen mogelijk. In een gebied als de Dollard zou gekozen kunnen worden om met name de plaathoogte op een aantal vaste raaien parallel aan - of dwars op de kwelderrand op te nemen. Deze

metingen geven (a) een controlemogelijkheid voor de gebiedsdekkende laser-altimetrie metingen die minder frequent worden uitgevoerd (b) kunnen worden benut als ‘vinger aan de pols’ en (c) leveren data voor het hierboven genoemde onderzoek.

Bij de evaluatie van de mogelijke maatregelen om de afslag van de kwelders tegen te gaan is een tijdshorizon van ongeveer 20 jaar gehanteerd. Daarbij is aangenomen dat de gemiddelde jaarlijkse afslag van de kwelder in de periode 1981–2009 onveranderd blijft. Als gevolg van veranderde omstandigheden hoeft dit natuurlijk niet het geval te zijn. Aanbevolen wordt om parallel met de 6-jaarlijkse evaluatiecyclus van het KRW- en *Natura2000* beheerplan de ontwikkeling van de kwelderrand te monitoren en te analyseren. De Rijkswaterstaat is ondertussen voor de vegetatiekaarten overgegaan op een zesjaarlijkse opnamecyclus. Bij onverwachte ontwikkelingen ontstaat zo de mogelijkheid om naar bevinding te reageren.

### *Maatregelen en Beheer*

Een geleidelijk hoogtegradiënt tussen kwelder en aangrenzende wadplaten kan alleen worden behouden als na aangroei, er ook weer afslag van de kwelder plaatsvindt. Van nature is een kwelderrand nooit stabiel, maar veranderlijk. Door afslag ontstaat ruimte om kweldervorming opnieuw mogelijk te maken. In dit licht kan afslag ook positief worden beoordeeld (hdst. 6). Beheersvergoedingen in de huidige regelingen worden toegekend op basis van begroeide oppervlaktes. Om het draagvlak voor ‘dynamisch handhaven’ te vergroten, verdient het aanbeveling om tot een administratieve begrenzing van de kwelder te komen.

In hoofdstuk 6 zijn voor een aantal deelgebieden aanbevelingen gedaan ten aanzien van eventueel te nemen maatregelen en het beheer. Voor de volledigheid worden deze hieronder samengevat:

- a) *Zuidwest hoek*. Aanbevolen wordt de huidige natuurlijke aangroei niet te verstoren.
- b) *Zuidkust I & II*. Aanbevolen wordt om het proces van afslag hier ongestoord te laten verlopen tot dat de kweldergrens over ten minste de breedte van één bezinkveld van 200 m is teruggeslagen ten opzichte van ligging op het moment dat de landaanwinning werd gestaakt in 1954. Van slechts één punt is de kwelderbreedte van toen bekend, namelijk op de grens van de voormalige gemeentes Finsterwolde en Beerta (§ 4.1). Per 2009 (na 55 jaar) was hier 80 meter kwelder verdwenen. Waar de afslag toch als probleem wordt ervaren, kan de ontwikkeling van rietvelden op de kwelderrand worden bevorderd door de kwelderrand uit te sluiten voor beweiding.
- c) *Oost van Westerwolsche Aa*. Aanbevolen wordt om in overleg met de Duitse burens tot een gemeenschappelijk visie en doelstelling te komen voor de kwelder oostelijk van de Westerwolsche Aa. Een eventuele ingreep om de kwelder oost van de Westerwolsche Aa te behouden is het meest effectief en kan landschappelijk het beste worden ingepast bij een gemeenschappelijke aanpak aan beide zijden van de grens.
- d) *Westkust*. Voor de westkust van de Dollard wordt de mogelijkheid geopperd om de aangroei van de kwelder te stimuleren door de aanleg van dwarsdammetjes loodrecht op de kwelderrand. Er is vooralsnog geen dringende reden om hiertoe over te gaan. Het advies in dit rapport voor dit stuk kwelder is neutraal ten aanzien van de twee opties niet ingrijpen *versus* de aanleg van dwarsdammetjes.

### *Dijkverzwaring*

In de jaren 1984–1986 is door het op deltahoogte brengen van de zeedijk in de zuidelijke Dollard 46 ha kwelder verdwenen (§ 4.1; Tabel 4.2). Uitgaande van een vergelijkbaar verlies bij een eventueel volgende dijkverzwaring en met het oog op het geringe verschil tussen het huidige kwelderareaal en het GEP wordt aanbevolen om bij een eventuele volgende dijkverzwaring te kiezen voor landwaartse uitbouw van het dijklichaam.



## 8 Literatuur

---

- Adnitt, C., D. Brew, R. Cottle, M. Hardwick, S. John, D. Leggett, S. McNulty, N. Meakins, R. Staniland. 2007. Saltmarsh management manual. *R&D Technical Report SC030220*. Environment Agency, Bristol. 123 pp. <http://www.saltmarshmanagementmanual.co.uk>
- Aerts, B.A., P. Esselink & G.J.F. Helder. 1996. Habitat selection and diet composition of Greylag Geese *Anser anser* and Barnacle Geese *Branta leucopsis* during fall and spring staging in relation to management in the tidal marshes of the Dollard. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 5: 65-75.
- Arens, S.M., A.B. vanden Burg, P. Esselink, A.P. Grootjans, P.D. Jungerius, A.M. Kooijman, C. de Leeuw, M. Löffler, M. Nijssen, A.P. Oost, H.H. van Oosten, P.J. Stuyfzand, C.A.M. van Turnhout, J.J. Vogels & M. Wolters. 2009. Preadvies Duin en Kustlandschap. *rapport DK nr. 2009/dk113-O*. Directie Kennis, Ministerie van LNV, Ede. 171 pp.
- Brahms, A. 1767. *Anfangsgründe der Deich und Wasser Baukunst*. facsimile herdruk (1989). Verlag Schuster, Leer.
- Boon, J., H. Kernkamp, L. Dardengo. 2002. Alternative dumping sites in the Ems-Dollard estuary. Model study. *rapport Z3328.WL-Delft Hydraulics*, Delft.
- Cleveringa, J. 2008. Ontwikkeling sedimentvolume Eems-Dollard en het Groninger wad: Overzicht van de beschikbare kennis en gegevens. *rapport A2269*. Alkyon, Marknesse. 47 pp.
- Coops, H., R. Boeters & H. Smit. 1991. Direct and indirect effects of wave attack on helophytes. *Aquatic Botany* 41: 333-352.
- Dankers, N., M. Binsbergen, K. Zegers, R. Laane & M. van der Loef. 1984. Transportation of water, particulate matter and dissolved organic matter between a salt marsh and the Ems-Dollard Estuary, the Netherlands. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 19: 143-165.
- de Jong, D.J., K.S. Dijkema, J.H. Bossinade, & J.A.M. Jansen. 1998. *SALT97. Een classificatie-programma voor kweldervegetaties*. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, Middelburg.
- de Jonge, V.N. 1983. Relation between annual dredging activities, suspended matter concentrations, and the development of the tidal regime in the Ems estuary. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 289-300.
- de Jonge, V.N. & V.S. Brauer. 2006. The Ems estuary, changes in functioning and structure of a system under pressure. Department of Marine Biology, University of Groningen.
- de Smet, L.A.H & A.J. Wiggers. 1960. Einige Bemerkungen über die Herkunft und die Sedimentationsgeschwindigkeit der Dollartablagerungen. *Verh. K. Ned. Geol. Mijnbouwk. Genoot.* 19: 129-133.
- Dijkema, K.S. 1983. The salt marsh vegetation of the mainland coast, estuaries and Halligen. In: K.S. Dijkema & W.J. Wolff (red.). *Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas*. Report 9 of the Wadden Sea Working Group. Balkema, Rotterdam. pp. 185-220.
- Dijkema, K.S. 1987a. Changes in salt marsh area in the Netherlands Wadden Sea after 1600. In: A.H.L. Huiskes, C.W.P.M. Blom & J. Rozema (red.). *Vegetation between land and sea*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. pp. 42-49.
- Dijkema, K.S. 1987b. Geography of salt marshes in Europe. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.* 31: 489-499.

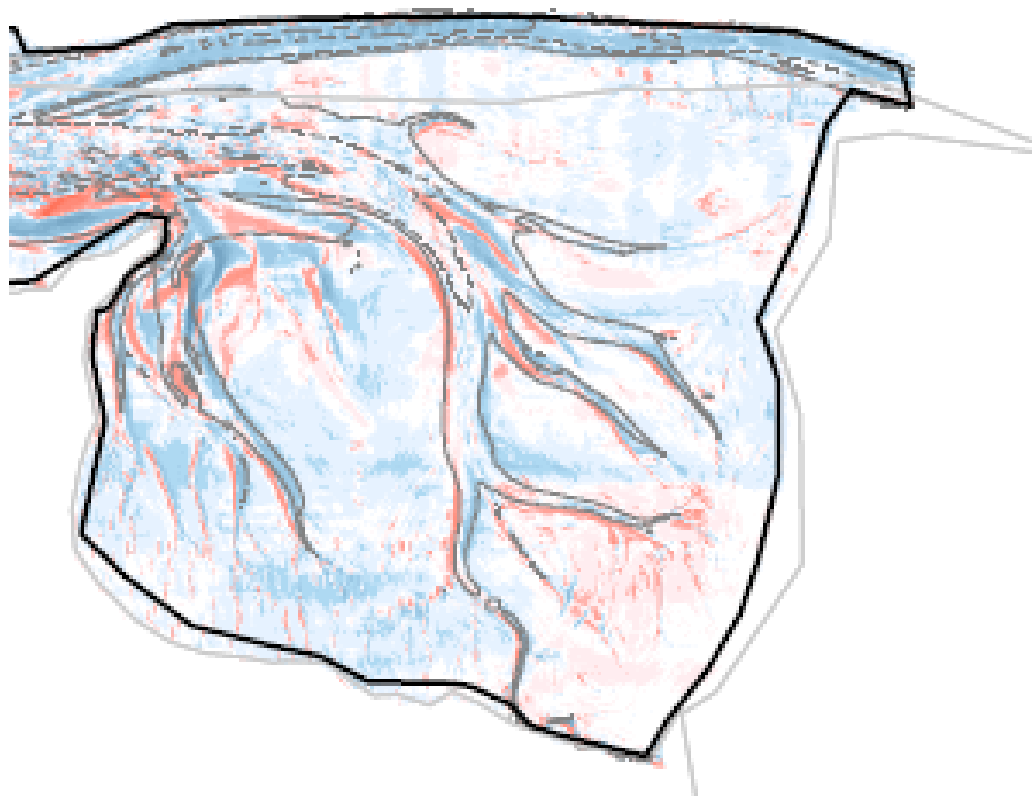
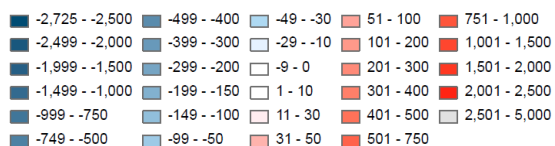
- Dijkema, K.S. (red.), W.G. Beeftink, J.P. Doody, J.M. Gehu, B. Heydemann & S. Rivas Martinez. 1984. Salt marshes in Europe. *Nature and environment series 30*, Council of Europe, Strasbourg. 178 pp.
- Dijkema, K.S., A. Nicolai, J. de Vlas, C.J. Smit, H. Jongerius & H. Nauta. 2001. Van landaanwinning naar kwelderwerken. Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland, Leeuwarden, Alterra, Texel. 68 pp.
- Dijkema, K.S., D.J. de Jong, M.J. Vreeken & W.E. van Duin. 2005. Kwelders en schorren in de Kaderrichtlijn Water. Ontwikkeling van potentiële referenties en potentiële goede ecologische toestanden. *Rapport RIKZ-2005-020*. Rijkswaterstaat RIKZ, Middelburg. 61 pp.
- Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman & P.W. van Leeuwen. 2007. Monitoring van kwelders in de Waddenzee. Rapport in het kader van het WOT programma Informatievoorziening Natuur i.o. (WOT IN). *ALTERRA rapport 1574; IMARES-rapport C104/07; WOT IN serie nr. 5*. 63 pp.
- Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongerius, H. Keegstra, L. van Egmond, H. Venema & J.J. Jongsma. 2010. 50 jaar monitoring en beheer van de Friese en Groninger kwelderwerken 1960-2009. Werkgroep Onderzoek Kwelderwerken (WOK), Jaarverslag voor de Stuurgroep Kwelderwerken augustus 2009-juli 2010. Wageningen IMARES; Rijkswaterstaat. 79 pp. + bijlagen.
- Dilling, D., L. de Haan, R. Helmers, G.P. Können & J. van Malde. 1993. De basispeilen langs de Nederlandse kust; Statistisch onderzoek. *Rapport DGWQ-93.023, dl. 1*. Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren. 132 pp.
- Doody, J.P. 2008. Saltmarsh conservation, management and restoration. Springer. 217 pp.
- Esselink, P. 1998. Van landaanwinning naar natuurbeheer: Recente ontwikkelingen op de Dollardkwelders. In: K. Essink & P. Esselink (red.). Het Eems-Dollard estuarium: interacties tussen menselijke beïnvloeding en natuurlijke dynamiek. *Rapport RIKZ-98-020*. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, Haren. pp. 79-99.
- Esselink, P. 2000a. Nature management of coastal salt marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. *Proefschrift*. Rijksuniversiteit Groningen, Groningen. 256 pp.
- Esselink, P. 2000b. Gravende grazers. Grauwe ganzen ondergraven hun toekomst. In: J.M. Tinbergen, J.P. Bakker, T. Piersma & J.M. van den Broek (red.). *De onvrije natuur. Verkenningen van natuurlijke grenzen*. KNNV uitgeverij, Utrecht. p. 56-62.
- Esselink, P. 2007. Hoogteontwikkeling verwaarloosde landaanwinningskwelder. Opslibbing van de Dollardkwelders in de periode 1991 – 2003 met een vergelijking over de periode 1984 – 1991. *Rapport 2007-009*, Koeman en Bijkerk bv, Haren. 36 pp.
- Esselink, P., G.J.F. Helder, B.A. Aerts, & K. Gerdes. 1997. The impact of grubbing by Greylag Geese (Anser anser) on the vegetation dynamics of a tidal marsh. *Aquatic Botany* 55: 261-279.
- Esselink, P., W. Zijlstra, K.S. Dijkema & R. van Diggelen. 2000. The effects of decreased management on plant-species distribution patterns in a salt marsh nature reserve in the Wadden Sea. *Biological Conservation* 93: 61-76.
- Esselink, P., C. de Leeuw, J. Graveland & G.J. Berg. 2003. Ecologische Evaluatie Programma Herstel en Inrichting zoute wateren 1990-1999. *Rapport RIKZ/2003.028*. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, Middelburg. 49 pp + app.
- Esselink, P., J. Petersen, S. Arens, J.P. Bakker, J. Bunje, K.S. Dijkema, N. Hecker, U. Hellwig, A.-V. Jensen, A.S. Kers, P. Körber, E.J. Lammerts, M. Stock, R.M. Veeneklaas, M. Vreeken & M. Wolters 2009. Salt marshes. Thematic report no. 6. In: H. Marencic & J. de Vlas (red.). Quality Status Report 2009. *Wadden*

- Sea Ecosystem No. 25*. Common Wadden Sea Secretariat - Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven. 42 pp.
- Eysink, W.D., R.J. Fokkink, Z.B. Wang, M. Buijsman & M.J.F. Stive. 1998. Effecten van bodemdaling door gaswinning in en rond de Waddenzee. *rapport H 3099.00*, WL/Delft Hydrolics. 72 pp. (NAM, Assen, annex bij Oost *et al.* 1998).
- Groenendijk, H. & R. Bärenfänger. 2008. *Gelaagd Landschap. Veenkolonisten en kleiboeren in het Dollardgebied. Archeologie in Groningen, dl. 5*. Profiel Uitgeverij, Bedum. 96 pp.
- Habermann, C. 2003. Morphologischer Nachlauf nach Baggermaßnahmen in Tideästuaren. *Diplom Arbeit*. Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft Fachgebiet Wasserbau Technische Universität Darmstadt.
- Herrling, G. & H.D. Niemeyer. 2008: Reconstruction of the historical tidal regime of the Ems-Dollard estuary prior to significant human changes by applying mathematical modeling. Report Harbasins. 30 pp.
- Jakobson, B. 1954. The tidal area in South-Western Jutland and the process of the salt marsh formation. *Geografisk Tidsskrift* 53: 49-61.
- Janssen-Stelder, B.M. 2000. A system analysis of salt marsh development along the mainland coast of the Dutch Wadden Sea. *Proefschrift*. Universiteit Utrecht, Utrecht. 127 pp.
- Jensen, J., C. Mudersbach, *et al.* 2003. Hydrological changes in tidal estuaries due to natural and anthropogenic effects. In: *Proceedings 6th International MEDCOAST 2003 Conference*, Ravenna.
- König, D. 1948. *Spartina townsendii* an der Westküste von Schleswig-Holstein. *Planta* 36: 34-70.
- Mandema, F.S., J.M. Tinbergen, B.J. Ens, K. Koffijberg, K.S. Dijkema & J.P. Bakker. Grazing, vegetation and breeding bird numbers on salt marshes of the Wadden Sea mainland coast. *manuscript in voorbereiding*.
- Möller, I., J. Mantilla-Contreras, T. Spencer, A. Hayes. 2011. Micro-tidal coastal reed beds: Hydro-morphological insights and observations on wave transformation from the southern Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (in druk) <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2011.01.016>.
- Mulder, H.P.J. & B. Mijwaard. 1997: Een methode om een twee-dimensionale sedimentbalans te maken, gebaseerd op meetgegevens, met gebruikmaking van een GIS en toegepast op de Eems-Dollard voor de periode 1985-1990. *Werkdocument RIKZ/OS-97.609x*. RIKZ, Haren.
- NAM. 2010. Bodemdaling door aardgaswinning. NAM-gasvelden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe. Statusrapport 2010 en prognose tot het jaar 2070. NAM B.V., Assen. 43 pp.
- Niemeyer, H. D. & R. Kaiser. 2002. Evaluation of Design Water Levels and Design Wave Run-up for an Estuarine Coastal Protection Master Plan. *Conference Proceedings Coastal Engineering 2002*.
- Oost, A.P., P. Kabat, A. Wiersma & J. Hofstede, 2009. Climate. Thematic Report No. 4.1. In: H. Marencic & J. de Vlas (red). 2009. Quality Status Report 2009. *Wadden Sea Ecosystem no. 25*. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven. 16 pp.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff. 1998. *De Vegetatie van Nederland. Dl 4: Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus*. Opulus Press, Uppsala. 346 pp.
- Schuchardt, B. M. Schirmer & B. Jathe. 1993: Vergleichende Bewertung oder ökologische Situation der norddeutschen tidebeeinflussten Flußunterläufe. *Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege* 48: 137-152.
- Schuttelaars, H.M., V.N. de Jonge & A. Chernetsky. 2011. Influence of the length of an estuary on tidal motion and sediment trapping. *rapport*. Delft Institute of Applied Mathematics, Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, TU Delft, Delft. 28 pp.

- Steen, D. 2003. Planungen und Eingriffen im Dollarraum nach 1945. Zwischen Weser und Ems *Heft 37*. WSD, Aurich.
- Storm, K. 1999. Slinkend onland. Over de omvang van Zeeuwse schorren, ontwikkelingen, oorzaken en mogelijke beheersmaatregelen. *Nota AX-99.007*. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, Middelburg. 68 pp.
- Stratingh, G. A. & C. A. Venema. 1855. *De Dollard of geschied-, aardrijks- en natuurkundige beschrijving van dezen boezem der Eems*. facsimile herdruk (1979), Vereniging tot Behoud van de Waddenzee, Harlingen. 333 pp.
- Talke, S.A. & H.E de Swart. 2006. Hydrodynamics and Morphology in the Eems estuary. Review of Models, Measurements, Scientific Literature, and the Affects of Changing Conditions. Concept Report. University of Utrecht. Institute for Marine and Atmospheric Research Utrecht.
- Uliczka, I., C. Maerker & H. Weilbeer. 2009: Zur Berücksichtigung des Bagger- und Umlagergeschehens in Ästuarmodellen, Vortrag Hamburg.
- van de Koppel, J., 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: E1-E12.
- van de Rijjt, C.W.C.J. & P. Esselink 2006. Toepassing van het vegetatiemodel EMOE voor de introductie van een gedempt getij in de Lauwersmeer. *rapport 2006-102*, Hansson Ecodata, Freiburg / Bureau Koeman en Bijkerk, Haren. 40 pp.
- van Veen, J. 1950. Ebb and flood channel systems in the Netherlands tidal waters. English translation of the original Dutch text with annotations. Originally published in *Journal of the Royal Dutch Geographical Society* 67: 303-325. Delft University Press, Delft.
- van Waarden-Nagel, A.P. 2008. Kwaliteitsdocument laseraltimetrie Projectgebied Eems-Dollard 2008. Deel 2: Resultaten controles Eems-Dollard 2008. RWS-DID, Delft.
- Werkgroep Dollard. 2001. Literatuurstudie over het storten van baggerspecie in de Mond van de Dollard. Nederlands-Duitse Eemscmissie, Rijksinstituut voor Kust en Zee. *werkdokument RIKZ/AB/2001.615X*. RIKZ, Haren. 154 pp.

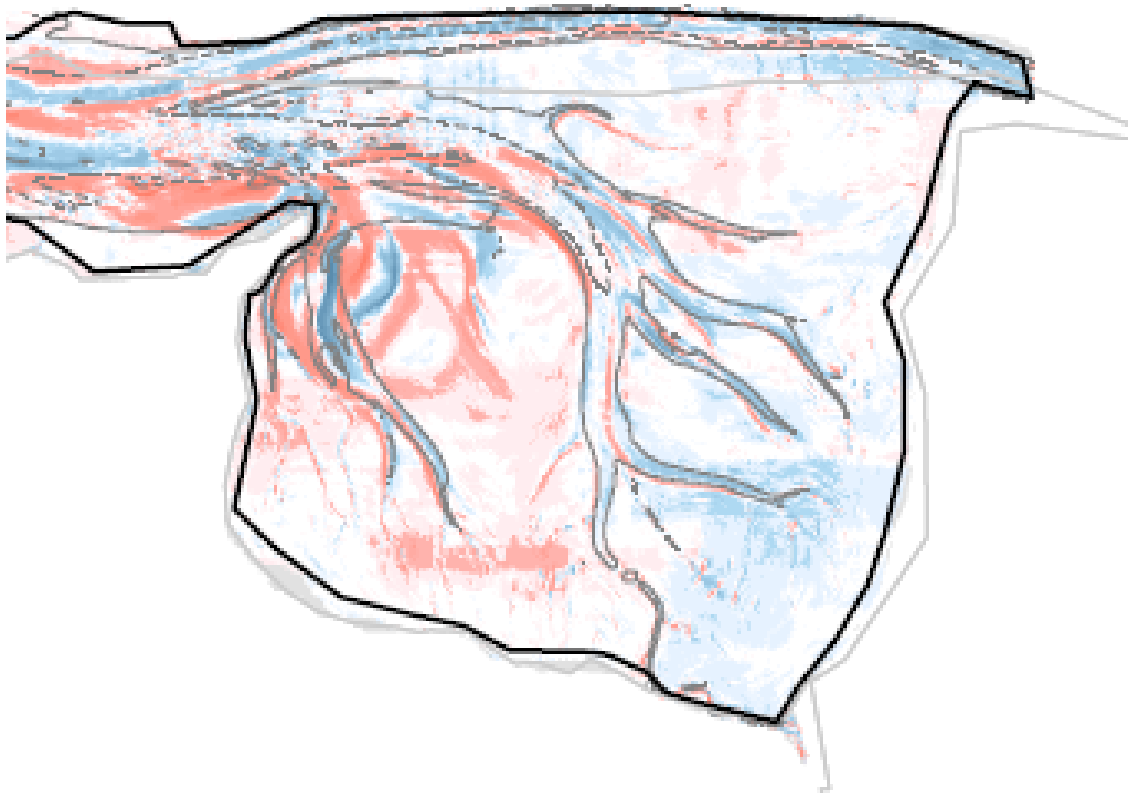
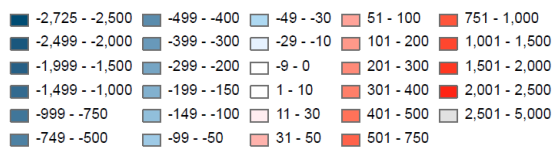
## Bijlage I Verschilkaarten van de hoogte in de Dollard 1985 – 2008

Bijlage B.6: Sedimentatie (rood) & Erosie (blauw)  
Verskil opname 1985 en opnames 1989-1990



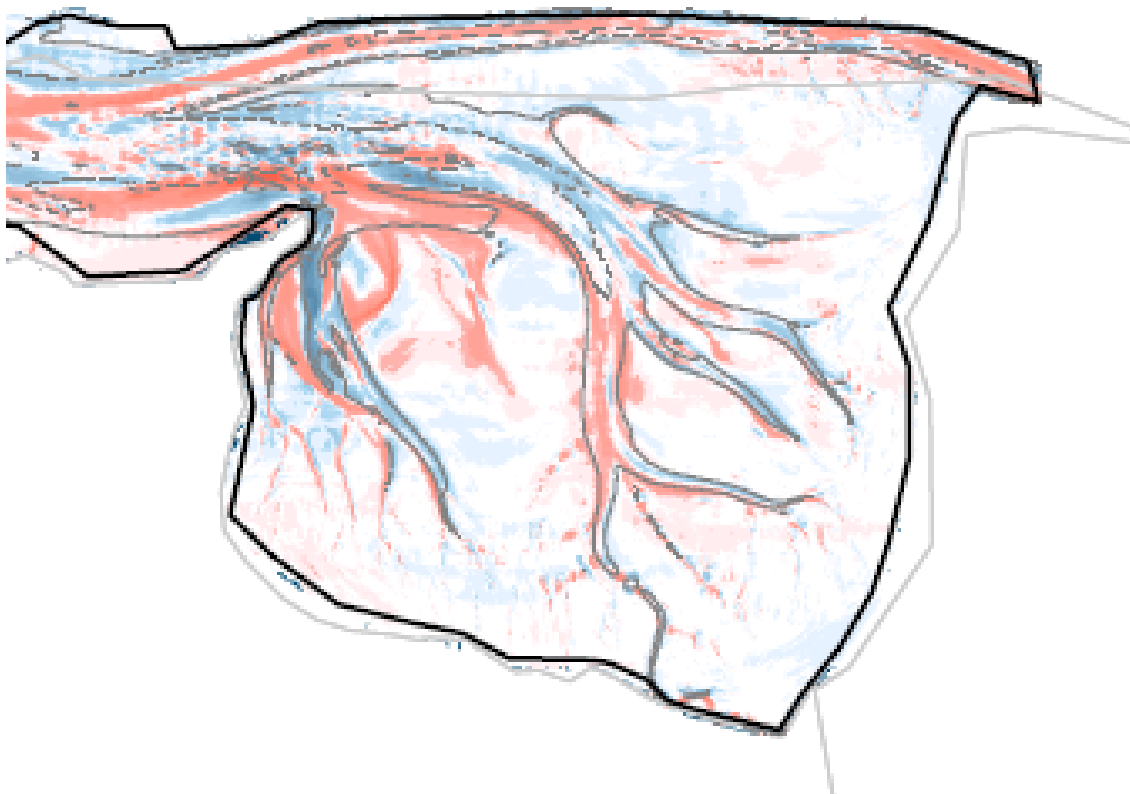
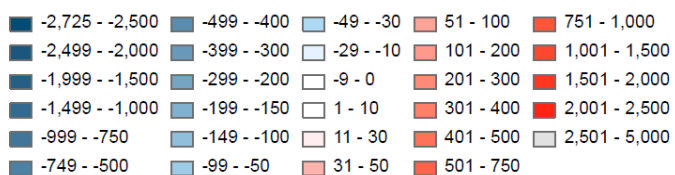
**Figuur I.1** 1985 – 1989/90 Verschilkaart met sedimentatie (rood) en erosie (blauw) (Cleveringa 2008).

Bijlage B.6: Sedimentatie (rood) & Erosie (blauw)  
Verschil opname 1985 en opnames 1989-1990



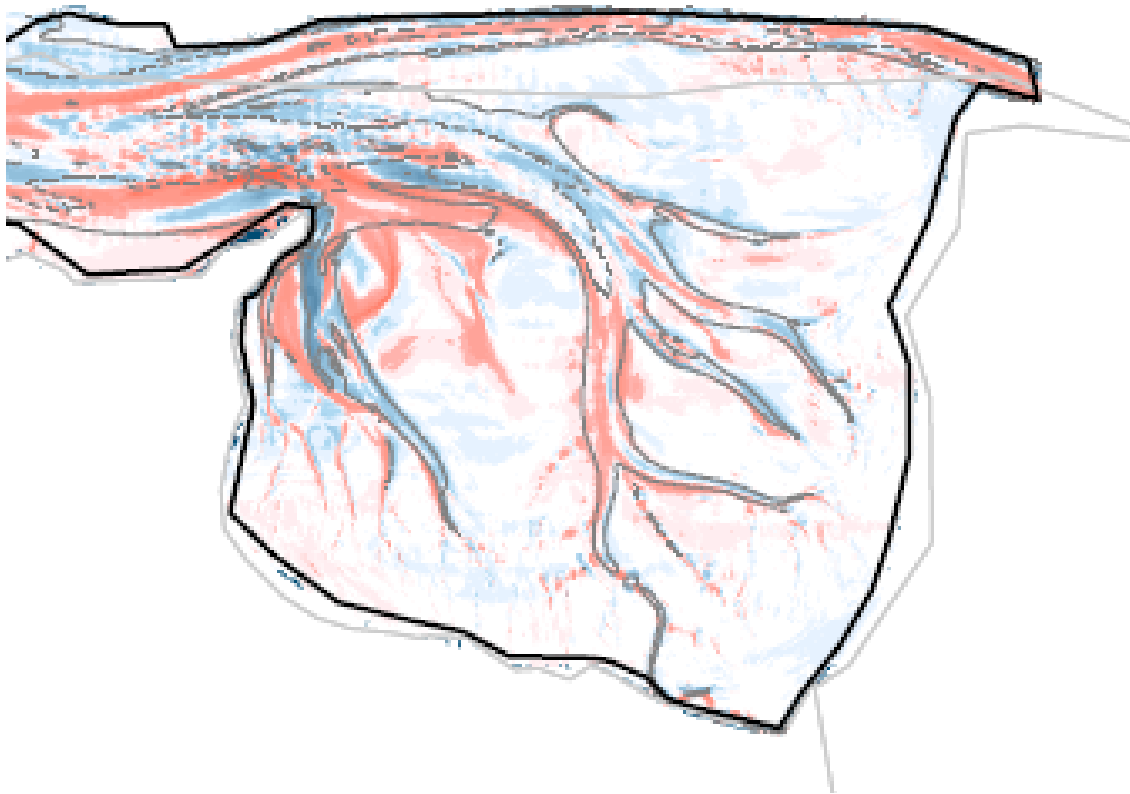
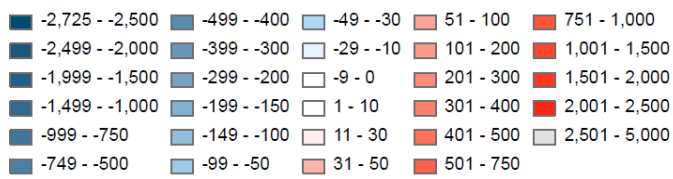
Figuur I.2 1989/90 – 1995 Verschilkaart met sedimentatie (rood) en erosie (blauw) (Cleveringa 2008).

**Bijlage B.8: Sedimentatie (rood) & Erosie (blauw)  
Verschil opnames 1995-1997 en opnames 1999-2001**



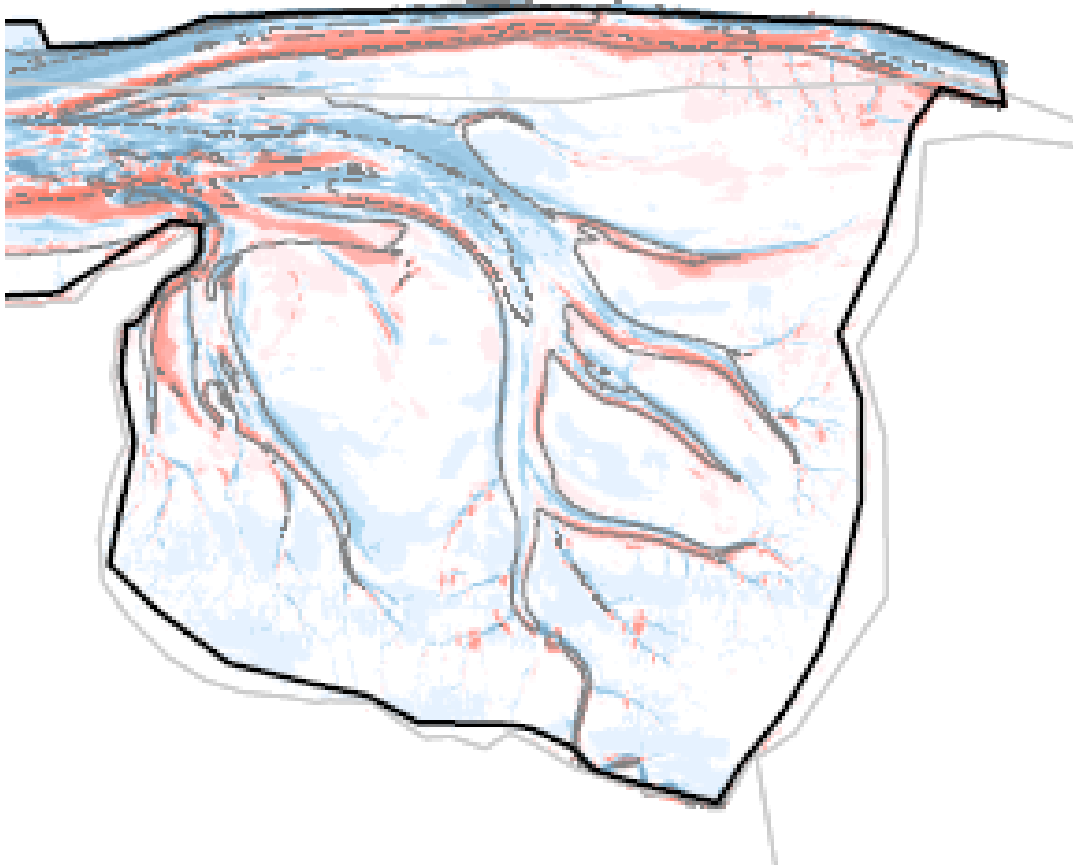
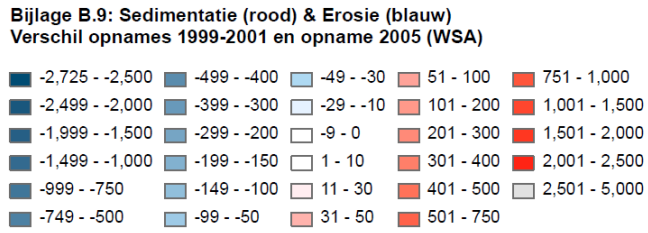
**Figuur I.3** 1995/97 – 1999/2001 Verschilkaart met sedimentatie (rood) en erosie (blauw) (Cleveringa 2008).

**Bijlage B.8: Sedimentatie (rood) & Erosie (blauw)  
Verschil opnames 1995-1997 en opnames 1999-2001**

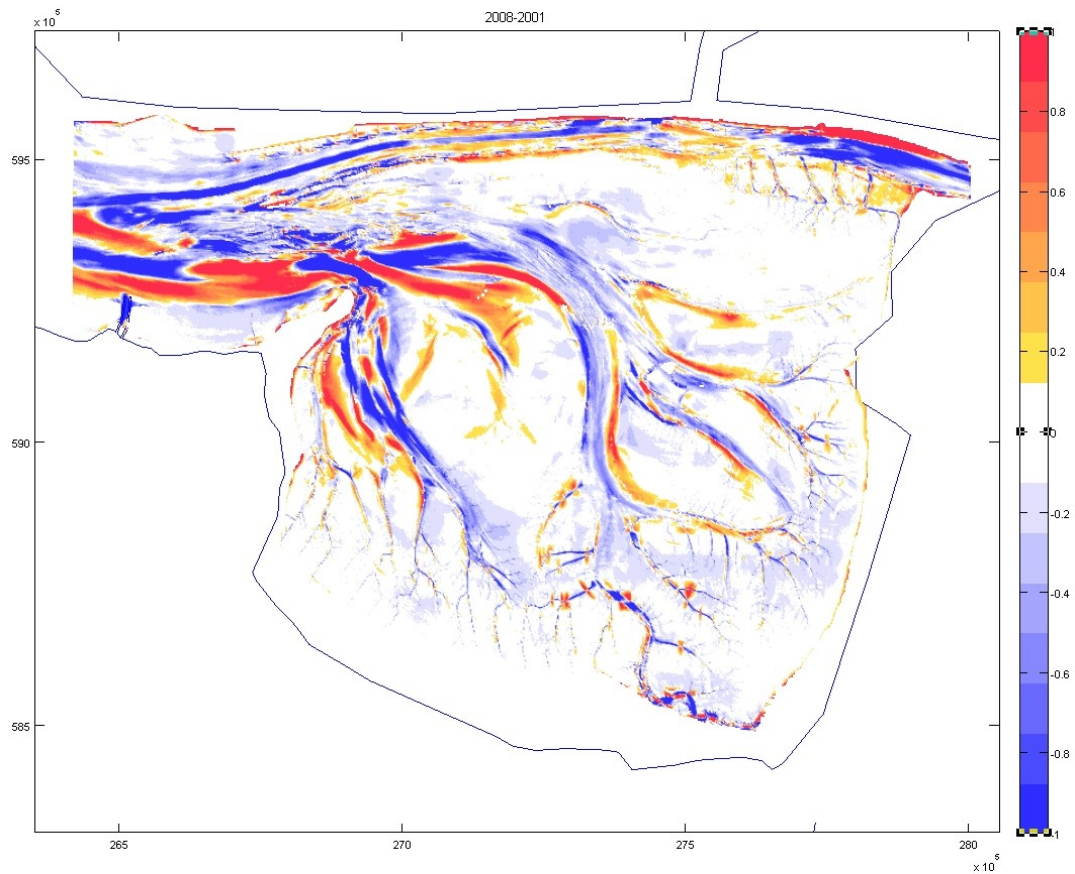


**Figuur I.4** 1995/97 – 1999/2001 Verschilkaart met sedimentatie (rood) en erosie (blauw) (Cleveringa 2008).





**Figuur I.5** 1999/2001 – 2005 Verschilkaart met sedimentatie (rood) en erosie (blauw) (Cleveringa 2008).

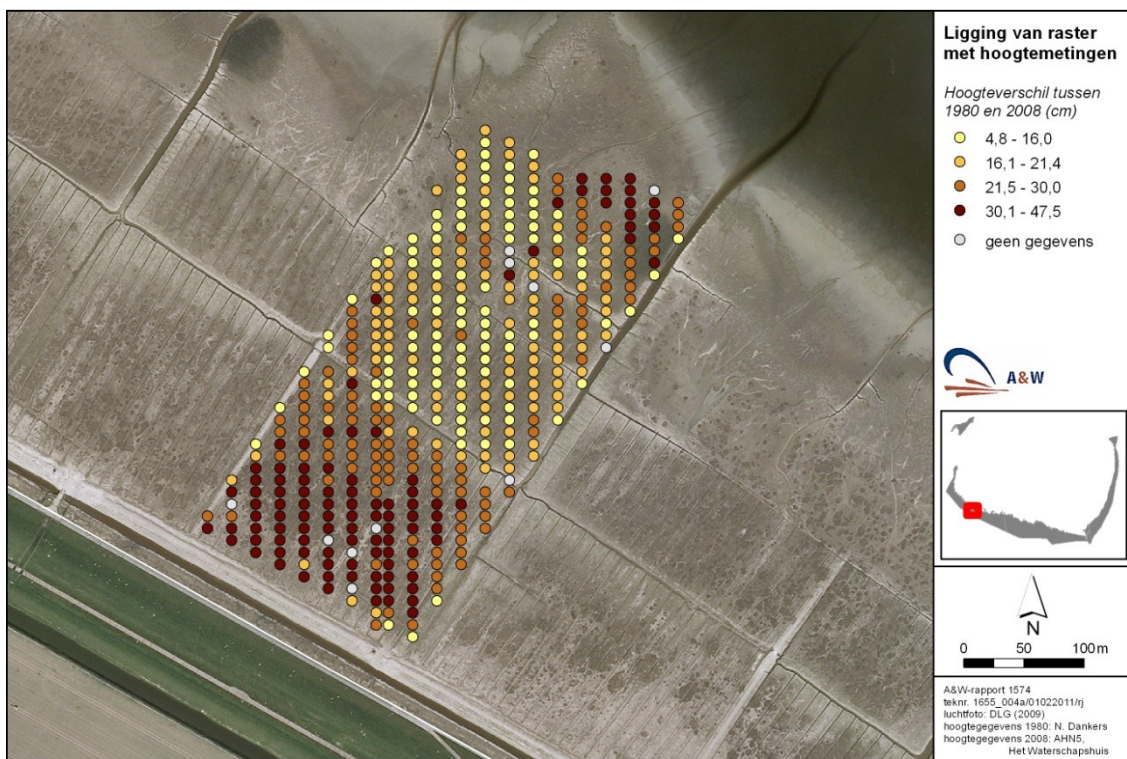


**Figuur I.5** 2008 – 2001 Verschilkaart met sedimentatie (rood) en erosie (blauw) (de Ronde, pers. comm.).

## Literatuur

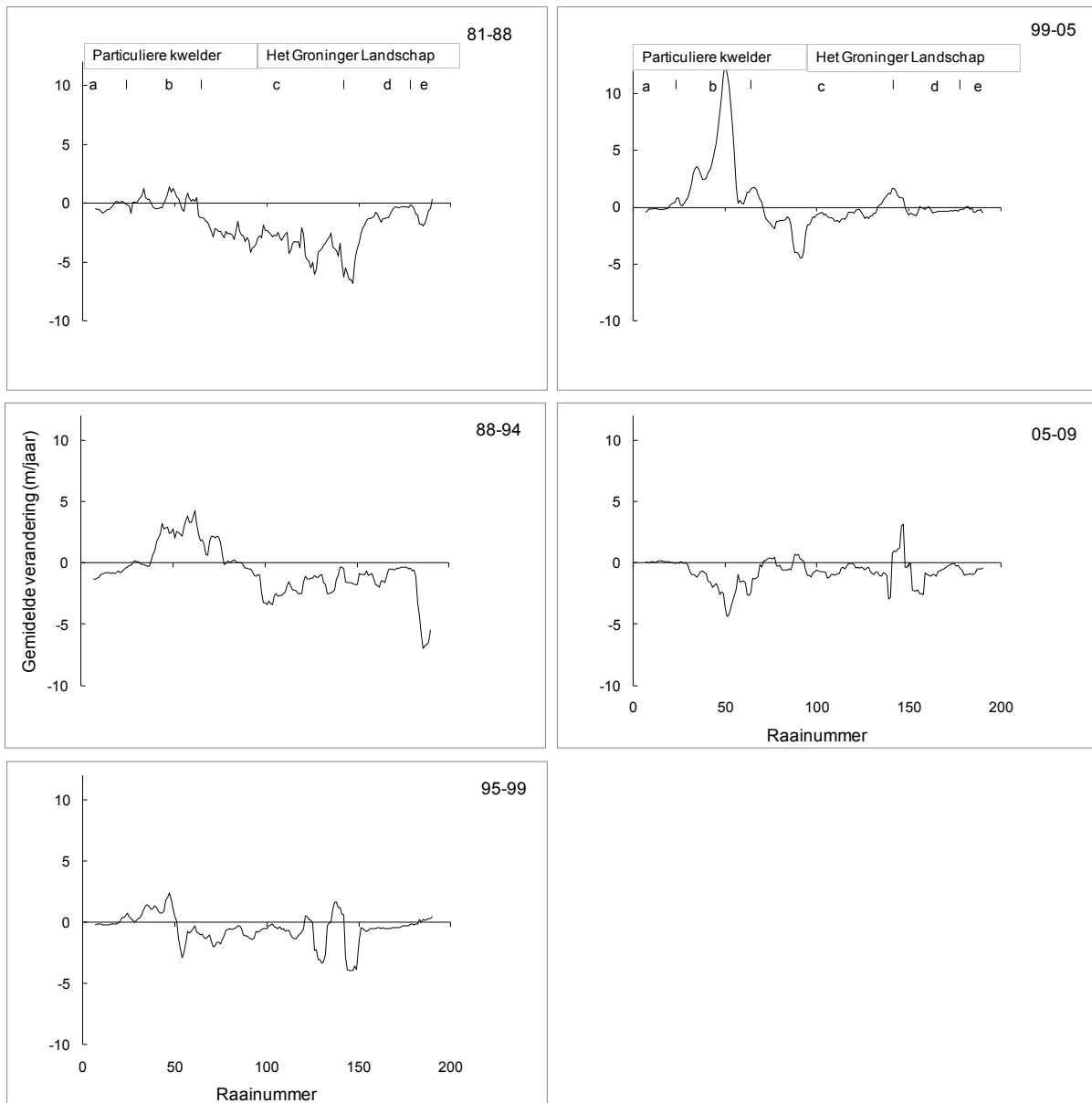
Cleveringa, J. 2008. Ontwikkeling sedimentvolume Eems-Dollard en het Groninger wad; Overzocht van de beschikbare kennis en gegevens. *rapport A2269R1r3*. Alkyon, Marknesse. 47 pp. + App.

## Bijlage II Locaties hoogtemetingen particuliere kwelder

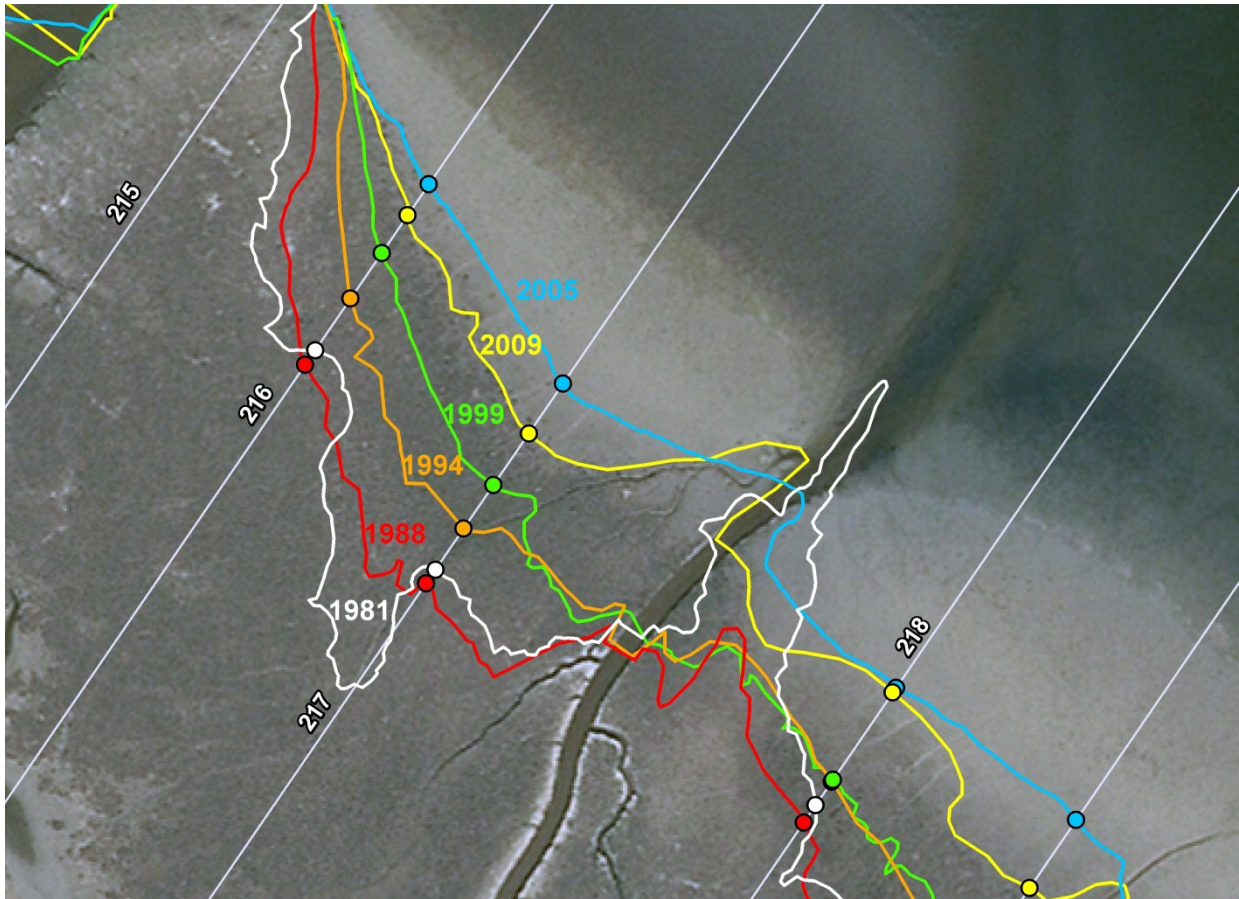


**Figuur II.1** Locaties van hoogtemetingen gedaan in het kader van het onderzoek van Dankers *et al.* (1984) in het particuliere deel van de Dollardkwelders. Door middel van kleuren is het hoogteverschil gegeven met AHN-hoogtemetingen uit 2008. De kwelderrand is sinds 1980 verder naar buiten komen te liggen.

## Bijlage III Verandering in ligging van de kwelderrand per tijdsperiode



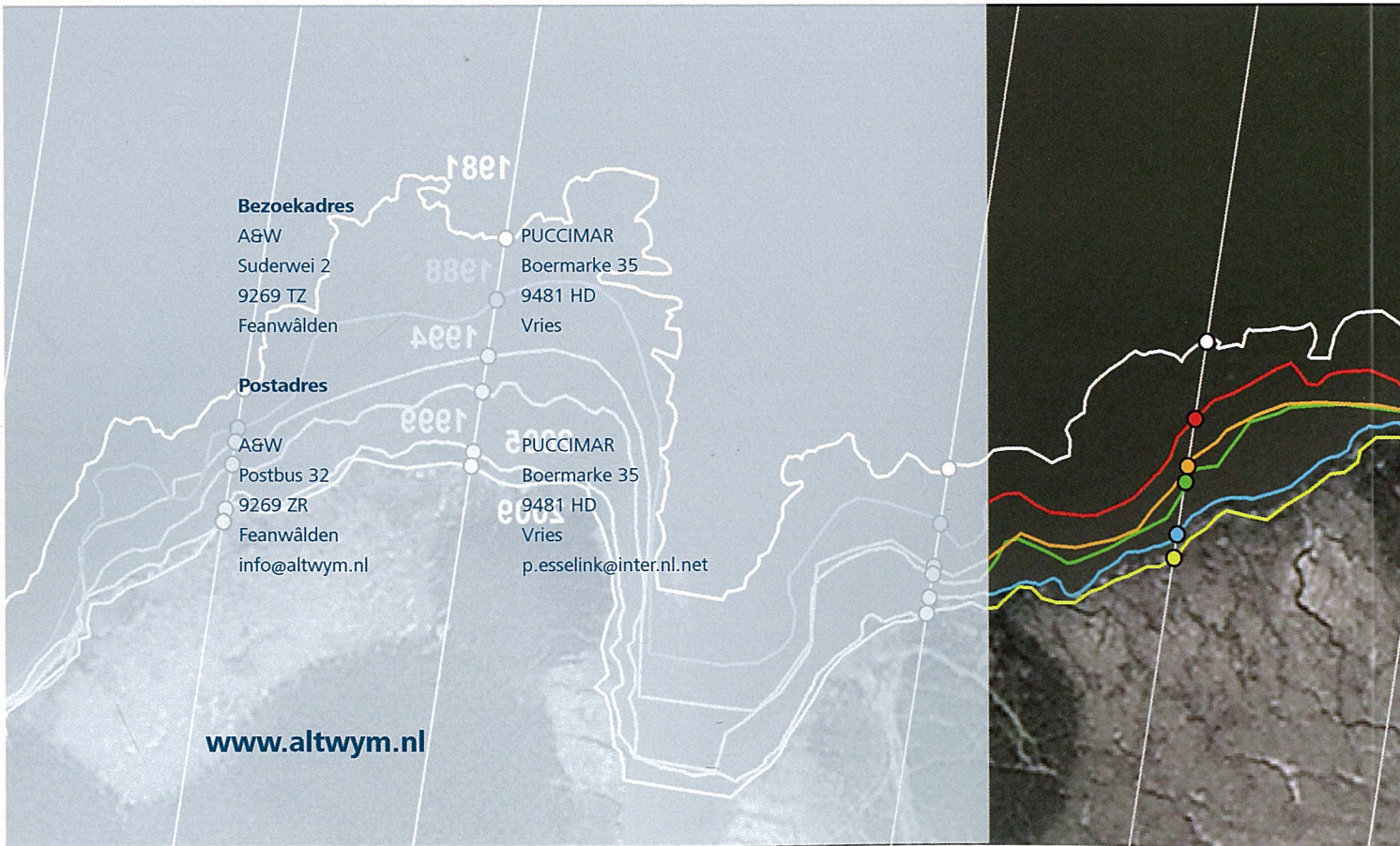
**Figuur III.I** Waargenomen verandering in ligging van de kwelderrand langs 190 raaien loodrecht op de dijk in de periode 1981 – 2009 (zelfde informatie als in Fig. 4.7) uitgesplitst per periode. De grafiek geeft het lopend gemiddelde over zeven naast elkaar gelegen raaien. Tussen raainummers 90 en 100 ligt de grens tussen de particuliere - en de SGL-kwelder.



**Figuur III.2** Voorbeeld van de veranderende ligging van de kwelderrand gedurende de onderzoeksperiode van 1981 t/m 2009. Op deze uitsnede is een stuk particuliere kwelder te zien waar de kwelder zich tussen 1981 en 2005 uitbreidde en vervolgens tussen de twee laatste jaren (2005 en 2009) een klein verlies liet zien. De rechte witte lijnen met nummer zijn de 190 raaien die loodrecht op de dijk lopen en waarlangs de verandering in ligging van de kwelderrand in de tijd is gemeten.







**Bezoekadres**

AGW  
Suderwei 2  
9269 TZ  
Feanwâlden

**Postadres**

AGW  
Postbus 32  
9269 ZR  
Feanwâlden  
info@altwym.nl

PUCCIMAR  
Boermarke 35  
9481 HD  
Vries

PUCCIMAR  
Boermarke 35  
9481 HD  
Vries  
p.esselink@inter.nl.net

[www.altwym.nl](http://www.altwym.nl)