



NATUUR
CENTRUM
AMELAND

Monitoring van inundatie in duinvalleien op Ameland-Oost in 2001-2004

Johan Krol





Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
1. Inleiding	5
1.1. Aanleiding onderzoek	5
1.2. Doel, vraagstelling en aanpak	5
2. Gebiedsbeschrijving	6
2.1. Locatie	6
2.2. Ligging meetpunten	6
2.3. Meetmethode	7
2.4. Koppeling met onderzoek Schouten	8
3. Hoogteligging	10
3.1. Maaiveld	10
3.2. Drempels	12
4. Waterstanden	14
4.1. Vergelijking waterstanden Nes en Wierumergronden met vallei NC02	14
4.2. Overstromingsfrequentie	15
4.3. Overstroming in valleien tijdens meetperiode	16
4.4. Reconstructie overstromingsfrequentie 1987-2003	16
4.5. Tijdsduur van inundatie in valleien	18
5. Waterkwaliteit boven maaiveld	21
5.1. Zoutgehalte	21
5.2. Elektrisch Geleidend Vermogen	22
5.3. Zuurgraad	22
5.4. Temperatuur	23
6. Waterkwaliteit grondwater	24
7. Duindoornsterfte en duindoorngroei	27
8. Conclusies	31
Literatuur	32



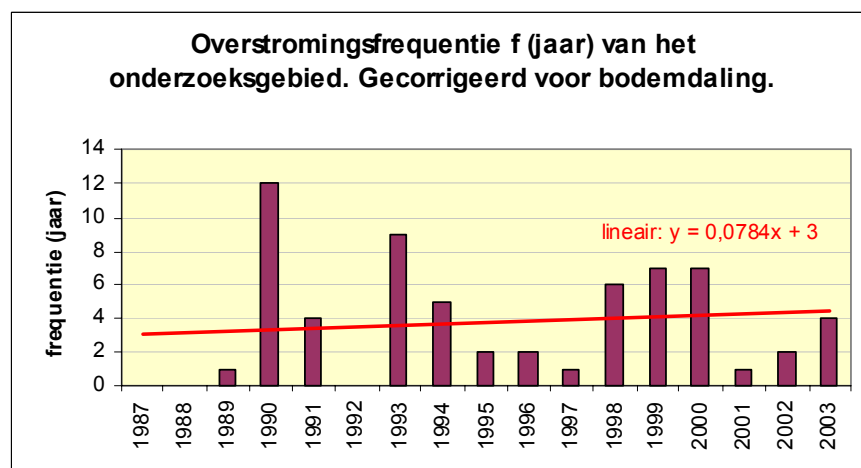
Voorwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Bodemdalingcommissie Ameland. Aanleiding was de in 1994 geconstateerde sterfte van duindoorn in meerdere valleien ten westen van de winninglocatie van de NAM en de later geconstateerde vernatting van de vegetatie in deze valleien. Het mogelijk verklaren van deze duindoornsterfte ten gevolge van verandering in overstromingsfrequentie met zeewater of andere veranderingen in de waterhuishouding in het gebied was een taak in dit onderzoek. Tevens dient dit onderzoek als start van de monitoring van de waterhuishouding in de laagst gelegen valleien binnen de bodemdalingschotel op het Oerd. Overstroming met zeewater, neerslag, waterstand en enkele waterkwaliteitsparameters in de valleien zijn in dit programma opgenomen en in dit rapport uitgewerkt voor de winters 2001-2002, 2002-2003 en 2003-2004.

Samenvatting

Deze rapportage betreft onderzoek aan de inundatie van meerdere duinvalleien in het meest door bodemdaling getroffen gebied. Sinds 1987 zijn alle valleien 27 cm. gedaald in 2003. De valleien liggen in een vrij vlak gebied en de maaiveldhoogtes van de laagste delen variëren slechts tussen 1,35 en 1,57 m. +NAP. (meting 2001). Tijdens deze onderzoeksperiode blijkt er ophoging van de bodem plaats te vinden door instuiving van strandzand en bodemvorming door de vegetatie. Deze ophoging bedroeg gemiddeld 2,55 cm. over de periode 2002-2004.

De in eerdere rapportages voorspelde sterke stijging van de overstromingsfrequentie ten gevolge van bodemdaling is niet opgetreden. Zelfs indien volledig rekening wordt gehouden met de jaarlijkse verandering van drempelhoogtes door bodemdaling blijkt de trend in de overstromingsfrequentie per jaar van 3 naar 4 te verhogen. Er was een stijging van 4 naar 20 jaarlijkse inspoelingen voorspeld. Ook het zoutgehalte van het grondwater bleek tussen 1991 en 2004 niet veranderd.



In dit onderzoek blijken de valleien iedere winter 3-4 maanden geïnundeerd te zijn. Deze inundatieduur is sinds het optreden van bodemdaling sterk gestegen. Dit is een gecombineerd resultaat van inspoeling en neerslag. De grondwaterstanden in het gebied zijn verhoogd door de bodemdaling waardoor, met name na een inspoeling met zeewater, het lang duurt voor het maaiveld weer droogvalt. Dit is de belangrijkste in dit onderzoek geconstateerde verandering in het gebied die ook gevolgen heeft en gehad heeft voor de natuur ter plaatse. Bijvoorbeeld de in 1994 geconstateerde duindoornsterfte op de valleibodems maar ook de hervestiging van duindoorn op de bovenrand van de valleien kan hiermee verklaard worden.



1. Inleiding

1.1. Aanleiding onderzoek

In 1994 vond duindoornsterfte plaats binnen het bodemdalinggebied. Een deel van de sterfte, met name in de laagste gebieden, werd geweten aan de bodemdaling (Eysink et al, 2000). Gezien de gelijke hoogteligging van de afgestorven struiken op de diepste punten van de valleien werd het aannemelijk geacht dat verzilting en/of vernatting door overspoeling met zeewater de oorzaak van de sterfte is geweest. In de ecologische flora (Weeda, 1987) wordt aangegeven dat Duindoorn erg gevoelig is voor overspoeling met zeewater, tenzij dit sporadisch in de winter plaatsvindt. Eventuele andere oorzaken van de duindoornsterfte werden uitgesloten (Slim, P.A., 1997). Hierin is gekeken naar veroudering, bodemgesteldheid, plantparasitaire aaltjes, insecten aantasting en vraat van konijn en ree. Hieruit blijkt volgens Schouten (1999) dat overstroming tijdens extreme hoogwaters een bepalende factor is voor de natuurlijke ontwikkeling van het duindoornstruweel. Bodemdaling kan dit effect eerder en vaker doen optreden. In het rapport van Schouten (1999) wordt een risicomodel gepresenteerd waarin aangegeven wordt welke gevolgen bodemdaling en zeespiegelstijging zullen hebben op de overstromingfrequentie in het bodemdalinggebied en wat dit betekent voor de vegetatie. Voor de laagst gelegen valleien wordt een toename van 4 naar 20 jaarlijkse overstromingen voorspeld in de periode 1987-2007.

In dit onderzoek is gedurende drie opeenvolgende winters (2001-2004) veldonderzoek verricht in valleien binnen het bodemdalinggebied op Ameland-Oost.

1.2. Doel, vraagstelling en aanpak

Doel van dit onderzoek is het toetsen van de praktijk aan het overstromingsmodel van Schouten, het mogelijk verklaren van de duindoornsterfte van ruim 10 jaar geleden en het opbouwen van een datareeks over de rol van water in duinvalleien binnen het meest getroffen bodemdalinggebied.

2. Gebiedsbeschrijving

2.1. Locatie

Dit onderzoek richt zich op het gebied tussen de zeereep en de Oerderduinen, vanaf het einde van het fietspad (paal 21,600) tot de NAM locatie. Dit is het gebied waarin de duindoornsterfte hoofdzakelijk plaats gevonden heeft en waar ook de overstroming tijdens stormsituaties plaatsvindt. De door Schouten onderscheiden valleien F en G zijn daarom buiten dit onderzoek gelaten. Het gehele gebied heeft een soort trechtervorm met de kleine opening in het westen. Vandaar neemt de breedte toe naar het oosten. De hoogteligging neemt van west naar oost af.

2.2. Ligging meetpunten

In het onderzoeksgebied zijn in 2001 16 meetpalen geplaatst. De palen dragen de code NC01 t/m NC16. De palen NC01, NC08 en NC13 zijn reserves voor meting tijdens extreem hoogwater en spelen geen rol in de verwerking van de gegevens. De meetpaal NC19 is in januari 2004 geplaatst en pas sindsdien bemeten. Het eind van het fietspad t.h.v. strandpaal 21.6 met een fietsenstalling bevindt zich tussen NC10 en NC11 in.

Foto 1
Vallei NC09 met de
meetpaal.



Figuur 1
Ligging van de
meetpunten.

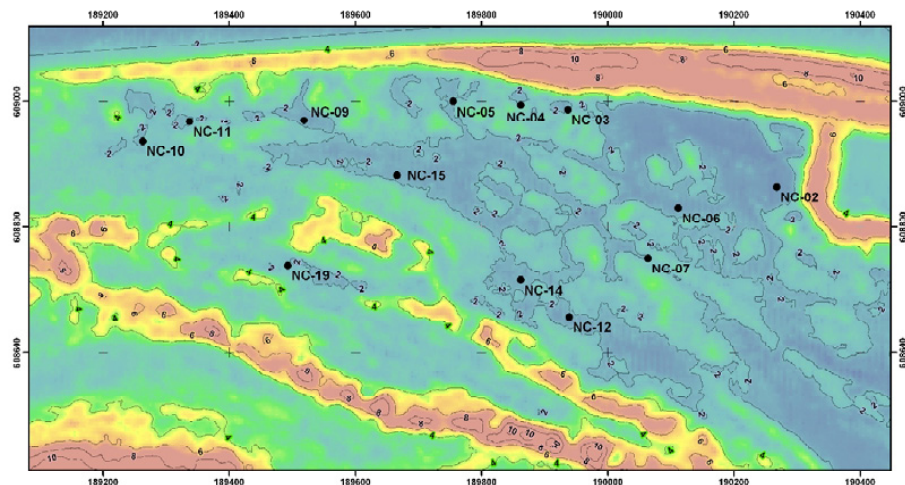




Foto 2
Aanspoelgordel na een
stormtij bij meetpunt
NC01. 11 februari
2004.



Tabel 1
De met GPS gemeten
coördinaten en hoogtes
van de meetpalen. De
verschiltrend tussen
2001 en 2004 is terug
te voeren op
bodemdaling. Meetfout
+/- 27 mm.

	RD		Maart 2004	Aug. 2001	verschil
			m +NAP	m +NAP	cm.
meetpunt	x	y	z	z	Z
nc-02	190268,180	608864,240	1,599	1,626	-2,7
nc-03	189936,870	608986,700	1,685	1,722	-3,7
nc-04	189862,190	608994,280	1,737	1,761	-2,4
nc-05	189755,440	608999,730	1,750	1,800	-5,0
nc-06	190111,880	608830,160	1,786	1,813	-2,7
nc-07	190064,000	608750,420	1,753	1,759	-0,6
nc-09	189518,590	608970,010	1,799	1,825	-2,6
nc-10	189263,200	608937,000	1,817	1,820	-0,3
nc-11	189337,200	608968,070	1,779	1,787	-0,8
nc-12	189939,020	608657,100	1,944	1,958	-1,4
nc-14	189861,730	608716,080	1,807	1,824	-1,7
nc-15	189666,020	608881,960	1,910	1,925	-1,5
nc-19	189492,740	608739,310	1,932		

2.4. Koppeling met onderzoek Schouten

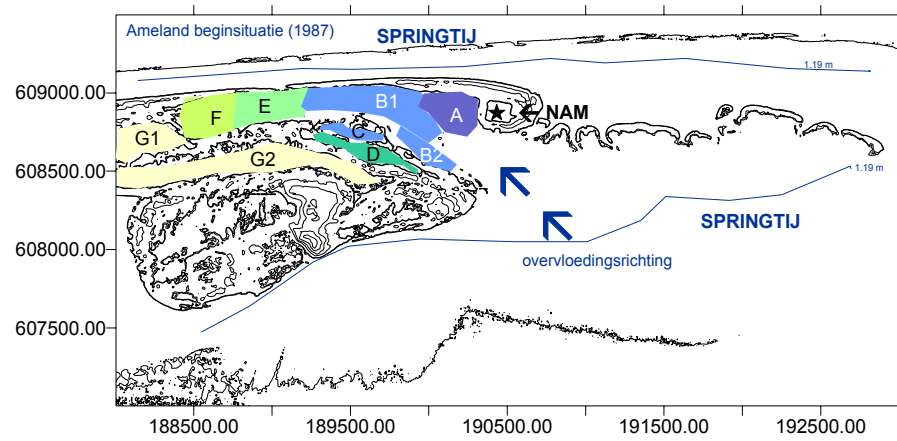
Schouten deelt haar onderzoeksgebied in 9 te onderscheiden gebieden in. In [figuur 2](#) staan de valleien A t/m G weergegeven. In [tabel 2](#) staat de relatie tussen de meetlocaties van het Schouten onderzoek en dit onderzoek.

Tabel 2
Relatie tussen
meetlocaties onderzoek
Schouten en dit
onderzoek.

Meetpaal	Vallei Schouten
NC02	A
NC06	A
NC03	B1
NC04	B1
NC05	B1
NC07	B1
NC09	B1
NC11	B1
NC15	B1
NC12	B2
NC14	B2
NC19	C
NC10	E



Figuur 2
Ligging valleien in
onderzoek Schouten



3. Hoogteligging

3.1. Maaiveld

De hoogte van het maaiveld is bepaald op het moment van droogvallen in de verschillende valleien. De meetpalen staan op het diepste punt in de valleien en de maaiveldhoogte kan goed gemeten worden op het moment dat de laatste vierkante meters water rond de meetpaal in de bodem verdwijnen. De maaiveldhoogte is dus naar het waterniveau tijdens droogvallen gemeten over een oppervlak van enkele vierkante meters en niet naar de bodem onder de meetpaal. Opvallend is dat de range vrij vlak is met alle bodems tussen de 1,35 en 1,57 m. +NAP in augustus 2001. Mogelijk vindt dit zijn oorzaak in de ontstaansgeschiedenis van de valleien waarbij winderosie tot het grondwaterniveau voor dit gebied in de vrij gelijke diepte van de valleien geresulteerd heeft.

Bovendien blijkt reeds uit deze korte reeks dat de maaiveldhoogte van de valleien niet lineair met de bodemdaling afneemt maar dat er compensatie optreedt. In de valleien die het dichtst ten zuiden van de zeereep liggen wordt de bodem vooral opgehoogd door instuiven van zand uit de zeereep. Rijkswaterstaat heeft in 1994 het vangen van zand aan de strandzijde van de zeereep gestaakt ten oosten van paal 20.600. Dit is gebeurd in het kader van het toestaan van meer dynamiek daar waar de veiligheid niet in het geding is teneinde weer meer dynamische processen in de duinen op gang te krijgen. Dit landelijke beleid streeft naar een grotere invloed van wind en water, ook zeewater, op de natuur in de duinen. Tijdens stevige wind uit noordelijke richtingen stuift inmiddels behoorlijk wat zand over de zeereep in het achterliggende duingebied.

*Foto 3
Een stuivende zeereep
ter hoogte van het
onderzoeksgebied.
21 september 2004.*



In het veld is dit in een strook van zo'n 150 meter breed ook visueel duidelijk waarneembaar. Op de bodem tussen de planten is vers zand zichtbaar en vaak zijn ook plantendelen als grashalmen bedekt met een laagje stuifzand. Deze instuiving vindt plaats in de valleien NC10, 11, 09, 05, 04, 03 en in iets mindere mate NC02. De instuiving in combinatie met een hoge grondwaterstand en kalkrijkdom resulteert in deze valleien in een vegetatie met de kenmerken van een primaire jonge duinvallei. Hierin worden vaak meerdere Rode lijstsoorten aangetroffen (van der Meijden, 2000). Met name vallei NC05 herbergt een fraaie groep planten van een kalkmoeras. Hier vindt Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) zijn beste groeiplaats op Ameland

(J. Krol, pers. obs.). *Liparis loeselii* is opgenomen in de Habitatrichtlijn en in Appendix I van de Bern-conventie.

In de valleien NC06, 12, 14 en 15 vormt waarschijnlijk bodemvorming door de grazige vegetatie de voornaamste factor voor ophoging van het maaiveld. Op deze plaatsen wordt de vegetatie gedomineerd door Fioringras (*Agrostis stolonifera*) waarbij in de wintermaanden anaërobe situaties ontstaan tijdens langdurige inundatie. Hierdoor vindt slikvorming plaats. De situatie bij NC07 is niet echt duidelijk maar waarschijnlijk vindt ook hier bodemvorming door de vegetatie plaats. De gemiddelde ophoging van het maaiveld in 11 valleien over de periode 2002-2004 bedraagt 2.55 cm. Onduidelijk blijft in hoeverre compensatie van bodemdaling ook voor 2001 voorkwam. Met name de instuiving van zand uit de zeereep is begin negentiger jaren mogelijk veel minder geweest vanwege het toenmalige kustbeheer. Ook de bodemvorming door de vegetatie is mogelijk versneld sinds de inundatieduur is toegenomen.

Tabel 3
Hoogteligging van het maaiveld in de verschillende valleien in 2001-2002 en de ophoging tot 2004.

	Maaiveld 2001-2002 m +NAP	Maaiveld ophoging 2004
nc-02	1,35	3 cm
nc-03	1,41	4 cm
nc-04	1,53	2 cm
nc-05	1,50	?
nc-06	1,53	5 cm
nc-07	1,46	4 cm
nc-09	1,50	1 cm
nc-10	1,44	4 cm
nc-11	1,49	2 cm
nc-12	1,54	0 cm
nc-14	1,53	1 cm
nc-15	1,57	2 cm

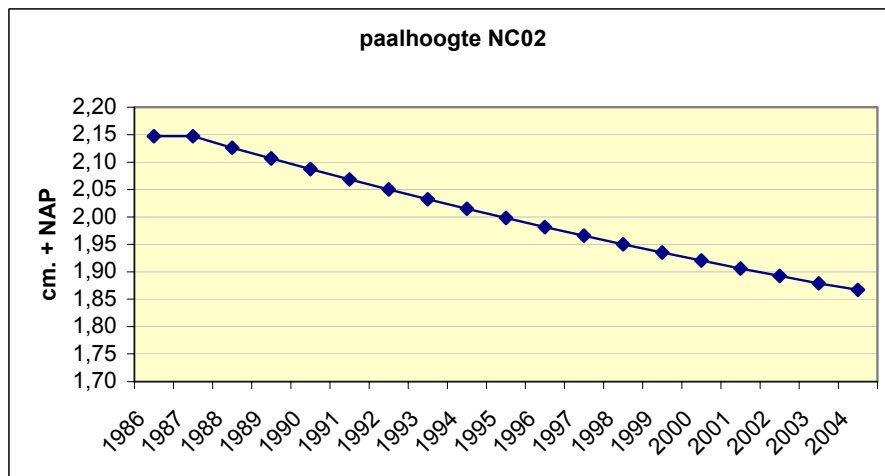
Als alleen met de factor bodemdaling rekening wordt gehouden dan is het maaiveld bij de verschillende meetpunten uiteraard fors gedaald in de periode 1986-2003. Berekening van de daling bij ieder meetpunt staat in [tabel 4](#) gegeven. Hier blijkt dat de alle meetpunten binnen een smalle marge van 1 cm. evenveel gedaald zijn. Een gemiddelde daling van 27 cm. voor het hele onderzoeksgebied tot 2003 is dan ook goed bruikbaar in dit onderzoek.

Tabel 4
Berekende bodemdaling voor ieder meetpunt over de periode 1986-2003.

vallei	Daling 1986-2003 cm
nc-02	-26.9
nc-03	-26.6
nc-04	-27.3
nc-05	-27.3
nc-06	-26.8
nc-07	-26.6
nc-09	-27
nc-10	-26.3
nc-11	-26.6
nc-12	-26.3
nc-14	-26.5
nc-15	-26.9
nc-19	-26.3

Een voorbeeld van de brekende daling van de paalhoogte van meetpaal NC02 staat in [grafiek 1](#) gegeven.

Grafiek 1
Berekend verloop van de daling van de hoogte van meetpaal NC02



3.2. Drempels

Het onderzoeksgebied wordt bij stormtij overstroomd met zeewater dat tussen de NAM locatie en de Oerderduinen doorloopt. Het merendeel van dit water komt over de Hon en een kleiner deel komt over het strand waar het direct ten oosten van de NAM locatie door een erosiegeul aansluit op het water dat vanaf de Waddenzee afkomstig is. Vervolgens is niet voor alle valleien duidelijk bij welke waterstand er overstrooming plaats vindt. In het landschap en tussen de vegetatie is dit niet voor alle bemeten valleien even duidelijk. Voor een aantal echter wel omdat daar een smalle toestroomopening is waarin een duidelijke drempel ligt. Meestal in de vorm van een pad dat als een kunstmatige drempel fungeert. Deze hoogtes zijn meestal enkele dagen na een stormtij bepaald op het moment dat het water nog net over de drempel terugsijpelde. Op dat moment is een aflezing gedaan aan de meetpaal in de betreffende vallei. In [tabel 5](#) is tevens een kolom opgenomen met de hoogtes waarbij volgens Schouten de valleien overstroomd (zie [figuur 4.3](#) in rapportage Schouten). Hierbij werd hypothetisch uitgegaan van 28 cm. daling in 2002. Een waarde die nu in 2004 bereikt is, hetgeen deze figuur goed vergelijkbaar maakt. De voor overstrooming benodigde waterstanden blijken dus meerdere decimeters lager te liggen dan volgens de analyse van Schouten. Dit is terug te voeren op de destijds gebruikte methodiek van hoogtebepaling, laseraltimetrie met een vergelijking naar punten op het Nieuwlandsrijd, een minder nauwkeurige methode.

Tabel 5
Drempelhoogtes van enkele valleien.

Vallei	Drempel m. +NAP	Datum aflezing	+NAP Schouten
NC02	1.69	4-10-2004	1.90
NC03	2.00	22-12-2003	2.00
NC05	1.78	31-12-2001	2.00
NC09	1.77	31-12-2001	2.00



*Foto 4
Stormgeul van strand
naar kwelder,
rechtsonder op de foto.
23 juni 2004.*



*Foto 5
De drempel naar vallei
NC09 op de
achtergrond. Het pad
vormt de drempel.
Hoogte 1.77 m. +NAP
op 31 december 2001.*



4. Waterstanden

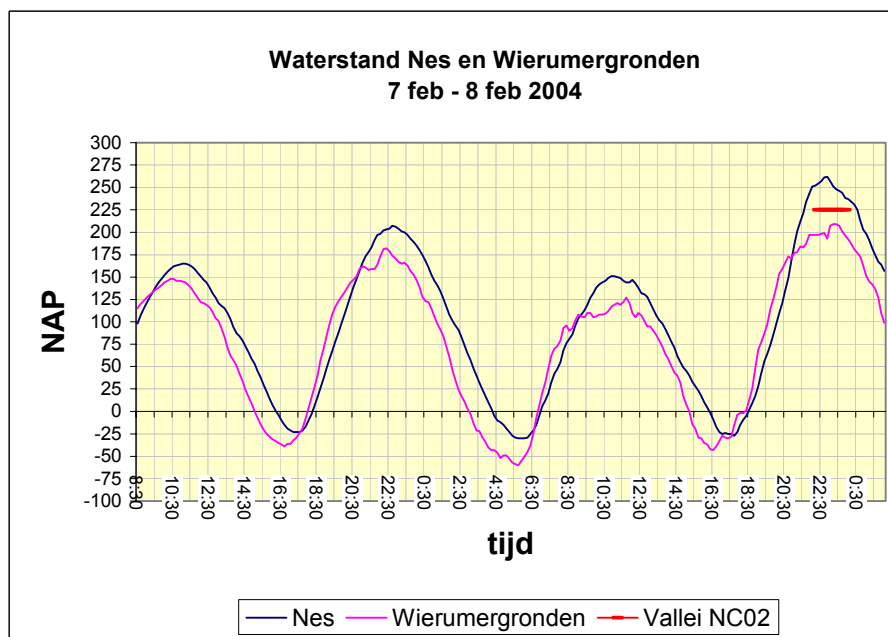
4.1. Vergelijking waterstanden Nes en Wierumergronden met vallei NC02

In vorige rapportages is voor het schatten van de overstromingskans in de valleien in dit onderzoeksgebied steeds gerelateerd naar de waterstand bij de RWS meetpaal in de Waddenzee bij Nes. Deze meetpaal bevindt zich echter ten westen van het wantij bij Ameland terwijl het overstromingswater van de valleien komt uit de Waddenzee en Noordzee ten oosten van het wantij. Bovendien staat de meetpaal Nes zo'n 10 kilometer verwijderd van de stormvloedbron, de Noordzee ten NW. van Ameland waardoor stuwung optreedt. Het stormtijwater op Oost Ameland maakt een korte weg van de Noordzee naar de zuidkant van de Hon en bij hoge waterstanden is er een verbinding tussen Noordzee en Waddenzee waardoor er minder stuwung optreedt. Uit de waarnemingen gedurende de afgelopen 3 winters blijkt de overstromhoogte in vallei NC02 beter overeen te komen met de meetpaal Wierumergronden dan met de meetpaal Nes. Een voorbeeld van het getijverloop van beide meetpalen en de overstromhoogte in vallei NC02 gedurende een storm is in [grafiek 2](#) weergegeven. De vallei NC02 is de laagstgelegen vallei in het onderzoeksgebied met een drempelhoogte van 1.69 m +NAP ([tabel 5](#)). Uit de waarnemingen blijkt voor overstroming van deze vallei tenminste een waterstand van 2.24 m +NAP bij de meetpaal Nes en 1.87 m. +NAP bij de meetpaal Wierumergronden nodig te zijn. Stormtijden die net tot dit niveau reiken hebben overigens niet altijd hetzelfde resultaat, zoals op 07-10-2003 zichtbaar is. Vervolgens schommelt de hoogste waterstand in de vallei NC02 van -38 tot +16 centimeter rond de hoogste waarde van Wierumergronden. Hierbij is de waarde van -38 cm. op 15 december 2003 een bijzonderheid. Tijdens dit stormtij trad er geen stuwung op in de Waddenzee, hetgeen een uitzonderlijke situatie is. Als deze datum buiten beschouwing wordt gelaten kan gezegd worden dat de hoogste waterstand in vallei NC02 +/-15 cm. schommelt rond de meetwaarde Wierumergronden en 27 tot 65 cm. achterblijft op de meetwaarde Nes.

Tabel 6. Data meetpalen Nes en Wierumergronden en verband met overstroming vallei NC02.

	NES		WIERUMER GRONDEN		Hoogste stand Vallei NC-02	Verschil		Wind
						t.o.v. Nes	t.o.v. WG	
Datum	HW Nes	Tijd Nes	HW WG	Tijd WG	cm +NAP	cm	Cm	
31-10-2001	238	20,50	205	21,30	200	-38	-5	W/NW 8-9
28-12-2001	260	19,10	188	19,10	195	-65	7	?
29-1-2002	240	09,30	207	09,40	200	-40	-7	ZW/W 7
23-2-2002	253	04,50	217	04,40	220	-33	3	W 9
28-10-2002	263	01,10	205	00,40	220	-43	15	NW 10-11
7-10-2003	220	07,50	191	08,40	geen instroom			NW 8-9
9-10-2003	224	09,30	187	09,30	171	-53	-16	NW 7-8
15-12-2003	242	0,30	243	0,20	205	-37	-38	NW 8-9
21-12-2003	270	18,40	229	19,20	243	-27	14	NW 9
14-1-2003	225	01,00	194	01,10	193	-32	-1	W 8
8-2-2004	262	22,50	209	23,10	225	-37	16	NW 8-9

Grafiek 2
Een voorbeeld van het verschil in getijverloop tussen de meetpalen Nes en Wierumergronden. Tevens is de hoogste waterstand in vallei NC02 aangegeven.



4.2. Overstromingsfrequentie

Schouten (1999) geeft in haar rapportage een model waarin de kans op overstroming wordt gepresenteerd. De door haar voorspelde kans op overstroming wordt in deze rapportage getoetst aan de werkelijkheid gedurende de afgelopen drie jaren. Hierbij werd een scenario gebruikt dat uitgaat van 25 cm. zeespiegelstijging per eeuw en een maximale bodemdaling van 28 cm. in 2007 (zie Schouten, [tabel 4A](#)). De 28 cm. bodemdaling is in 2004 reeds bereikt en maakt het daarom goed mogelijk om nu te vergelijken met de destijds voorspelde stijging in overstromingsfrequenties. In [tabel 7](#) staan de voorspelde en gemeten frequenties van overstroming. Voor dit onderzoek staan de gemeten frequenties in de kalenderjaren 2002 en 2003 gepresenteerd. De kalenderjaren 2001 en 2004 zijn incompleet en derhalve niet opgenomen. Hieruit blijkt dat de voorspelde sterke toename in overstromingen niet bewaarheid wordt. In werkelijkheid ligt het aantal overstromingen nog exact op het niveau van 1987, ten tijde van voor het begin van de bodemdaling. Als hierbij tevens bedacht wordt dat de werkelijke drempelhoogte van vallei A en B enkele decimeters lager ligt dan de rapportage van Schouten vermeld dan is het uitblijven van frequentietoename des te opmerkelijker. De verklaring ligt vooral in het gebruik van en de onderschatting van de waterstanden in de Waddenzee bij Nes die nodig zouden zijn om overstroming tot gevolg te hebben. En tevens in het onderschatten van de dynamiek van het gebied waar bodemophoging door instuiving en bodemvorming door de vegetatie in het onderzoeksgebied en opslibbing op de Hon het overstroom van de valleien nog net zo moeilijk maakt als in 1987. Er vindt dus een mate van compensatie plaats op dynamische locaties. Wat niet wil zeggen dat het gebied als geheel niet gedaald is ten gevolge van bodemdaling. Er zijn geen aanwijzingen dat de jaren 2002-2003 afwijkend storm-arme jaren geweest zijn ([paragraaf 4.4](#)), wel lagen ze iets onder het gemiddelde.

Tabel 7
Vergelijking
overstromingsfrequentie
rapportage Schouten en
dit onderzoek.

Vallei Schouten	Vallei Dit onderzoek	Frequentie Schouten 1987	Frequentie overstroming per jaar	
			f Schouten 28 cm. daling	f dit onderzoek 28 cm. daling
A	NC02	4	20	4
B	NC09	3	14	2
E	NC10	0.3	1	0.5

4.3. Overstroming in valleien tijdens meetperiode

De overstroming van de valleien in het onderzoeksgebied hangt uiteraard van veel factoren af. Belangrijk zijn de drempelhoogtes, de diepte van de valleikom en de afstand tot de instroombron (Waddenzee). Deze factoren zijn redelijk te bepalen maar meer complexe zaken als de remmende werking van de vegetatie die het water onderweg tegenkomt, afhankelijk van de jaarlijkse vegetatieontwikkeling zijn moeilijk in te schatten parameters. Ook belangrijk lijkt de 'druk' van het stormtij te zijn. Met andere woorden, hoeveel stijgt het stormtij boven het maaiveld van de drempels en de valleien en hoe lang blijft het zeewater zijn hoogste stand handhaven. In de winters 2001-2002, 2002-2003 en 2003-2004 is empirisch vastgesteld welke valleien op welke momenten bereikt zijn door het zeewater ([tabel 8](#)). Hieruit blijkt dat als vallei NC02 overstroomt dat dan ook de valleien NC06, 07, 12 en 14 overstromen. Deze liggen waarschijnlijk zonder drempel open voor toestroom waarbij de maaiveldhoogte bepalend is. NC15 is vergelijkbaar met NC12 en NC14 maar ligt iets hoger en verder weg van de instroombron. NC05 heeft een klein drempeltje (wandelpad) wat hetzelfde resultaat oplevert als NC15. NC03, 04, 09, 11 en 10 zijn afhankelijk van een hogere drempel (wandelpad) en bevinden zich in bovengenoemde volgorde tevens steeds verder van de instroombron wat resulteert in een lagere overstromingsfrequentie.

Tabel 8. Overzicht van het aantal overstromingen per vallei gedurende 3 winters. 2001-2004.
WG = meetpaal Wierumergronden.

Overstroming per vallei gedurende 3 winters.			+ = instroom zeewater							– = geen instroom				
Datum	WG cm. +NAP	NC02 cm. +NAP	NC 02	NC 03	NC 04	NC 05	NC 06	NC 07	NC 09	NC 10	NC 11	NC 12	NC 14	NC 15
31-10-2001	205	200	+	–	–	+	+	+	–	–	–	+	+	+
28-12-2001	188	195	+	–	–	+	+	+	+	–	–	+	+	+
29-1-2002	207	200	+	–	–	+	+	+	+	–	–	+	+	+
23-2-2002	217	220	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+	+
28-10-2002	205	220	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+	+
9-10-2003	187	171	+	–	–	–	+	+	–	–	–	+	+	–
15-12-2003	243	205	+	–	–	+	+	+	+	–	–	+	+	+
21-12-2003	229	243	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14-1-2003	194	193	+	–	–	+	+	+	–	–	–	+	+	+
8-2-2004	209	225	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+	+
aantal instroom totaal			10	4	4	9	10	10	7	1	4	10	10	9

4.4. Reconstructie overstromingsfrequentie 1987-2003

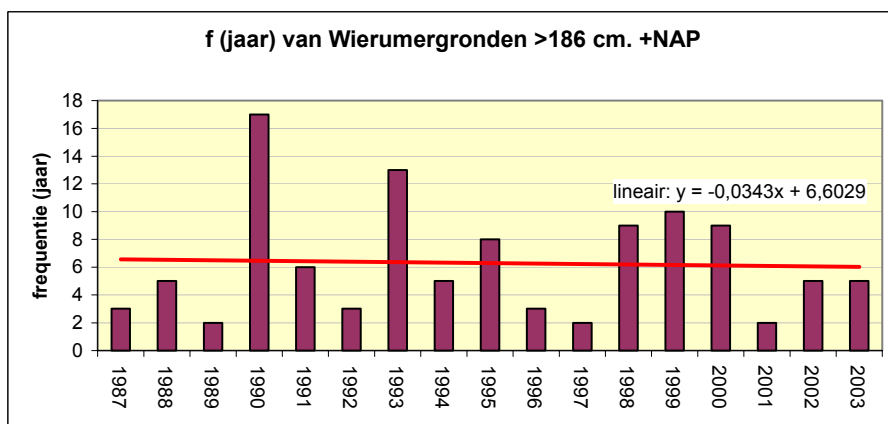
Teneinde een overzicht te krijgen van het aantal overstromingen in de periode 1987-2003 is gebruik gemaakt van de datareeks met waterstanden van de meetpaal Wierumergronden. [Tabel 6](#) laat zien dat in de afgelopen drie winters tenminste 187 cm. +NAP nodig is om inspoeling met zeewater tot gevolg te hebben. Dit getal is niet gecorrigeerd voor zeespiegelstijging en bodemdaling gedurende de periode 1987-2003 gezien de resultaten in [paragraaf 4.2](#). Hier wordt dus aangenomen dat de mogelijkheid tot overspoeling gedurende deze 17 jaren binnen een marge van enkele centimeters gelijk is gebleven. [Grafiek 3](#) laat dan het aantal overstromingen per jaar zien. Uiteraard zullen de hoger gelegen valleien minder vaak overspoeld zijn ([paragraaf 4.3](#)). Het gemiddelde gedurende deze periode bedraagt 6.3 overstromingen per jaar en de lineaire trend is neutraal. Opvallend is het grote aantal overstromingen in 1990 en 1993 terwijl dan ook

veruit de hoogste waterstanden bereikt worden. Ook de opeenvolgende jaren 1998, 1999 en 2000 zijn bovengemiddeld stormachtig.

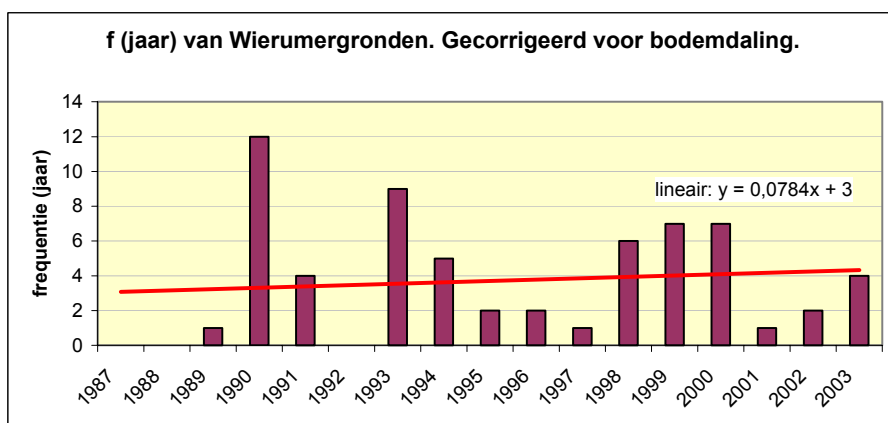
Bijzonder is de situatie in de winter 1989-1990. Hier is de eerste overstroming pas op 18 januari en volgen tot 9 maart nog 11 overstromingen. Erg extreem was de situatie van 26 t/m 28 februari met 5 stormtijden waarvan de waterstand van 298 cm. +NAP op 26 februari de hoogste in de reeks van de afgelopen 17 jaar was. De winter 1992-1993 was ook opvallend extreem met 13 overstromingen. Opvallend was de clustering van 3 overstromingen van 11 t/m 13 januari, 4 overstromingen van 22 t/m 25 januari en 4 overstromingen van 19 t/m 21 februari. De in dit onderzoek gevolgde complete jaren 2002 en 2003 bevinden zich licht beneden het gemiddelde stormseizoen.

Als 'controle' op de aanname dat inspoeling in 2003 nog ongeveer even moeilijk is als in 1997 is in [grafiek 4](#) het aantal instromingen uitgezet voor ieder jaar waarbij wel gecorrigeerd is voor bodemdaling. In dat geval zijn er uiteraard minder instromingen, met name in de beginjaren van de bodemdaling. Ook bij deze berekening blijkt niets van een sterke stijging van inspoelingsfrequentie. Globaal stijgt het aantal inspoelingen dan van 3 voor de bodemdaling naar 4 jaarlijkse inspoelingen bij 27 cm daling.

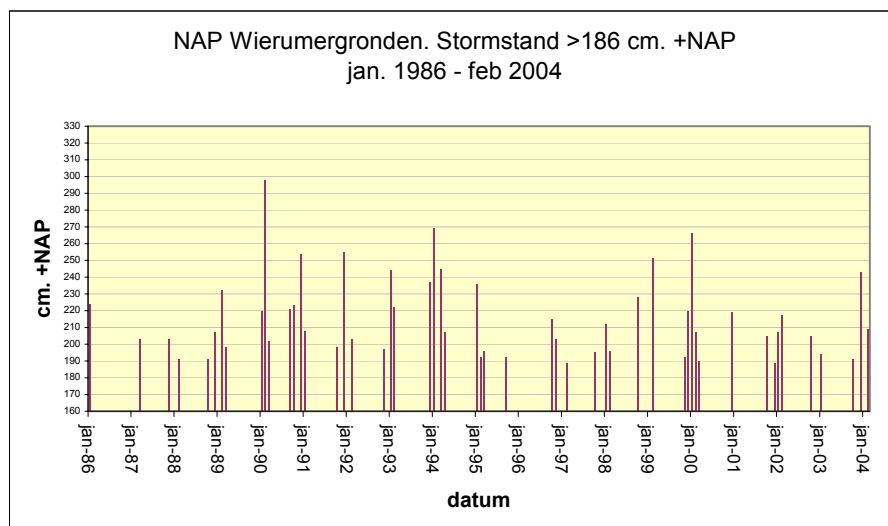
Grafiek 3
Berekende
overstromingsfrequentie
per jaar van de laagste
valleien in de periode
1987-2003. Alle
waterstanden
Wierumergronden >186
cm.+NAP.



Grafiek 4
Berekende
overstromingsfrequentie
per jaar van de laagste
valleien in de periode
1987-2003. Alle
waterstanden
Wierumergronden zijn
gecorrigeerd voor
bodemdaling tot 27 cm.
in 2003.



Grafiek 5
Overzicht van
waterstanden >186cm.
+NAP bij meetpaal
Wierumergronden. Alle
te onderscheiden data
zijn door de lay-out niet
individueel te
onderscheiden.



Op basis van de gehanteerde stormstand van >186 cm. +NAP bij de meetpaal Wierumergronden zijn de vijf vroegste herfst overstromingen en vijf laatste voorjaarsoverstromingen tijdens de bodemdalingperiode uitgefilterd (tabel 9). Hieruit blijkt dat inspoeling met zeewater tot april nog voor kan komen en opvallend is de vroege 'driedaagse' inspoeling rond 20 september 1990.

Tabel 9
De vroegste en laatste
inspoelingen tijdens de
dalingperiode op basis
van >186 cm. +NAP
Wierumergronden.

	Wierumergronden
Herfst	cm. +NAP
19-9-1990	219
20-9-1990	221
21-9-1990	197
2-10-1991	198
2-10-1997	195
Lente	
1-4-1994	207
28-3-1987	203
24-3-1989	198
20-3-1995	192
13-3-1994	245

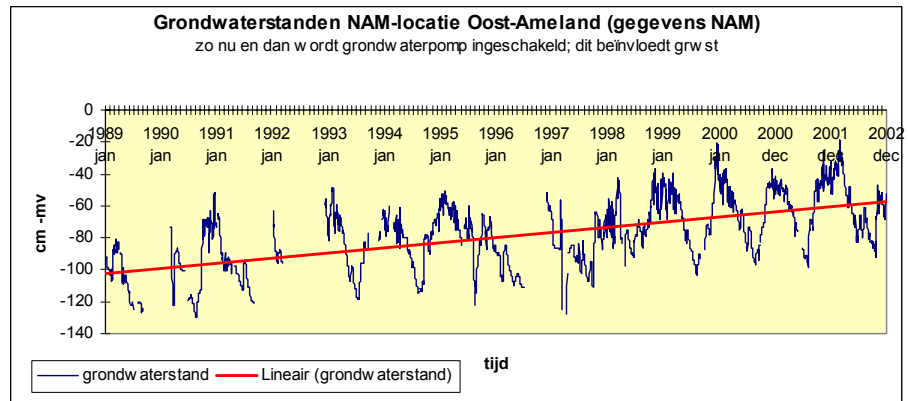
4.5. Tijdsduur van inundatie in valleien

Een belangrijk onderdeel van dit onderzoek was niet alleen de monitoring van de overstroming van de valleien met zeewater maar ook de monitoring van het verloop van de waterstand in de valleien in de tijd die na de overstroming volgt. Al snel na de start in oktober 2001 bleek dat de meeste valleien lang geïnundeerd blijven en dat het bijvoorbeeld weer droogvallen van het maaiveld een week na de storm niet gebruikelijk is. Dit heeft alles te maken met een hoge grondwaterstand na stormtij waardoor infiltratie nauwelijks mogelijk is en dus speelt neerslag een grote rol bij de duur van de inundatie. Grafiek 8 maakt duidelijk dat de meeste valleien gedurende 4 tot 5 maanden water boven het maaiveld hebben staan. De 'afgekapte' vorm van de grafiek in de herfst heeft te maken met het beginnen van de metingen na de eerste storm. In de praktijk heeft een deel van de valleien in een neerslagrijke herfst reeds in september water boven maaiveld staan door een hoge grondwaterstand. In de periode maart tot half april valt de bodem weer droog. In extreem natte winters is het waarschijnlijk mogelijk dat sommige valleien pas in mei weer droogvallen. De stijging van de grondwaterstand in het onderzoeksgebied in de loop van de tijd is uit peilbuismetingen op de NAM locatie af te lezen.

Grafiek 6 laat een sterke stijging over de periode 1989-2002 zien.

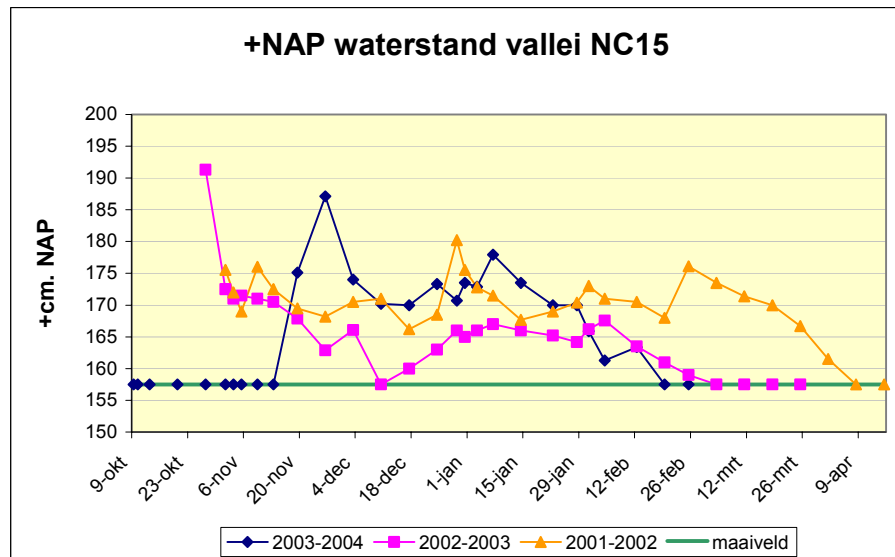


Grafiek 6
Een voorbeeld van een peilbuismeting in het onderzoeksgebied waarin de stijging van de grondwaterstand t.o.v. het maaiveld te zien is.



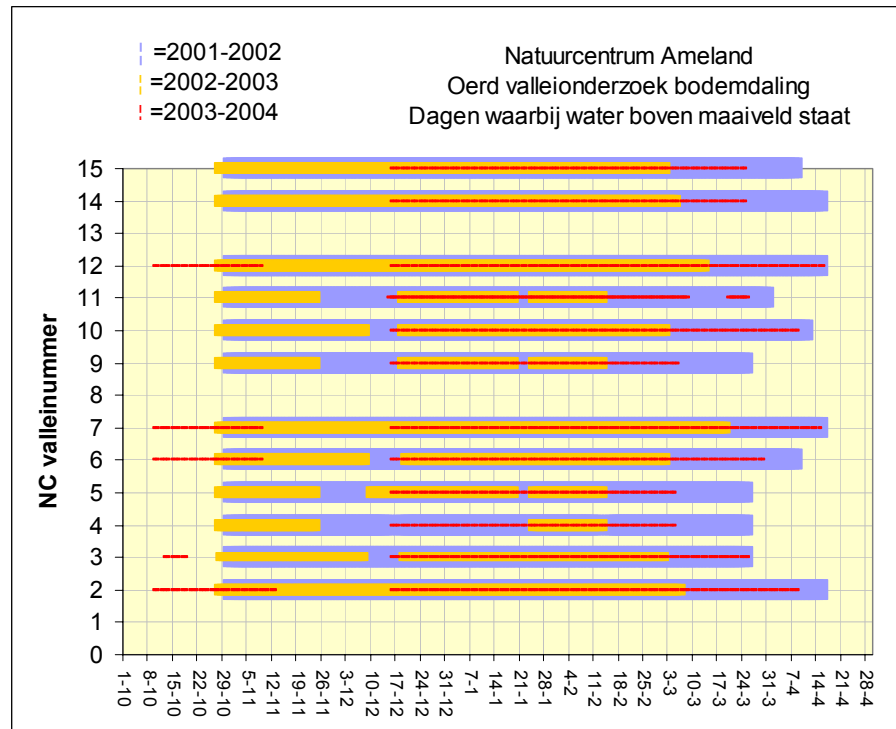
Een weergave van de inundatiemetingen staat in [grafiek 7](#) gegeven. Hiervoor is als voorbeeld vallei NC02 gekozen en in de grafiek staan de waterhoogtes boven maaiveld voor de afgelopen drie winters gegeven.

Grafiek 7
Inundatiemetingen vallei NC02 in drie opeenvolgende winters.





Grafiek 8
Duur van inundatie in
drie opeenvolgende
winters. 2001-2004.

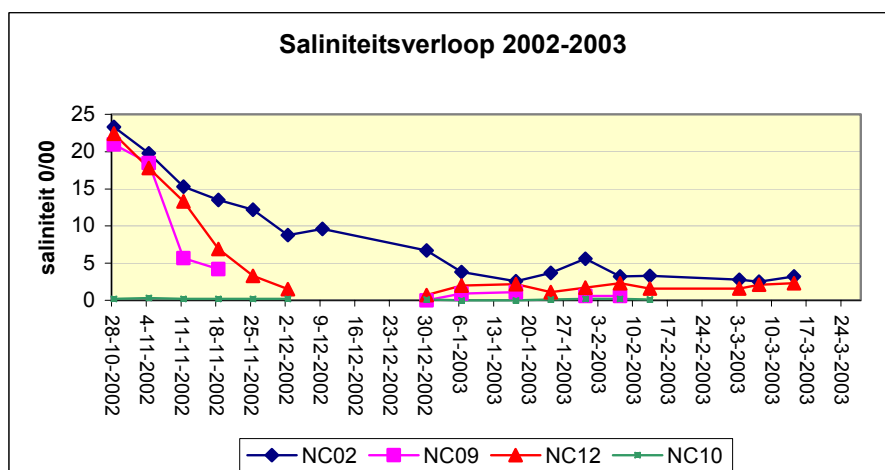
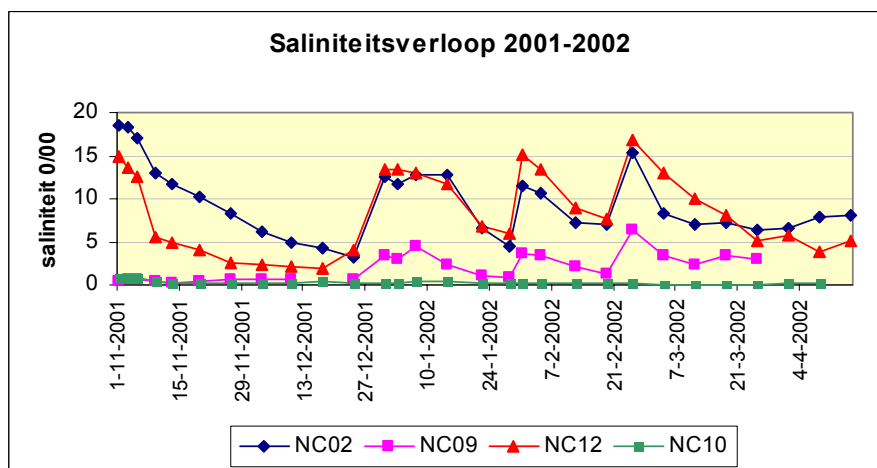


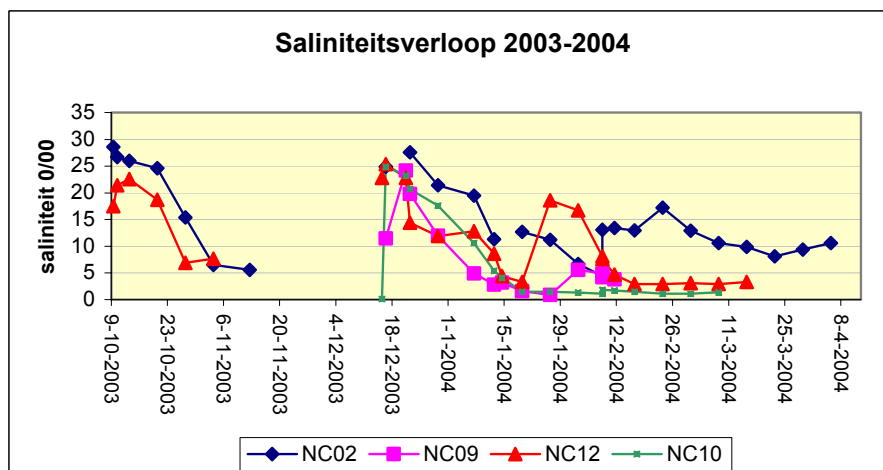
5. Waterkwaliteit boven maaiveld

5.1. Zoutgehalte

Gedurende de onderzoeksperiode is het zoutgehalte van het oppervlaktewater wekelijks gemeten. Uiteraard is dit gehalte het hoogst tijdens een inspoeling met zeewater. Zeewater rond Ameland heeft een promillage van ongeveer 31. De maximaal gemeten waarde in de valleien was 28.6 ‰ in vallei NC02 op 9 oktober 2003. Op dat moment was er nog geen of nauwelijks grondwater boven maaiveld voor verdunning met het inspoelende zeewater. Hoe hoog het zoutgehalte stijgt na inspoeling hangt uiteraard af van de mengverhouding tussen het in een vallei aanwezige water en het inspoelende zeewater. Voor alle valleien geldt dat na inspoeling van zeewater vervolgens een 'spel' tussen infiltratie en neerslag ontstaat die de saliniteit geleidelijk weer doet dalen. Tot eventueel weer een inspoeling met zeewater volgt of tot de waterstand onder maaiveld zakt in het voorjaar.

Grafiek 9
Saliniteitsverloop in vier valleien gedurende 3 opeenvolgende winters. Ontbrekende waarden laten zien dat de vallei drooggevallen is.

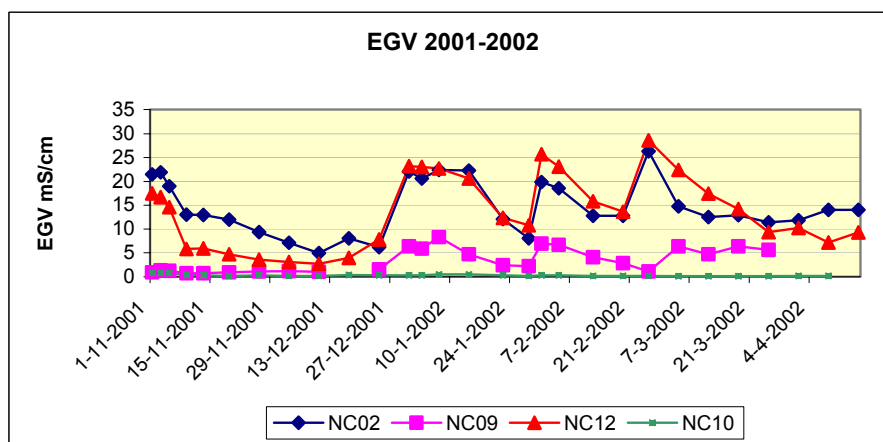




5.2. Elektrisch Geleidend Vermogen

Gedurende de onderzoeksperiode is het elektrisch geleidend vermogen van het oppervlaktewater wekelijks gemeten. Uiteraard is dit gehalte het hoogst tijdens een inspoeling met zeewater want met name het NaCl gehalte van het water zal de belangrijkste bijdrage aan het EGV geven. De hoogst bereikte waarde bedroeg 45.5 mS/cm in vallei NC02 op 9 oktober 2003. Dit komt ook overeen met de hoogst gemeten saliniteitswaarde op dezelfde plaats op hetzelfde moment. [Grafiek 10](#) laat bij een vergelijk met [grafiek 9](#) zien dat de overeenkomst tussen saliniteit en EGV vrijwel volledig is. Een verdere analyse van de EGV waarden is hier achterwege gelaten.

Grafiek 10
Verloop van EGV in
2001-2002 in vier
valleien.

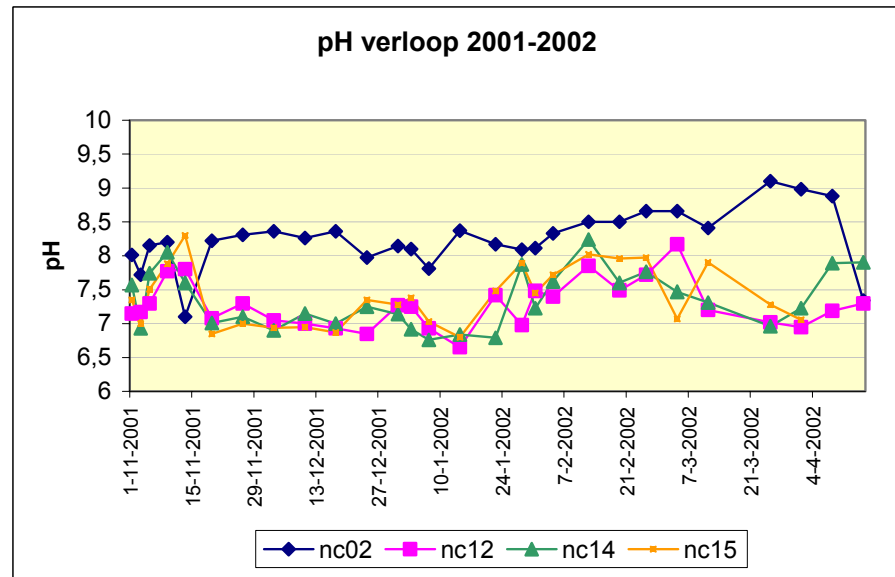


5.3. Zuurgraad

Gedurende de onderzoeksperiode is de zuurgraad van het oppervlaktewater wekelijks gemeten. Uiteraard komen in dit jonge gebied met regelmatige inspoeling met zeewater geen lage pH waarden voor. Alle meetwaarden liggen boven pH 6.1 en de pH waarden van de meeste valleien liggen tussen 7.5 en 8.5. Wel lijkt er een structureel verschil te zijn tussen de meest zuidelijke valleien NC12, 14 en 15 en de overige valleien. Als voorbeeld is in [grafiek 11](#) de pH van deze valleien uitgezet tegen die van vallei NC02 in de winter 2001-2002. Ditzelfde verschil doet zich ook de volgende twee winters voor. De juiste verklaring van dit verschil valt buiten dit onderzoek maar kan wellicht gezocht worden in de vegetatie. In Vallei NC12, 14 en 15 treffen we in het bijzonder een grasmat van overwegend Fioringras (*Agrostis stolonifera*) aan waarin bodemvorming optreedt. Mogelijk ontstaat bij deze processen een lagere pH. Een andere mogelijke verklaring ligt in de geografische ligging van de zuidelijke valleien aan de voet van de massieve

Oerderduinen waardoor de waterhuishouding in de bodem resulteert in een lagere pH.

Grafiek 11
Verloop van de pH van
4 valleien in 2001-
2002.



5.4. Temperatuur

Gedurende de onderzoeksperiode is de temperatuur van het oppervlaktewater wekelijks gemeten. Deze schommelt 's winters globaal tussen 0 en 5 °C. Uiteraard vindt er ijsvorming plaats bij vorst. Voor de verdere analyse van de abiotische en biotische processen in het onderzoeksgebied is in dit verslag geen gebruik gemaakt van temperatuur gegevens.

6. Waterkwaliteit grondwater

Bij een stijgende grondwaterstand tengevolge van bodemdaling wordt een stijging van het zoutgehalte van de bodem en het grondwater verwacht (Schouten, 1999).

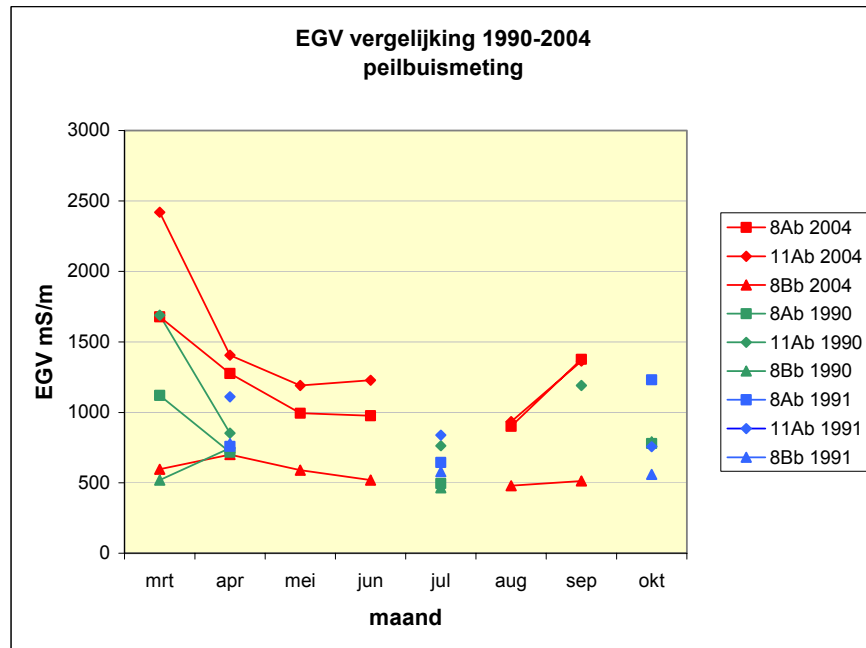
In maart 2004 is een herhalingsmeting gestart van peilbuizen die door Wiertz (1992) gemeten zijn in 1990 en 1991. Deze herhalingsmetingen zullen maandelijks gedurende een jaar gedaan worden en de reeks is momenteel (november 2004) nog niet voltooid. De grondwaterbuizen zijn in 1989 geïnstalleerd, met een filterlengte van 30 cm. De hier gebruikte buizen hebben het filter tussen de 80 en 150 cm. beneden het maaiveld geplaatst. Dit is voor deze buizen voldoende om ook in de zomer grondwater te kunnen bevatten. Voor de 2004 metingen wordt de buis eerst leeggepompt met een handpompje en wordt het toestromende water bemeten met een WTW Multiline P3 meter. Bepaald is de temperatuur, pH, saliniteit en elektrisch geleidend vermogen. De peilbuizen maken deel uit van raaien die van zuid naar noord over het eiland lopen, binnen en buiten de bodemdalingsschotel. Hier is een selectie gemaakt van de buizen die in de overstromde valleien liggen. Voor de vergelijking met de rapportage met Wiertz (1992) zijn de parameters pH en EGV beschikbaar. Hier is een vergelijking met het EGV gemaakt om iets over mogelijke verandering in het zoutgehalte van het grondwater te kunnen zeggen. De vergeleken waarden betreffen de zomerperiode. Hierbij moet worden aangetekend dat de meetreeksen misschien te kort zijn om de variatie tussen jaren, mogelijk door verschillen in grondwaterstand, te scheiden van een structurele verandering.

Tabel 10
Ligging van de
peilbuizen binnen het
valleionderzoek.

Vallei	Peilbuis
NC02, NC06	17Ab, 21A, 21Bb
NC12	8Ab, 8Bb
NC07	11Ab

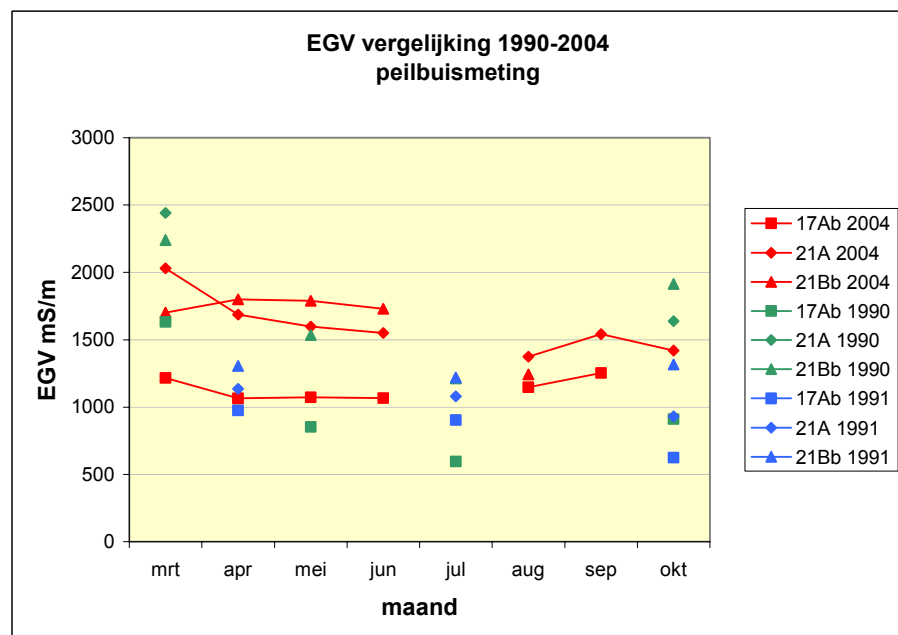
In de buis 11Ab is het zoutgehalte in 2004 in alle gevallen duidelijk verhoogd. Dit geldt ook voor de buis 8Ab maar niet voor de buis 8Bb. Deze laatste ligt nog exact op hetzelfde niveau. De buizen 8Ab en 8Bb liggen slechts 10 meter uit elkaar waarbij 8Ab op de valleibodem ligt waar ook overstroming en langdurige inundatie plaats vindt. De filters in beide buizen zijn vergelijkbaar, 80-110 cm. –MV voor 8Ab en 90-120 cm. –MV voor 8Bb. Buis 8Bb bevindt zich enkele decimeters hoger in een laag duintje waar het maaiveld bij de buis bij inspoeling overstromd met zeewater maar waar geen sprake is van langdurige inundatie. Gezien de korte afstand en de waarschijnlijk goede doorlaatbaarheid van de bodem een opvallend verschil.

Grafiek 12
Vergelijking EGV 1990
– 2004 in de vallei
NC12 (8Ab, 8Bb) en
NC07(11Ab).



In vallei NC02/NC06 geeft buis 17Ab aan het eind van de zomer een lichte verhoging aan. In het voorjaar zijn de waarden vergelijkbaar met 1990-1991. Buis 21A en 21Bb laten behoorlijke jaarlijkse fluctuaties zien maar er lijkt niet een structurele verhoging van de EGV waarden aan de orde te zijn. Beide buizen bevinden zich 8 meter van elkaar verwijderd, laag in de vallei waar sprake is van inspoeling met zeewater en langdurige inundatie.

Grafiek 13
Vergelijking EGV 1990
– 2004 in de vallei
NC02 (17Ab, 21A,
21Bb).

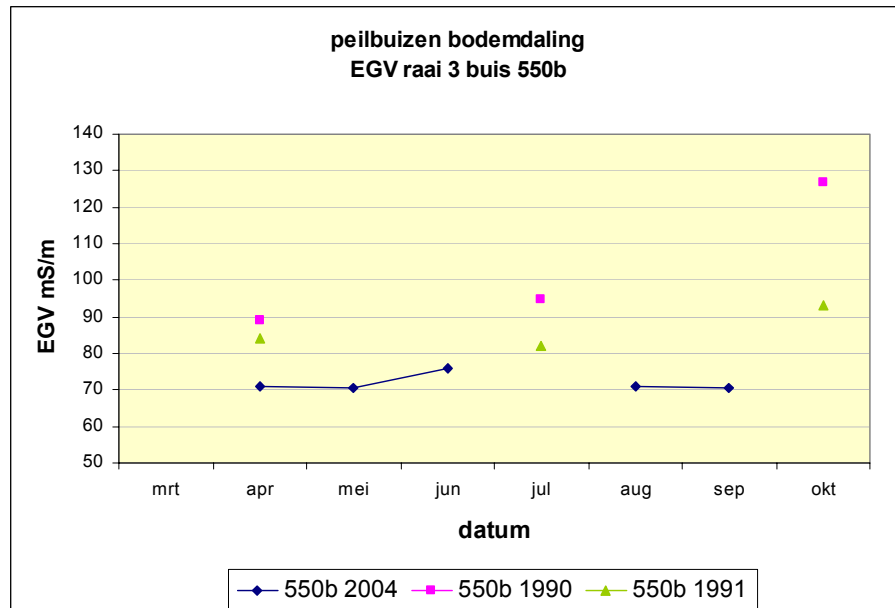


Ter completering van de vergelijking zijn de EGV waarden van een peilbuis ter hoogte van strandpaal 20 vergeleken. Het betreft buis 550b. De buis bevindt zich in de grote vallei tussen Kooioerdstuifdijk en de zeereep en deze is in het rapport van Schouten (1999) als vallei G aangemerkt. Hier vindt geen inspoeling van zeewater plaats. Hier is sinds 1991 ongeveer 15 cm. bodemdaling opgetreden. De EGV waarden zijn hier juist gedaald, hetgeen duidelijk maakt dat een simpele rekensom dat bodemdaling leidt tot ziltter grondwater niet steeds opgaat. Een uitgebreidere analyse en discussie



van de kwaliteit van het grondwater in het bodemdalinggebied valt buiten dit onderzoek.

Grafiek 14
Vergelijking EGV 1990
– 2004 in vallei t.h.v.
paal 20. Buis 550b.



7. Duindoornsterfte en duindoorngroei

Op zoek naar een verklaring van de in 1994 geconstateerde duindoornsterfte als gevolg van een gebeurtenis in de periode 1989-1992 (Slim, 1997) in een aantal valleien kan op basis van dit onderzoek geconstateerd worden dat verzilting en overstrooming met zeewater geen duidelijke verklaring bieden. Ook tijdens deze onderzoeksperiode is geconstateerd dat duindoorns rond de valleien regelmatig 'kopje onder'gaan in zeewater en desondanks tot nu geen sterfte laten zien ([foto 6](#)). Ook de inspoeling met zeewater vroeg in de herfst of laat in het voorjaar geeft geen duidelijke verklaring ([tabel 9](#)) voor de sterfte in de periode 1989-1992. De late voorjaarsinundatie van 1 april 1994 kwam te laat om de sterfte te verklaren, toen waren de struiken al dood. Van een sterke verzilting van het grondwater in de periode 1991-2004 is ook geen sprake ([paragraaf 6](#)).

*Foto 6
Opdrijfsel in kruin van
duindoornstruweel
langs rand van vallei bij
meetpunt NC06. 11
februari 2004.*



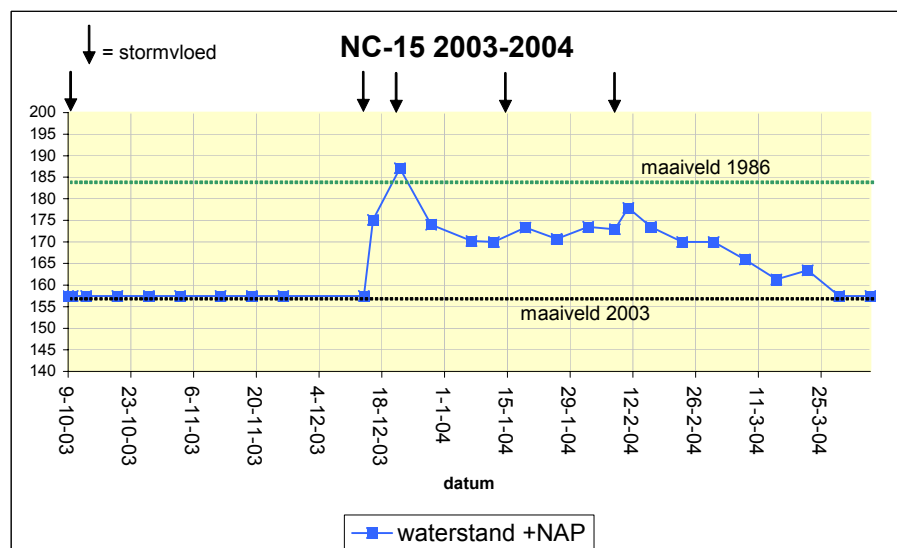
De sterfte vond vooral plaats op de bodem van de valleien en de hoogteligging van deze bodems in dit onderzoek ([tabel 3](#)) maakt duidelijk dat deze allemaal binnen een smalle range van +NAP 135 cm. tot +NAP 157 cm. liggen (meting 2001). En hoewel er momenteel sprake is van compensatie van de bodemdaling ([paragraaf 3.1](#)) moet bij een bodemdaling van 27 cm. tot 2003 toch rekening worden gehouden met vernatting door stijgend grondwater.

Als voorbeeld van een reconstructie tot het oorspronkelijke maaiveld van 1986 is hier gekozen voor vallei NC15. In deze vallei is duidelijke duindoornsterfte zichtbaar. In [grafiek 15](#) is de waterstandmeting van 2003-2004 weergegeven bij een gemeten maaiveldhoogte van 157 cm.+NAP. In deze situatie ligt het maaiveld droog tot 15 december waarop een eerste instroom met zeewater plaats vindt. Op 21 december en 8 februari volgt nog tweemaal een instroom met zeewater. In combinatie met neerslag resulteert dit in inundatie van de vallei in de periode 15 december tot 25 maart. Een periode van ruim 13 weken aaneengesloten met veelal 10 -15 cm. water boven maaiveld.

Foto 7
Dode duindoorns in
geïnundeerde vallei bij
meetpunt NC15.



Grafiek 15
Simulatie maaiveld
1986 in grafiek van
waterstanden bij
meetpunt NC15 in
winter 2003-2004.



Indien uitsluitend met de factor bodemdaling rekening gehouden zou worden dan zou het maaiveld in vallei NC15 in 1986 27 cm. hoger hebben gelegen. De groene lijn op een maaiveldhoogte van 184 cm. in [grafiek 15](#) geeft deze situatie aan. Bij een dergelijke maaiveldhoogte zou inspoeling waarschijnlijk alleen op 21 december hebben plaatsgevonden en zou de inundatie korter dan 1 week geduurd hebben. De waarheid ligt waarschijnlijk 'in het midden' gezien de in dit onderzoek geconstateerde compensatie van de bodemdaling op maaiveldniveau.

In [grafiek 16](#) zijn de meetwaarden van de winter 2003-2004 gebruikt om de duur van inundatie in 1986-1987 te reconstrueren. De tot 2003 opgetreden bodemdaling is voor alle valleien gecorrigeerd met 27 cm. zodat gekeken is hoe lang er water boven het maaiveld zou staan indien de bodem 27 cm. hoger zou liggen. De valleien waar duindoorns stonden die in 2003 als dode struik nog zichtbaar waren betreft NC03, 04, 05, 09, 11, 12, 14 en 15. De duur van inundatie is in al deze valleien fors toegenomen en dit is naar alle waarschijnlijkheid de sterfteoorzaak geweest. Een verdere ondersteuning hiervoor valt in het veld te zien. Naast de dode duindoorns in de diepste delen van de valleien valt op dat juist op de rand van de valleien een sterke

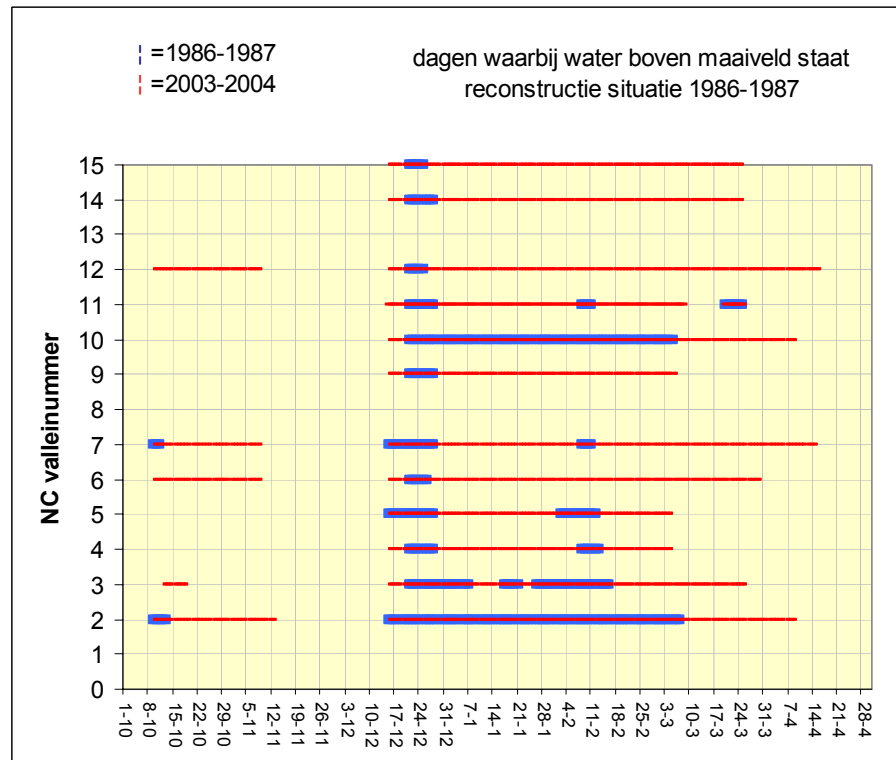
vestiging en groei van nieuwe duindoorns heeft plaatsgevonden. Opvallend is dat dit gebeurd is en nog gebeurt op een niveau dat slechts zo'n 10 – 30 cm. boven het langdurige inundatieniveau ligt. Deze afstand betreft dan het niveau waar de stam het maaiveld raakt, zodat de wortelzone ongeveer 10 – 30 cm. redelijk droge bodem heeft en dan in langdurige onderdompeling terecht zal komen. Deze ondiep wortelende duindoorns hebben tijdens het begin van de bodemdaling waarschijnlijk ook op de valleibodems gestaan en deze zijn vervolgens geconfronteerd met een toenemende inundatieduur waardoor sterfte is ontstaan. Op [foto 7](#) is zichtbaar dat de dode duindoorns op een plaats staan die tenminste sinds de winter 2001-2002 meerdere maanden geïnundeerd is (vallei NC15). De duindoorns zouden zich nooit gevestigd hebben onder dergelijke omstandigheden en waren dus reeds aanwezig voor deze langdurige inundaties begonnen. Waarschijnlijk is de wortelzone van deze struiken 1 of 2 jaar voorafgaand aan de in 1994 geconstateerde sterfte door het water verstikt. Op dat moment bedroeg de berekende bodemdaling voor deze plaats 11 cm.

*Foto 8
Nieuwe vitale vestiging
van duindoorn aan
bovenrand van vallei
NC06. 11 februari
2004.*





Grafiek 16
Reconstructie van
tijdsduur van inundatie
in 1986-1987 door
correctie van de in
2003 opgetreden
bodemdaling van
27 cm.





8. Conclusies

- De door Schouten voorspelde sterke stijging van het aantal overstromingen door 28 cm. bodemdaling is niet opgetreden ([paragraaf 4.2](#)). Het aantal inspoelingen ligt nog op hetzelfde niveau als in 1987.
- In de valleien vindt compensatie van de bodemdaling plaats door instuiving van zand uit de zeereep en bodemvorming door de vegetatie. In de meetperiode 2002-2004 bedraagt dit gemiddeld 2.55cm.
- De voorspelde verzilting van de bodem in de periode 1992-2004 door de bodemdaling is niet structureel aanwijsbaar. Zowel een lichte toename van het EGV van het grondwater als een lichte afname kan op diverse meetpunten aangetroffen worden.
- De tijdsduur van inundatie van de onderzochte valleien is sinds 1986 fors toegenomen. Het merendeel van de valleien heeft in 1986 een enkele week een weinig water boven maaiveld en in de onderzoeksperiode 2001-2004 iedere winter gedurende meerdere maanden decimeters water boven het maaiveld staan. Hieruit blijkt dat de bodemdaling in de valleien tot nu niet geheel gecompenseerd is.
- Kortdurende overspoeling van duindoorns met zeewater leidt niet tot aantasting van de struiken.
- De sterfte begin negentiger jaren van duindoorns in valleien is zeer waarschijnlijk veroorzaakt door langere inundatie van de wortelzone op het moment dat de bodemdaling 11 cm. bedroeg.

Er heeft sinds de sterfte van de duindoorns op de valleibodems een sterke nieuwe vestiging plaats gevonden op de rand van meerdere valleien. Deze vestiging is nog steeds gaande.



Literatuur

Meijden, R. van der, 2000. Bedreigde en kwetsbare vaatplanten in Nederland. Gorteria 26-4. Nationaal Herbarium Nederland, Leiden.

Schouten, D, 1999. Overstromingsrisico duinvalleien Ameland-Oost. NAM, Assen.

Slim, P.A., 1997. Vooronderzoek duindoornsterfte duingebied Oost-Ameland, Rapport 307, IBN, Wageningen.

Wiertz, J. 1992. De grondwaterkwaliteit in enkele duinvalleien op Oost-Ameland in 1990-1991. IBN-DLO, Wageningen.

Weeda, E.J., Westra, R., Westra, C. en T. Westra, 1987. Nederlandse oecologische flora; wilde planten en hun relaties. Deel 2. IVN, Amsterdam.