

Proefverkweldering Noard-Fryslân Bûtendyks

Evaluatie kwelderherstel 2000-2005

WAGENINGEN IMARES



koeman en bijkerk bv
eologisch onderzoek en advies



A&W ECOLOGISCH ONDERZOEK



Fryske Feriening foar Fjildbiologjy

Proefverkweldering Noard-Fryslân Bûtendyks

Evaluatie kwelderherstel 2000-2005

W.E. van Duin ¹
P. Esselink ²
D. Bos ³
R. Klaver ³
G. Verweij ²
P.-W. van Leeuwen ¹

2007

1 Wageningen IMARES, Postbus 167, 1790 AD Den Burg, Texel; rapport C020/07

2 koeman en bijkerk bv, Postbus 14, 9750 AA Haren; koeman en bijkerk rapportnr. 2006-045

3 Altenburg & Wymenga, Postbus 32, 9269 ZR Veenwouden; A&W-rapport 840

Foto omslag:

De proefverkweldering met aangrenzende zomerpolders en kwelders © *Provinsje Fryslân, 2003.*

INHOUDSOPGAVE

DANKWOORD	5
SAMENVATTING	7
SUMMARY	9
1 INLEIDING	11
1.1 Achtergrond.....	11
1.2 Vraagstelling en doel	12
1.3 Rapportage	13
1.4 Leeswijzer	13
2 GEBIEDSBESCHRIJVING.....	15
2.1 Recente historie Noard-Fryslân Bûtendyks	15
2.2 Herinrichting en overgangsbeheer proefverkweldering	16
2.3 Beheer in het Noarderleech	16
2.3.1 <i>Beweidning</i>	16
2.3.2 <i>Bemesting</i>	18
2.3.3 <i>Distelbestrijding</i>	19
2.3.4 <i>Waterbeheer</i>	19
2.4 Vegetatie	20
2.5 Overstromingsfrequentie.....	22
2.6 Het weer.....	24
3 PROEFOPZET EN METHODEN	27
3.1 Proefopzet abiotiek en vegetatie.....	27
3.2 Methoden voor beschrijving van de abiotiek.....	29
3.2.1 <i>Verziltning</i>	29
3.2.2 <i>Maaiveldhoogte</i>	30
3.2.3 <i>Doorstroomprofiel krekens</i>	32
3.3 Vegetatie-ontwikkeling	34
3.3.1 <i>Soortenkartering op permanente transecten in de proefverkweldering</i>	34
3.3.2 <i>Permanente kwadraten (PQ's)</i>	37
3.4 Ganzen en broedvogels.....	37
3.4.1 <i>Ontwikkelingen in het habitat</i>	37
3.4.2 <i>Verspreiding en begrazingsdruk Brand- en Rotganzen</i>	38
3.4.3 <i>Broedvogels</i>	38
4 RESULTATEN EN CONCLUSIES	41
4.1 Verziltning	41
4.1.1 <i>Verziltning in de proefverkweldering</i>	41
4.1.2 <i>Verziltning in de aangrenzende zomerpolders</i>	47
4.2 Maaiveldhoogte.....	50
4.2.1 <i>Waterpassingen</i>	50
4.2.2 <i>Sedimentatie-Erosie Balk</i>	52
4.2.3 <i>Opslibbingsplaten</i>	57
4.2.4 <i>Soortelijk volume bodem en sedimenthuishouding proefverkweldering</i>	60
4.3 Doorstroomprofiel krekens.....	64
4.4 Vegetatie-ontwikkeling	66
4.4.1 <i>Permanente transecten</i>	66
4.4.2 <i>Permanente kwadraten (PQ's)</i>	77
4.5 Ganzen.....	84
4.5.1 <i>Ontwikkelingen in het habitat</i>	84
4.5.2 <i>Aantallen en verspreiding Brand- en Rotganzen in Noard-Fryslân Bûtendyks</i>	88
4.5.3 <i>Begrazingsdruk ganzen op het Noarderleech</i>	92
4.6 Broedvogels in en om de proefverkweldering.....	94
4.6.1 <i>Broedvogels op Noard-Fryslân Bûtendyks</i>	94
4.6.2 <i>Voorkomen broedvogels in het Noarderleech</i>	96
5 EVALUATIE.....	101
5.1 Inleiding.....	101

5.2	Evaluatie proefverkweldering	102
5.2.1	Streefbeeld	102
5.2.2	<i>Succes van de proefverkweldering</i>	102
5.2.3	<i>Toekomstbeeld proefverkweldering</i>	106
5.3	Evaluatie getroffen inrichtingsmaatregelen.....	107
5.3.1	<i>Proefverkweldering</i>	107
5.3.2	<i>Aangrenzende zomerpolders</i>	110
5.4	Kennislacunes.....	110
5.5	Aanbevelingen	111
LITERATUUR		115
ANNEX		119
BIJLAGEN		127

DANKWOORD

De nulmeting en het daarop volgende monitoringonderzoek is uitgevoerd in opdracht van It Fryske Gea en is mogelijk gemaakt door financiële bijdragen van de EU (LIFE-Nature programma), het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Rijkswaterstaat, de Provinsje Fryslân, het Prins Bernhard Cultuurfonds, de Rijksuniversiteit Groningen en It Fryske Gea.

Alle veldonderzoek is in overleg en nauwe samenwerking met It Fryske Gea uitgevoerd, waarbij met name de inzet van Albert Ferwerda, Johannes Westerhof, Gerrit van de Leest en Gerrit Krottje bij diverse veldwerkzaamheden van grote waarde was. Aad Sleutel en Koos Zegers waren onmisbaar bij het plaatsen van de vele SEB-palen en bij de eerste metingen. Petra Daniels was behulpzaam bij het ingraven van de opslibbingsplaten. Mineke Wolters en Jojanneke Bijkerk hebben een belangrijke bijdrage geleverd aan het vegetatie- en bodemonderzoek.

De vogelgegevens hadden niet verzameld kunnen worden zonder de inzet van de Wadvogelwerkgroep van de Fryske Feriening foar Fjildbiology. Het veldwerk aan ganzen en broedvogels werd in de periode 2001-2005 verricht door: J. Baalbergen, S. Boersma, K. van der Bij, F. Bijma, K.B.H. Cuyten, E. Douwma, K. van Dijk, H. Engelmoer, M. Engelmoer, H. Eikhoudt, L. Eikhoudt, K. Eschbach, W. Evenhuis, J. Feddema, A. Ferwerda, R. Fopma, A. Formsma, M. Geertsma, G. Fortuin, P. de Graaf, D. Greydanus, J. Groenia, P. Hallema, J. Hanenburg, M. Heegstra, W. van der Heide, Y. van der Heide, L. Hemrica, J.T. Hendriksma, D. Hiemstra, H. Hiemstra, P. Homsma, H. Horstmann, L. Kazimier, J. Kleefstra, R. Kleefstra, L. van Kooten, T. Mank, A. Kraus, G. Krottje, R. Kuipers, E. van der Laan, A. Lageveen, D. Lautenbag, J. C. van der Linden, E. Meyer, J. Mosselaar, W. Mud, E. Mulder, T. Oenema, L. Olivier, A. Oosterdijk, S. Prins, S. Rienks, J. Roosma, T. Roosjen, P. Rozema, K. Sars, J. Scheepers, J. Schenkel, D. Schut, J. Sijtsma, W. Spoelstra, J. Stahl, Tj. Stielstra, J. Stienstra, J. Taal, J. Tuinhof, J. Veenstra (†), A.J. Visser, A. Visser, J. Visser, T. Vlietstra, D. Vreugdenhil, K. de Vries, K. van der Wal, T. Walda, H. Westerhuis, J. Westerhuis, B. Weijer, T. Zijlstra en J. Zoer.

Deelnemers van de door Jan Bakker (Rijksuniversiteit Groningen) georganiseerde Waddenzee-excursie worden bedankt voor hun inzet bij het opnemen van de hoogteligging van de drie permanente transecten in 2003.

Daarnaast willen we, zonder iedereen te noemen, ook de vele anderen bedanken die ons één of meerdere dagen hebben ondersteund bij het veldwerk.

Erik Meesters (IMARES-Texel) wordt bedankt voor het uitvoeren van de statistische analyses van de SEB-metingen. Maarten Loonen (Koeman en Bijkerk) was zo vriendelijk om de HLM-analyses van de verzilting en de opslibbingsplaten uit te voeren. Dick de Jong (RWS-RIKZ) was bereid om mee te denken over het gebruik van het programma SALT97 bij het classificeren van de vegetatieopnamen van de permanente kwadraten.

De begeleidingscommissie bestaande uit Jan Bakker (RUG), Kees Dijkema (IMARES-Texel; voorheen Alterra-Texel), Aante Nicolai (RWS-DNN), Meinte Engelmoer en Niels Schotsman (Provinsje Fryslân), Sytze Braaksma (LNV), Henk de Vries en Sietske Rintjema (It Fryske Gea) en Jaap de Vlas (RIKZ) en Ultsje Hosper (It Fryske Gea) worden bedankt voor hun stimulerende meedenken.

Rijkswaterstaat, het Wetterskip Fryslân, de Rijksdienst der Domeinen, het Ministerie van LNV en It Fryske Gea worden bedankt voor het verlenen van de benodigde terreinvergunningen.

SAMENVATTING

In Noord-Friesland liggen buitendijks, voornamelijk als weidegrond gebruikte, zomerpolders die potentieel geschikt zijn om tot een herstel en vergroting van het bestaande kwelderareaal te komen. Om van Noard-Fryslân Bûtendyks een grootschalig kweldergebied te maken, bestaat het voornemen om de huidige zomerpolders tot kwelders om te vormen. Omdat er weinig ervaring is met deze vorm van natuurontwikkeling én om inzicht te verkrijgen in het verkwelderingsproces heeft It Fryske Gea in één van haar zomerpolders in het Noarderleech een proefverkweldering uitgevoerd ter grootte van 135 ha. Om de ontwikkeling van zomerpolder (de uitgangstoestand) naar een beweidbare kwelder (het streefbeeld) goed te kunnen volgen is in de uitgangssituatie de abiotiek, vegetatie, ganzen en broedvogels beschreven. Daarna zijn vanaf het moment dat de drie doorgravingen in de zomerkade zijn aangebracht (14 september 2001) de ontwikkelingen in de proefverkweldering gevolgd tot en met 2005. Het onderzoek bestond uit een beschrijvende monitoring en een experimenteel deel met meerjarige veldproeven. Dit laatste onderzoek richtte zich vooral op factoren die van invloed zijn op de hoogteveranderingen en vegetatieontwikkeling in het gebied.

In deze rapportage vindt op basis van de verzamelde gegevens een evaluatie plaats van de ontwikkelingen die tot nu toe in Noard-Fryslân Bûtendyks, en dan met name in het Noarderleech, hebben plaatsgevonden.

In tegenstelling tot de verwachting bleek de verzilting van de proefverkweldering niet sprongsgewijs te gaan, maar een geleidelijk verlopend proces te zijn. Aan het eind van de monitoringsperiode lag het zoutniveau nog minstens 30% onder dat van de referentie (= de voorliggende kwelder).

Het zoute water en sediment konden de proefverkweldering goed bereiken. Dit is niet ten koste gegaan van de opslibbing in de voorliggende kwelders. Zoals verwacht was de opslibbing in de lage delen van de proefverkweldering het hoogste. Op basis van de huidige hoogteligging, de gemeten opslibbing en de over het geheel genomen goede ontwatering mag dan ook een ontwikkeling naar een grazige kweldervegetatie worden verwacht. Overgedimensioneerde gegraven krekken zijn deels aan het dichtslibben en/of versmallen. Tijdens dit proces ontstaan potentiële vestigingsplaatsen voor halofyten.

Een groot aantal zouttolerante plantensoorten of halofyten bleken al op beperkte schaal in de uitgangssituatie aanwezig te zijn, dus vóór dat de feitelijke uitdijking van het gebied werd gerealiseerd. Als gevolg van de geleidelijke verzilting is de bedekking door zouttolerante plantensoorten toegenomen ten koste van de niet-zouttolerante tot matig-zouttolerante soorten. In laaggelegen delen is vaak al sprake van een kweldervegetatie, gedomineerd door Klein Schorrenkruid en Zeekraal. Deze pioniersoorten worden langzamerhand vervangen door een graziger vegetatie met Gewoon kweldergras.

Beweiding zorgde door de combinatie van vertrapping en korte afgegraasde vegetatie voor een iets drogere, compactere en zoutere bodem en met name op de wat hogere delen voor een lagere netto toename van de maaiveldhoogte. Ook zorgde beweiding voor een hogere biodiversiteit. In de exclusures waar de invloed van het vee ontbreekt, ontwikkelde zich een soortenarme Kweekvegetatie. In enkele exclusures heeft zich in de eerste vier jaar na uitpoldering Zeekweek (tot voor kort Strandkweek genoemd) gevestigd. De verwachting is dat in de exclusures Zeekweek op termijn Kweek zal verdringen. Voor de realisatie van de doelstellingen van het beheer vormt beweiding daarom een essentieel beheersinstrument.

Tot nu toe is de benutting van de proefverkweldering door ganzen in de herfst veel lager gebleven in vergelijking met die van de bestaande beweide kwelders. In het voorjaar daarentegen liet de benutting vanaf het eerste seizoen na uitpoldering een substantiële toename zien. De verwachting is dat door de toename van een grazige vegetatie in de proefverkweldering, ook de benutting door ganzen in het najaar in de loop der jaren zal toenemen.

In de drie seizoenen na het doorsteken van de zomerkade was geen duidelijke wijziging in broedvogelaantallen waar te nemen in de proefverkweldering. Bij de meeste soorten zijn geen trendmatige veranderingen gevonden.

Bij de monitoring is ook aandacht besteed aan de mogelijke effecten op de directe omgeving van de proefverkweldering. Door de ophoging van de zuidelijke zomerkade is de kans op overstroming van de aangrenzende zomerpolders afgenomen. In de aan de proefverkweldering grenzende zomerpolder is geen aanwijzing gevonden voor verzilting als gevolg van de ontpoldering. Op een aantal locaties in de zomerpolder is daarentegen sprake geweest van een afgenomen zoutinvloed.

Het gebruik van het onderzochte aangrenzende binnendijkse gebied door ganzen is gering gebleven. Parallel aan een toename in de wereldpopulatie Brandganzen, en de lokaal aanwezige totale aantallen ganzen, is er sprake van een lichte toename in de waargenomen aantallen binnendijks. Er is echter geen sprake van een directe relatie tussen deze toename en de proefverkweldering. De aantallen binnendijks vallen bovendien in het niet bij wat buitendijks wordt waargenomen. Gezien de schijnbaar moeiteloze toename van de aantallen ganzen buitendijks was de draagkracht van Noard-Fryslân Bûtendyks inclusief proefverkweldering, kennelijk nog niet bereikt.

De belangrijkste conclusie uit het monitoringsonderzoek is dat de proefverkweldering nu reeds een succes is. Na vier jaar was nog wel steeds sprake van voortgaande veranderingen in het gebied ten gevolge van de verkweldering. De richting van de veranderingen is echter tot dusver gunstig. Met het oog op de voorgenomen verdere verkwelderingen in Noard-Fryslân Bûtendyks is een belangrijke vraag hoe het succes verklaard kan worden. Uit de evaluatie en vergelijking met enkele andere verkwelderingen in Europa blijkt dat de proefverkweldering in NFB aan een aantal essentiële randvoorwaarden (milieufactoren en beheer) heeft voldaan. De hoogteligging in het getijdenvenster, beschikbaarheid van sediment, aan- en afvoer van zout water, ontwatering en aanvoer van doelsoorten waren allemaal voldoende om de ontwikkeling van een zilte kweldervegetatie mogelijk te maken. Beweiding bleek essentieel om de ontwikkeling van een soortenarme Kweekvegetatie te voorkomen.

Voor de proefverkweldering is het streefbeeld op praktische wijze omschreven als "*beweidbare kwelder*". Voor Noard-Fryslân Bûtendyks als geheel is het streefbeeld omschreven als een "*halfnatuurlijk landschap waarin gestreefd wordt naar een gevarieerde vegetatie met zoveel mogelijk planten- en diersoorten die van nature op kwelders thuishoren*". De kwalificatie halfnatuurlijk is van grote invloed bij het maken van beheerskeuzes.

Ten aanzien van de inrichtingsmaatregelen, gebruikte monitoringsmethoden en kennislacunes worden tot slot op basis van de opgedane ervaring enige aanbevelingen gedaan.

SUMMARY

In the Wadden Sea, embankments for both agricultural purposes and coastal protection have caused a major loss of mainland salt marshes; their present extent being limited compared to historic reference values. To ameliorate this situation, some 1100 ha of summer polders in Noard-Fryslân Bûtendyks are being restored to salt marsh. By its extent, this is the most important restoration site for salt marshes in Europe. In 2001, the first polder of 135 ha was de-embanked.

In order to evaluate the project ecologically, a five-year monitoring programme was launched. Tidal influence in the summer polder was restored by the construction of artificial creeks that were connected to existing creeks in the fronting salt marsh via three breaches in the summer bank. Where these creeks were oversized they rapidly filled with sediment. Surface-elevation change was highest near the breaches and the artificial creeks. In exclosures, surface-elevation change was higher than in grazed areas. Trampling by cattle and horses may have caused some erosion and soil compaction in the grazed area. Sedimentation in the adjacent salt marsh was not affected by the de-embankment. Increase of soil salinity in the restoration site was relatively slow; it's still somewhat lower than the reference value of the adjacent marsh. Halophytes, however, rapidly invaded the area at the expense of less salt-tolerant plant species. Based on vegetation data, the project appeared to be successful within a couple of years after de-embankment. In grazed areas, the number of target plant species was higher compared to ungrazed control areas. Non-grazed areas had a low biodiversity and were often dominated by *Elymus repens*. With an increasing salt influence this species most likely will be replaced by *E. athericus*.

The shift in vegetation had no clear effect on breeding birds in the area. In autumn the number of foraging geese decreased. It is expected, however, that this is only a temporary effect. When the saline vegetation shifts more towards *Puccinellia maritima* over the years, the restoration site will become attractive again for geese. In spring the use of the site increased from the start of the de-embankment on.

A comparison with a few other restoration projects in Europe was made to clarify the success. Level to the tidal frame, sediment availability, tidal exchange, drainage, source area for target species and grazing management all were important factors for a rapid development of the saline vegetation.

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Langs de Waddenkust van Noord-Friesland liggen buitendijks, voornamelijk als weidegrond gebruikte, zomerpolders die potentieel geschikt zijn om te verkwelderen/ontpolderen. Het plan 'Noard-Fryslân Bûtendyks' (Hosper & de Vlas, 1994) houdt in om via ontpoldering van ca. 1100 ha zomerpolders het oorspronkelijke karakter van dit gebied te herstellen. Na verkwelderen zal één van de grootste aaneengesloten kweldergebieden van Europa ontstaan. Voor de realisatie heeft de vereniging It Fryske Gea subsidie verworven uit het LIFE-Nature-programma van de EU en is steun door het Rijk (Rijkswaterstaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit) en de Provincie Fryslân verzekerd.

Om van Noard-Fryslân Bûtendyks een zilte vastelandskwelder te maken zullen (delen van) de huidige zomerpolders moeten worden omgevormd. Omdat er weinig ervaring is met deze vorm van natuurontwikkeling voert It Fryske Gea een proefverkweldering uit (ter grootte van 135 ha) in één van haar zomerpolders in het Noarderleech (in het Nederlands Noorderleeg genaamd) (Fig. 1.1).



Figuur 1.1 Luchtfoto van de proefverkweldering en aangrenzende kwelder en zomerpolders (1989).

Het **streefbeeld** is om van de zomerpolder een beweidbare kwelder te maken. Hierbij horen ook de natuurlijke processen die op een kwelder plaatsvinden (bijv. water- en sedimentuitwisseling), de structuur van een kwelder (oeverwallen, kommen, kreken en vegetatie) en duurzaamheid. Voor de uitvoering van deze proefverkweldering zijn de volgende uitgangspunten opgesteld:

- *Getijwater moet het proefgebied vrij kunnen in- én uitstromen:*

- hierdoor moet vestiging van zoute plantensoorten plaatsvinden, die de huidige zoete vegetatie geheel of tenminste grotendeels zal vervangen;
- eigenaren van aangrenzende zomerpolders mogen geen hinder ondervinden van de proef dus er mag daar geen extra vernatting en verzilting plaatsvinden;
- *Er moet voldoende opslibbing plaatsvinden (om aan het streefbeeld te kunnen voldoen):*
 - inklink, zeespiegelstijging en bodemdaling moeten door de opslibbing bijgehouden kunnen worden;
 - de voor het proefgebied liggende kwelder mag geen nadelige gevolgen ondervinden van de verkweldering;
 - een hogere opslibbing dan noodzakelijk voor het streefbeeld is niet wenselijk, omdat dat kan leiden tot een snelle veroudering van de vegetatie en vermindering van diversiteit;
- *De veiligheid moet gewaarborgd blijven:*
 - de overstromingsfrequentie en overstromingsduur mogen niet veranderen in de buiten het proefgebied gelegen zomerpolders;
 - de proefverkweldering dient onder gecontroleerde omstandigheden plaats te vinden;
 - de doorgravingen in de buitenste zomerkade moeten zo zijn aangebracht dat ze niet kunnen eroderen.

Bepaalde ontwikkelingen, bijvoorbeeld betreffende opslibbing en vegetatieontwikkeling, lijken aannemelijk, maar kunnen niet met zekerheid voorspeld worden. Evenmin bestaat er zekerheid over de mogelijke invloed van het verkwelderen op de voorliggende kwelders of op het gebruik van het gebied door ganzen en broedvogels. De proefverkweldering moest daarom inzicht geven in het verkweldingsproces en eventuele gevolgen voor flora en fauna. Om te kunnen beoordelen hoe toekomstige verkwelderingen het best kunnen worden aangepakt, ging de proef gepaard met uitgebreid onderzoek.

Alterra en Koeman en Bijkerk bv waren verantwoordelijk voor het onderzoek betreffende de vegetatie en abiotische factoren. Altenburg & Wymenga voerde in samenwerking met de Wadvogelwerkgroep Fryske Feriening foar Fjildbiology (FFF) het ganzen- en broedvogelonderzoek uit. De coördinatie van het onderzoekprogramma werd uitgevoerd door Alterra.

De inrichtingswerkzaamheden (o.a. ophogen binnenste zomerkade, dempen van bestaande dijksloot aan noordzijde van het proefgebied en graven van drie hoofdkreken) werden voor het grootste deel in de zomer/herfst 2000 uitgevoerd. De daadwerkelijke proefverkweldering, d.w.z. het maken van de drie doorgravingen in de buitenste zomerkade, vond plaats op 14 september 2001. De uitgangssituatie ('nulsituatie') in en rond het proefgebied is beschreven in van Duin *et al.* (2002). Voor aanvullende informatie betreffende de uitgangssituatie voor de ganzen en broedvogels wordt verwezen naar Engelmoer *et al.* (1998, 2001) en Engelmoer (2002).

1.2 Vraagstelling en doel

De vraagstelling voor het monitoringsonderzoek was: "kan zich door de voorgestelde inrichtings- en beheersmaatregelen (uitpoldering, het stoppen van bemesting, het nalaten van greppelonderhoud en het extensiveren van beweiding) een gevarieerde kweldebegroeiing ontwikkelen in de proefverkweldering". Een belangrijke vraag daarbij is hoe na de uitpoldering de verdeling van het aangevoerde slib over de bestaande kwelders en de proefverkweldering zal plaatsvinden. De ontwikkeling van de vegetatie hangt sterk af van de aanvoer van zaden en vegetatieve delen vanaf de bestaande kwelder. Daarnaast speelt de structuur van de vegetatie - en daarmee indirect de beweiding - in de proefverkweldering een rol bij de sedimentatie.

Hoofddoelstelling van het volledige project was: "*Inzicht te verkrijgen in abiotische en biotische veranderingen die optreden bij een verkweldering vanuit een zomerpoldersituatie*".

Hiernaast waren nog de volgende nevendoelestellingen geformuleerd:

- het project moet inzicht geven in de ontwikkeling van de hoogteligging en de vegetatie in de proefverkweldering;
- het project moet inzicht geven in de mogelijke effecten van de verkweldering op de aanliggende kwelders en kwelderwerken;
- eventuele effecten van de verkweldering op aanliggende (agrarische) gebieden /zomerpolders moeten aangegeven worden;
- het project moet inzicht geven in de effecten op de fauna, waarbij voornamelijk aandacht besteed zal worden aan pleisterende ganzen en broedvogels;
- er moet ervaring met dit type natuurontwikkeling worden opgedaan waardoor het mogelijk wordt een advies betreffende inrichting en beheer te geven en voorspellingen te doen bij toekomstige kwelder-herstelprojecten.

Aan de hand van resultaten van het monitoringsonderzoek zullen de volgende hypothesen getoetst worden:

1. Uitpoldering zal een "zoutschok" in de proefverkweldering veroorzaken, waardoor de zoutmijdende vegetatie zal afsterven en vestigingskansen ontstaan voor kwelderplanten. In de overgangsfase is vooral het lager gelegen oostelijke deel van de proefverkweldering tijdelijk weinig begroeid en nat.
2. Na uitpoldering treedt er een snelle opslibbing op in het laaggelegen oostelijk deel van de proefverkweldering door de grote inundatiefrequentie. In het hoger gelegen westelijk deel van de polder zal de inundatiefrequentie lager zijn, waardoor hier een wat lagere opslibbing te verwachten is.
3. Opslibbing in de proefverkweldering zal geen effect hebben op de hoogteontwikkeling in de aangrenzende kwelders en kwelderwerken.
4. De maaiveldhoogte en mate van ontwatering zullen voldoende zijn voor het ontstaan van een grazige kweldervegetatie.
5. De opslibbing wordt mede beïnvloed door de vegetatiestructuur en daardoor indirect ook door de beweiding.
6. De vestiging van een kweldervegetatie is afhankelijk van zaadimport ¹ met het overstromingswater.
7. Het gebruik van de verkwelderde zomerpolder door ganzen en broedvogels zal niet afnemen.

1.3 Rapportage

In het voorliggende eindrapport vindt de evaluatie van de proefverkweldering plaats na vijf jaar monitoring van het kwelderherstel. Net zoals de vorige rapportages zal ook dit rapport meer het karakter hebben van een werkdocument voor de opdrachtgever/beheerder en de onderzoekers en zal daardoor mogelijk iets minder toegankelijk zijn. Van dit evaluatierapport zal ook een publieksvriendelijke versie gemaakt worden.

1.4 Leeswijzer

Het rapport is als volgt ingedeeld:

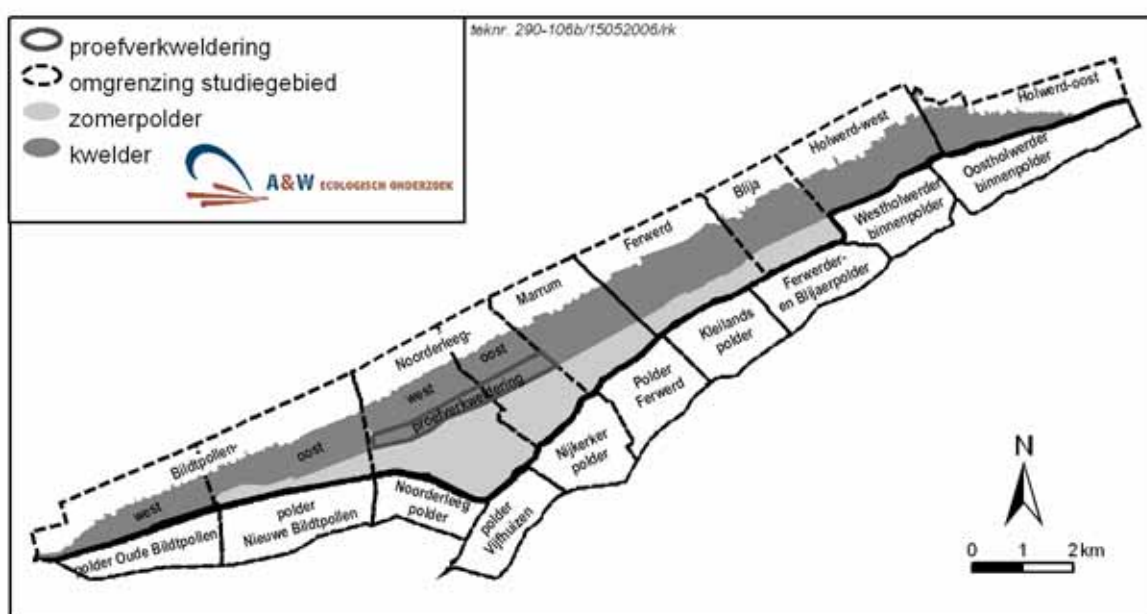
- Hoofdstuk 1 bevat de inleiding waarin de achtergrond, het doel van het project en de bij het onderzoek horende hypothesen kort behandeld worden.
- Hoofdstuk 2 geeft algemene informatie betreffende een aantal gebiedsgerelateerde onderwerpen die van belang zijn voor de uitgevoerde monitoring.
- Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de proefopzet, de uitgevoerde metingen en de gebruikte methoden.
- In hoofdstuk 4 worden de resultaten gepresenteerd en besproken. De meeste paragrafen worden afgesloten met een tekstkader waarin de conclusies (en soms ook stellingen) ten aanzien van de opgestelde hypothese(s) zijn opgenomen.

¹ De resultaten van dit onderdeel zijn apart onderzocht en gepubliceerd (Kolen, 1999; Geertsema, 2000; Bakker *et al.*, 2001; Willemse, 2004) en worden hier niet behandeld.

- Hoofdstuk 5 bevat de evaluatie na vier jaar monitoring en richt zich met name op het succes van de proefverkweldering en de effectiviteit van de getroffen inrichtingsmaatregelen. Daarnaast worden kennislacunes aangegeven en aanbevelingen gedaan ten aanzien van eventuele volgende uitpolderingen in Noard-Fryslân Bûtendyks en eventuele voortzetting van de monitoring in de proefverkweldering. Er wordt hierbij zoveel mogelijk geschreven vanuit de doelstelling en het perspectief van It Fryske Gea, namelijk: een herstel – en behoud van een *half*natuurlijk kwelderlandschap.

2 GEBIEDSBESCHRIJVING

De proefverkweldering heeft plaatsgevonden op het Noarderleech, onderdeel van Noard-Fryslân Bûtendyks (Fig. 2.1). In dit hoofdstuk gaan we in op een aantal algemene kenmerken van het gebied, en dan met name het Noarderleech. Om een compleet beeld te krijgen, en omdat het habitatgebruik van ganzen afhankelijk is van de habitatbeschikbaarheid in de nabije omgeving, zullen we ook enige aandacht besteden aan terreinbeschikbaarheid en beheer op de rest van Noard-Fryslân Bûtendyks. We zullen achtereenvolgens ingaan op de recente historie, enkele zaken die te maken hebben met de herinrichting en het overgangsbeheer in de proefverkweldering en algemene aspecten van beweiding, bemesting, distelbestrijding, waterbeheer en vegetatie. Tenslotte zullen we de weersomstandigheden en de overstromingsfrequentie gedurende de studieperiode presenteren.



Figuur 2.1 Schematische voorstelling van Noard-Fryslân Bûtendyks met namen van alle deelgebieden.

2.1 Recente historie Noard-Fryslân Bûtendyks

De 1100 ha zomerpolders van Noard-Fryslân Bûtendyks zijn aangelegd in de periode 1887 tot 1939. Zomerpolders verschillen van kwelders doordat ze zijn omgeven zijn door zomerkaden en daardoor slechts enkele keren per jaar, alleen tijdens zeer hoge tijden, overstroomd. Hierdoor is de zoutwater- en sedimenttoevoer beperkt. Als gevolg hiervan bestaat de vegetatie voornamelijk uit glycofyten met daarnaast enkele brakwatersoorten en soms lokaal een halofyt. De combinatie van een beperkte sedimentaanvoer en inklink leidt tot een steeds verder afnemende maaiveldhoogte.

In het kader van het Deltaplan moesten de dijken aangepast worden om ook aan de Friese kust de kustveiligheid te garanderen. Er werden vier hoofdvarianten voorgesteld (zie voor uitgebreide achtergronden Abrahamse & Muntingh, 1975):

- Plan A. Ophoging van bestaande zeedijk.
- Plan B. Ophoging bestaande zomerkaden: inpoldering van de zomerpolders.
- Plan C. Nieuwe dijk langs de kwelderrand: inpoldering van de zomerpolders en kwelder.
- Plan D. Nieuwe dijk over de koppen van de landaanwinningsvakken: inpoldering van de zomerpolders, kwelder, pioniervegetatie en een deel van de slikvelden.

In 1988 werd uiteindelijk gekozen voor Plan A en daarmee “handhaving” van de aanwezige natuurwaarden en gebruik.

In 1992 hebben de zomerpolders een bestemmingsverandering richting natuur gekregen, maar tot die tijd vormden agrarische activiteiten (beweiding, grasland, akkerbouw) de hoofdbestemming.

2.2 Herinrichting en overgangsbeheer proefverkweldering

Als achtergrondinformatie bij het beoordelen van de resultaten van de monitoring zijn een aantal aspecten rond de herinrichting en het overgangsbeheer van zomerpolder naar proefverkweldering van belang. Deze zaken worden hier expliciet genoemd. Voor overige informatie omtrent de herinrichting wordt verwezen naar Oranjewoud (1999).

Klepduikers

In 1997 zijn de nog in functie zijnde klepduikers in de zomerkade tussen kwelder en de (toen nog toekomstige) proefverkweldering opgezet. Ook het sluisje aan de westkant van de proefverkweldering stond al ruim voor 2001 open en is ook na de start van de proefverkweldering in 2001 open blijven staan. Het sluisje aan de oostkant is bij de herinrichtingswerkzaamheden wel afgesloten. Sinds 1997 is de aanvoer van zout water en daarmee de aanvoer van zaden en/of vegetatieve delen van kwelderplanten vrijwel zeker groter geweest dan zonder deze open verbindingen mogelijk was geweest.

Graafwerkzaamheden

Bij de inrichting van zomerpolder naar proefverkweldering zijn drie doorgravingen gemaakt in de zomerkade tussen de zomerpolder en de kwelder. De zomerkade is afgegraven tot op het maaiveldniveau over een lengte die voor de drie gaten varieert van 20 – 40 m. Onder het maaiveldniveau liggen de krekken met een aanvankelijke breedte van 5 – 10 m. De werkelijke doorstroomopening bij de middelste doorgraving wordt door een duiker echter beperkt tot 2 m. Over de westelijke doorgraving ligt een brug, maar die heeft geen direct effect op de doorstroomopening.

In de proefverkweldering zijn verder krekken gegraven met een totale lengte van ruim 5 km. De hierbij vrijgekomen grond is grotendeels gebruikt om de zomerkade tussen de proefverkweldering en de daaraan grenzende zomerpolder op te hogen tot gemiddeld 3.10 m + NAP en de overgang van deze zomerkade naar de Ooster- en Westerdobbe te verbeteren.

Afwatering

De graafwerkzaamheden ter voorbereiding van de proefverkweldering zijn grotendeels in 2000 uitgevoerd. Alleen het maken van de doorgravingen heeft in september 2001 plaatsgevonden. De klepduikers waren echter al wel verwijderd en de daarop aansluitende greppels gedempt. Dit heeft er toe geleid dat gedurende het winterseizoen van 2000/2001 de waterafvoer gestagneerd was. Grote delen hebben gedurende langere tijd onder water gestaan.

2.3 Beheer in het Noarderleech

Voor een groot deel van de in dit hoofdstuk gebruikte gegevens en aanvullende informatie wordt verwezen naar Jager & Rintjema (2003).

2.3.1 Beweiding

De veebezetting (aantal, type vee en periode) in de zomerpolder, kwelder en (de verschillende deelgebieden binnen) de proefverkweldering wordt door It Fryske Gea per weideseizoen bijgehouden. Hierbij wordt zoveel mogelijk rekening gehouden met de proefopzet. In het Beheerplan Noard-Fryslân

Bûtendyks (Jager & Rintjema, 2003) wordt de beweidingvisie van It Fryske Gea voor de periode 2003-2028 uiteengezet.

Zomerbeweiding wordt op Noard-Fryslân Bûtendyks als middel ingezet om het streefbeeld te bereiken. Het gaat dan om het creëren van voldoende foeragemogelijkheden voor ganzen, het beperken van verruiging en het vertragen van veroudering op de kwelder. Er wordt gebruik gemaakt van paarden (met veulens), runderen en schapen (met lammeren). Het beweidingseizoen loopt in grote lijnen van 15 mei tot 15 oktober op de zomerpolders, maar begint op sommige terreindelen later. Dit is om vertrapping van broedvogellegfels te voorkomen (waarbij wel aan de voorschriften voor de Subsidieregeling Natuurbeheer 2000 voor graslandpakketten moet worden voldaan) of omdat weersomstandigheden of een nog te lage gewasopbrengst geen beweiding toelaten. Kwelders worden beweid van 1 juli tot 1 oktober. Op Noard-Fryslân Bûtendyks als geheel is circa 550 ha onbeweid terrein (Tabel 2.1 en Fig. 2.2). Het gaat hierbij om de kwelders van de Bildtpollen. Recentelijk is een deel van de verruigde, vrijwel alleen met Zeekweek begroeide, kwelder op Holwerd-Oost weer in beweiding genomen (vanaf de pier tot vak 204), maar deze kwelder valt niet onder Noard-Fryslân Bûtendyks. In totaal 2342 ha is beweid (Jager & Rintjema, 2003; TMAP data unit). Volgens de indeling uit het *Trilateral Monitoring and Assessment Program* (TMAP data unit) is het merendeel extensief begraasd. De gemiddelde veebezetting op het Noarderleech in 2003 was 1.16 ± 0.9 GrootVee-Eenheden per hectare op de zomerpolders (1 GVE= 500 kg levendgewicht²) en 0.62 ± 0.4 GVE/ha op de kwelder (data A. Ferwerda naar oppervlak omgerekend per groep van compartimenten met gelijke vee-bezetting, en gemiddeld over de compartimenten; zie ook Tabel 2.2).

Tabel 2.1 Overzicht van beweidde oppervlakten op Noard-Fryslân Bûtendyks per ecotoop (ha).

Beheer	Ecotoop	
	Kwelder	Zomerpolders
Intensieve beweiding	241	426
Extensieve beweiding	1229	446
Onbeweid	549	0

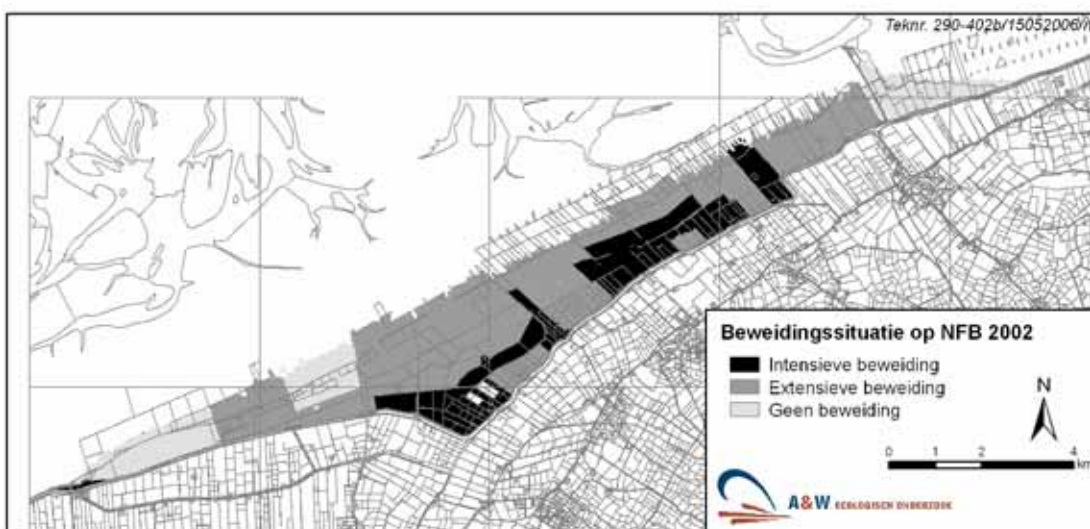
Tabel 2.2 Beweidingsintensiteit Noarderleech en type ingeschaard vee vanaf 2001.

	Type vee	Aantal	Bijzonderheden
2001	paarden	170	
	rundvee	165	
	schapen	360	
2002	paarden	211	
	rundvee	182	
	schapen	556	
2003 e.v.	paarden	ca. 250 (soms met veulens)	Verdeeld over verschillende beheerseenheden
	rundvee	gemiddeld 200	Verdeeld over twee niet nader gespecificeerde groepen
	schapen	151 schapen + 230 lammeren	

De standaard beheersnormen voor veedichtheden op buitendijkse gronden zijn (Jager & Rintjema, 2003):

² It Fryske Gea hanteert de standaardnormen ten aanzien van GVE: Melkkoe, kalfkoe, paard of pony = 1 GVE; Kalf (< 1 jaar) = 0.25 GVE; Pink of hokkeling = 0.5 GVE; Schaap (inclusief lam tot 25 kg) = 0.125 GVE

- Zeer extensieve kwelderbeweiding: maximaal 0.4 GVE per hectare in graasseizoen. Effect: grootschalig patroon van kort afgegraasde vegetaties en ruigtes.
- Extensieve kwelderbeweiding: 0.4 – 0.7 GVE per hectare in het graasseizoen. Effect: patronen van korte en lange vegetatie zonder dat grootschalige verruiging optreedt.
- Traditionele intensieve kwelderbeweiding: maximaal 0.75 GVE per hectare in het graasseizoen. Effect: een kort afgegraasde grasmat ("biljartlaken") waarin de Associatie van Gewoon kweldergras dominant is.
- Intensieve zomerpolderbeweiding: 1.5 – 2 GVE per hectare in het graasseizoen. Effect: een kort afgegraasde grasmat ("biljartlaken").



Figuur 2.2 Ruimtelijk beeld van de beweiding op Noard-Fryslân Bûtendyks in 2002. Bron: TMAP Data unit, K. Dijkema (IMARES) en A. Ferwerda (It Fryske Gea).

2.3.2 Bemesting

Achtergrond

Bemesting heeft tot doel een hogere gewasopbrengst te realiseren, wat gunstig is voor herbivoren. Dat dit ook voor ganzen voordelig is, blijkt uit proeven op landbouwgrond (Hassall *et al.*, 2001; Bos *et al.*, 2004), op kwelders (van der Graaf *et al.*, 2002; Bos, 2002) en uit vergelijkingen tussen gebieden mét en zonder bemesting. Van Eerden (1996) maakte aannemelijk dat verhoging van de mestgift tijdens de laatste vier decennia van de afgelopen eeuw heeft geleid tot een toename van het aantal soorten en het aantal ganzen dat gebruik kon maken van cultuurgrasland in Nederland in de winter.

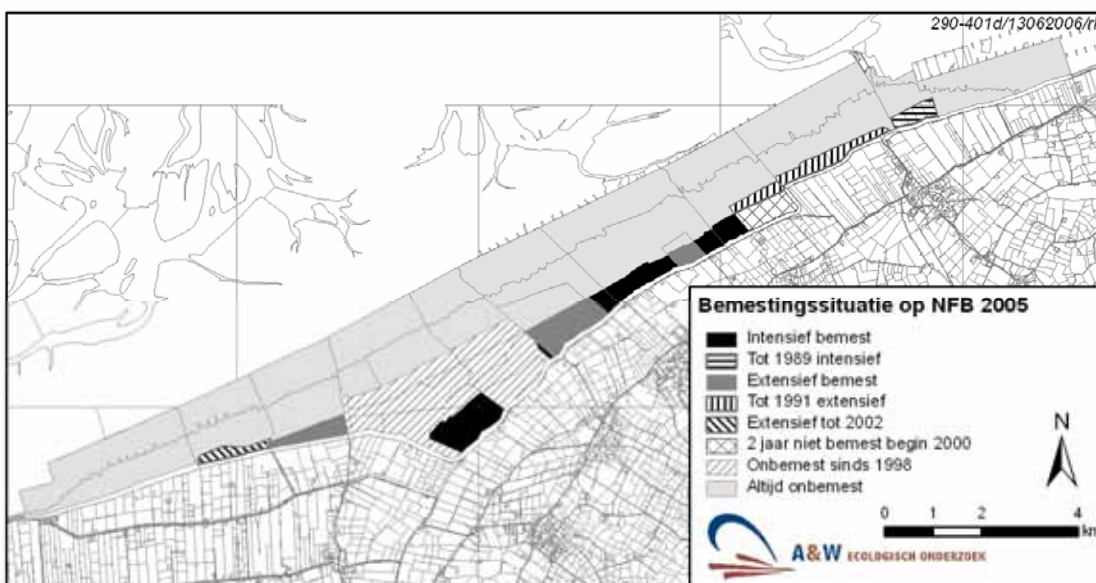
Voor weidevogels geldt dat het achterwege blijven van bemesting eventueel kan leiden tot een verminderd voedselaanbod. De sterkte van dit effect zal echter van de grondsoort afhangen.

Huidige situatie

De kwelders op Noard-Fryslân Bûtendyks worden vanouds niet bemest. Op zomerpolders is bemesting daarentegen altijd onderdeel geweest van het beheer. De percelen in particulier eigendom zijn tot op heden intensief bemest. Afhankelijk van de ondernemer gebeurt dit in verschillende combinaties van drijfmest (15-20 ton per ha), kunstmest (100-200 kg zuivere stikstof per ha) en vaste mest (vaak om het jaar met 5-15 ton per ha). De organische mest is afkomstig van koeien, schapen, paarden of, in enkel geval, kuikens. Drijfmest en kunstmest worden, om bedrijfseconomische redenen, ná het ganzenseizoen uitgereden.

Op de door It Fryske Gea aan particulieren verpachtte terreindelen komt geen kunstmest en is de gift van organische mest in het algemeen iets geringer (10-15 ton per ha) dan op particulier terrein. Vaste mest wordt vóór 1 april op het land gebracht, zodat het tijdig voor weidevogels beschikbaar is.

Er bestaat één belangrijke uitzondering op dit algemene patroon. De zomerpolders op het Noarderleech, welke in beheer zijn van It Fryske Gea, zijn namelijk van 1998 tot 2005 niet meer bemest³. Ook is er een periode van twee jaar (2000-2002) geweest, waarin op het oostelijk deel van Noard-Fryslân Bûtendyks, op de terreinen in beheer bij It Fryske Gea, niet is bemest. Dit was een tijdelijke zaak, die te maken had met de eisen die er destijds aan het beheer van het desbetreffende natuurdoeltype (Basispakket (half)natuurlijk grasland) werden gesteld. De eisen hielden in dat er niet bemest mocht worden. Dit werd later bijgesteld tot het toestaan van extensieve bemesting. In Fig. 2.3 is de bemestingssituatie in 2005 samengevat.



Figuur 2.3 Bemestingssituatie op Noard-Fryslân Bûtendyks in 2005. De gegevens zijn afkomstig van interviews met terreineigenaren en pachters.

2.3.3 Distelbestrijding

Teneinde voldoende beweidingcapaciteit te waarborgen voor het vee, het gebied geschikt te houden voor vogels en de "landbouw" in de streek tegemoet te komen, worden de Akkerdistel en de Speerdistel in de zomerpolders bestreden met mechanische middelen. Met name een strook van 75 m grenzend aan een zomerpolder in particulier eigendom of direct achter de zeedijk gelegen wordt mechanisch bestreden. Dit houdt in dat er minimaal één keer gemaaid of geklepeld wordt (zonder afvoer). Bij sommige percelen vindt dit echter zelfs twee of drie keer plaats indien nodig. Ook langs de wandelroute rond de proefverkweldering worden de distels gemaaid of geklepeld.

Nadere informatie over distels in Noard-Fryslân Bûtendyks kan gevonden worden in van Vliet (2002).

2.3.4 Waterbeheer

³ Vanaf 2006 zijn 300 ha zomerpolder in het hart van het Noarderleech wederom onder een regime van bemesting met ruige stalmest en drijfmest.

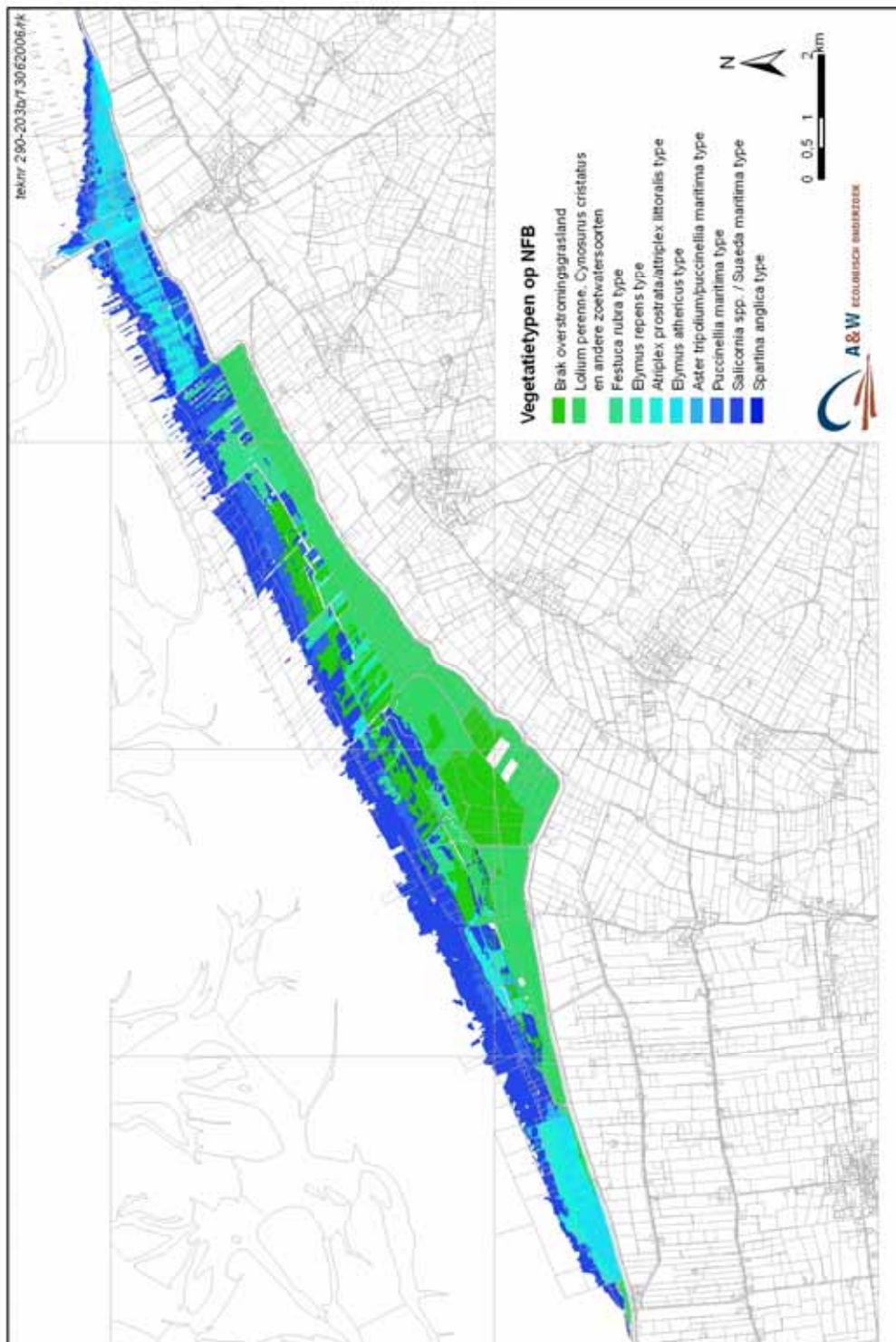
Voor de afvoer van regenwater en zeewater (na een hoog tij) zijn de zomerkades voorzien van (klep)duikers en de zomerpolder zelf van een uitgebreid systeem van sloten en greppels. Op diverse locaties (waaronder de proefverkweldering toen deze nog zomerpolder was) ontbreken de kleppen in de klepduikers echter, zodat zout water via het drainagesysteem de zomerpolder kan binnenkomen zonder dat het tij hoger is dan de zomerkade (wat normaal gesproken de enige mogelijkheid is voor het zoute water om de zomerpolder te bereiken).

De zomerpolders (voormalige kwelders) en kwelders van Noard-Fryslân Bûtendyks zijn door middel van rijshoutdammen en begreppeling ontstaan. Het grootste deel van het huidige drainagesysteem is daar nog een overblijfsel van. Het greppelonderhoud dat door Rijkswaterstaat in de kwelderwerken werd uitgevoerd is afgebouwd sinds de jaren 80 en in 2000 definitief gestopt. Ook het onderhoud aan de hoofdduitwateringen is toen in principe gestopt. In de zomerpolders vindt jaarlijks meestal nog wel door de pachters greppelonderhoud plaats. Naast de drainagefunctie worden sommige grotere sloten/kreken als veekering of als grens voor beweidingseenheid gebruikt, zodat geen prikkeldraad of schrikdraad-afzettingen nodig zijn.

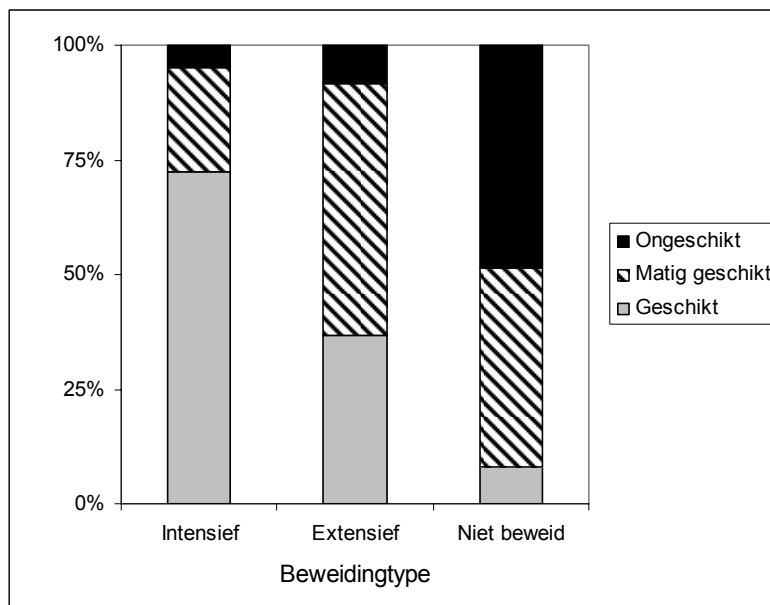
2.4 Vegetatie

De vegetatie op kwelders van de gehele Waddenzee wordt om de zes jaar door Rijkswaterstaat gekarteerd. Op basis van deze karteringen beschrijven we hieronder de vegetatie op Noard-Fryslân Bûtendyks. We gebruiken daarbij de indeling zoals afgesproken in het kader van TMAP (Bakker *et al.*, 2005). Een eenvoudige weergave van de kaart is gegeven in Fig. 2.4.

De zomerpolders bestaan uit cultuurgrasland (78 %), gedomineerd door soorten als Engels raaigras, Kamgras en andere 'zoete' soorten, en brak overstromingsgrasland (21 %). De kwelders op Noard-Fryslân Bûtendyks worden gedomineerd door pioniervegetatie van het Zeekraal/Schorrenkruid-type (42%), met daarnaast typen van Zeekweek en Gewoon kweldergras. Het brak overstromingsgrasland dat 12% van het kwelderoppervlak beslaat, vormt samen met het Rood zwenkgras (8%) en het Gewoon kweldergras-type (10%) geschikt weidegebied en ook foerageergebied voor ganzen. In Fig. 2.5 staat het voorkomen van de vegetatietypen in relatie tot de beweiding weergegeven. Op de onbegraasde kwelderdelen is het aandeel van voor ganzen ongeschikte typen (Bos *et al.*, 2005) hoog.



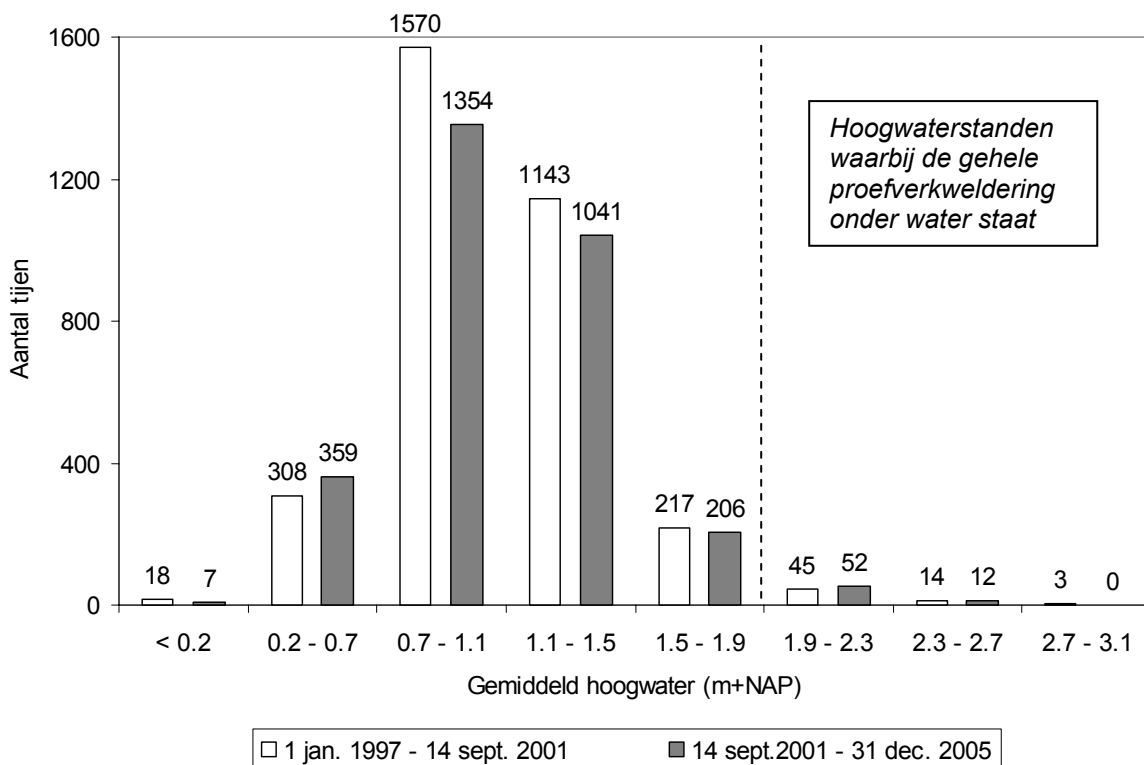
Figuur 2.4 Het ruimtelijk voorkomen van kwelder vegetatietypen op Noard-Fryslân Bûtendyks. De vegetatietypen zijn voor dit doel gegroepeerd op 'gemeenschaps' niveau en gepresenteerd volgens TMAP-typologie. (Bron: TMAP data Unit). De kaart is gebaseerd op luchtfoto's uit 2002.



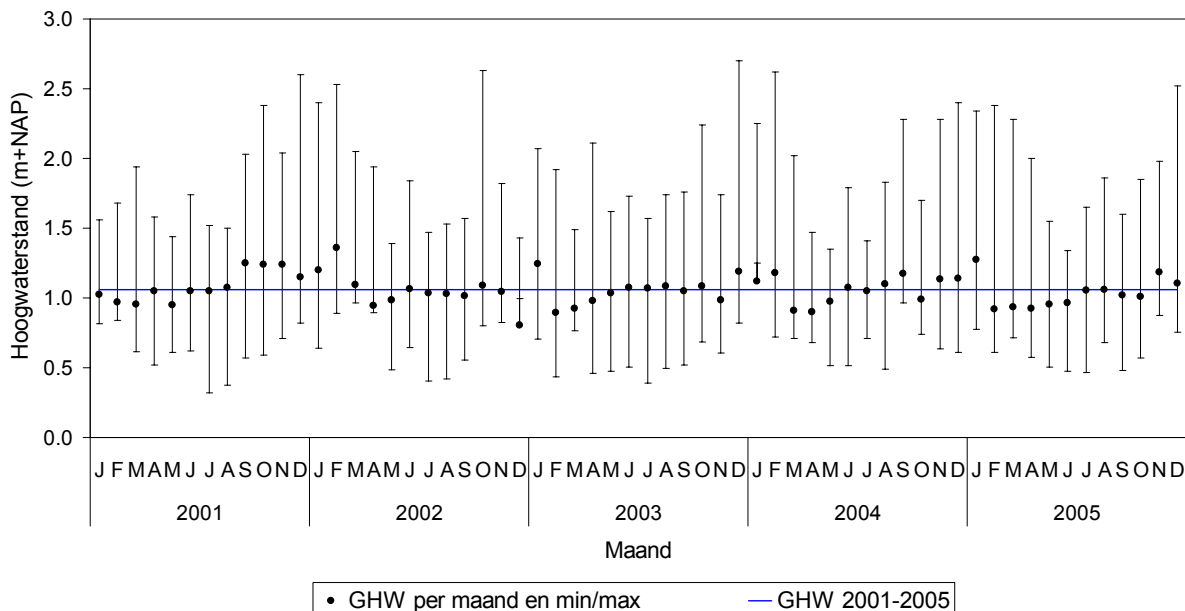
Figuur 2.5 Het voorkomen van kwelder vegetatietypen op Noard-Fryslân Bûtendyks in relatie tot de veebeweiding (Bron: TMAP Data Unit). De vegetatietypen zijn voor dit doel gegroepeerd naar geschiktheid voor foeragerende Brand- en Rotganzen in navolging van Bos et al. (2005).

2.5 Overstromingsfrequentie

Uit de metingen die Oranjewoud (1999) heeft verricht bleek dat de zomerkade op de grens van proefverkweldering en kwelder scheidt een gemiddelde hoogte had van bijna 3 m +NAP (2.72-3.25 m +NAP). Uit de elke 10 minuten door de Rijkswaterstaat gemeten waterstanden bij Nes (Ameland) zijn vanaf 1997-2005 elk jaar alle hoogwaterstanden gefilterd. Hierdoor kan voor alle punten in de proefverkweldering waarvan de maaiveldhoogte ten opzichte van NAP bekend is een beeld verkregen worden wat de theoretische overstromingsfrequentie is geweest vóór en ná het doorsteken van de zomerkade. De frequentieverdeling in beide periodes verschilt niet van elkaar (Fig. 2.6). In de vierenhalf jaar vóór 14 september 2001 waren er, afgezien van golfoverslag, slechts 3 tijen hoog genoeg om via de lagere delen van de zomerkade zout water in de zomerpolder te laten stromen.



Figuur 2.6 Aantal tijen bij verschillende hoogwaterklassen 4½ jaar voor en na de start van de proefverkweldering (data Rijkswaterstaat). Tijlen tussen 2.30 en 2.75 m +NAP heten officieel 'hoge vloed'.



Figuur 2.7 Gemiddelde hoogwaterstand per maand tijdens de monitoringperiode ± de minimum en maximum GHW in die maand en de GHW gedurende de gehele monitoringperiode.

Vanaf 14 september 2001 zetten alle tijen ≥ 1.90 m+NAP (64 tijen) vrijwel de gehele proefpolder onder water. Voor de monitoringjaren 2001 tot en met 2005 is de gemiddelde hoogwaterstand (GHW) per jaar met de maximum en minimum waterstand weergegeven in Fig. 2.7. Datum en hoogte van alle tijen ≥ 1.90 +NAP staan in Tabel 2.3.

De zomerkade die de proefverkweldering van de achterliggende zomerpolder scheidt was bij de inrichtingswerkzaamheden opgehoogd tot ca. 3.10 m+NAP. In de monitoringperiode hebben zich geen tijen voorgedaan die hoog genoeg waren om over de zomerkade te spoelen.

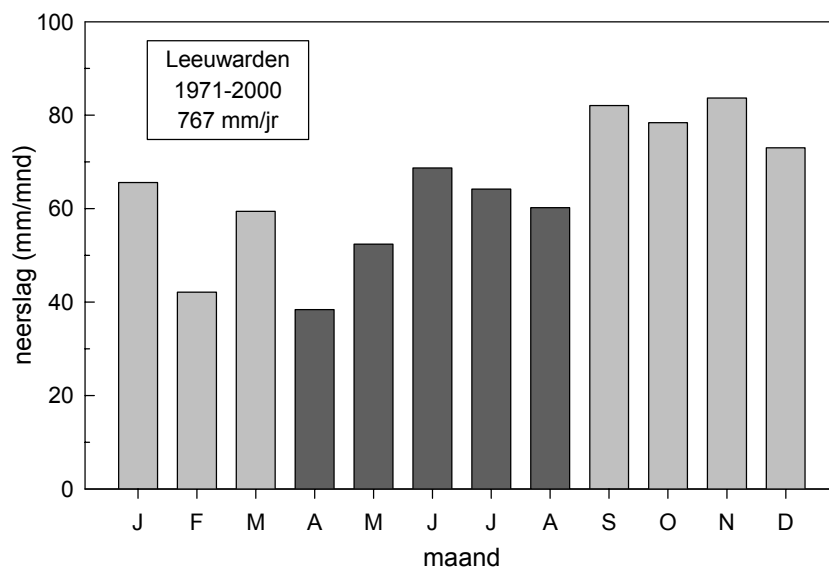
Tabel 2.3 Hoogwaterstanden ≥ 1.90 m +NAP (gebiedsbedekkende tijen) vanaf de start van de proefverkweldering op 14 september 2001 gerangschikt per jaar en oplopend naar hoogte.

Datum	Hwstand m+NAP	Datum	Hwstand m+NAP	Datum	Hwstand m+NAP	Datum	Hwstand m+NAP	Datum	Hwstand m+NAP
2001		2002		2003		2004		2005	
20 dec	1.95	23 okt	1.93	5 feb	1.92	22 sep	1.90	17 dec	1.91
1 nov	2.04	27 apr	1.94	14 dec	1.93	19 mar	1.91	10 feb	1.95
5 dec	2.04	28 jan	1.98	14 dec	2.01	25 feb	1.97	13 feb	1.95
31 okt	2.38	26 feb	1.99	16 jan	2.03	11 jan	1.99	14 feb	1.96
28 dec	2.60	23 feb	2.00	22 dec	2.03	18 nov	1.99	15 dec	1.96
		27 feb	2.05	28 jan	2.07	20 mar	2.02	21 jan	1.97
		23 okt	2.11	21 dec	2.09	21 sep	2.05	15 nov	1.98
		26 okt	2.26	2 apr	2.11	28 dec	2.06	8 apr	2.00
		29 jan	2.40	7 okt	2.18	7 feb	2.07	9 jan	2.05
		23 feb	2.53	7 okt	2.20	22 feb	2.16	13 jan	2.12
		28 okt	2.63	9 okt	2.24	14 jan	2.25	16 dec	2.17
				15 dec	2.43	21 sep	2.28	17 dec	2.18
				21 dec	2.70	13 nov	2.28	2 jan	2.23
						18 dec	2.40	3 jan	2.24
						8 feb	2.62	20 jan	2.27
								11 mar	2.28
								8 jan	2.29
								12 jan	2.34
								13 feb	2.38
								16 dec	2.52

2.6 Het weer

Naast de overstromingsduur en -frequentie, is de neerslag mede bepalend voor het vocht- en zoutgehalte van de bodem. In deze paragraaf wordt voor de onderzoeksjaren een beschrijving van het neerslagpatroon gegeven. Deze beschrijving beperkt zich tot de belangrijkste maanden voor de plantengroei, de maanden april t/m augustus. Omdat jaarlijks omstreeks eind augustus bodemonsters zijn genomen om het zoutgehalte in de bodem te meten, is de maand september buiten beschouwing gelaten.

De maanden april t/m augustus zijn met een bijna 20% lagere neerslag gemiddeld droger dan de overige maanden van het jaar (57 mm/mnd tegenover 69 mm/mnd; Fig. 2.8). In de monitoringsperiode is het gemiddeld natter geweest dan normaal. In de maanden april t/m augustus viel er gemiddeld 30% meer neerslag (Tabel 2.4). Met name de voorjaars- en zomerperiode van 2002, 2004 en 2005 waren nat, terwijl de neerslag in 2000 en 2003 maar weinig afweek van de normale hoeveelheid.

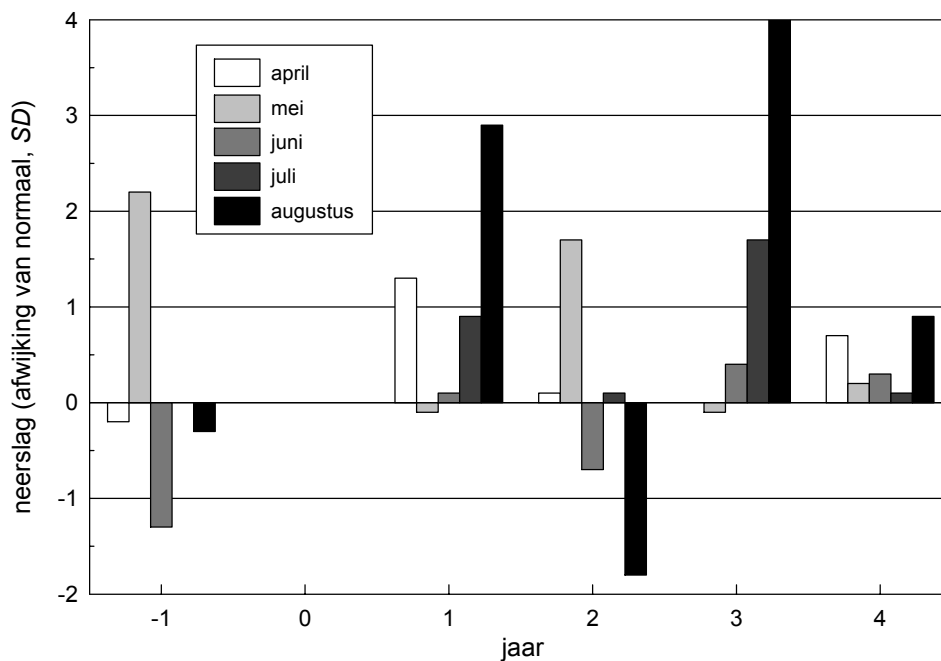


Figuur 2.8 De verdeling van de neerslag per maand op de vliegbasis Leeuwarden over de periode 1971-2000 (gegevens KNMI). De met donkergrijs aangegeven maanden april t/m augustus zijn gebruikt voor de analyse van natte en droge jaren.

Tabel 2.4 De gemiddelde neerslag op de vliegbasis Leeuwarden in de maanden april t/m augustus in de onderzoeksjaren (KNMI maandoverzichten). De laatste kolom geeft de afwijking ten opzichte van de normaal van 57 mm/mnd (het gemiddelde over de jaren 1971-1990; zie Fig. 2.8).

Jaar	Jaar na ingreep	Neerslag (mm/mnd)	Afwijking normaal (%)
2000	-1	58	1
2002	1	86	51
2003	2	53	-7
2004	3	107	89
2005	4	68	20
Gemiddeld 2000-2005		74	31

Fig. 2.9 geeft een beeld van de afwisseling binnen een jaar tussen maanden met veel, weinig of een gemiddelde neerslag. In 2000 was de maand mei uitgesproken nat en juni droog, terwijl de overige maanden een min of meer gemiddelde neerslag kenden. In 2002 waren april en augustus nat terwijl de tussenliggende maanden een gemiddelde neerslag kenden. In 2003 was de maand mei nat en augustus droog; in 2004 waren de maanden juli en augustus nat. In 2005 liet geen van vijf maanden een extreme afwijking zien van het gemiddelde, maar was neerslag over de gehele periode van april t/m augustus 20% hoger dan gemiddeld (Tabel 2.4).



Figuur 2.9 De maandelijkse hoeveelheid neerslag op de vliegbasis Leeuwarden in de maanden april t/m augustus van de onderzoeksjaren 2000 (jaar = -1) t/m 2005 (jaar = 4). De hoeveelheid neerslag is uitgedrukt als afwijking in standaarddeviatie-eenheden ten opzichte van het gemiddelde over het tijdvak 1971-2000 (zie ook Fig. 1). Ten behoeve van de uniformiteit van de verschillende grafieken is de tijd langs de horizontale as uitgedrukt ten opzichte van het moment van uitpoldering (september 2001).

3 PROEFOPZET EN METHODEN

3.1 Proefopzet abiotiek en vegetatie

De verwachting was dat er na het maken van de drie doorgravingen in de zomerkade veranderingen zouden plaatsvinden in de (a)biotiek van de proefverkweldering, maar mogelijk ook daarbuiten. Ten einde inzicht te verkrijgen in het belang van verschillende factoren die van invloed zijn op de vegetatieontwikkeling en maaiveldhoogteveranderingen in de proefverkweldering is in het onderzoek gekozen voor een experimentele benadering, die tot uiting komt in plaatskeuze van de permanente kwadraten (PQ's) en het plaatsen van exclusures. Op 12 locaties zijn in totaal 72 PQ's uitgezet die jaarlijks worden opgenomen (Fig. 3.1). Aan elke PQ is een opslibbingsmeting gekoppeld waarmee de maaiveldhoogteveranderingen drie maal per jaar zijn bepaald. De volgende factoren zijn in de proefopzet opgenomen:

- a) Hoogteligging (vergelijking tussen westelijke en oostelijke deel van de proefverkweldering),
- b) Afstand tot (gegraven) kwelderkreek (vergelijking dichtbij en op grotere afstand),
- c) Afstand tot de doorgraving in de zomerkade (vergelijking dichtbij en op grotere afstand),
- d) Beweiding (vergelijking binnen en buiten exclusures).

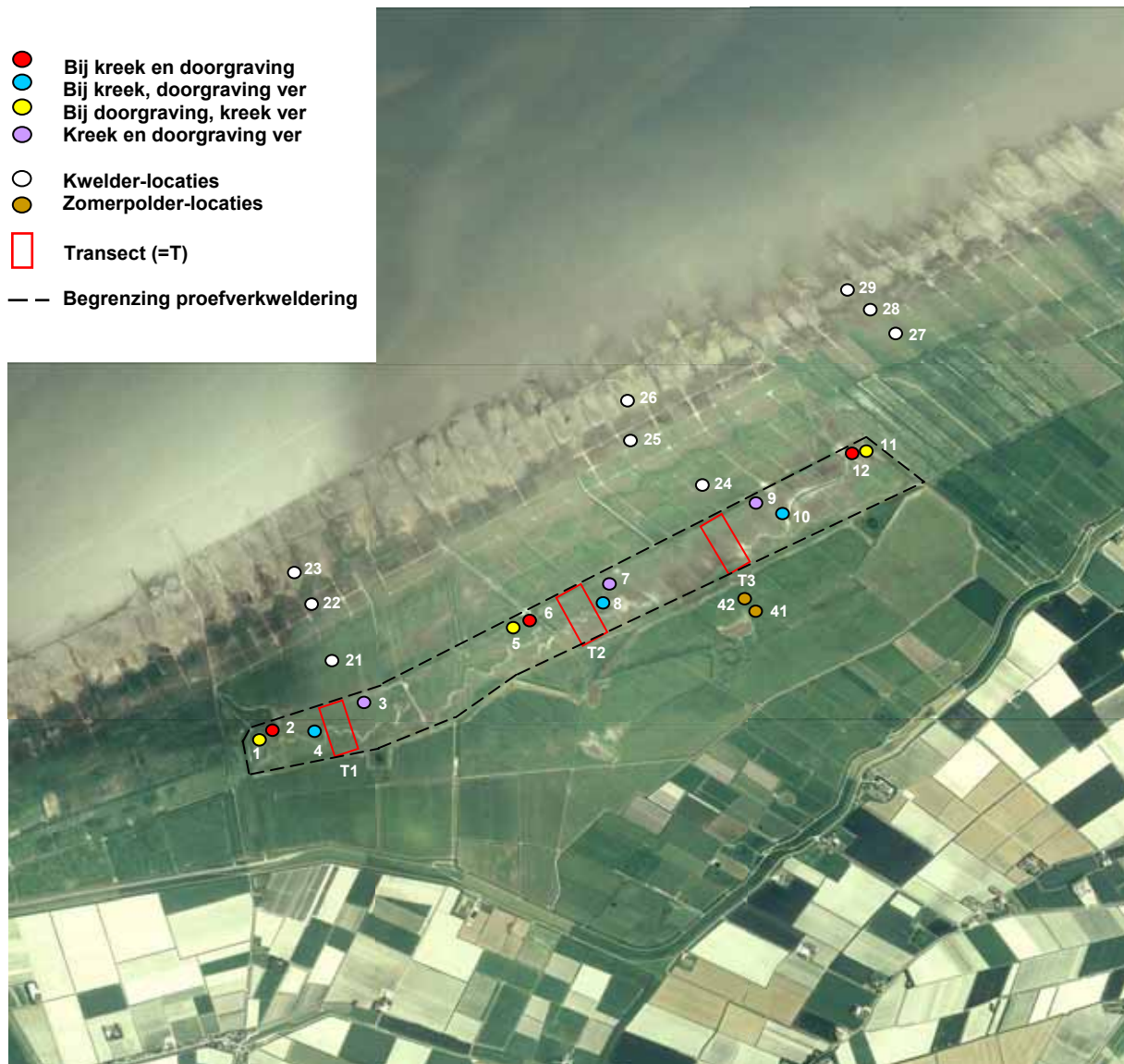
Onderzoek naar een vijfde factor, de invloed van zaadverspreiding, is uitgevoerd vanuit de onderzoeksgroep *Community and Conservation Ecology* (het voormalige Laboratorium van Plantenoecologie) van de Rijksuniversiteit Groningen. Voor de resultaten wordt verwezen naar de daarover verschenen literatuur (zie § 1.2).

Ten einde mogelijke interacties tussen de verschillende factoren te kunnen analyseren, worden de factoren, waar mogelijk, in combinatie met elkaar onderzocht. Bij elk van de drie gegraven kwelderkreeken zijn vier locaties geselecteerd om de factoren (b) en (c) te onderzoeken. De factor hoogteligging (a) wordt onderzocht door het vergelijken van het hogere westelijke deel van de proefverkweldering (locaties 1 t/m 4) met het lagere oostelijke deel van de polder (locaties 5 t/m 12). De invloed van de beweiding (d) wordt onderzocht door op elke locatie de vegetatieontwikkeling en maaiveldhoogteverandering binnen en buiten een exclusure te volgen.

Op elke locatie in de proefverkweldering is steeds een set van drie PQ's met bijbehorende opslibbingsmetingen binnen en drie PQ's met bijbehorende opslibbingsmetingen buiten de exclusure uitgezet (resp. meetpunten 1 t/m 12-1, -2 en -3 en 1 t/m 12-4, -5 en -6). Een punt van kritiek hierop kan zijn dat de drie PQ's binnen en buiten de exclusures strikt genomen niet als onafhankelijk zijn te beschouwen en zgn. pseudo-replicaties vormen (vgl. van Wingerden *et al.*, 1997). Om het aantal exclusures beperkt te houden tot twaalf is dit als minder sterk punt in de proefopzet geaccepteerd.

Om de effecten en het succes van de proefverkweldering vast te stellen, is een beperkt aantal PQ's uitgezet in de niet uit te polderen zomerpolder ten zuiden van de proefverkweldering en op de aangrenzende kwelder ten noorden van de proefverkweldering. Ook bij deze PQ's wordt de vegetatieontwikkeling en opslibbing gevolgd. Voor de vergelijking met de proefverkweldering gaat het hierbij om drie PQ's in een laaggelegen deel en drie PQ's in een hoger gelegen deel van een zomerpolder (respectievelijk locaties 41 en 42). Voor de vergelijking met de kwelder (= streefsituatie van de proefverkweldering) zijn op de kwelder grenzend aan de proefverkweldering 18 PQ's in combinatie met opslibbingsmetingen uitgezet verdeeld over twee raaien van elk drie locaties (drie PQ's per locatie). De raaien liggen loodrecht op de zomerkade en lopen min of meer van een hoge kwelder tot in de pionierzone.

Naast de PQ's zijn in de proefverkweldering ook nog drie transecten uitgezet (Fig. 3.1) om een iets meer gebiedsdekkend beeld van de vegetatieontwikkeling te krijgen. In de transecten zijn ook opslibbingsmetingen uitgevoerd.



Figuur 3.1 Schematische voorstelling proefverkweldering en proefopzet. Bron foto: Provincje Fryslân.

In de Friese en Groninger kwelderwerken liggen 25 meetvakken van Rijkswaterstaat. Elk meetvak bestaat uit één reeks bezinkvelden van de dijk naar het wad. De grootte per meetvak is ca. 50 ha en is representatief voor een kustgedeelte van ca. twee kilometer. Vanaf ca. 1960 tot heden is door het RWS Waterdistrict Waddenzee hetzelfde monitoringsysteem toegepast: gedetailleerde metingen aan hoogte en vegetatie per meetvak, aangevuld met gegevens over beweiding, ontwatering en het onderhoud. Om de hoogte te bepalen werden eens per 4 jaar in de meetvakken vaste meetlijnen evenwijdig aan de kust door het RWS Waterdistrict Waddenzee gewaterpast. Vanaf 2004 wordt gewerkt met een minder arbeidsintensieve methode d.m.v. RTK-GPS (Dijkema *et al.*, 2001; Dijkema *et al.*, 2006).

Teneinde de geschiedenis van de kweldermeetpunten bij de proefverkweldering enigszins te kennen, is hun ligging zo gekozen, dat ze in de meetvakken van Rijkswaterstaat liggen (meetvakken 69-72 en 85-88). Om eventuele effecten van de proefverkweldering op de kwelder te kunnen vaststellen, zijn op de zelfde wijze negen PQ's met opslibingsmetingen uitgezet en opgenomen op één raai oostelijk van de proefverkweldering in vaknummer 101 van de kwelderwerken. Ook deze raai ligt in een meetvak van Rijkswaterstaat (101-104).

De in deze paragraaf genoemde metingen worden uitgebreid beschreven in § 3.2 en 3.3.

3.2 Methoden voor beschrijving van de abiotiek

3.2.1 Verzilting

Grondwater

Om in de proefverkweldering de ontwikkeling van de verzilting te monitoren zijn in 2000, één jaar voor de uitpoldering, op zes locaties grondwaterbuizen geplaatst. Ter voorkoming van beschadiging of versterking van de buizen door het vee, zijn de buizen uit praktische overwegingen in exclusies geplaatst. Hierbij is gebruik gemaakt van de exclusies op de vaste onderzoekslocaties op ruime afstand van de gegraven kreken: de locaties 1, 3, 5, 7, 9 en 11 (Fig. 3.1). Om grondwater op verschillende dieptes te kunnen bemonsteren is op elke locatie een set van drie grondwaterbuizen geplaatst met een lengte van respectievelijk 30 cm, 60 cm en 120 cm. De grondwatersamenstelling werd gemonitord door middel van het meten van de geleidbaarheid of het elektrisch geleidingsvermogen (EGV). Om het EGV van het actuele grondwater te meten, werd de inhoud van de buizen verversd door de buizen een paar uur tot een dag ervoor leeg te pompen, alvorens de metingen uit te voeren. De gebruikte apparatuur kende een zgn. temperatuurcompensatie naar 20°C, zodat in de gegevensanalyse niet gecorrigeerd hoefde te worden voor een temperatuureffect op de veldmetingen. Het grondwaterpeil werd bijna tweemaandelijks gemeten; het EGV in principe maandelijks. In de Bijlagen wordt in Tabel II.1 een overzicht gegeven van de gerealiseerde meetfrequentie tijdens het monitoringsonderzoek van november 2000 t/m september 2005.

Ten einde vast te stellen of als gevolg van de proefverkweldering ook in de aangrenzende zomerpolders verzilting zou optreden, is ook hier de grondwatersamenstelling gemonitord. Hiertoe zijn tussen de proefverkweldering en de deltadijk op twee raaien van elk drie meetpunten steeds een zelfde set van drie buizen geplaatst als hierboven beschreven is. De twee raaien lagen bijna loodrecht op de zomerkade die de grens vormde tussen proefverkweldering en zomerpolder (Fig. 3.1). De opnamefrequentie was dezelfde als in de proefverkweldering.

Bodem

Ten behoeve van het onderzoek naar de effecten van verzilting op de vegetatie-ontwikkeling in de proefverkweldering en de eventuele verzilting in de aangrenzende zomerpolders is éénmaal per jaar het zoutgehalte in de bodem bepaald. Hiertoe werd steeds in de laatste decade van augustus in elk PQ een grondmonster verzameld uit de bovenste 5 cm van de bodem. Om referentiewaarden te verkrijgen zijn ook in alle kwelder-PQ's grondmonsters verzameld.

De monsters zijn op het chemisch laboratorium van de *Community and Conservation Ecology* onderzoeksgroep (het voormalige Laboratorium voor Plantenecologie) van de Rijksuniversiteit Groningen geanalyseerd op bodemvocht en zoutgehalte (zgn. A-, B- en C-cijfer; resp. gram water per 100 gram stoofdroge grond, gram NaCl per 100 stoofdroge grond en gram NaCl per liter bodemvocht; zie voor analyse-methode Hofstee (1983)). Omdat de analyse-methode van het zout is gebaseerd op de bepaling van het chloride-ion, is in dit rapport gekozen om de resultaten van het B- en C-cijfer uit te drukken in resp. gram Cl⁻ per 100 stoofdroge grond en gram Cl⁻ per liter bodemvocht.

Het belang van de invloed van verschillende factoren op de verzilting is onderzocht met behulp van zgn. Hiërarchische Lineaire Modellering (HLM), een statistische analysetechniek (Bryk & Raudenbush 1992). In de bespreking van de proefopzet is gewezen op het gegeven dat de PQ's op één locatie ruimtelijk niet onafhankelijk van elkaar zijn (pseudoreplica's). De resultaten van een HLM-analyse worden hier niet door beïnvloed (pers. med. M. Loonen).

3.2.2 Maaiveldhoogte

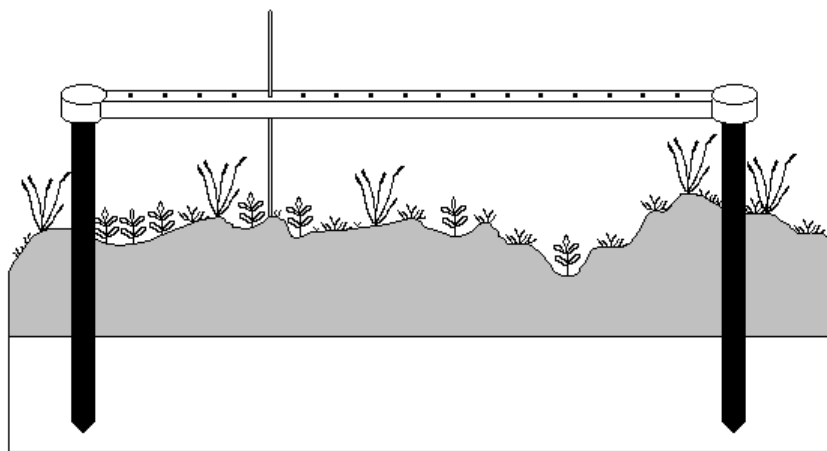
De maaiveldhoogte met de daaraan gekoppelde abiotische factoren is mede bepalend voor het voorkomen van een bepaalde vegetatie. De maaiveldhoogte wordt vooral beïnvloed door opslibbing, inklink en erosie (bijvoorbeeld veroorzaakt door golfwerking of vertrapping door vee).

Waterpassingen

In samenwerking met de *Community and Conservation Ecology* onderzoeksgroep van de Rijksuniversiteit Groningen is in nazomer van 2003 de hoogteligging van de drie permanente vegetatietransecten bepaald met behulp van een theodoliet en laserwaterpastoestel. De transecten bestaan uit een groot aantal vakken van 10 m x 10 m (zie § 3.3.1). Van elk vak is op gestratificeerde wijze (d.w.z. niet random) de hoogte bepaald door een steekproef van 4 - 6 metingen op de vlakke delen tussen de greppels. Daarnaast is per vak de ondergrens van de hoogte vastgelegd door de greppels apart op te nemen (minimaal twee metingen per vak).

Sedimentatie-Erosie Balk

Gedurende de monitoringperiode zijn de maaiveldhoogteveranderingen gemeten met behulp van de sedimentatie-erosie balk (SEB; Fig. 3.2). Na voorboren tot ca. 1 m diepte zijn naast elk PQ twee kunststof palen (\varnothing 7.5 cm en 160 cm lang) in de bodem geslagen tot in de zandlaag (gemiddeld beginnend op ongeveer 125 cm diepte) en ongeveer waterpas gesteld. De palen zijn zoveel mogelijk west-oost georiënteerd. Alleen bij de krekken moest daar soms van afgeweken worden. Van alle SEB-palen is met behulp van een Garmin 12XL *Global Positioning System* (GPS) de positie (x- en y-coördinaat) vastgelegd. Alle westpalen zijn bovenop van een locatiecode voorzien.



Figuur 3.2 Sedimentatie-erosie balk.

Tijdens een opslibbingmeting wordt op deze palen de sedimentatie-erosie balk geplaatst, een 2 m lange aluminium balk met 17 gaten, elk tien cm van elkaar verwijderd. Met behulp van een meetstok wordt, met een nauwkeurigheid van 1 mm, op deze 17 vaste punten de afstand tussen de bovenkant van de balk en het maaiveld bepaald. Een maaiveldhoogteverandering, veroorzaakt door erosie/inklink of door opslibbing, kan worden vastgesteld door opeenvolgende metingen met elkaar te vergelijken. Seizoensvariatie kan worden waargenomen door bijv. een meting uit te voeren na de winterstormen en na de zomerse inklink.

Bij elk van de 105 PQ's in proefverkweldering, zomerpolder en kwelder zijn SEB-metingen gedaan. In de proefverkweldering is bij één van de drie SEB-metingen binnen en één van de drie SEB-metingen buiten de enclosure bij de aan een kreek grenzende locaties (2, 4, 6, 8, 10 en 12) behalve de standaard SEB-meting over het stuk van ca. 2 m tot 4 m vanaf de kreek ook een meting gedaan van 0-2 m en van 4-6 m

vanaf de kreek om een idee te krijgen van de oeverwalvorming. Bij elk van de drie vegetatietransecten zijn 5 SEB-metingen gedaan verdeeld over een raai van zuid naar noord door het hele transect. De eerste SEB-meting, om de uitgangshoogte te bepalen, is begin december 2000 uitgevoerd. Vanaf december 2001 zijn de metingen uitgevoerd volgens het in de vorige alinea beschreven schema.

Om de met de SEB gemeten veranderingen te kunnen correleren aan de hoogteligging van het maaiveld ten opzichte van NAP is van alle SEB-palen, met behulp van een theodoliet, de NAP-hoogte vastgesteld. Deze meting heeft in 2001, 2003 en 2005 plaatsgevonden. Als ijkpunten dienen de RWS NAP-punten (L-steen) in kweldervak 71-2 en 87-1. In 2005 is ook gebruik gemaakt van een nieuw punt op de onderste betonnen tree van de trap bij de bunker.

Gedurende de monitoringperiode zijn verschillende SEB-palen tijdens werkzaamheden per ongeluk stukgereden of door vee vertrapt. Deze afgebroken palen zijn aanvankelijk zoveel mogelijk vervangen. Bij later in de tijd gesneuvelde palen is dit niet meer altijd gebeurd (de gezamenlijke paal van 10-2 noord/midden, 12-1 oost en de gezamenlijke paal van 12-2 midden/oost). Hierdoor zijn metingen komen te vervallen.

Opslibbingsplaten

Om de hoogte-ontwikkeling in de proefverkweldering te kunnen volgen en daarbij processen als inklink en zwel in de diepere bodemlagen volledig te kunnen uitsluiten, zijn in een *pilot*-studie en in aanvulling op de SEB-metingen op een beperkt aantal locaties opslibbingsplaten ondiep ingegraven. De diepte van de opslibbingsplaten is parallel met de SEB-metingen gemonitord, waardoor een directe vergelijking tussen de twee methoden mogelijk is.

De gebruikte markeer- of opslibbingsplaten waren van roestvrijstaal, 30 cm x 30 cm groot en 3 mm dik. Met het oog op eventuele ontwatering van het bodemvolume boven de ingegraven plaat was in het midden van de platen een gat (\varnothing 8 mm) aangebracht. In de proefverkweldering zijn op de locaties 1 t/m 8 in totaal 56 platen ingegraven, namelijk: op elke locatie drie in de exclusie en vier in de beweide situatie (één extra als reserve meetpunt). De platen zijn op relatief korte afstand van de SEB-meetpunten op ca. 10 cm diepte ingegraven. Tijdens het ingraven is er naar gestreefd om de zode zoveel mogelijk intact te laten en deze na het aanbrengen van de plaat in zijn oorspronkelijk positie terug te plaatsen. Met behulp van een waterpas is erop toegezien de platen zoveel mogelijk horizontaal te plaatsen. De positie van de platen is ingemeten ten opzichte van SEB-palen of markeerpalen van PQ's én met behulp van een Garmin 12XL GPS. Daarnaast is de positie van de platen in de exclusies gemarkeerd door middel van kunststofpaaltjes. In de beweide situatie is, om eventuele aantrekkingskracht op runderen of paarden te voorkomen, van een in het maaiveld verborgen markering van RVS-pennen gebruik gemaakt. Meetpunten konden hierdoor eenvoudig met behulp van een metaaldetector worden teruggevonden.

De platen zijn in december 2001, bijna drie maanden na uitpoldering, in het veld ingegraven. De eerste meting is uitgevoerd op 7 april 2002. De resultaten van deze meting zijn als uitgangssituatie genomen. Daarna is de diepte van de platen drie keer per jaar opgenomen, namelijk omstreeks eind augustus, half december en in maart. De laatste opname is uitgevoerd in augustus 2005. Het meten van de diepte van een plaat gebeurde door deze negen maal loodrecht met een dunne ijzeren pen aan te prikken om vervolgens de lengte van het in de bodem verdwenen deel van de pen langs een liniaal tot op één millimeter nauwkeurig te meten. Het aanprikken van een plaat werd steeds in een vast rasterpatroon uitgevoerd zodat bij opéénvolgende meetrondes, de plaatdiepte steeds op ongeveer dezelfde plekken van de plaat werd gemeten.

De invloed van de factoren hoogte, (nabijheid van) doorgravingen, (nabijheid van) krekken en beweiding op de hoogte-ontwikkeling van de proefverkweldering op basis van de opslibbingsplaten, is onderzocht met behulp van zgn. *Hierarchical Linear Model* (HLM)-analysetechniek (Bryk & Raudenbush, 1992).

Soortelijk volume bodem en sedimenthuishouding proefverkweldering

Om tot een schatting te komen van de sedimentimport van de proefverkweldering is zowel in de uitgangssituatie, als in het laatste onderzoeksjaar (2005) het soortelijk volume van de bodem bepaald. De metingen zijn verricht in twee bodemlagen, namelijk in de laag van 0–5 cm en van 10–15 cm. Met behulp van zgn. pF-ringen werden uit beide bodemlagen bodemmonsters met een vast volume van 100 ml

genomen. De monsters werden gedurende tenminste 4 ×24 uur gedroogd bij een temperatuur van 105 °C, nadat bij de eerste serie monsters een controle was uitgevoerd hoelang het duurde tot dat monsters geen gewichtsverlies meer lieten zien. De wegingen werden uitgevoerd tot een nauwkeurigheid van 0.1 gram.

De bemonstering van de uitgangssituatie vond plaats in 2001 verspreid over de maanden september en november. Tijdens deze bemonstering is alleen de proefverkweldering bemonsterd, waarbij in of nabij elk PQ één monster uit de 0–5 cm laag is verzameld en één monster uit de 10–15 cm laag. Omdat in 2001 nog geen exclusures aanwezig waren, is enkel de beweide situatie bemonsterd.

In augustus 2005 is een intensiever bemonsteringprogramma uitgevoerd. Naast de bemonstering van de PQ's in de proefverkweldering, zijn ook de PQ's in de zomerpolder en de PQ's van de kwelderlocaties 21, 22 en 23 (Fig. 3.1). Tijdens deze bemonstering zijn uit de 0–5 cm laag steeds twee monsters verzameld, zodat het soortelijk volume van deze laag in duplo kon worden bepaald. Omdat in 2005 in de proefverkweldering sprake was van een beweide – en een onbeweide situatie, zijn door de dublobepalingen de gemiddelde waarden van het soortelijk volume van de belangrijkste bodemlaag gebaseerd op zes bepalingen, hetgeen overeenkomt met de bemonsteringsinspanning van de uitgangssituatie.

3.2.3 Doorstroomprofiel krekken

Om te zien hoe de gegraven krekken zich ontwikkelen zijn in de proefverkweldering bij elk van de 6 locaties die langs een kreek liggen (locaties 2, 4, 6, 8, 10 en 12) twee profielmetingen verricht. Deze metingen van het doorstroomprofiel zijn in eerste instantie uitgevoerd met behulp van de Stanley Compulevel (Foto 3.1). Hierbij wordt in een rechte lijn vanaf de dichtst bij de kreek liggende SEB-paal om de 50 cm de maaiveldhoogte van beide oevers en het profiel van de tussenliggende kreek bepaald. Omdat van de SEB-palen de hoogte ten opzichte van NAP bekend is, kan de ligging van de kreek ten opzichte van NAP berekend worden.

Er hebben zich na de eerste metingen twee complicerende factoren voorgedaan waardoor de bovenstaande methode niet altijd toepasbaar bleek: 1) door de grote hoeveelheden afgezet sediment in de gegraven krekken werd het zeer moeilijk om de krekken te doorwaden, zelfs bij laag water, 2) bij de middelste kreek, ter hoogte van locatie 6, zorgt de relatief kleine duiker onder de aangelegde brug niet alleen voor erosie van kreek en oevers, waardoor zeer steile oevers zijn ontstaan, maar ook voor stagnerend water. Dit in combinatie met punt 1 zorgt ervoor dat het daar onmogelijk was om de kreek over te steken. Om toch overal te kunnen meten is een alternatieve methode ontwikkeld, die toegepast is indien nodig. Hierbij is tussen de twee oevers in het verlengde van de betreffende SEB-palen een via een katrol lopende lijn van 20 m zeer strak gespannen. Nadat deze lijn waterpas is gesteld wordt elke 50 cm met behulp van een meetlint waaraan een gewichtje is bevestigd de afstand van de lijn tot het maaiveld op de oevers of de bodem van de kreek bepaald (Foto 3.2).

Aanvankelijk zijn de profielen enkele keren per jaar gemeten, maar uiteindelijk is besloten jaarlijks één meting te doen in augustus/september.



Foto 3.1 Kreekprofielmeting met behulp van de Compulevel.



Foto 3.2 Kreekprofielmeting met behulp van de alternatieve (“waslijn”) methode.

3.3 Vegetatie-ontwikkeling

3.3.1 Soortenkartering op permanente transecten in de proefverkweldering

Om tot een min of meer gebiedsdekkend beeld van de vegetatieontwikkeling in de proefverkweldering te komen zijn drie 100 m brede transecten uitgezet, loodrecht op de kustlijn. Eén transect lag in het hoger gelegen westelijke deel van de proefverkweldering; de andere twee in het lager gelegen midden – en oostelijk deel (Fig. 3.1). De transecten zijn gekarteerd in het laatste jaar vóór - en de eerste vier jaar na uitpoldering van de proefverkweldering (de jaren 2000 en 2002 t/m 2005).

De transecten zijn opgedeeld in vakken van 10 m x 10 m en per vak is het voorkomen van bijna 40 geselecteerde soorten of soortgroepen opgenomen volgens een vijfdelige abundantieschaal (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 De vijfdelige vegetatieschaal die gebruikt is bij de kartering van geselecteerde plantensoorten op de drie permanente transecten.

Schaaldeel	Bedekking	Aantal exemplaren
r	< 10 %	1 – 20
p	< 10 %	21 – 100
m	< 10 %	> 100
1	10 – 50 %	
2	> 50 %	

De lijst van gekarteerde soorten bestond uit verschillende, voor een deel overlappende, categorieën en had ten dele een *ad hoc* samenstelling. In de lijst kunnen de volgende categorieën worden onderscheiden (Tabel 3.2):

- (1) *Uitgangssorten*. Selectie van soorten die dominant of karakteristiek waren in de uitgangssituatie opgenomen in het laatste jaar voor uitpoldering.
- (2) *Plantensoorten met een verhoogde zouttolerantie*. Tot deze categorie zijn alle waargenomen soorten met een verhoogde zouttolerantie gerekend, dat wil zeggen soorten die volgens de literatuur (Scherfose, 1987) een zouttolerantie zouden hebben van tenminste 6 g Cl⁻ per liter. Omdat Scherfose (1987) in zijn bespreking bij veel soorten rekening houdt met de mogelijkheid van een hogere zouttolerantie van kustecotypen, is een bewuste keuze gemaakt deze publicatie te volgen boven de veel bekendere Ellenberg-getallen (Ellenberg, 1991). De categorie omvat zowel echte halofyten (kwelderplanten met een hoge zouttolerantie) als ook zgn. brakke soorten met een intermediaire zouttolerantie (bijv. Fioringras⁴ en Aardbeiklaver). De soorten zijn primair gekozen om de vegetatieontwikkeling te monitoren en niet omdat ze als doelsoort omschreven zouden kunnen worden.
- (3) *Overige soorten*. Selectie van plantensoorten van de (beweide) hoge kwelder en kwelderzoom (en niet vallend onder categorie 2). Als voorbeeld kunnen worden genoemd Fraai duizendguldenkruid (*Centaureum pulchellum*) en Rode ogentroost (*Odontites vernus*).

Uit efficiency overwegingen zijn drie paar niet snel met een oppervlakkige waarneming te onderscheiden soorten in drie soortgroepen ondergebracht, namelijk: (a) Fioringras en Geknikte vossenstaart, (b) Greppelrus en Zilte greppelrus en (c) Kortarige – en Langarige zeekraal.

⁴ Voor de naamgeving van planten worden in dit rapport twee verschillende flora's gevolgd: Voor de Nederlandse naamgeving wordt de 23^e van Heukels' Flora van Nederland gevolgd (van der Meijden, 2005); voor de wetenschappelijke naamgeving, vanwege het gebruik van verschillende softwarepakketten, de 21^e druk van dezelfde flora (van der Meijden, 1991).

Naar aanleiding van vestiging van een nieuwe soort is de lijst van te karteren soorten in de loop van het onderzoek enkele malen aangepast. Zo is in het derde jaar na uitpoldering Rode ogentroost (*Odontites vernus*) en in vierde jaar Fraai duizendguldenkruid (*Centaureum pulchellum*) toegevoegd aan de lijst.

De resultaten van de soortskartering bieden de mogelijkheid om het succes van de proefverkweldering te kunnen evalueren via de vestiging van zgn. doelsoorten. Hierbij rijst echter de vraag hoe een doelsoort kan worden omschreven. Wolters *et al.* (2005) hebben met betrekking tot kwelderherstelprogramma's een fyto-sociologische benadering voorgesteld. Deze auteurs hebben een plantensoort als doelsoort geïdentificeerd wanneer deze in 61% of meer van het totaal aantal vegetatieopnamen per bestaande kweldergemeenschap voorkomt. Voor bestaande kweldergemeenschappen hebben de auteurs zich gebaseerd op de vegetatietypologie van Schaminée *et al.* (1998). Deze benadering is door ons overgenomen.

Wolters *et al.* (2005) komen voor de Nederlandse situatie op basis van 22 kweldergemeenschappen tot een lijst van 39 doelsoorten. Voor de proefverkweldering is deze lijst ingekort tot 20 soorten (Tabel 3.2). Op de vastelandkwelders van de Waddenzee, of in Noard-Fryslân Bûtendyks in het bijzonder, zullen door beperkingen van de abiotiek namelijk niet alle door Schaminée *et al.* (1998) omschreven kweldergemeenschappen tot ontwikkeling komen. Zo kan de gemeenschap van Klein slijkgras (het *Spartinetum maritimae*) worden beschouwd als zijnde verdwenen uit Nederland (Schaminée *et al.*, 1998). Om deze reden is de soort Klein slijkgras (*Spartina maritima*) door ons niet aangemerkt als doelsoort voor de proefverkweldering. In Bijlage VIII wordt een volledige vergelijking gegeven tussen de lijst van doelsoorten van Wolters *et al.* (2005) en voor de proefverkweldering gebruikte lijst.

Tabel 3.2 Overzicht van de op de permanente transecten gekarteerde soorten of soortscombinaties. Het zoutgetal geeft de zouttolerantie van soorten volgens Scherfose (1987), waarbij een 7-delige schaal is vereenvoudigd tot een 3-delige schaal: 0 = zoet (< 6 g Cl/l), 1 = brak (< 13 g Cl/l), 2 = zout (≥ 13 g Cl/l). Voor enkele soorten die niet in de lijst van Scherfose (1987) voorkomen, is ons zoutgetal afgeleid uit Hill et al. (2004). De soortscategorie geeft de reden van selectie om de soort op te nemen in de lijst van te karteren soorten. In de meest rechter kolom wordt aangegeven of een soort op basis van fyto-sociologische benadering als doelsoort van de proefverkweldering is aan te merken; zie tekst voor verdere uitleg.

Soort		Zoutgetal	Soortscategorie			Doelsoort
			Uitgangs-soort	Zout-tolerantie	Overig	
Akkerdistel	<i>Cirsium arvense</i>	0	x			
Speerdistel	<i>Cirsium vulgare</i>	0	x			
Rode ogentroost s.l.	<i>Odontites vernus</i>	0			x	
Grote weegbree s.l.	<i>Plantago major</i>	0	x			
Krulzuring	<i>Rumex crispus</i>	0	x			
Akkermelkdistel s.l.	<i>Sonchus arvensis</i>	0	x			
Gekroesde melkdistel	<i>Sonchus asper</i>	0	x			
Witte klaver	<i>Trifolium repens</i>	0	x			
Zachte dravik s.l.	<i>Bromus hordeaceus</i>	0	x			
Veldgerst	<i>Hordeum secalinum</i>	0	x			
Greppelrus/Zilte greppelrus	<i>Juncus bufonius/ambiguus</i>	0			x	
Engels raaigras	<i>Lolium perenne</i>	0	x			
Fraai duizendguldenkruid	<i>Centaureum pulchellum</i>	1			x	
Vertakte leeuwentand	<i>Leontodon autumnalis</i>	1	x			
Reukeloze kamille	<i>Matricaria maritima</i>	1	x	x		
Varkensgras	<i>Polygonum aviculare</i>	1	x	x		
Zilverschoon	<i>Potentilla anserina</i>	1	x	x		x
Aardbeiklaver	<i>Trifolium fragiferum</i>	1		x		x
Fioringras/Geknikte vossenstaart	<i>Agrostis stolonifera / Alopecurus geniculatus</i>	1	x	x		x
Zeekweek	<i>Elymus athericus</i>	1		x		x
Kweek	<i>Elymus repens</i>	1	x	x		
Stomp Kweldergras	<i>Puccinellia distans</i>	1		x		x
Heen	<i>Scirpus maritimus</i>	1		x		
Zeealsem	<i>Artemisia maritima</i>	2		x		x
Zulte	<i>Aster tripolium</i>	2		x		x
Strandmelde	<i>Atriplex littoralis</i>	2		x		
Gewone zoutmelde	<i>Atriplex portulacoides</i>	2		x		x
Spiesmelde	<i>Atriplex prostrata</i>	2		x		x
Melkkruid	<i>Glaux maritima</i>	2		x		x
Zeeweegbree	<i>Plantago maritima</i>	2		x		x
Zeekraal	<i>Salicornia spp.</i>	2		x		x
Gerande schijnspurrie	<i>Spergularia maritima</i>	2		x		x
Zilte schijnspurrie	<i>Spergularia salina</i>	2		x		x
Klein Schorrenkruid	<i>Suaeda maritima</i>	2		x		x
Rood zwenkgras s.l.	<i>Festuca rubra</i>	2		x		x
Zilte rus	<i>Juncus gerardi</i>	2		x		x
Gewoon kweldergras	<i>Puccinellia maritima</i>	2		x		x
Engels slijkgras	<i>Spartina anglica</i>	2		x		x
Schorrenzoutgras	<i>Triglochin maritima</i>	2		x		x

Tabel 3.3 De door Scherfose (1987) opgestelde schaal van toenemende zouttolerantie van plantensoorten vergeleken met de in dit rapport toegepaste vereenvoudiging tot drie klassen. De eerste kolom geeft de bovengrenzen van de chlorideconcentratie in de omgeving die een plant nog zou tolereren.

Maximum Chlorideconcentratie (g Cl ⁻ / l)	Zoutgetal	
	Scherfose (1987)	Dit rapport
3	I	0
6	II	0
9.5	III	1
13	III-IV	1
16	IV	2
23	V	2
> 23	VI	2

3.3.2 Permanente kwadraten (PQ's)

In het laatste jaar voor uitpoldering van de proefverkweldering zijn in het kader van het monitoringsonderzoek 105 PQ's uitgezet in Noard-Fryslân Bûtendyks (zie ook § 3.1): 72 in de proefverkweldering zelf, 27 op de aangrenzende kwelder en zes PQ's in de aan de proefverkweldering grenzende De PQ's hadden een afmeting van 4 m x 4 m. De PQ's zijn opgenomen in het laatste jaar vóór - en de eerste vier jaar na uitpoldering van de proefverkweldering (de jaren 2000 en 2002 t/m 2005). Hierbij is gebruik gemaakt van de decimale schaal (Londo, 1976). Het veldwerk is steeds verricht in de periode juli – begin september. In 2004 zijn in de zomerpolder drie PQ's niet opgenomen omdat deze door hun lage ligging en slechte mate van ontwatering in het veldseizoen permanent onder water stonden.

De opnames zijn ingevoerd in de computer met het programma TURBOVEG (programmapakket voor invoer, beheer en bewerking van vegetatieopnames; Hennekes, 1995).

3.4 Ganzen en broedvogels

Het veldprogramma aan ganzen en broedvogels wordt door A&W vormgegeven in nauwe samenwerking met de Wadvogelwerkgroep van de FFF Daarnaast is de Wadvogelwerkgroep al sinds het begin van de jaren negentig bezig met het inventariseren van broedvogels op de buitendijkse gronden. Dit maakt het mogelijk de effecten van de in september 2001 gestarte proefverkweldering te volgen ten aanzien van veranderingen in de broedvogelbevolking.

3.4.1 Ontwikkelingen in het habitat

Habitatbeschikbaarheid (bouwplankarteringen)

Om inzicht te krijgen in eventueel grootschalige veranderingen in habitatbeschikbaarheid op Noard-Fryslân Bûtendyks, zijn in 1996, 1997 en 2004 bouwplankarteringen uitgevoerd voor het gehele gebied. In 1998, 2001 en 2002 zijn karteringen uitgevoerd voor het Noarderleech. Bij de bouwplankartering is het totale onderzoeksgebied ingedeeld in dertig vegetatieklassen (grasland, akkers, kwelder), structuur, (laag, pollig, structuurrijk, onbegroeid) en gewastype (bieten, graan etc.). Deze indeling is later voor analyses en presentatiedoeleinden vereenvoudigd tot acht vegetatieklassen.

Vegetatiestructuur en voedselbeschikbaarheid voor ganzen

Tijdens de keuteltellingen (zie § 3.4.2) zijn op een aantal momenten vegetatiehoogtemetingen uitgevoerd op de keutelplots. De vegetatiehoogte biedt informatie over de vegetatiestructuur in de verschillende maanden van het jaar en door de jaren heen en hangt samen met ganzenbenutting (Riddington *et al.*, 1997). Aspecten als voedselbeschikbaarheid voor de ganzen alsmede verruiging komen hiermee tot uiting. De metingen zijn steeds in drievoud uitgevoerd binnen de keutelplots. De gemiddelde hoogte is vervolgens gebruikt in de analyse. Met behulp van een regressieanalyse is gekeken of de vegetatiehoogte in verschillende ecotopen veranderde in de tijd.

Om voedselbeschikbaarheid nauwkeuriger te bestuderen is naast vegetatiestructuur ook vegetatiesamenstelling van belang. Het aandeel aan voedselplanten geeft informatie over de geschiktheid van een gebied voor ganzen. Daarom zijn in 1997, 1998, 2002, 2003 en 2005 vegetatieopnames uitgevoerd op dezelfde locaties als waar de keuteltellingen zijn verricht.

3.4.2 Verspreiding en begrazingsdruk Brand- en Rotganzen

Rot- en Brandganzen komen in Nederland vooral als wintergasten. De Brandgans komt sinds 1994 ook voor als broedvogel in Nederland, maar dit is slechts een klein deel van de populatie (Voslamber *et al.*, 2004). De overwinterende Rot- en Brandganzen foerageren voornamelijk op kweldervegetaties en cultuurgraslanden. De ontwikkeling van de ganzenaantallen is gevolgd in de winters 1996/97, 1997/98 en 1998/99 (Engelmoer & Wymenga, 2000). Deze drie winters hebben de basis gevormd voor het vaststellen van de functie van het gebied voor ganzen vóórdat grote veranderingen in de terreininrichting zouden gaan optreden. In de winters 1999/2000 en 2000/2001 heeft geen monitoring plaats gevonden vanwege te geringe veranderingen in eigendomsrechten en terreinbeheer. De monitoring is weer opgepakt in het winterseizoen 2001/02 en voortgezet in de seizoenen 2002/03 (van Duin *et al.*, 2003, 2004), 2003/04 en 2004/05. We volgden hierbij dezelfde methodiek als in voorgaande jaren. De indeling van het gebied in telgebieden is in de loop der jaren steeds aangepast aan veranderende omstandigheden (Bijlagen Fig. X.1).

Om de effecten van de verkweldering voor de ganzen nauwkeuriger vast te leggen dan met de tellingen mogelijk is, wordt de begrazingsdruk ook gemeten met behulp van keuteltellingen. Op verschillende ecotopen op het Noarderleech is de begrazingsdruk in de winterseizoenen 1998/99, 2001/02, 2002/03, 2003/04 en 2004/05 gemeten op zogenaamde 'keutelplots'. Het gaat in totaal om 105 plots, verdeeld over 21 raaien van 5, met een minimum van 4 raaien voor een gegeven ecotoop (zie Bijlagen Fig. X.2 en van Duin *et al.*, 2003). De methode van werken is in detail weergegeven in Engelmoer & Wymenga (2000). De data zijn eerst gemiddeld per raai, en per telronde. Deze getallen zijn vervolgens gemiddeld om te komen tot een schatting van de begrazingsdruk per ecotoop en per seizoen. Binnen de categorie 'zomerpolder' is onderscheid gemaakt naar 'oud grasland' en 'grasland sinds 1996'. Dit laatste ecotoop omvat een voormalige akkerzone in het noorden van de zomerpolder van het Noarderleech, welke in 1996 omgezet is naar grasland.

3.4.3 Broedvogels

De verwachting was dat het doorsteken van de zomerkade op het Noarderleech in 2001 invloed zou hebben op de vegetatie in de proefverkweldering en daarmee mogelijk op de daar aanwezige broedvogels. Om de mate van deze invloed te kunnen bepalen, is gekeken naar broedvogelaantallen op Noard-Fryslân Bûtendyks en meer nauwkeurig naar de broedvogelaantallen in de verschillende delen van het Noarderleech.

De broedaantallen op Noard-Fryslân Bûtendyks zijn vanaf het broedseizoen 1991 jaarlijks vastgesteld. Engelmoer *et al.* (2001) geven een overzicht van de aantallen per soort in de onderscheiden deelgebieden over de periode 1991-2000. Een nieuwe reeks is gestart vanaf het broedseizoen 2001 (Feddema, 2002, 2003, 2004). Engelmoer (2002) geeft een samenvatting van alle bekende broedrichtingen voor 10 soorten, verzameld langs de gehele Friese waddenkust sinds 1994. In het kader van de monitoring van de proefverkweldering wordt speciale aandacht besteed aan de aantallen broedvogels in en om het proefverkwelderingproject in de broedseizoenen 1999, 2000, 2001, 2002,

2003, 2004 en 2005. De geïnteriseerde gebieden, waarvan de gegevens in deze paragraaf worden besproken zijn weergegeven in hoofdstuk 4.4.

Het broedseizoen 2002 was het eerste broedseizoen sinds de proefverkweldering. In de broedseizoenen 1999, 2000 en 2001 is op de westkant van het Noarderleech helaas nooit systematisch onderscheid gemaakt tussen het te ontpolderen deel van de zomerpolder en de zuidelijk daarvan gelegen zomerpolder. Daardoor is vergelijking tussen de broedseizoenen voor en na de ontpoldering alleen mogelijk voor het oostelijke deel. Dit geldt niet voor de oude kwelders ten noorden van de proefverkweldering, want op het westelijke deel is wel onderscheid gemaakt tussen kwelder en zomerpolder.

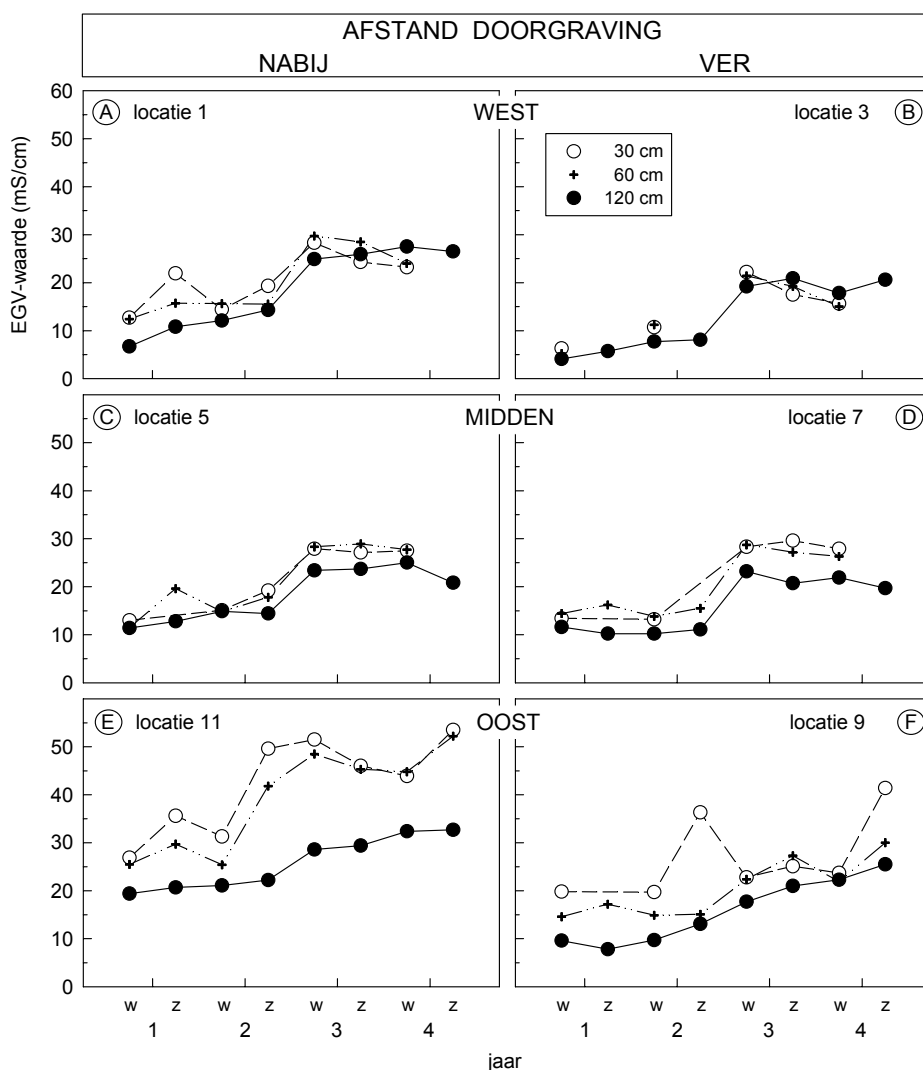
4 RESULTATEN EN CONCLUSIES

4.1 Verzilting

4.1.1 Verzilting in de proefverkweldering

Grondwater

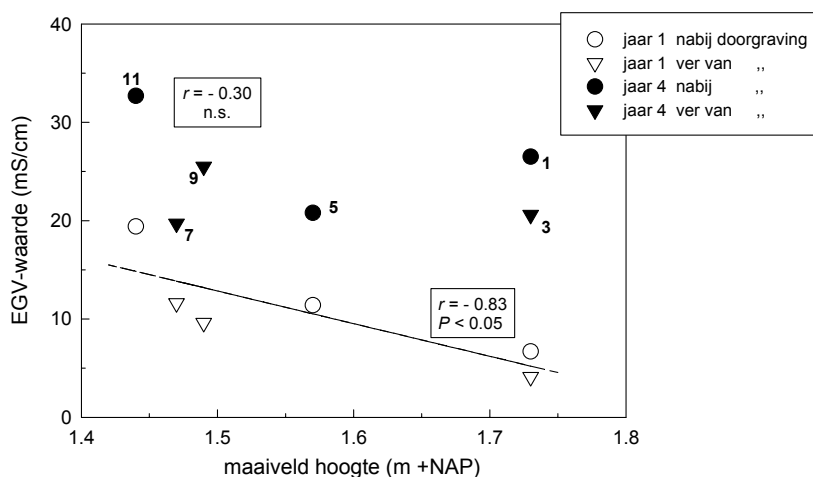
De verzilting van het grondwater in de proefverkweldering bleek geleidelijk te verlopen met van plek tot plek duidelijke verschillen (Fig. 4.1). Op vier van de zes onderzochte locaties liet het Elektrisch Geleidings Vermogen (verder afgekort tot EGV) in na het tweede jaar na uitpoldering een afvlakking zien (locaties 1 t/m 7). Op de overige twee locaties lijkt zelfs in het vierde jaar van een afvlakking nog geen sprake te zijn (de beide oostelijke locaties 9 en 11). Op beide laatstgenoemde locaties liet het EGV ook de grootste verschillen zien tussen het diepe (120 cm) en ondiepe grondwater.



Figuur 4.1 De toename van de EGV-waarde van het grondwater in de proefverkweldering in de eerste vier jaar na uitpoldering op resp. 30 -, 60 -, en 120 cm onder het maaiveld. De uitgezette waarden zijn gemiddelde waarden per winter- (maanden oktober t/m maart = w) en zomerhalfjaar (maanden april t/m september = z).

De eerste EGV-metingen zijn pas uitgevoerd kort ná de uitpoldering (Bijlage II), zodat gegevens over de uitgangssituatie ontbreken. Het EGV van het diepe (120 cm) grondwater vertoonde in de eerste maanden na uitpoldering een negatief verband met de hoogte van het maaiveld (Fig. 4.2). Het zal altijd onduidelijk blijven of dit een nog weerspiegeling is van de uitgangssituatie, of dat dit een effect is van de inrichtingswerkzaamheden in het laatste jaar vóór uitpoldering. Zo was in dit laatste jaar voor uitpoldering op de laaggelegen locatie 11 soms sprake van een langdurige inundatie met zeewater. Dit is wellicht ook de verklaring op deze locatie voor de hoge beginwaarde van bijna 20 mS/cm van het grondwater op 120 cm diepte in het eerste winterhalfjaar na uitpoldering met nog hogere EGV's op geringere dieptes (Fig. 4.1E).

In het vierde jaar bleek in de proefverkweldering geen sprake meer te zijn van een relatie tussen het EGV in het diepe grondwater en de initiële maaiveldhoogte van de uitgangssituatie (Fig. 4.2). In een paarsgewijze vergelijking van de EGV's per doorgraving, liet het grondwater in alle drie situaties op de locaties vlakbij de doorgravingen een hoger EGV zien dan de locaties dieper in de proefverkweldering. Dit was met maar een gering verschil ook het geval in het vierde jaar bij de middelste doorgraving (Fig. 4.1CD). Dat jaar was het EGV op locatie 5 opvallend laag in vergelijking met de overige locaties. Ook het ondiepe grondwater liet dichtbij de doorgravingen een hoger EGV zien dan verderop in de proefverkweldering. Hoewel de grondwaterbuizen nergens vlakbij een kreek stonden, maar steeds op ruime afstand van tenminste ongeveer 100 m, moet geconcludeerd worden dat het grondwater bij de doorgravingen sterker door het zeewater werd beïnvloed dan het grondwater dieper in de proefverkweldering.



Figuur 4.2 De ontwikkeling van het EGV van het diepe grondwater (120 cm) in de proefverkweldering in relatie tot de initiële hoogte van het maaiveld. In het eerste halfjaar (winterwaarden) na uitpoldering is sprake van een significant negatief verband met de hoogte van het maaiveld (open symbolen); in het vierde jaar (zomer) is er geen sprake meer van een significant verband (gesloten symbolen met locatiecodering). De uitgezette waarden zijn gemiddeldes per halfjaar (vgl. Fig. 4.1).

Bodem

In tegenstelling tot de langzame respons van het grondwater, zou verwacht mogen worden dat het zoutgehalte van de bodem in de proefverkweldering wel een snelle verandering als reactie op de uitpoldering zou laten zien. Dit kan worden onderzocht aan de hand van de jaarlijkse bemonstering van de toplaag (0–5 cm) van de bodem in de permanente kwadraten (PQ's). Ten gevolge van neerslagpatroon en overstromingen kunnen bodemvochtigheid en het zoutgehalte van een kwelderbodem op de korte termijn grote fluctuaties vertonen. Om deze fluctuaties te verdisconteren in een vergelijking tussen jaren is voor de drie verziltingsparameters (a) bodemvocht, (b) chloridegehalte in droge bodem en (c) het chloridegehalte van het bodemvocht een index berekend, waarbij de gemiddelde

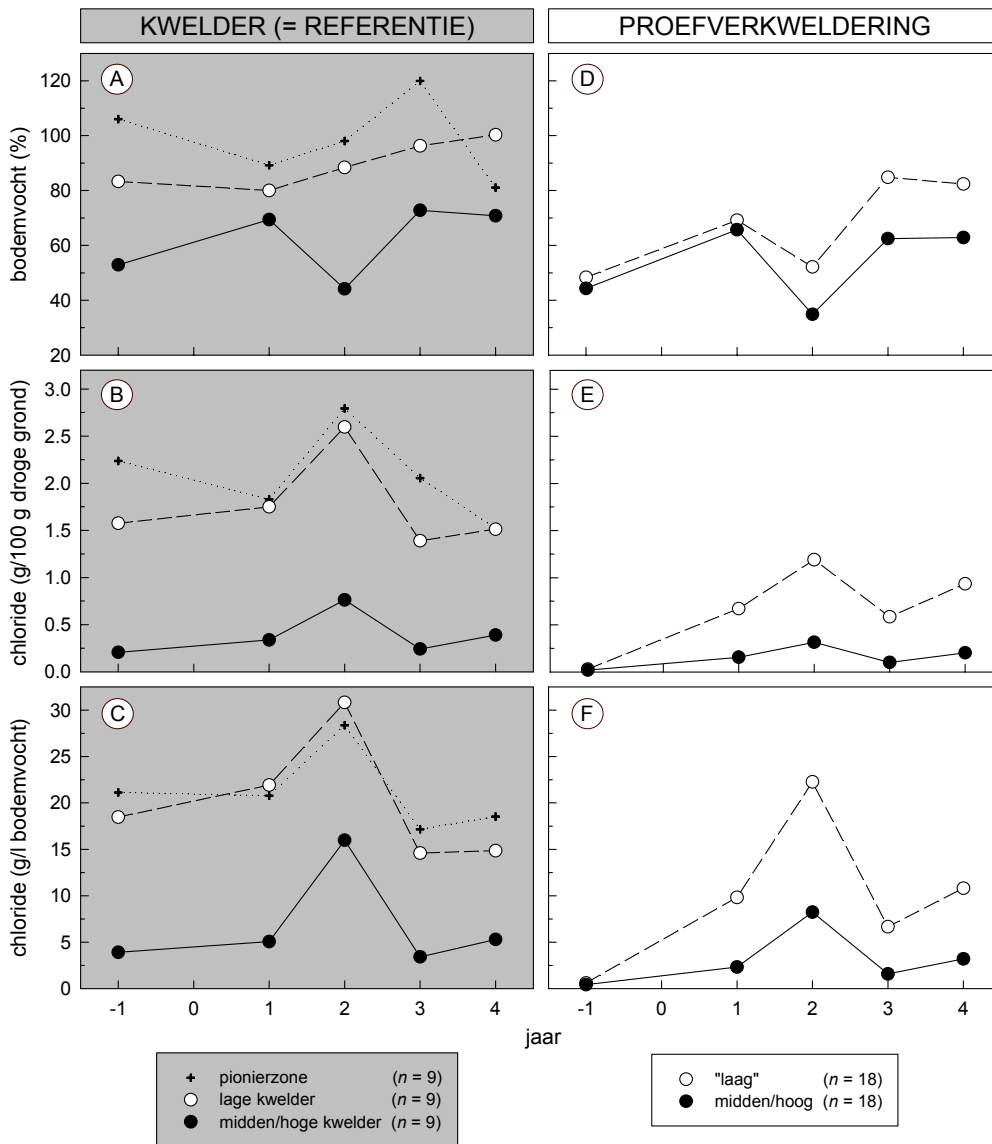
waarde van de kwelder-PQ's gelijk is gesteld aan 100. Deze indexering betekent dat hoe dichter de waarde van de proefverkweldering bij 100 ligt, hoe meer de situatie overeenkomt met die op de kwelder.

Fig. 4.3 geeft een vergelijking van de drie niet-geïndexeerde verziltingsparameters tussen kwelder en proefverkweldering in de nazomer van het laatste jaar vóór – t/m het vierde jaar na uitpoldering. Voor de kwelder is onderscheid gemaakt tussen de drie hoofdzones (pionierzone, lage kwelder en midden-/hoge kwelder). Voor de proefverkweldering is onderscheid gemaakt tussen hoog- en laaggelegen PQ's (respectievelijk lager en hoger dan 1.5 m +NAP). Vooral de invloed van het droge weer (§ 2.5) op de verziltingsparameters in het tweede jaar na uitpoldering (2003) is opvallend. Het bodemvochtgehalte van de hoge kwelder en in de proefverkweldering was als gevolg van de droogte veel lager dan in de overige jaren, terwijl tegelijkertijd de chloridegehalten van de droge grond en het bodemvocht de hoogste waarden lieten zien. In het eerste jaar na uitpoldering was op de lage punten van de proefverkweldering het chloridegehalte van de bodem meteen meer dan 30× zo hoog als in het laatste jaar voor uitpoldering (een stijging van gemiddeld 0.03 naar 0.67 gram per 100 gram droge grond); het chloridegehalte van het bodemvocht was meer dan 15× zo hoog (van gemiddeld 0.6 naar 9.8 gram/l). Op de hoger gelegen punten van de proefverkweldering was de sprongsgewijze toename van de beide chloridegehalten in het eerste jaar veel gematigder (respectievelijk een factor 8 en 5.5).

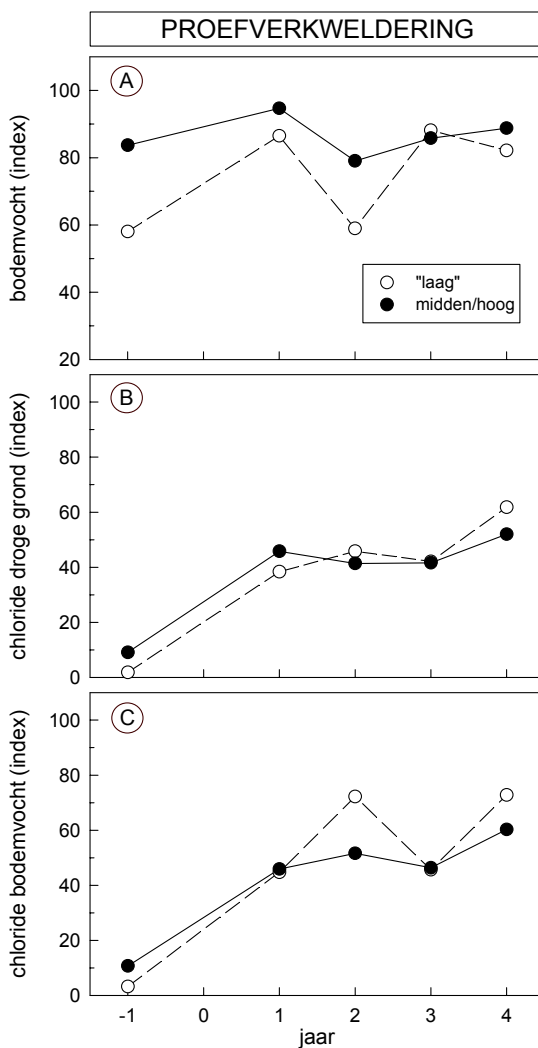
Na berekening van de bovengenoemde indices zijn de verschillen in respons van lage en hoge punten in de proefverkweldering veel kleiner (Fig. 4.4). De indexwaarden van het chloridegehalte van de droge grond kwam in het eerste jaar na uitpoldering uit op gemiddeld ongeveer 40; van het chloridegehalte van het bodemvocht op gemiddeld 45. Beide indices lieten vervolgens in het tweede t/m vierde jaar na uitpoldering een licht oplopende tendens zien. Zowel op de laag- als op hooggelegen punten bereikten de indices in het vierde jaar gemiddeld de hoogste waarde. Dit suggereert dat na de eerste snelle verandering in het eerste jaar, er sprake was van een langzaam verdergaande verzilting van de 0–5 cm bodemlaag. In de uitgevoerde statistische analyse is inderdaad sprake van een significant jaar-effect. Het betreft een toename van ongeveer 5 procentpunten per jaar (parameter *a* in Annex Box 4.1, Tabel 4.1.1AB).

De indexwaarde van het bodemvochtgehalte in de proefverkweldering bereikte in geen enkel jaar de waarde 100 (Fig. 4.4A), wat impliceert dat de proefverkweldering droger was dan de kwelder. Voor de lage punten zou dit te verklaren zijn door een verschil in maaiveldhoogte: De locaties in de proefverkweldering lagen namelijk gemiddeld op 1.45 m +NAP; de locaties op de lage kwelder op 1.28 m +NAP en de laatstgenoemden werden dus vaker door zeewater overstroomd. Bij de hooggelegen punten hadden de locaties van de proefverkweldering daarentegen een iets lagere maaiveldhoogte dan de locaties van de hoge kwelder en kan maaiveldhoogte derhalve als verklaring worden uitgesloten. Dit betekent dat verschillen in maaiveldhoogte niet de enige factor zijn die een verklaring vormen voor het verschil in bodemvocht tussen proefverkweldering en kwelder. In lijn met de resultaten van de bodemvochtigheid, bleven de indices voor de chloridegehalten in de proefverkweldering ook ruim onder die van de kwelder. In het vierde jaar van de proefverkweldering reikten deze gemiddeld niet verder dan 70% of lager (Fig. 4.4BC).

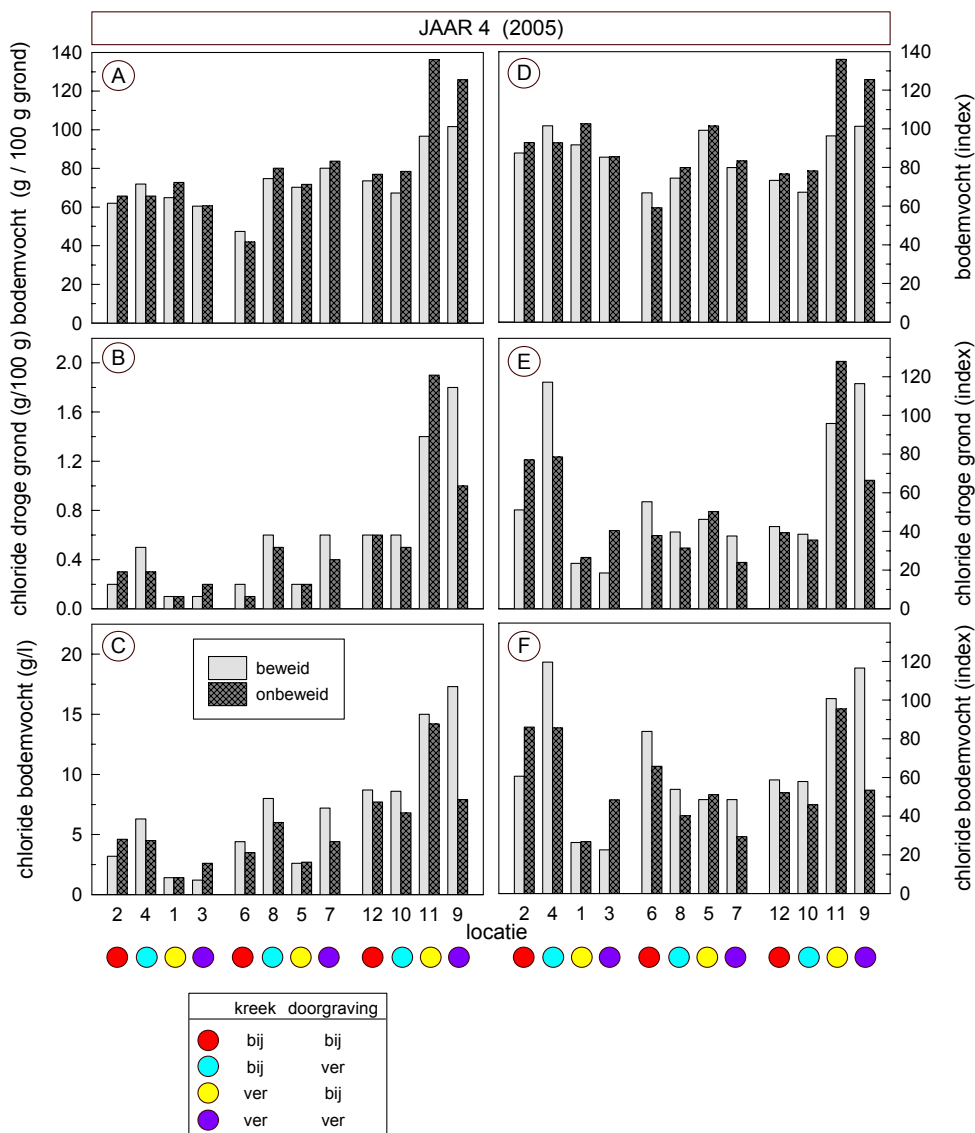
Het ruimtelijk beeld van de (niet-geïndexeerde) bodemvocht- en chloridecijfers in de toplaag van de bodem van de proefverkweldering komt overeen met de resultaten van het grondwater: in het vierde jaar na uitpoldering was het oostelijk deel gemiddeld natter en zouter dan de overige delen van de proefverkweldering (Fig. 4.5ABC). De eerste drie jaren na uitpoldering lieten de niet-geïndexeerde cijfers eenzelfde beeld zien (Bijlage III).



Figuur 4.3 Vergelijking van de gemeten verziltingsparameters tussen kwelder (gearceerd) en proefverkweldering in het laatste jaar vóór - en de eerste vier jaar na uitpoldering: (AD) het bodemvochtgehalte, (BE) het chloridegehalte van de grond en (CF) het chloridegehalte van het bodemvocht in de 0–5 cm bodemlaag. Resultaten van jaarlijkse éénmalige bodembemonstering van de permanente kwadraten (PQ's) eind augustus. Onbeweide PQ's zijn in de vergelijking buiten beschouwing gelaten. In de proefverkweldering zijn PQ's met een initiële hoogteligging van lager dan 1.5 +NAP tot de lage serie gerekend (i.e. locaties 7 t/m 12), locaties boven 1.5 +NAP tot de hoge serie (locaties 1 t/m 6; Fig. 3.1).



Figuur 4.4 (A) Het bodemvochtgehalte, (B) het chloridegehalte van de bodem en (C) het chloridegehalte van het bodemvocht in de proefverkweldering in het laatste jaar vóór - en de eerste vier jaar na uitpoldering. De waarden zijn geïndexeerd ten opzichte van de kwelder, waarbij de gemeten waarden voor de kwelder op 100 zijn gesteld (zie tekst voor verdere toelichting). De figuur is op dezelfde cijfers gebaseerd als Fig. 4.3).



Figuur 4.5 Ruimtelijke spreiding van - en de invloed van beweiding op de gemeten verziltingsparameters in de proefverkweldering in het vierde jaar na uitpoldering: (A) het bodemvochtgehalte, (B) het chloridegehalte van de droge grond en (C) het chloridegehalte van het bodemvocht in de 0–5 cm bodemlaag. De drie rechterpanelen DEF geven de geïndexeerde waarden ten opzichte van de kwelder (zie Fig. 4.3).

In de HLM-analyse van de verziltingsvariabelen zijn de meetresultaten van de uitgangssituatie in het jaar vóór uitpoldering buiten beschouwing gelaten en is alleen met geïndexeerde waarden gewerkt (Annex Box 4.1). Op basis van de HLM-analyse kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

De resultaten van de analyse geven aan dat het $Cl_{bv_{index}}$ een toename liet zien gedurende de eerste vier jaar na uitpoldering. Een mogelijk effect van beweiding is met name te verwachten bij een korte vegetatie met een lage bedekking, dus met name in de voorjaars situatie (Esselink *et al.*, 2001). Dat beweiding in augustus desondanks op het 5 procentsniveau bijna significant was, geeft aan dat in het voorjaar zeker een beweidingseffect op het $Cl_{bv_{index}}$ is te verwachten. De overige factoren zijn niet invloed geweest op het $Cl_{bv_{index}}$. Ook het jaareffect op het $Cl_{dgr_{index}}$ duidt op een voortgaande verzilting na de sprongsgewijze verandering in het eerste jaar.

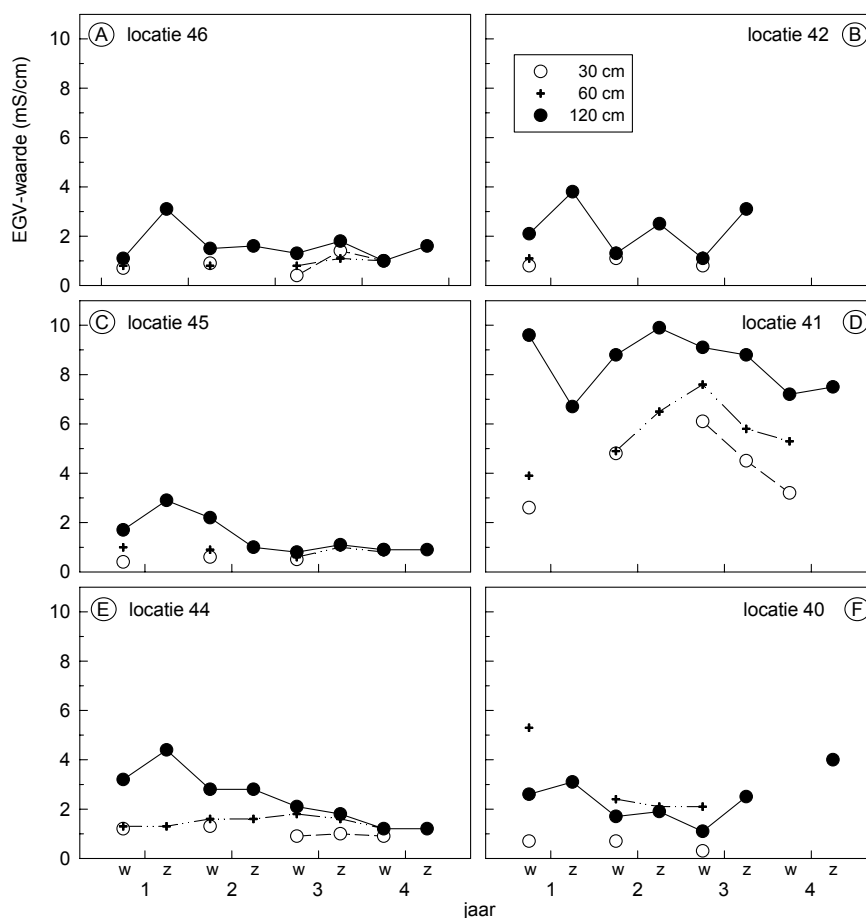
Ook bij het geïndexeerde bodemvochtgehalte is sprake van een significant jaareffect. In de proefverkweldeoing liet de toplaag van de bodem dus een geleidelijke verzilting en vernatting zien gedurende de eerste vier jaar na uitpoldering. Beweiding (lagere bedekking en daardoor hogere evapotranspiratie) en kreek (ontwatering) hadden een negatief effect op het bodemvochtgehalte.

- **Na de sprongsgewijze toename in het eerste jaar na uitpoldering, was sprake van een geleidelijke verdere verzilting en vernatting van de bodem gedurende de resterende onderzoeksperiode.**
- **Beweiding had in de nazomer een zwak positief effect op de chlorideconcentratie in het bodemvocht. In het voorjaar, bij het begin van het groeiseizoen, zal beweiding een groter verziltend effect hebben.**
- **Beweiding had een negatief effect op het bodemvochtgehalte.**
- **Als gevolg van een betere ontwatering, is vlak langs een kreek de bovenste bodemlaag droger dan op afstand van een kreek.**

4.1.2 Verzilting in de aangrenzende zomerpolders

Grondwater

In de aan de proefverkweldering grenzende zomerpolder is door middel van monitoring van de grondwatersamenstelling geen aanwijzing gevonden voor een toename van de zoutinvloed als gevolg van de uitpoldering (Fig. 4.6). Een opmerkelijke resultaat was dat op drie locaties het EGV van het diepe grondwater door een afnemende trend juist een daling van de zoutinvloed liet zien (de westelijke raai met de locaties 44 t/m 46). Op de drie locaties 40 t/m 42 op de oostelijke raai leek het EGV van het diepe grondwater min of meer constant. Het beeld op deze raai wordt bemoeilijkt door het ontbreken van metingen uit met name het laatste jaar als gevolg van verstoreing van de grondwaterbuizen door het vee: op locatie 40 is het laatste jaar maar één meting van het EGV verkregen; op locatie 42 geen enkele meer.



Figuur 4.6 De ontwikkeling van het EGV van het grondwater in de aan de proefverkweldering grenzende zomerpolders in de eerste vier jaar na uitpoldering op resp. 30 -, 60 -, en 120 cm onder het maaiveld. De uitgezette waarden zijn gemiddelde waarden per winter- (maanden oktober t/m maart) of zomerhalfjaar (maanden april t/m september).

Bodem

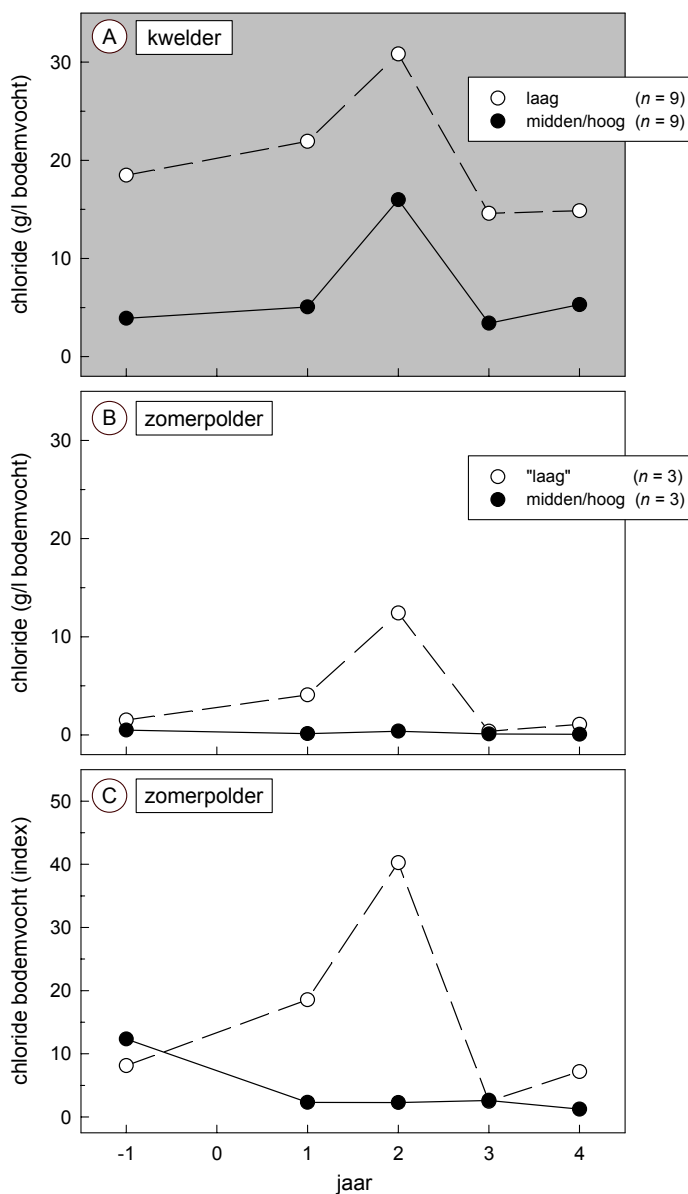
In overeenstemming met de resultaten van de monitoring van het EGV van het grondwater, is op basis van de jaarlijkse monitoring van het zoutgehalte in de 0–5 cm laag van de bodem, geen aanwijzing verkregen voor een toename van de zoutinvloed in de aan de proefverkweldering grenzende zomerpolders. Op de lage punten (3 PQ's op locatie 41) liet de chlorideconcentratie in het bodemvocht een verloop zien dat geheel parallel liep met de chlorideconcentratie van het bodemvocht op de kwelder (Fig. 4.7AB). Ook na berekening van de geïndexeerde waarden (kwelder=100; zie § 4.1.1) lieten de lage punten van de zomerpolder nog steeds een parallel verloop zien met de kwelder (Fig. 4.7C). De piek van de geïndexeerde concentratie in het tweede jaar na uitpoldering geeft aan dat ten gevolge van weersinvloeden, de fluctuaties van het zoutgehalte in de bodem van de lage delen van de zomerpolder in het algemeen waarschijnlijk groter zijn dan op de kwelder. Bij een 7% lagere neerslag dan normaal in het tweede jaar (Tabel 2.3), steeg de geïndexeerde chlorideconcentratie hier tot een niveau van 40% van de kwelder.

Op de onderzochte hoge punten (3 PQ's op locatie 42) liet de chlorideconcentratie in het bodemvocht over de jaren slechts een geringe variatie zien (Fig. 4.7B). De geïndexeerde concentratie liet daarentegen een opvallende afname van de zoutinvloed zien (Fig. 4.7C). Deze afname is statistisch significant ($r = -0.85$, $P = 0.034$). Dit betekent dat op locatie 42 sprake was van een afname van de zoutinvloed ten opzichte van de Ausgangssituatie in het jaar vóór de start van de proefverkweldering.

De conclusie van een afgenomen zoutinvloed in de bodem van locatie 42 ligt in lijn met de resultaten van de monitoring van het EGV van het grondwater in de zomerpolder. Deze resultaten lieten op tenminste

drie van de zes onderzochte locaties eveneens een afname van de zoutinvloed zien. Voor deze afgenomen zoutinvloed zijn twee mogelijke verklaringen, namelijk: a) door ophoging van de zomerkade is sprake van een betere bescherming van de zomerpolders tegen overstroming met zout zeewater, of b) door toevallige fluctuaties is gedurende de onderzoeksperiode sprake geweest een tijdelijke afname van extreem hoge vloed.

De eerste verklaring lijkt heel aannemelijk. Echter, gedurende de onderzoeksperiode heeft de waterstand theoretisch geen enkele keer de hoogte van NAP + 2.85 m bereikt, de hoogte die de zomerkade had voordat deze in het kader van herinrichting van de proefverkweldering werd opgehoogd. Hoewel er wel degelijk sprake is van een betere bescherming tegen zeewater, moet hierdoor teruggevallen worden op de tweede verklaring. Mogelijk is er sprake van een naijl effect van de laatste overstroming van de zomerpolders in februari 1999 (Kolen 1999). In de toekomst is het onvermijdelijk dat de betere bescherming van de zomerpolders tegen zeewater zal resulteren in een verminderde zoutinvloed in deze polders. Dit effect wordt mogelijk nog versterkt door een toename van de regenval in Nederland (zie ook Tabel 2.4).



Figuur 4.7 Vergelijking van de ontwikkeling van de chlorideconcentratie in het bodemvocht tussen (A) kwelder en (B) zomerpolder van het laatste jaar vóór uitpoldering t/m vierde jaar na uitpoldering met in paneel C de geïndexeerde waarden (voor toelichting zie Fig. 4.3). In paneel C is de afnemende trend van de geïndexeerde concentratie op de hoge punten significant ($r=-0.85$, $P=0.034$).

Hypothese 1: Uitpoldering zal een "zoutschok" in de proefverkweldering veroorzaken, waardoor de zoutmijdende vegetatie zal afsterven en vestigingskansen ontstaan voor kwelderplanten. In de overgangsfase is vooral het lager gelegen oostelijke deel van de proefverkweldering tijdelijk weinig begroeid en nat.

Nevendoelestelling 3: "eventuele effecten van de verkweldering op aanliggende (agrarische) gebieden /zomerpolders moeten aangegeven worden"

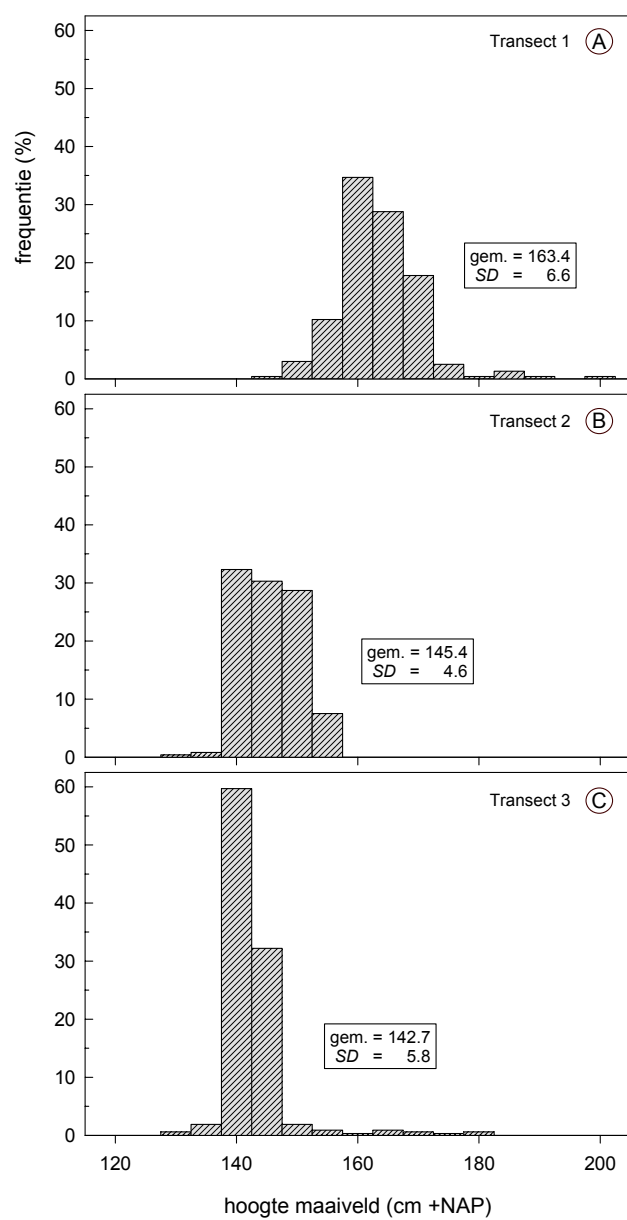
- **In tegenstelling tot de gedachte achter bovenstaande hypothese, bleek de verzilting van het grondwater in de proefverkweldering een geleidelijk verlopend proces. De zoutconcentratie nam geleidelijk toe en vertoonde, afhankelijk van de locatie, een afvlakking in het derde jaar na uitpoldering of later. Bij de doorgravingen was de verzilting sterker dan op grotere afstand.**
- **Ook de verzilting van de toplaag van de bodem in de proefverkweldering bleek een geleidelijk verlopend proces. In het eerste jaar na uitpoldering werd een toename gemeten tot een niveau van ongeveer 50% van die in de aangrenzende kwelder (= referentie). In de volgende jaren was sprake van een geleidelijke verdere verzilting en vernatting van de bodem. In het vierde jaar na uitpoldering was het niveau van de referentie nog niet bereikt.**
- **Beweidings zorgde in de proefverkweldering voor een drogere en iets zoutere toplaag van de bodem.**
- **In de aan de proefverkweldering grenzende zomerpolder is geen aanwijzing gevonden voor verzilting als gevolg van de ontpoldering. Op een aantal locaties in de zomerpolder was juist sprake van een afgenomen zoutinvloed.**
- **Door ophoging van de zuidelijke zomerkade is de kans op overstroming van de zomerpolders afgenomen.**

4.2 Maaiveldhoogte

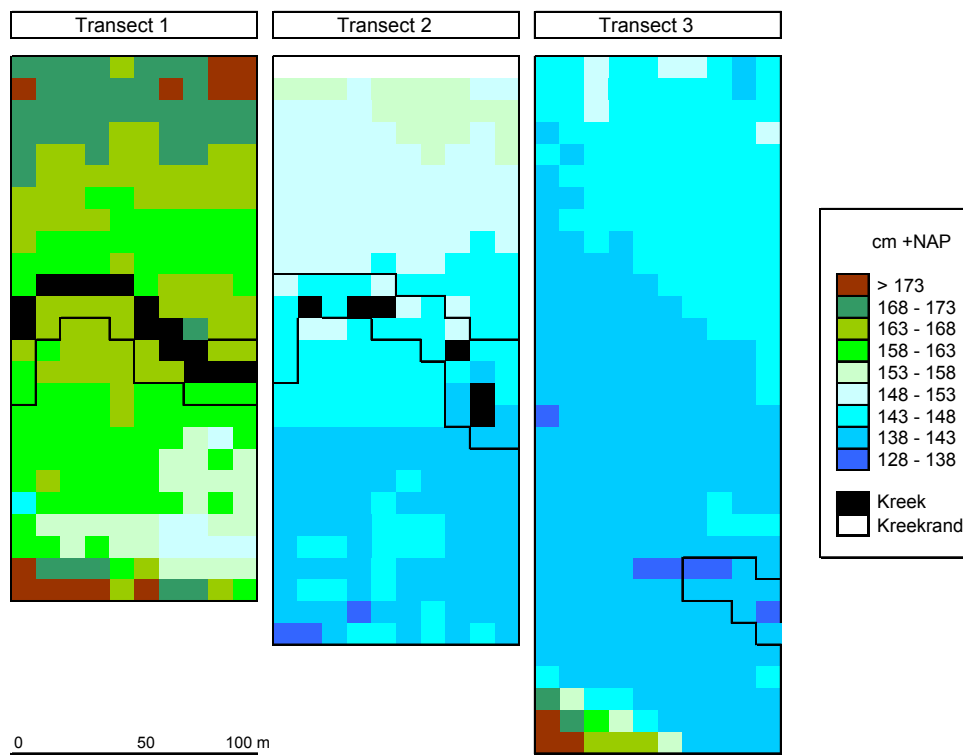
4.2.1 Waterpassingen

Het westelijke transect T1 lag gemiddeld 20 cm hoger dan de beide andere transecten T2 en T3 (Fig. 4.8). Dit kwam min of meer overeen met de verwachtingen op basis van verschillen in vegetatie in de uitgangssituatie en de hoogtekartaat van Nederland uit 1960 (Topografische Dienst, ongepubliceerd). Transect T1 lag gemiddeld ruim 0.6 m boven gemiddeld hoogwater (lokaal gemiddeld hoogwater ligt op ongeveer 1 m +NAP; Fig. 2.7); de twee andere raaien lagen op ruim 0.4 m boven gemiddeld hoogwater. In de hoogteverdeling van de transecten T1 en T3 is, in de vorm van een lange staart aan de rechterkant van de verdeling, een restant van de oude boerenkwelder te herkennen. Dit restant ligt hier en daar als een smalle zone van maximale enkele tientallen meters langs de zuidrand van de proefverkweldering. Op transect 2 ontbreekt deze zone.

De permanente transecten beslaan een oppervlakte van 8.4 ha of meer van zes procent van de proefverkweldering. Daarmee kunnen de transecten een betrouwbaar beeld geven voor de gehele proefverkweldering. De permanente transecten laten zien dat de hoogteligging van de proefverkweldering (uitschieters buiten beschouwing latend) varieerde van 1.35 m tot 1.75 m +NAP (Fig. 4.9). Deze hoogtes komen goed overeen met de hoogtes van de hoogtekartaat van Nederland van 1960 (Topografische Dienst). Op basis van deze hoogtes zou over de gehele proefverkweldering een ontwikkeling van kweldervegetatie verwacht mogen worden (de Jong *et al.*, 1998; Schaminée *et al.*, 1998).



Figuur 4.8 De hoogteligging van de permanente vegetatietransecten in de proefverkweldering twee jaar na uitpoldering. De figuur geeft de hoogteligging op basis van de gemiddelde hoogte per 10 m × 10 m vak exclusief de greppels en de gegraven kreek.



Figuur 4.9 Hoogtekaart van de drie permanente vegetatietransecten in de proefverkweldering twee jaar na uitpoldering. De hoogtekaart geeft de hoogteligging op basis van de gemiddelde hoogte per 10 m x 10 m vak. Greppels en gegraven krekken zijn buiten beschouwing gelaten in de berekening van de hoogte per vak. In Transect T2 is de meest noordelijke rij vakken niet opgenomen.

4.2.2 Sedimentatie-Erosie Balk

De metingen zijn gestart in december 2000, maar in een aantal tabellen en figuren in deze paragraaf zijn uitsluitend de gegevens van de periode dec. 2001 tot dec. 2005 gebruikt, omdat tussen de eerste twee metingen (december 2000 en december 2001) in de proefverkweldering nog sprake was van een zomerpolder situatie zonder de toegenomen mogelijkheden voor water- en sedimentuitwisseling die na het maken van de doorgravingen in september 2001 ontstonden.

De statistische analyse van de opslibingsgegevens verzameld met de SEB staat beschreven in Annex Box 4.2. Hiervoor zijn de meetgegevens van maart 2002 t/m december 2005 gebruikt.

Proefverkweldering

In Tabel 4.1 en 4.2 staat de gemiddelde maaiveldhoogte van de SEB-meetpunten in resp. de proefverkweldering en de zomerpolder en kwelder berekend op basis van de waterpassingen in december 2000 en de eerste SEB-meting na de start van de proefverkweldering in december 2001. Verder staan in deze tabellen enkele karakteristieken van de meetpunten en de gemiddelde jaarlijkse maaiveldhoogteverandering die in de periode van december 2001 tot december 2005 is gemeten. Omdat opslibing in de meeste gevallen de oorzaak is van deze maaiveldhoogteverandering wordt verder steeds van opslibing gesproken.

In de proefverkweldering was de opslibing in de onbeweide situatie (= in de exclusures) significant hoger dan op de vergelijkbare beweide meetpunten (Fig. 4.10 en 4.11). Verder had de ligging naast de kreek een significant positief effect op de opslibing. Ligging dichtbij één van de drie doorgravingen in de zomerkade laat in deze meetreeks geen significant effect op de opslibing zien.

Over de rol van de aanvankelijke maaiveldhoogte is geen eenduidig antwoord te geven. Gemiddeld genomen neemt de opslibing toe van west (6 mm/j beweide; 19 mm/j onbeweide) naar oost (19 mm/j

beweid; 30 mm/j onbeweid) bij een gemiddeld afnemende maaiveldhoogte van west (1.69 m +NAP) naar oost (1.46 m+NAP). In veel gevallen is de opslibbing op plaatsen met een verschillende uitgangshoogte echter gelijk. Het feit dat de opslibbing in het midden van de proefverkweldering langs de kreek (lokatie 6 en 8) lager is dan op plaatsen met vergelijkbare maaiveldhoogte in het oostelijk deel van de proefverkweldering (lokaties 12 en 10) zou er op kunnen wijzen dat de sedimenttoevoer in het midden wordt beperkt door de aanwezige duiker. Ook de lage opslibbing in transect T2 zou hier op kunnen wijzen.

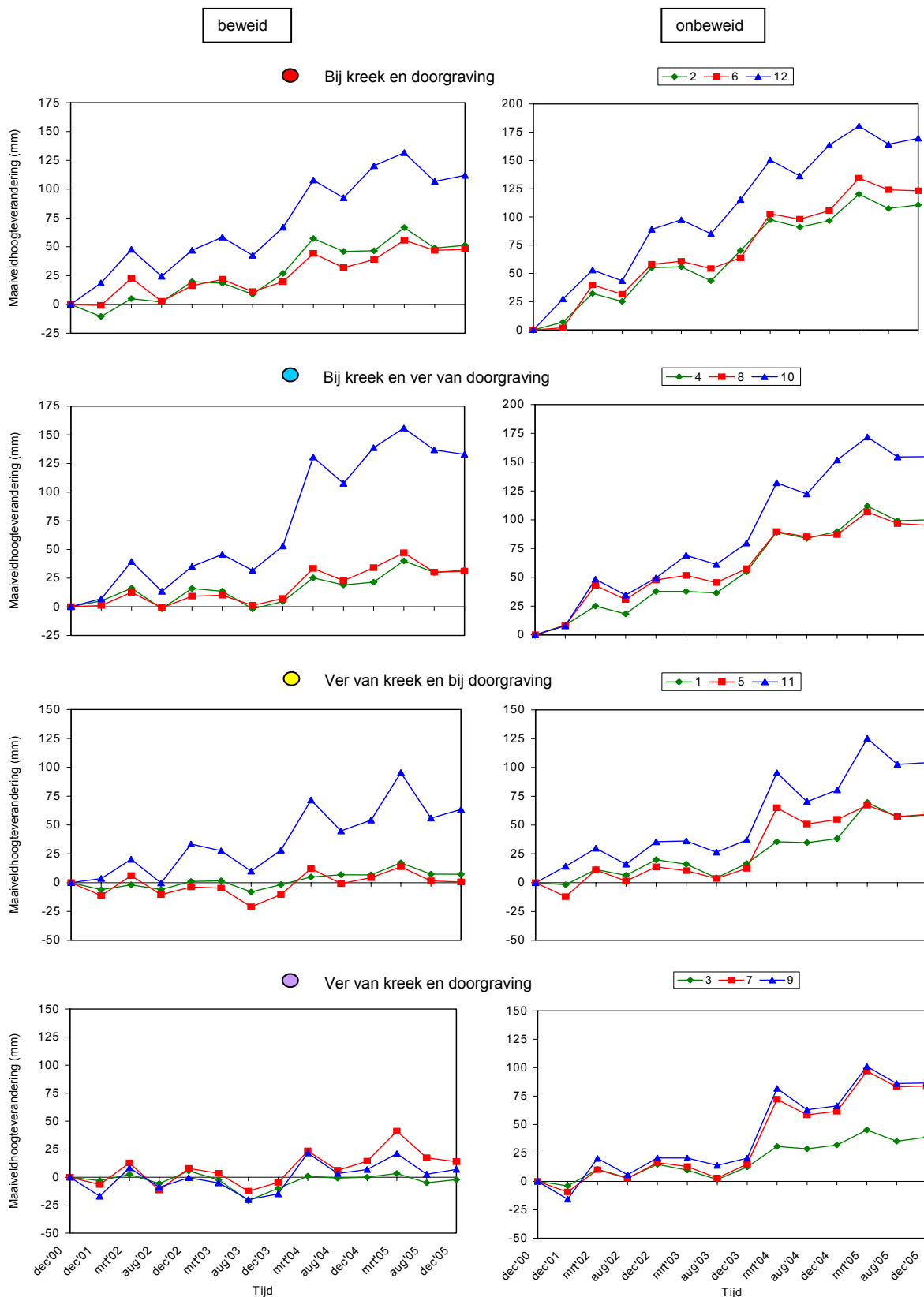
In de Bijlagen IV-V staan de figuren met het verloop van de gemiddelde maaiveldveranderingen van de meetpunten in de transecten in de proefverkweldering, in de zomerpolder en de kwelder weergegeven.

Tabel 4.1 De berekende gemiddelde maaiveldhoogte in december 2001, karakteristieken en gemiddelde opslibbing per jaar (over de periode december 2001 tot december 2005) van de SEB-meetpunten bij de PQ's en in de transecten in de proefverkweldering.

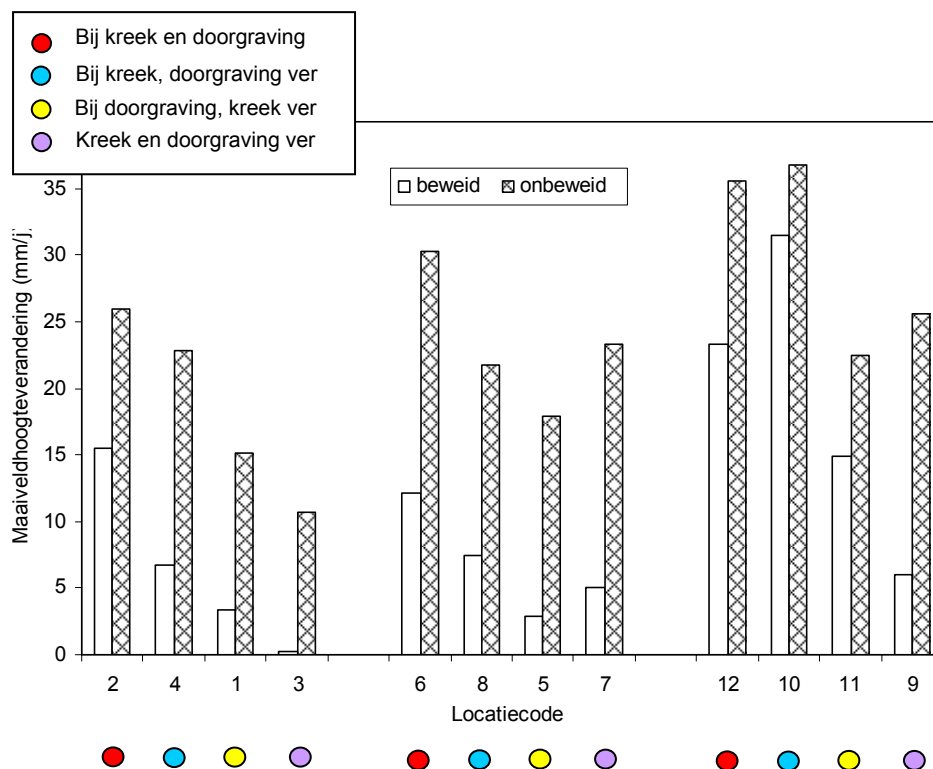
Locatiecode	Karakteristieken locatie		Gem. maaiveldhoogte m+NAP		Gem. opslibbing mm/jaar	
			Beweid	Onbeweid	Beweid	Onbeweid
<i>Proefverkweldering</i>			<i>Deelgebied</i>			
●						
2	Bij kreek/bij doorgraving	west	1.66	1.61	15.4	25.9
6	Bij kreek/bij doorgraving	midden	1.55	1.54	12.2	30.3
12	Bij kreek/bij doorgraving	oost	1.45	1.47	23.3	35.5
●						
4	Bij kreek/op afstand doorgraving	west	1.61	1.60	6.7	22.9
8	Bij kreek/op afstand doorgraving	midden	1.44	1.41	7.5	21.7
10	Bij kreek/op afstand doorgraving	oost	1.43	1.44	31.5	36.7
●						
1	Op afstand kreek/bij doorgraving	west	1.85	1.73	3.3	15.1
5	Op afstand kreek/bij doorgraving	midden	1.58	1.56	2.9	17.8
11	Op afstand kreek/bij doorgraving	oost	1.48	1.45	14.9	22.5
●						
3	Op afstand kreek/op afstand doorgraving	west	1.72	1.72	0.3	10.7
7	Op afstand kreek/op afstand doorgraving	midden	1.45	1.46	5.1	23.3
9	Op afstand kreek/op afstand doorgraving	oost	1.48	1.48	6.0	25.6
<i>Transecten</i>						
31	transect 1	west	1.64		5.8	
32	transect 2	midden	1.47		3.7	
33	transect 3	oost	1.41		10.2	

De SEB-metingen in de transecten geven een vergelijkbaar beeld met de beweide SEB-meetpunten bij de vegetatie PQ's: geen verschil tussen west en midden en een hogere opslibbing in het oosten (Tabel 4.1). Bij alle transecten is er een afname in opslibbing van zuid naar noord (zie Bijlage IV).

De maaiveldhoogteveranderingen op 2, 4 of 6 m afstand van de kreek ontlopen elkaar over het algemeen weinig (zie Bijlage V). Op deze afstand van de kreek en op deze tijdschaal is dus geen oeverwalvorming waargenomen.



Figuur 4.10 Verandering in maaiveldhoogte (mm) gemeten met de sedimentatie-erosie balk van december 2000 tot december 2005. Per behandeling is de hoogteverandering voor de drie deelgebieden in de proefverkwelding (♦ west, ■ midden, ▲ oost) in de beweide en onbeweide situatie weergegeven.



Figuur 4.11 De gemiddelde opslibbing per jaar gemeten met de sedimentatie-erosie balk over de periode december 2001 tot december 2005 in de beweide en onbeweide situatie in de proefverkweldering.

Zomerpolder

In de zomerpolder (Tabel 4.2) is de maaiveldhoogte licht afgenomen. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door een combinatie van inklink (vooral uitdroging bovenste bodemlaag) en vertrapping door vee dat werd aangetrokken door het naastgelegen hek rond de grondwaterbuizen. In de depressie heeft soms gedurende een deel van het jaar water gestaan, wat uitdroging/inklink iets kan hebben beperkt.

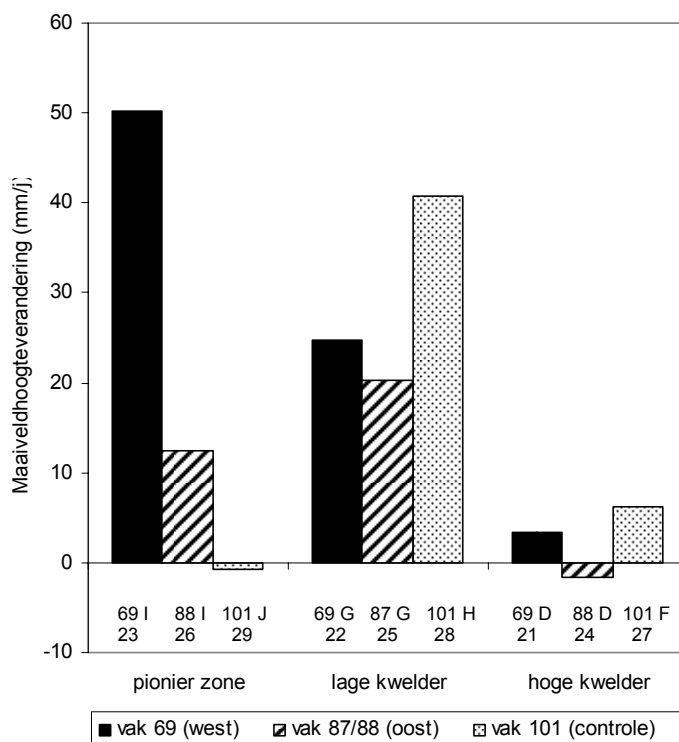
Tabel 4.2 De gemiddelde maaiveldhoogte in december 2001, karakteristieken en gemiddelde opslibbing per jaar (over de periode december 2001 tot december 2005) van de SEB-meetpunten in zomerpolder en kwelder. Alle punten waren in principe beweid.

Locatiecode	Karakteristieken	Gem. maaiveldhoogte (m+NAP)	Gem. opslibbing (mm/jaar)	
Zomerpolder				
41	zomerpolder	depressie	1.43	-0.8
42	zomerpolder	hooggelegen	1.74	-1.1
Kwelder				
21	hoge kwelder (meetvak 69 D)	west	1.85	3.4
24	hoge kwelder (meetvak 88 D)	oost	1.74	-1.7
27	hoge kwelder (meetvak 101 F)	controle	1.58	6.2
22	lage kwelder (meetvak 69 G)	west	1.27	24.8
25	lage kwelder (meetvak 87 G)	oost	1.33	20.2
28	lage kwelder (meetvak 101 H)	controle	1.30	40.8
23	pionier zone (meetvak 69 I)	west	1.06	50.2
26	pionier zone (meetvak 88 I)	oost	0.99	12.4
29	pionier zone (meetvak 101 J)	controle	1.00	-0.8

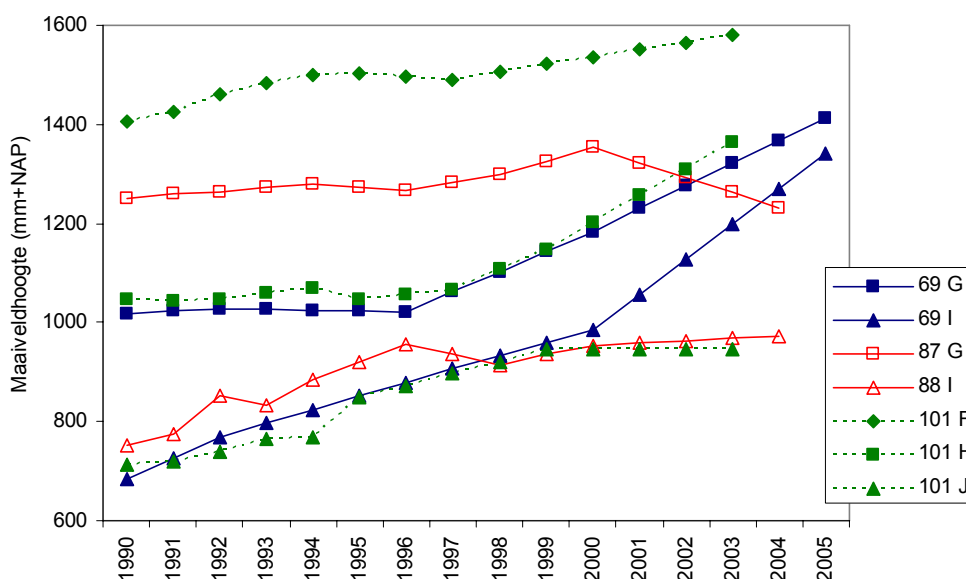
Kwelder

Bij de SEB-meetpunten 24 en 25 op de lage en hoge kwelder in RWS-vak 87/88 (dit is in de kwelder voor het oostelijke en laaggelegen deel van de proefverkweldering) werden lagere opslibbingswaarden gevonden dan op de SEB-meetpunten 21/22 en 27/28 in de vergelijkbare zones in resp. RWS-vak 69 (het westen) en RWS-vak 101 (het controlegebied), waar de hoogste opslibbing is gevonden (Tabel 4.2 en Fig. 4.12).

De gemiddelde opslibbing gemeten met de SEB in de pionierzone is sinds de start van de verkweldering in het westen veel hoger dan in de twee andere gebieden. Mogelijk speelt de dichtere begroeiing in het westen hierbij een rol waardoor het sediment minder makkelijk erodeert en bijvoorbeeld getransporteerd wordt richting lage kwelder. Dit laatste lijkt vooral in het controlegebied gebeurd te zijn.



Figuur 4.12 De gemiddelde opslibbing per jaar gemeten met de sedimentatie-erosie balk van december 2001 tot december 2005 in de kwelder (kwelder is beweide, maar vee komt zelden in pionierzone). Deze metingen vonden plaats in meetvakken van Rijkswaterstaat, zodat vergelijking met de door RWS verzamelde gegevens mogelijk is (zie Fig. 4.13).



Figuur 4.13 De maaiveldhoogte in de meetvakken van RWS van 1990 tot 2005 gemeten door Rijkswaterstaat. De metingen worden één maal in de vier jaar gedaan en er vindt interpolatie plaats voor tussenliggende jaren (de aangegeven punten op de lijnen in de figuur zijn dus niet allemaal echte meetpunten!). In deze figuur zijn alleen de vakken weergegeven waarin ook SEB-metingen zijn verricht (zie Fig. 4.12). De proefverkweldering is gestart in 2001.

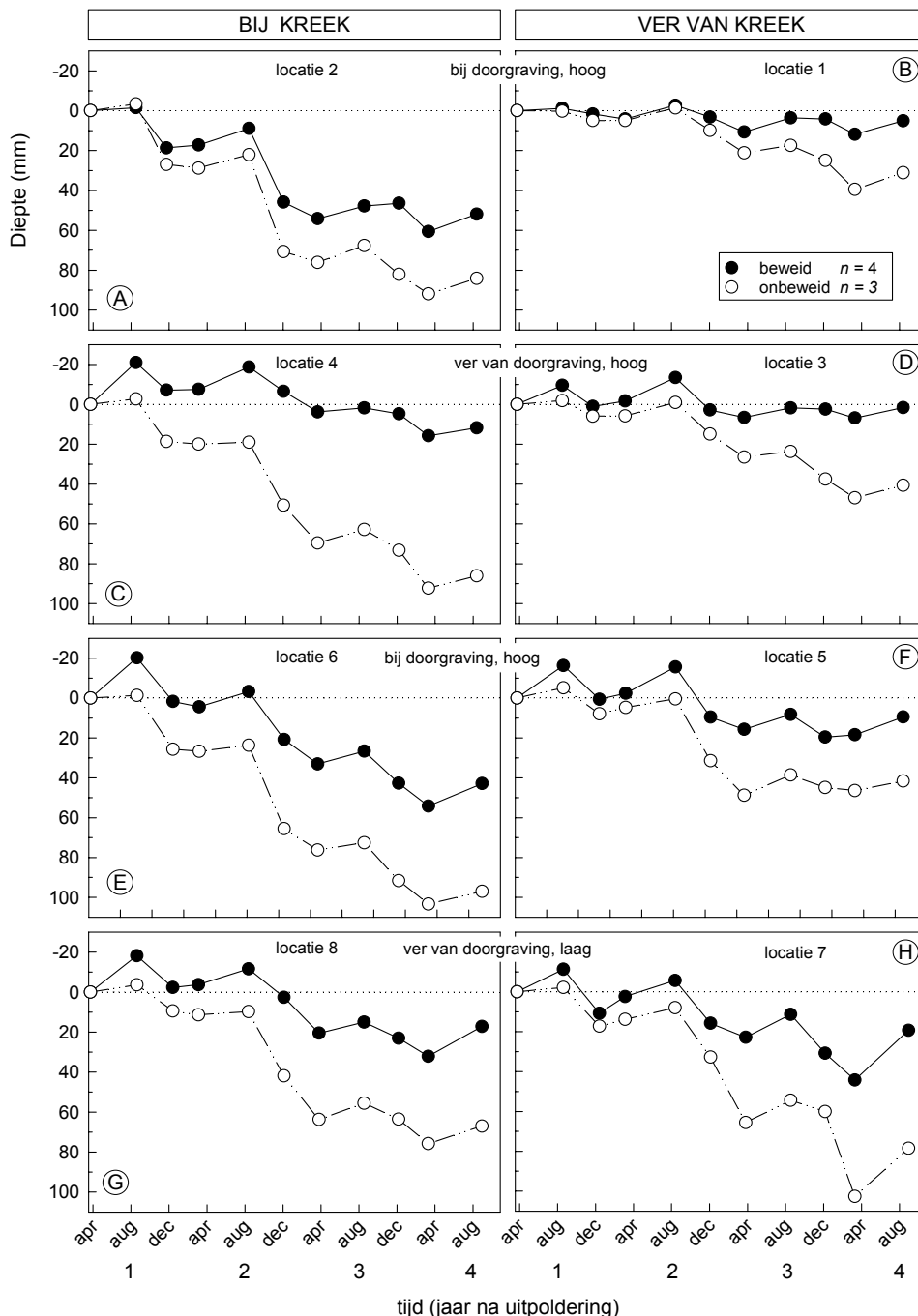
Het feit dat met name de kwelderzone voor het oostelijk deel van de proefverkweldering achterblijft in opslibbing volgens de SEB-metingen komt overeen met de gegevens verzameld door RWS in hun meetvakken. Hier vertoont de opslibbing in de kwelder van meetvak 85-88 een trendbreuk sinds 2001, terwijl in de meetvakken 69-72 en 101-104 een stabiele tot licht stijgende trend wordt waargenomen (Fig. 4.13 en Bijlage VII). Na een veldbezoek door RWS in juni 2006 waarbij met name naar de toestand van de vegetatie en ontwatering is gekeken kan de conclusie getrokken worden dat er zeer waarschijnlijk sprake is van een meetfout. In 2008 als het meetvak volgens het huidige RWS-monitoringschema (4-jarige cyclus) weer aan de beurt is, zal hierover zekerheid zijn.

4.2.3 Opslibbingsplaten

Als gevolg van vers afgezet sediment kwamen de ingegraven sedimentatieplaten geleidelijk op steeds grotere diepte te liggen (Fig. 4.14). De hoogste sedimentatie werd gemeten in de onbeweide situatie vlak langs de kreek bij de middelste doorgraving (locatie 6), waar de platen in 3½ jaar tijd bijna 10 cm dieper kwamen te lagen (Fig. 4.14E). Omdat het verloop van de diepte van de platen een maat is voor de hoogteontwikkeling van de proefverkweldering zal verder over hoogteontwikkeling worden gesproken. De hoogteontwikkeling op basis van de sedimentatieplaten laat een zelfde seizoenspatroon zien als die op basis van de SEB-metingen (Fig. 4.10), namelijk: een afname in de zomerperiode (april t/m augustus) door inklink gevolgd door een toename in het stormseizoen (september t/m maart) als gevolg van sedimentatie en eventuele uitzetting of zwel van de grond. Zonder uitzondering was toename in hoogte in de beweide situatie veel lager dan in de onbeweide situatie. Bij gebruik van drie gehele meetjaren (de zomerperiode van het eerste jaar na uitpoldering buiten beschouwing latend; vgl. Fig. 4.15) bedroeg de netto hoogte-toename in de beweide situatie iets minder dan 50% van de toename in de onbeweide situatie. Het negatieve effect van beweiding was sterk significant (Annex Box 4.3).

In het algemeen wordt sedimentatie op kwelders beschouwd als een gebeurtenis-afhankelijk (*event-driven*) proces, dat wil zeggen een proces dat sterk bepaald wordt door speciale omstandigheden die zich af en toe voordoen, zoals een storm samenvallend met een springtij. Het effect hiervan is dat de sedimentatie sterk van jaar op jaar kan variëren. Dit is ook het geval in Fig. 4.14, waar de gemiddelde toename in hoogte in het derde jaar (=aug jaar 2 – aug jaar 3) ruim tweemaal (onbeweide situaties) - tot

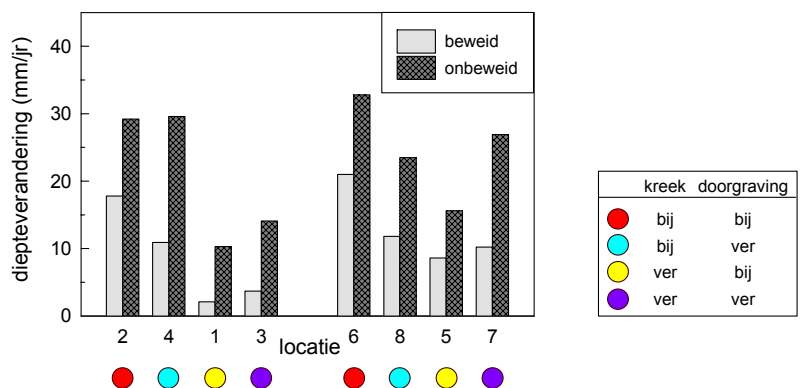
viermaal (beweid) zo hoog was als gedurende het tweede en vierde jaar na uitpoldering. Dit vormt ook de verklaring voor het positieve effect van Jaar3 in de statistische analyse (Annex Box 4.3).



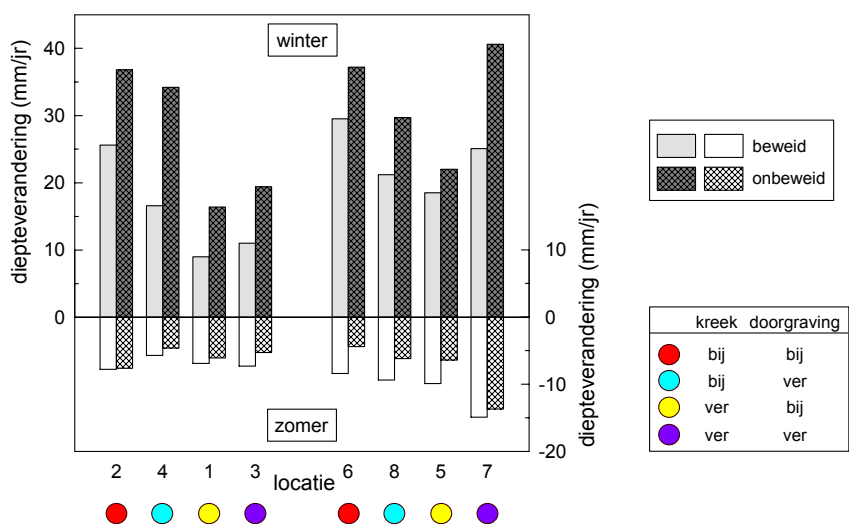
Figuur 4.14 Vergelijking van het verloop van de diepte van de ingegraven opslibbingsplaten van het eerste t/m vierde jaar na uitpoldering tussen de beweide en onbeweide situaties in (A-D) het westelijke en (E-H) het middendeel van de proefverkweldering. De diepte van de platen tijdens de eerste meting in april van het eerste jaar (2002) is op nul gesteld; de resultaten van de overige metingen geven de netto verandering ten opzichte van deze uitgangsmeting geven. Locaties 1 en 2 werden in het eerste jaar na uitpoldering niet beweide.

Het effect van (de nabijheid van) de doorgravingen in de zomerkade en van de gegraven kreek op de hoogte-ontwikkeling laten zich het beste vergelijken in Fig. 4.15 en de statische analyse in Annex Box 4.3. Kreeken hadden statistisch een significant positief effect op de hoogte-ontwikkeling. De nabijheid van doorgravingen leken geen effect op de hoogte-ontwikkeling te hebben, evenmin als de factor hoogte van het maaiveld.

De netto hoogte-ontwikkeling over een geheel jaar (Fig. 4.15) is de resultante van de toename in hoogte gedurende het stormseizoen en een afname door inklink en krimp in de zomer. Deze twee variabelen zijn statistisch niet onderzocht. Gemiddeld over drie jaar was op alle locaties de zomerse afname in de beweide situatie steeds hoger dan in de onbeweide situatie (Fig. 4.16).



Figuur 4.15 Vergelijking van de gemiddelde diepteverandering van de opslibbingsplaten in jaar 2 t/m 4 na uitpoldering (augustus metingen) tussen beweide en onbeweide situaties en in relatie tot afstand tot de doorgravingen en aangelegde kreek.



Figuur 4.16 Vergelijking van de gemiddelde verandering in diepte van de opslibbingsplaten in (A) het stormseizoen (maanden september t/m maart) en (B) de zomerperiode (april t/m augustus) in jaar 2 t/m 4 na uitpoldering.

4.2.4 Soortelijk volume bodem en sedimenthuishouding proefverkweldering

Soortelijk volume bodem

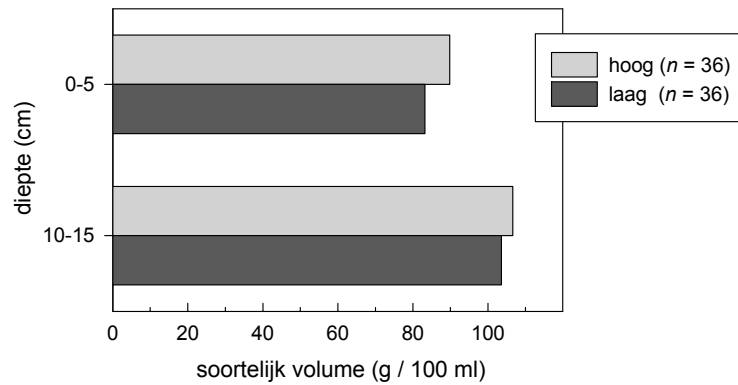
In de uitgangssituatie van de proefverkweldering was het soortelijk volume (verder afgekort tot SV) van de 0-5 cm laag bijna 20% lager dan het SV van de 10-15 cm laag (Fig. 4.17). 86 g per 100 ml tegenover 105 g per 100 ml. Het SV van de 0-5 cm laag was in het hoge deel van de proefverkweldering hoger dan in het lagere delen (1-weg variantie analyse: $F = 18.09$, $P < 0.0001$); in de 10-15 cm was het verschil veel geringer en statistisch niet significant.

Na vier jaar proefverkweldering is het SV van de bovengrond (0-5 cm laag) in de beweide situatie afgenomen met bijna 10% ten opzichte van de uitgangssituatie (Fig. 4.18). De afname is significant ($F = 14.23$; $P < 0.0001$). De 0-5 cm laag bestond in het vierde jaar bijna geheel of helemaal uit nieuw, na het doorgraven van de zomerkade, afgezet sediment dat dus een lagere compactie heeft dan de bodem van de uitgepolderde zomerpolder. In de laag van 10-15 cm liet het SV geen statistisch significante verandering zien ten opzichte van de uitgangssituatie.

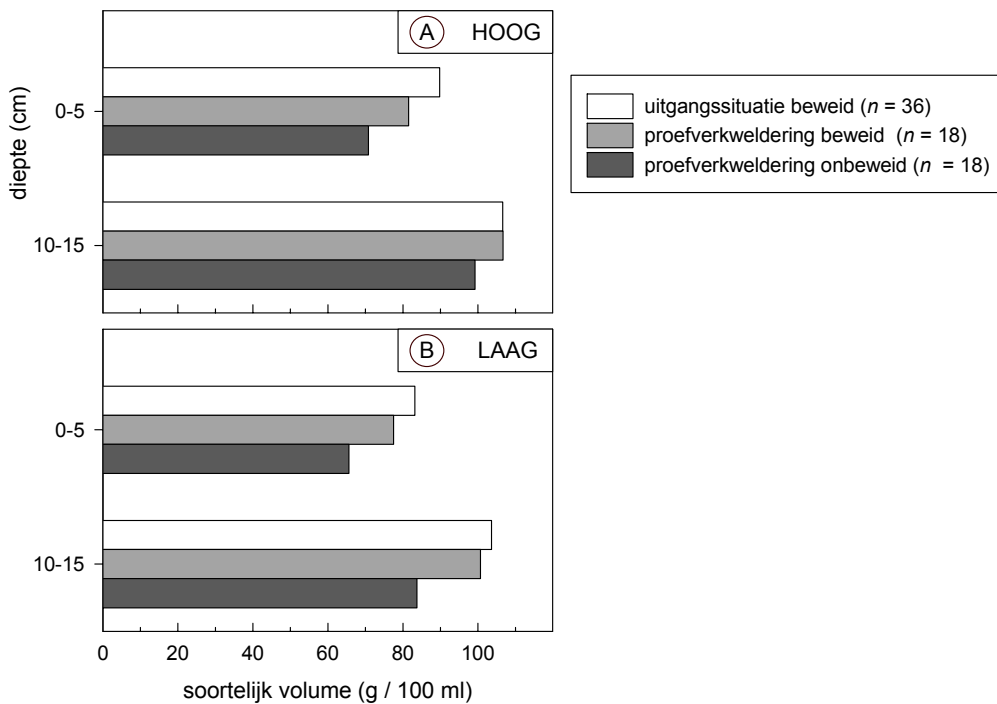
Het uitschakelen van de factor beweiding heeft na een periode van vier jaar, conform de verwachting, een verlaging van het SV in de exclosures tot gevolg gehad (Fig. 4.18). Voor zowel de bovengrond, als de diepere laag van 10-15 cm was de invloed van de beweiding op het SV statistisch significant ($F = 26.44$, $P < 0.0001$ en $F = 21.62$, $P < 0.0001$). Het effect van beweiding op het SV van de 0-5 cm laag was nagenoeg hetzelfde in de hoge en lage delen van de proefverkweldering (een gemiddeld verschil in SV van 11.3 g per 100 ml tussen beweid en onbeweid); in de 10-15 cm laag was het verschil tussen de beweide en onbeweide situatie in het hoge en lage deel van de proefverkweldering veel groter: In het hoge deel was het SV in de beweide situatie 7.5 g per 100 ml zwaarder dan in de onbeweide situatie; in het lage deel 17.0 g per 100 ml.

Met behulp van bovenstaande gegevens kan nu getracht worden de vraag te beantwoorden in welke mate het verschil in opslibbing tussen de beweide en onbeweide situaties (Tabel 4.1) verklaard kan worden door een verschil in SV of door een verschil in hoeveelheid afgezet sediment. Deze vraag is in Tabel 4.3 uitgewerkt. Bij een analyse naar eventuele verschillen tussen SEB-metingen en opslibbingsplaten, bleek dat in de beweide situatie de metingen met de opslibbingsplaten resulteerden in een 5.6 mm per jaar hogere opslibbing. Hierop is in Tabel 4.3 de opslibbing in de beweide situatie aangepast. Na deze correctie is er over een periode van 4 jaar nog een verschil in opslibbing van 25 mm en 22 mm in respectievelijk het hoge en lage deel van de proefverkweldering. Vervolgens is berekend hoe dik de 0-15 cm bodemlaag van de beweide situatie zou zijn geweest als deze het SV zou hebben gehad van de onbeweide situatie. In de hoge delen van de proefverkweldering zou het maaiveld dan 17 mm extra in hoogte zijn toegenomen. Dit is bijna 70% van het gemiddelde verschil in opslibbing van 25 mm tussen beweid en onbeweid (Tabel 4.3). De resterende 30% zou dan verklaard kunnen door een hogere invang van sediment in de exclosures.

Voor de lage delen leidt de zelfde analyse tot een geheel ander resultaat: het maaiveld van de beweide situatie zou met een SV van de onbeweide situatie 29 mm hoger hebben gelegen. Dit is meer dan het gemiddelde verschil in opslibbing van 22 mm tussen de beweide en onbeweide situatie. Op basis van dit resultaat kan niet aannemelijk worden gemaakt dat ook in het lage deel van de proefverkweldering meer sediment in de exclosures is afgezet dan in de beweide situatie. Tijdens het verzamelen van de bodemonsters was in de exclosures sprake van een opvallende hoge wortelbiomassa, met name van rhizomen, vergeleken met de beweide situatie en de uitgangssituatie. Er zijn echter geen metingen verricht aan de wortelbiomassa of -volume. Het is goed denkbaar dat wortelvolume een belangrijke factor is geweest in de verschillen in hoogteontwikkeling tussen de beweide en onbeweide situatie. Omdat verwacht mag worden dat zich op den duur (binnen enkele jaren?) een evenwicht zal instellen tussen afbraak en groei van wortels, is de verwachting dat de wortelvolume alleen in een relatief kortlopende onderzoeksreeks een rol zal spelen in verschillen in hoogteontwikkeling tussen beweide en onbeweide situaties.



Figuur 4.17 Het soortelijk volume van de 0-5 cm en de 10-15 cm bodemlagen van de proefverkweldering in de uitgangssituatie (2001), uitgesplitst naar hoog- en laaggelegen locaties (resp. locaties 1 t/m 6 en 7 t/m 12).



Figuur 4.18 Het soortelijk volume van de 0-5 cm en de 10-15 cm bodemlagen in de proefverkweldering vier jaar na uitpoldering, uitgesplitst naar (A) het hoge deel (> 1.5 m +NAP) en (B) het lage deel (< 1.5.m +NAP) van de proefverkweldering. Ter vergelijking zijn de soortelijke volumina van de uitgangssituatie eveneens in de figuur weergegeven.

Tabel 4.3 *Vergelijking van de (A) opslibbing en (B) soortelijk volume (SV) tussen beweide en onbeweide situaties, uitgesplitst naar het hoge (>1.5 m +NAP) en lage deel (<1.5 m +NAP) van de proefverkweldering. De opslibbing is gebaseerd op Tabel 4.1, waarbij de opslibbing in de beweide situatie is gecorrigeerd voor een systematisch verschil tussen SEB en markeerplaten. In tabel B is het SV van de 5-10 cm geschat op basis van het gemiddelde tussen de 0-5 en 10-15 cm laag. De kolom "Dikte" geeft de dikte die de betreffende laag in de beweide situatie zou hebben gehad bij het SV van de onbeweide situatie. De kolom "Verschil" geeft de extra ophoging in de beweide situatie wanneer de bodem daar hetzelfde SV zou hebben gehad als in de onbeweide situatie. De laatste kolom geeft het aandeel van het verschil in opslibbing tussen beweid en onbeweid dat zo door verschillen in SV verklaard kan worden. Zie tekst voor verdere toelichting.*

(A) Opslibbing

Deelgebied	Opslibbing (mm) 2001 - 2005		
	Beweid	Onbeweid	Verschil (mm)
Hoog	41	65	25
Laag	70	93	22

(B) Soortelijk volume

Deelgebied	Horizont	Soortelijk volume (g/100 ml)		Dikte (mm)	Verschil (mm)	Bijdrage (%)
		Beweid	Onbeweid			
Hoog	0-5 cm	81.5	70.8	58		
	5-10 cm	94.1	85.0	55		
	10-15 cm	106.7	99.2	54		
	Tot 0-15 cm			167	17	
Hoog	Bijdrage SV (%)					67

Deelgebied	Horizont	Soortelijk volume (g/100 ml)		Dikte (mm)	Verschil (mm)	Bijdrage (%)
		Beweid	Onbeweid			
Laag	0-5 cm	77.5	65.6	59		
	5-10 cm	89.1	74.6	60		
	10-15 cm	100.7	83.7	60		
	Tot 0-15 cm			179	29	
Laag	Bijdrage SV (%)					131

Sedimenthuishouding proefverkweldering

Op basis van het soortelijk volume en opslibbingcijfers kan een ruwe schatting worden gemaakt van de jaarlijkse sediment aanvoer naar de proefverkweldering (Tabel 4.4). Gezien de onzekerheid over het belang van het wortelvolume in de hoogteontwikkeling in de onbeweide situatie en de zeer beperkte omvang van de exclusies, wordt in deze schatting de onbeweide situatie buiten beschouwing gelaten. Een verdere vereenvoudiging is het buiten beschouwing laten van de kreekranden, omdat deze in verhouding tot de gehele proefverkweldering maar een gering oppervlakte innemen. De opslibbingcijfers uit Tabel 4.1 zijn op dezelfde wijze aangepast als hierboven. Volgens deze schatting zou dan in vier jaar tijd een laag van 24 mm vers sediment zijn afgezet; in het lage deel een laag van 59 mm. Op basis van het SV van de 0-5 cm laag in 2005, zou dit neerkomen op een import van respectievelijk 4.8 en 10.4 kg per m² per jaar. Voor de proefverkweldering als geheel komt dit overeen met een sedimentimport tussen 2001 en 2005 van ca. 11.000 ton per jaar.

Tabel 4.4 Schatting van de gemiddelde sedimentaanvoer in de proefverkweldering in de eerste vier jaar na het doorgraven van de zomerkade, uitgesplitst naar het hoge - (>1.5 m +NAP) en lage deel (<1.5 m +NAP) van de proefverkweldering. De sedimentaanvoer is geschat op basis van het soortelijk volume en opslibbingswaarden die niet direct beïnvloed werden door nabijheid van de gegraven krekken (oneven locatienummers). De opslibbing is op dezelfde wijze gecorrigeerd als in Tabel 4.3.

Deelgebied	Soortelijk volume g/100 ml	Opslibbing mm/jaar	Sedimentaanvoer kg/m ² /jaar
Hoog	79.9	6.0	4.8
Laag	70.5	14.8	10.4

Hypothese 2: Na uitpoldering treedt er een snelle opslibbing op in het laaggelegen oostelijk deel van de proefverkweldering door de grote inundatiefrequentie. In het hoger gelegen westelijk deel van de polder zal de inundatiefrequentie lager zijn, waardoor hier een wat lagere opslibbing te verwachten is.

- De opslibbing in het oostelijk deel van de proefverkweldering was hoger dan in het westelijk deel. In de onbeweide situatie was het verschil 11 mm/jaar.
- Of dit uitsluitend veroorzaakt werd door de lagere ligging of door een andere factor, bijvoorbeeld een grotere aanvoer van sediment vanuit de kwelder door de vorm van de kreek, is niet duidelijk.

Hypothese 3: Opslibbing in de proefverkweldering zal geen effect hebben op de hoogteontwikkeling in de aangrenzende kwelders en kwelderwerken.

- Er zijn geen aanwijzingen dat de opslibbing in de proefverkweldering een effect heeft gehad op de hoogteontwikkeling in de aangrenzende kwelders en kwelderwerken.

Hypothese 4: De maaiveldhoogte en mate van ontwatering zullen voldoende zijn voor het ontstaan van een grazige kweldervegetatie.

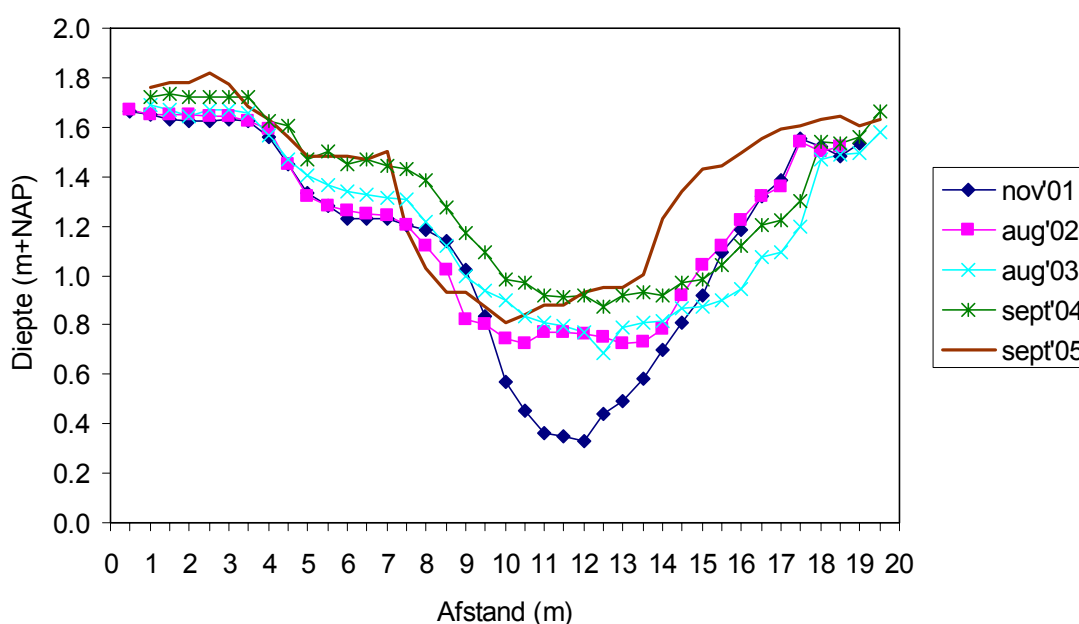
- Op basis van de hoogteligging van de proefverkweldering mag over de gehele proefverkweldering een ontwikkeling van kweldervegetatie worden verwacht.
- Lokaal stagneert de ontwatering (dichtslibbing greppels of geen verbinding met gegraven krekken), met name in de winter. Dit lijkt echter slechts een tijdelijke situatie.

Hypothese 5: De opslibbing wordt mede beïnvloed door de vegetatiestructuur en daardoor indirect ook door de beweiding.

- De opslibbing was lager onder invloed van beweiding.
- In het hoge deel van de proefverkweldering was de sedimentinvang in de onbeweide situatie hoger dan in de beweide situatie. Voor het lage deel van de proefverkweldering werd geen hogere sedimentinvang in de exclusures gemeten.

4.3 Doorstroomprofiel krekten

Vrijwel alle krekten zijn sinds het maken van de drie doorgravingen in de zomerkade ondieper geworden, omdat er veel sediment in is afgezet (zie als voorbeeld Fig. 4.19). Ook zijn veel kreekranden steiler geworden. Dit zijn normale verschijnselen bij zogenaamde overgedimensioneerde krekten. De krekten zullen van doorstroomprofiel blijven veranderen, totdat de dimensies in overeenstemming zijn met de grootte van het kombergingsgebied. Ditzelfde geldt voor de lengte van de krekten. Hoewel er geen directe metingen zijn verricht aan de lengte van de krekten kon tijdens de veldbezoeken duidelijk worden waargenomen dat de meeste gegraven krekten aan de uiteinden zijn dichtgeslibd.



Figuur 4.19 Doorstroomprofiel van de gegraven kreek bij locatie 2 (SEB-meetpunt 2-1).

Er lijken zich op de bodem van veel krekten door de ebstroom gevormde smalle 'prieltjes' te ontwikkelen (Foto 4.1). In de dichtslibbende delen van de krekten hebben zich door de aanwezigheid van het kale sediment en de goede drainage pioniersoorten gevestigd. Indien de hoogte ten opzichte van gemiddeld hoogwater voldoende is, zullen soorten uit hogergelegen zones de oevers van de kreek gaan vullen. Dichtslibbende krekten kunnen zodoende dus een concurrentiearme groeiplaats voor planten en mogelijk distributiepunten van zaden of vegetatieve delen vormen.

Bij vrijwel alle krekten ligt het laagste punt rond de 0.70-0.80 m +NAP, alleen bij de 2 meetpunten op locatie 6 in het verlengde van de duiker ligt dit punt 0.25-0.60 m lager. Dit laatste is terug te voeren op de aanwezigheid van de duiker in de middelste gegraven kreek, die erosie heeft veroorzaakt.

In Bijlage VI zijn alle gemeten kreekprofielen weergegeven.

Als een bodem die altijd aan zoet water is blootgesteld met zout water te maken krijgt kan zich een harde bovenlaag ontwikkelen waardoor de drainage verslechterd. Als zich hier bovenop een laag nieuw sediment heeft afgezet komt de ontwatering vaak pas weer binnen deze nieuwe laag op gang. Deze harde tussenlaag is er (mede) oorzaak van dat oude drainagepatronen (greppels, sloten, landbouwworen) vaak nog decennia of zelfs eeuwen lang zichtbaar blijven door een afwijkende vegetatie.



Foto 4.1 Dichtslibbende gegraven kreek gezien vanaf locatie 12 richting zuiden (december 2003).

- Als gevolg van dichtslibbing zijn de gegraven, overgedimensioneerde krekken korter en ondieper geworden.
- Veel kreekranden zijn steiler geworden.
- Dichtslibbende delen van krekken vormen een potentiële vestigingsplaats voor pioniersoorten.

4.4 Vegetatie-ontwikkeling

4.4.1 Permanente transecten

Het herstellen van de getijdeninvloed in de proefverkweldering en de hiermee gepaard gaande veranderingen in de abiotiek had grote gevolgen voor de vegetatie. Hoewel individuele plantensoorten snelle veranderingen in voorkomen lieten zien, verliepen de veranderingen toch zo geleidelijk dat kort na uitpolderingen geen sprake was van een grootschalige ontwikkeling van onbegroeide plekken in de proefverkweldering. Evenmin was sprake van een afsterven van de vegetatie ten gevolge van een zgn. zoutschok. Het achterwege blijven van het laatst genoemde verschijnsel kan mede een gevolg zijn van het gunstige seizoen (einde groeiseizoen) waarin de doorgraving van de zomerkades is uitgevoerd. De veranderingen in voorkomen van veel soorten verliep zo geleidelijk dat in het vierde jaar nog steeds sprake was van duidelijke trendmatige veranderingen ten gevolge van de uitpoldering.

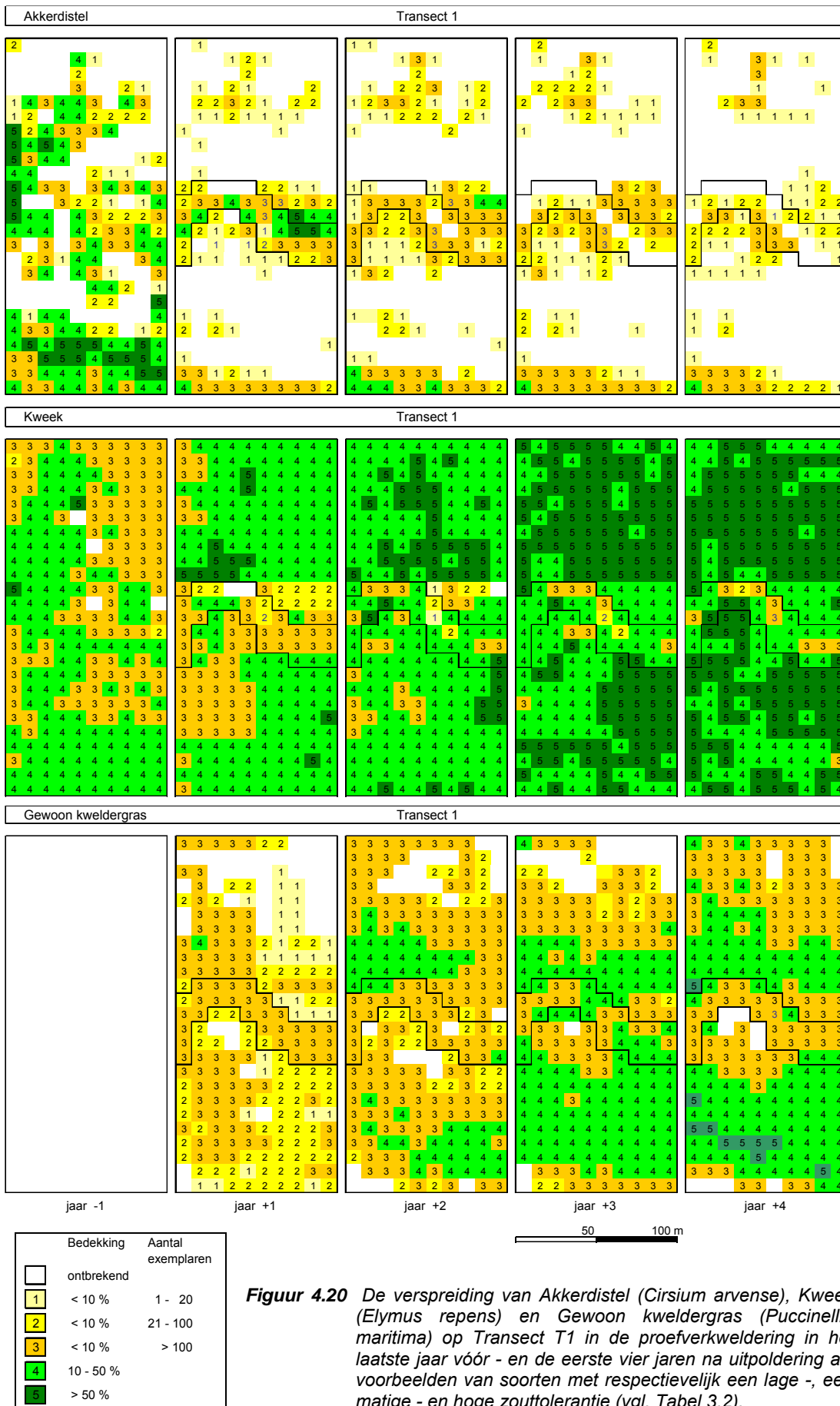
De drie transecten lieten duidelijke onderlinge verschillen zien in voor- en achteruitgang van plantensoorten (Fig. 4.20-4.26; Tabel 4.5; Bijlage IX). Fig. 4.20 geeft de verspreiding van enkele belangrijke soorten op Transect T1, nl. Akkerdistel, Kweek en Gewoon kweldergras als vertegenwoordigers van soorten met een lage, een matige en een hoge zouttolerantie (respectievelijk de zgn. glycofyten, de brakke soorten en de halofyten). In reactie op de uitpoldering leek Akkerdistel zich geleidelijk terug te trekken op de hogere delen van het transect en langs de gegraven kreek. De achteruitgang in abundantie in deze delen van het transect lijkt erop te wijzen dat de soort het ook hier moeilijk had. In het vierde jaar na uitpoldering was Akkerdistel niettemin nog in ruim een derde deel (34%) van Transect T1 aanwezig (Tabel 4.5). Kweek was in de uitgangssituatie over vrijwel het gehele transect in een lage bedekking aanwezig. Na uitpoldering nam Kweek belangrijk toe in abundantie. Vanaf het derde jaar kwam de soort over meer dan de helft van het transect voor in een >50%-bedekking. Verrassend was de snelle en massale vestiging van Gewoon kweldergras. Vanuit het "niets" kwam de soort in het eerste jaar na uitpoldering opeens voor in meer dan 80% van Transect T1.

In vergelijking met Transect T1 was op het lagergelegen Transect T3 het voorkomen van niet-zouttolerante soorten in de uitgangssituatie van veel minder betekenis (Fig. 4.22). Fig. 4.21 geeft daarom alleen een vergelijking van verspreidingskaartjes van Kweek en Gewoon kweldergras. Op Transect T3 was Kweek duidelijk één van de verliezers. Van een dominant voorkomen in een groot deel (>75%) van het transect, was in het vierde jaar na uitpoldering niet veel meer over. Enkel op de hoogste delen van het transect (vgl. Fig. 4.9) bereikte Kweek in het vierde jaar nog een bedekking van meer dan 10%; over meer dan 50% van het transect was de soort toen geheel verdwenen.

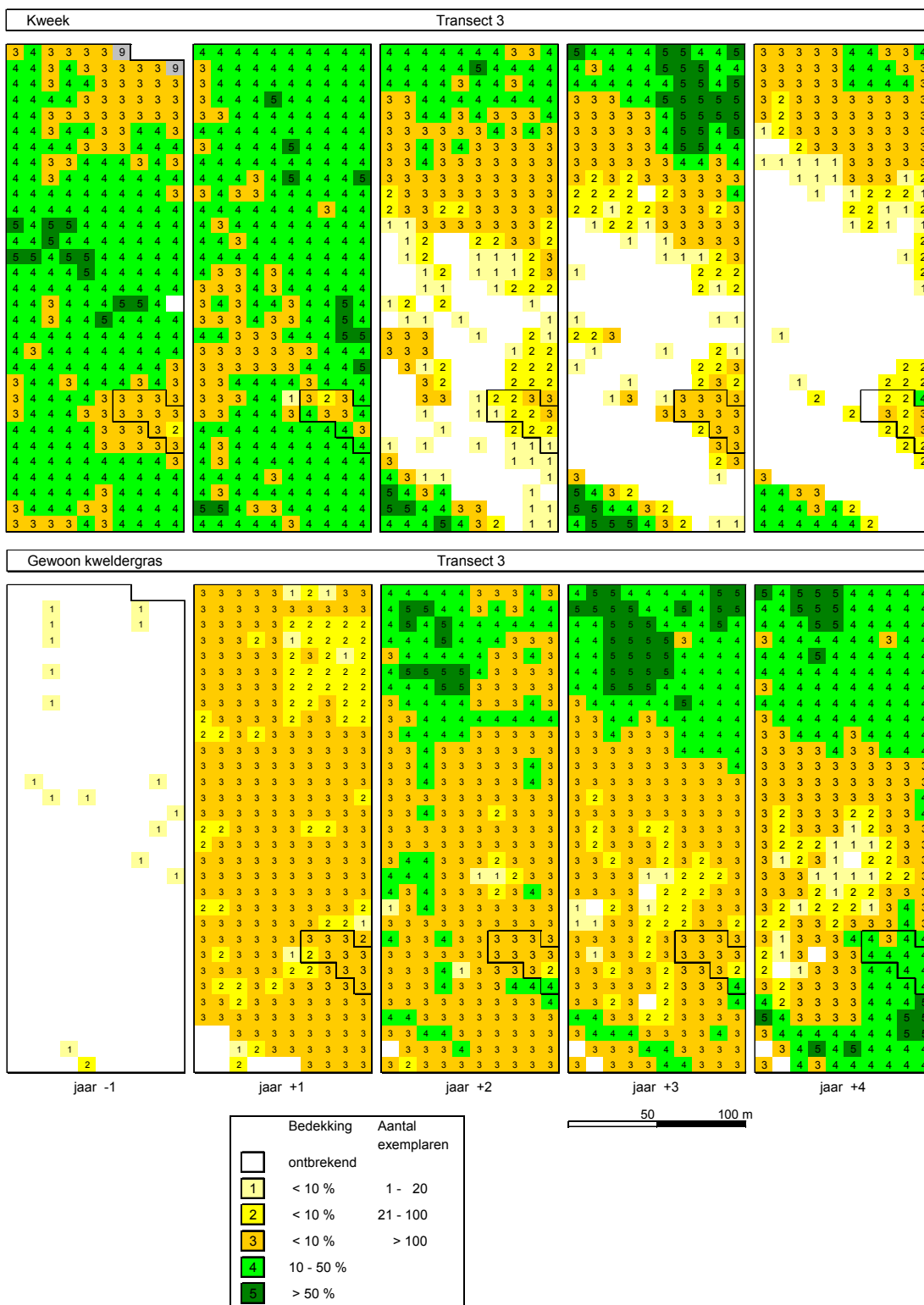
Wanneer de hoogste delen van Transect T3 buiten beschouwing worden gelaten, lijken de resultaten van de transecten T2 en T3 een grote mate van overeenstemming te vertonen. Bijlage IX geeft per transect de verspreidingskaartjes van alle gekarteerde soorten. Hieronder volgt een korte bespreking van de belangrijkste veranderingen op de transecten in de eerste vier jaar na uitpoldering (Fig. 4.22-4.26; Tabel 4.5).

Tabel 4.5 Vergelijking van het voorkomen van de gekarteerde plantensoorten in de drie permanente transecten T1, T2 en T3 in het laatste jaar vóór – en de eerste vier jaar na uitpoldering. De gegeven presentie geeft het percentage van de 10 m x 10 m vakken waarin een soort werd aangetroffen. De soorten zijn gerangschikt naar zouttolerantie (Tabel 3.3): 0 = zoet (< 6 g Cl/l), 1 = brak (< 13 g Cl/l), 2 = zout (≥ 13 g Cl/l); naar Scherfose (1987).

Soort	Zout-tolerantie	Presentie (%)														
		Transect T1				Transect T2				Transect T3						
		-1	1	2	3	4	-1	1	2	3	4	-1	1	2	3	4
Akkerdistel	0	63.4	41.2	45.6	39.6	34.4	19.2	8.5	3.7	0.4	0.4	44.8	5.2	4.8	4.5	3.9
Speerdistel	0	17.9	6.4	0.8	-	0.4	2.9	0.4	0.4	-	-	10.4	0.3	-	-	-
Rode ogentroost s.l.	0	-	-	-	-	3.6	0.4	-	-	-	-	-	-	-	1.0	1.6
Grote weegbree s.l.	0	80.5	37.2	48.4	15.2	16.0	25.9	0.7	0.4	-	-	13.0	0.3	0.6	0.3	2.3
Kruizuing	0	3.9	10.0	11.2	6.4	4.0	68.2	37.8	20.4	0.7	1.5	88.3	55.8	13.2	7.4	3.9
Melkdistel	0	9.3	9.2	5.2	4.4	5.2	6.3	-	-	-	-	2.0	-	0.6	-	-
Witte klaver	0	100.0	30.4	30.4	16.0	21.2	49.4	4.8	-	-	-	65.6	5.5	3.5	2.9	3.5
Zachte dravik s.l.	0	12.1	-	0.8	-	1.2	-	-	-	-	-	2.7	-	-	-	-
Veidgerst	0	67.3	78.4	88.0	76.4	71.2	52.7	11.9	29.6	3.0	2.6	25.4	6.5	7.4	4.8	4.8
Greppelrus/Zilte greppelrus	0	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	0.3	-	0.3	0.3
Ergais raai gras	0	100.0	90.0	76.4	68.0	68.0	54.8	13.0	-	0.4	0.7	51.2	7.7	4.5	4.2	4.2
Fraai duizendguldenkruid	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6
Vertakte leeuwentand	1	86.0	88.0	90.8	70.4	33.6	90.0	33.3	32.6	6.3	7.8	99.7	27.1	22.3	7.7	5.8
Reukeloze kamille	1	79.4	75.2	29.6	14.0	10.0	89.1	25.2	1.5	1.1	1.1	94.0	22.9	4.5	3.2	2.3
Varkensgras	1	26.5	12.4	4.0	4.0	4.0	55.6	3.0	2.2	0.4	1.9	48.5	6.1	1.6	0.3	0.3
Zilver schoon	1	85.6	90.0	90.8	86.0	92.4	97.1	99.6	76.7	56.3	53.0	99.0	99.0	43.2	26.8	16.5
Aardbeiklaver	1	-	0.4	-	1.2	0.4	7.5	0.7	-	-	-	7.0	-	1.3	1.6	4.2
Fiorigras/Geknikte vossenstaart	1	100.0	100.0	100.0	94.0	98.0	99.6	94.4	70.7	50.0	56.7	100.0	92.3	40.6	14.8	14.2
Zeekweek	1	-	-	2.4	2.8	10.0	100.0	100.0	99.6	89.6	78.1	100.0	100.0	74.8	62.6	46.8
Kweek	1	98.4	99.2	99.6	100.0	99.6	100.0	100.0	97.0	89.6	78.1	99.7	100.0	74.8	62.6	46.8
Stomp Kweldergras	1	-	-	0.4	0.4	-	5.9	3.0	0.4	-	-	2.0	1.3	-	0.6	-
Heen	1	-	0.8	1.6	-	0.4	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-
Zeealsem	2	-	-	2.4	11.2	10.8	8.4	0.7	5.2	12.2	14.1	0.3	1.3	1.3	3.9	4.2
Zulte	2	17.9	99.2	99.6	100.0	99.2	93.7	100.0	100.0	100.0	99.3	54.5	96.5	98.4	96.5	95.5
Strandmelde	2	0.4	1.6	1.2	1.6	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-
Gewone zoutmelde	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spiesmelde	2	52.1	100.0	100.0	100.0	100.0	92.5	97.8	87.4	80.4	91.5	83.9	99.4	97.7	78.7	74.5
Melkkruid	2	-	1.6	6.8	7.2	7.2	13.4	16.3	12.6	2.6	12.6	9.4	16.1	3.9	4.2	8.4
Zee weegbree	2	2.7	33.2	91.6	95.6	81.9	39.3	36.3	73.3	61.5	75.6	7.0	21.9	37.7	26.5	27.1
Zeekraal	2	-	96.8	87.2	88.4	83.6	36.8	100.0	100.0	99.3	100.0	21.4	98.4	99.0	100.0	100.0
Gerande schijnspurie	2	0.8	82.4	76.4	57.6	68.8	25.5	57.0	80.7	45.6	80.4	18.1	47.7	51.6	57.1	56.5
Zilte schijnspurie	2	1.6	80.0	84.8	46.8	29.6	83.3	99.3	97.8	43.5	82.2	41.8	97.7	83.9	32.3	56.5
Klein schonrenkruid	2	5.8	99.2	95.2	99.6	97.6	82.4	100.0	100.0	100.0	100.0	72.6	98.7	99.7	100.0	100.0
Rood zwenkgras s.l.	2	-	6.8	20.0	37.6	54.4	-	1.9	2.6	1.9	1.1	1.3	2.6	4.2	4.2	3.5
Zilte rus	2	-	2.8	5.6	3.6	7.2	3.8	27.4	18.9	5.6	17.4	-	14.5	6.8	2.6	2.9
Gewoon kweldergras	2	-	82.4	89.2	89.6	94.4	4.2	99.6	100.0	100.0	100.0	6.0	97.1	99.7	98.4	98.4
Ergais slijkgras	2	-	7.2	10.4	11.2	10.4	-	15.6	25.9	31.9	42.2	-	2.3	2.6	4.2	8.1
Schorrenzoutgras	2	-	-	1.2	6.4	12.4	2.1	-	1.5	1.9	5.9	2.7	0.6	1.0	4.2	26.8



Figuur 4.20 De verspreiding van Akkerdistel (*Cirsium arvense*), Kweek (*Elymus repens*) en Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*) op Transect T1 in de proefverkweldering in het laatste jaar vóór - en de eerste vier jaren na uitpoldering als voorbeelden van soorten met respectievelijk een lage -, een matige - en hoge zouttolerantie (vgl. Tabel 3.2).



Figuur 4.21 De verspreiding van Kweek (*Elymus repens*) en Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*) op Transect T3 in de proefverkweldering in het laatste jaar vóór - en de eerste vier jaren na uitpoldering.

Glycofyten (niet-zouttolerante soorten)

De gekarteerde glycofyten zijn voor een belangrijk deel gekarteerd vanwege hun karakteristieke voorkomen in de uitgangssituatie. Alleen op Transect T1 liet deze groep van planten een gemengd beeld zien. Op beide andere transecten was bij deze groep sprake van een meer of minder sterke achteruitgang tot het geheel verdwijnen van soorten uit een transect (Tabel 4.5). Dit laatste was met name het geval op Transect T2. Op Transect T3 wisten de soorten zich enigszins te handhaven in de hoogste delen van het transect, met name op het stukje oude boerenkwelder. Op Transect T1 wist Veldgerst zich over een groot deel (70%) van het transect te handhaven en, in vergelijking met de uitgangssituatie, toe te nemen in abundantie. Engels raaigras wist zich ook op een groot deel van Transect T1 te handhaven, maar liet wel een sterke afname in abundantie zien. Op de transecten T2 en T3 is Akkerdistel in een aantal jaren bijna verdwenen. Zo was de soort op Transect T3 in het derde en vierde jaar vrijwel beperkt tot het stukje oude boerenkwelder.

Opvallend was de vestiging van Rode ogentroost op de stukjes oude boerenkwelder in de transecten T3 en T1 in het derde en vierde jaar na uitpoldering (Tabel 4.5; Bijlage IX). In de uitgangssituatie werd de soort aangetroffen in één vakje van Transect T2.

Matig-zouttolerante soorten

Veel van de gekarteerde soorten met een matige zouttolerantie (de zgn. "brakke" soorten) lieten een grote achteruitgang zien ten opzichte van hun optreden in de uitgangssituatie (Fig. 4.22; Tabel 4.5). Uitzonderingen hierop waren Kweek en Zilverschoon met een toename in abundantie op Transect T1. Evenals het geval was bij de niet-zouttolerante soorten, verliep de afname van de soorten met een matige zouttolerantie het snelst op de lageregelegen transecten T2 en T3.

Een opvallende verschijning in het eerste en tweede jaar na uitpoldering was het optreden van Heen in de gegraven kreek op Transect T1. In het derde en vierde jaar is Heen hier niet meer aangetroffen (Tabel 4.5). Het lijkt aannemelijk dat het weer verdwijnen van Heen kan worden verklaard met de geleidelijke verzilting van het grondwater (Fig. 4.1), dat in de kreek afstroomt.

Na de vestiging van Zeekweek in het tweede jaar na uitpoldering, lijkt de soort op transecten T1 en T3 vaste voet onder de grond te hebben gekregen. Op Transect T1 heeft de soort zich met name langs de kreek gevestigd en op het stukje oude boerenkwelder. In het vierde jaar kwam de soort over 10% van het transect voor (Fig. 4.22). Op Transect T3 bleef het voorkomen in het vierde jaar beperkt tot een paar hoge 10 m × 10 m vakken op het stukje oude boerenkwelder (Bijlage IX).

De Aardbeiklaver was in de uitgangssituatie met een presentie van 7% een opvallende verschijning op de twee oostelijke transecten T2 en T3. Op Transect T2 is de soort ten gevolge van de uitpoldering verdwenen. Op Transect T3 heeft de soort zich in het tweede jaar gevestigd op het hoge stukje oude boerenkwelder en leek hier in het vierde jaar vaste voet aan de grond te hebben met een presentie van ruim 4% (Tabel 4.5; Bijlage IX).

Opvallend in het vierde jaar was de vondst van Fraai duizendguldenkruid op het stukje oude boerenkwelder in Transect T3 (Tabel 4.5).

Halofyten (zouttolerante soorten)

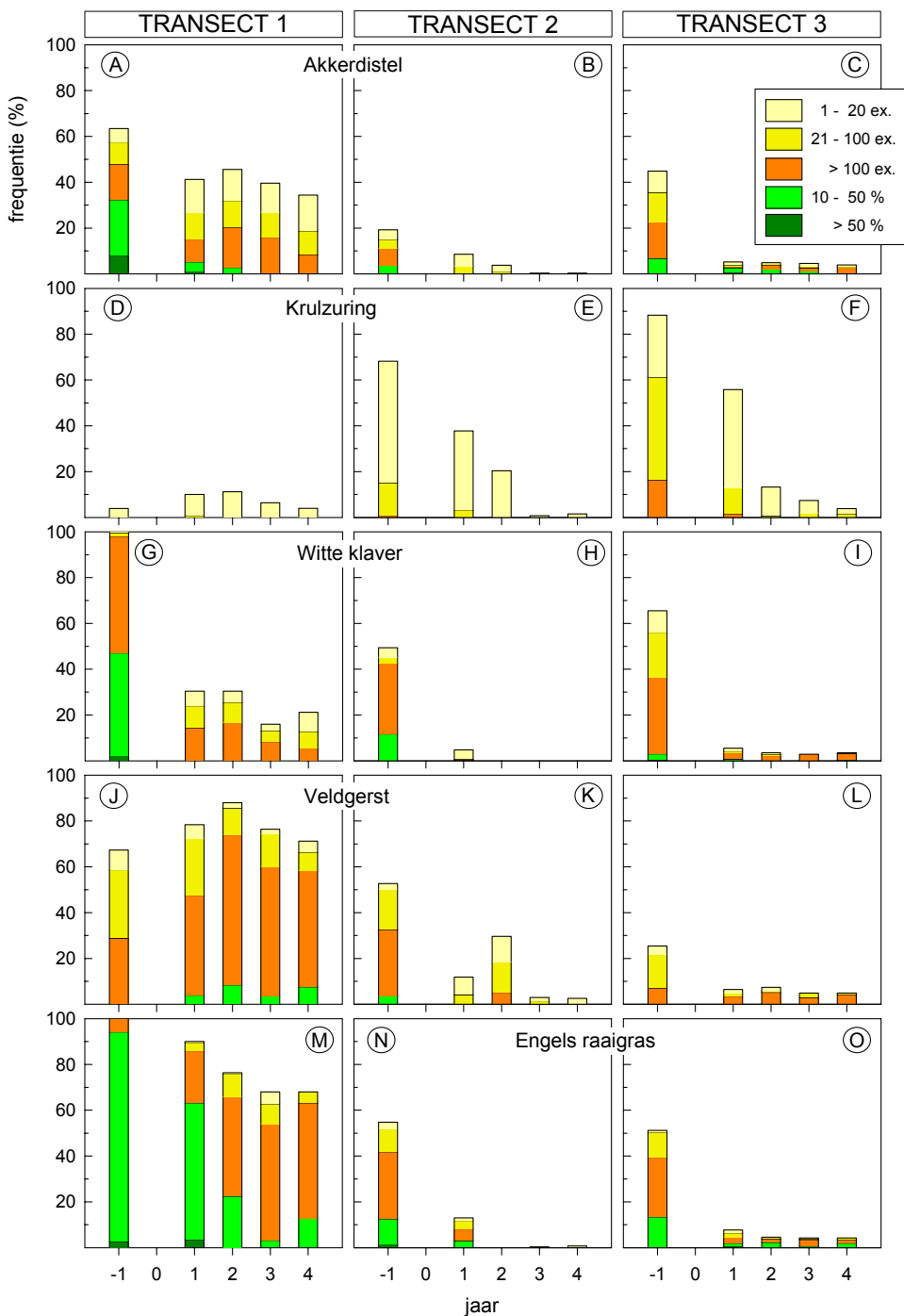
Zoals hierboven aan de hand van Gewoon kweldergras is geïllustreerd (Fig. 4.20 en 4.21), vond na de uitpoldering een snelle vestiging en uitbreiding van halofyten plaats (Fig. 4.24-4.26; Tabel 4.5). Met uitzondering van Strandmelde zijn deze soorten allemaal als doelsoort van het kwelderherstelprogramma geïllustreerd (Tabel 3.2).

In de uitgangssituatie bleek het merendeel van de soorten al in de proefverkweldering aanwezig te zijn. Alleen Gewone zoutmelde en Engels slijkgras werden in de uitgangssituatie op één van de transecten aangetroffen (Tabel 4.5). Daarnaast ontbrak op Transect T2 Rood zwenkgras en Transect T3 Zilte rus. Op Transect T1 waren in de uitgangssituatie veel minder halofyten aanwezig.

In de uitgangssituatie stonden de halofyten over het algemeen in de greppels of anders in de greppelranden, maar zelden boven op de akkers. Transect T2 lag vlakbij enkele klepduikers die in 1997

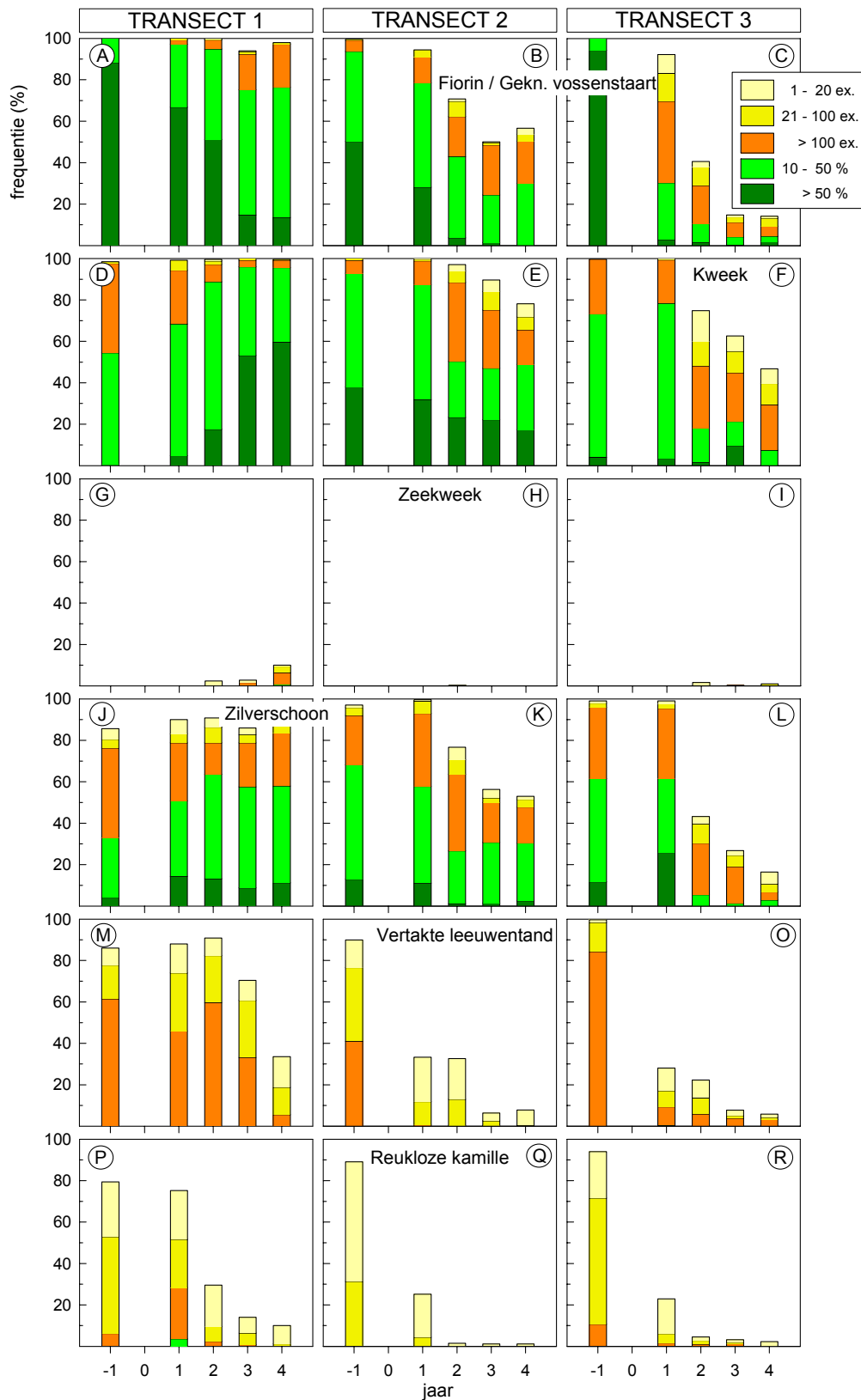
of 4 jaar voor de uitpoldering buiten werking zijn gezet, waardoor in beperkte mate dagelijks zeewater het gebied kon in- en uitstromen. Enkele greppels in Transect T2 stonden in open verbinding met de klepduikers. Een verhoogde zoutinvloed en aanvoer van diasporen met het dagelijkse instromende zeewater lijken dan ook de belangrijkste verklaringen voor de hoge presentie van met name éénjarige halofyten in de uitgangssituatie van dit transect (Fig. 4.24-4.26; Tabel 4.5). Op de beide andere transecten was na de uitpoldering sprake van een snelle kolonisatie en was meteen in het eerste jaar na uitpoldering al geen sprake meer van noemenswaardige verschillen in mate van presentie van éénjarige halofyten tussen de transecten.

Vanaf het derde jaar na de uitpoldering ontstond er door de langere reeks van beschikbare gegevens geleidelijk een meer gedifferentieerd beeld. Terwijl sommige halofyten in het vierde jaar na uitpoldering zich nog steeds verder uitbreidden, hadden andere soorten in het eerste of tweede jaar na uitpoldering een maximum bereikt of lieten in het derde of vierde jaar weer een afname zien.

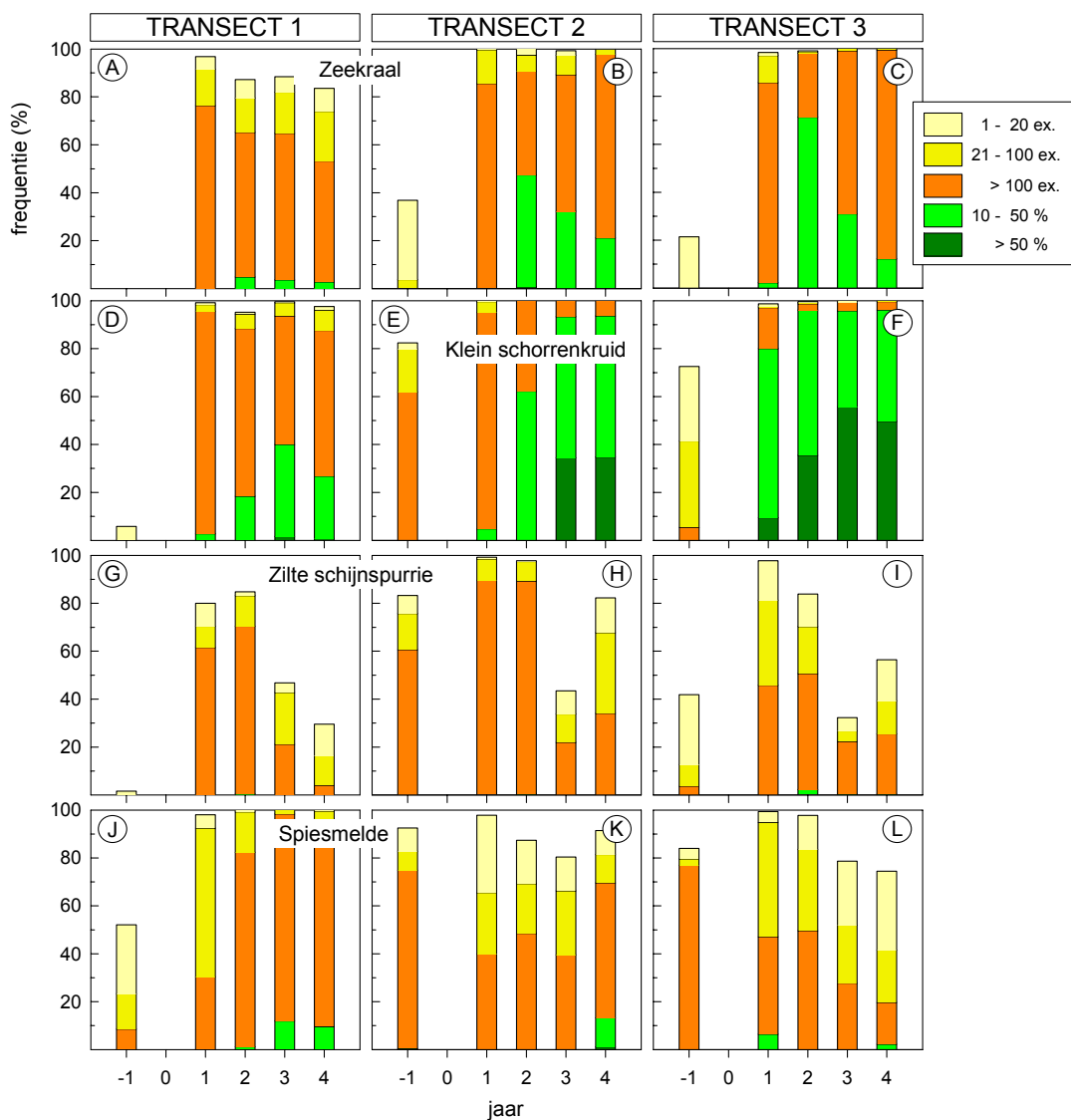


Figuur 4.22 Het voorkomen van geselecteerde niet-zouttolerante plantensoorten in de transecten T1 t/m T3 van de proefverkweldering van één jaar vóór – t/m het vierde jaar na de uitpoldering. De figuur geeft vijf van de twaalf gekarteerde soorten met de laagste zouttolerantie (klasse “0”, zie Tabel 3.2 en 4.5; zie ook Tabel 4.5 voor niet in de figuur opgenomen soorten).

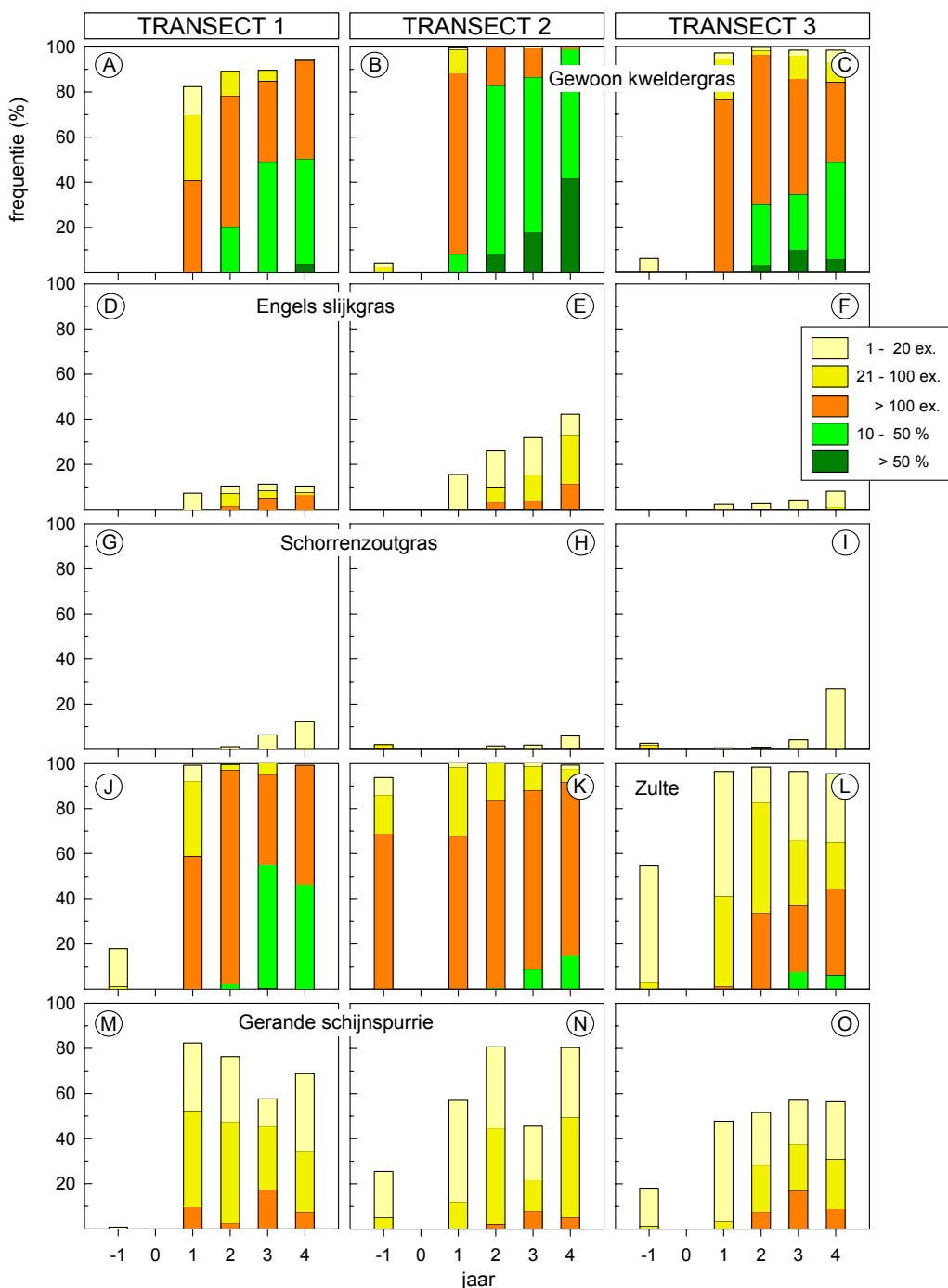
Figuur 4.23 Het voorkomen van geselecteerde plantensoorten met een matige zouttolerantie (zgn. “brakke” soorten; zouttolerantieklasse “1”; zie Tabel 3.2 en 4.5) in de transecten T1 t/m T3 van de proefverkweldering van één jaar vóór – t/m het vierde jaar na de uitpoldering. Met uitzondering van



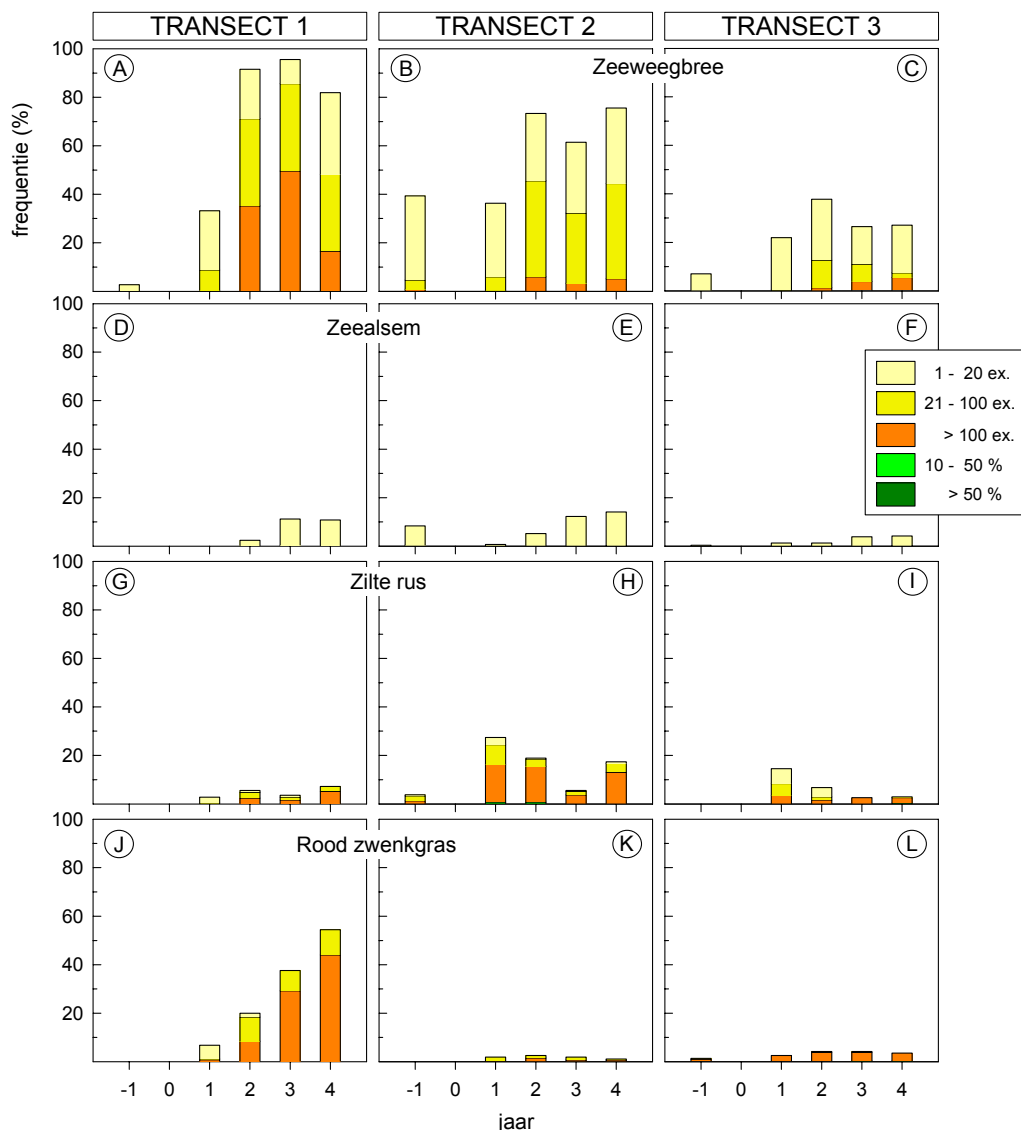
Varkensgras bereikte geen van de niet in de figuur opgenomen soorten in één van de vijf jaar een presentie van meer dan 10% in één van de drie transecten.



Figuur 4.24 Het voorkomen van geselecteerde éénjarige plantensoorten met een hoge zouttolerantie (zgn. halofyten; zouttolerantieklasse “2”; zie Tabel 3.2 en 4.5) in de transecten T1 t/m T3 van de proefverkweldering van één jaar vóór – t/m het vierde jaar na uitpoldering.



Figuur 4.25 Het voorkomen van geselecteerde meerjarige plantensoorten met een hoge zouttolerantie (halofyten, zouttolerantieklasse "2"; Tabel 3.2) in de transecten T1 t/m T3 van de proefverkweldering van één jaar vóór – t/m het vierde jaar na uitpoldering. De figuur geeft in combinatie met Fig. 4.26 de negen belangrijkste meerjarige soorten; zie Tabel 4.5 voor het voorkomen van de overige halofyten in deze jaren.



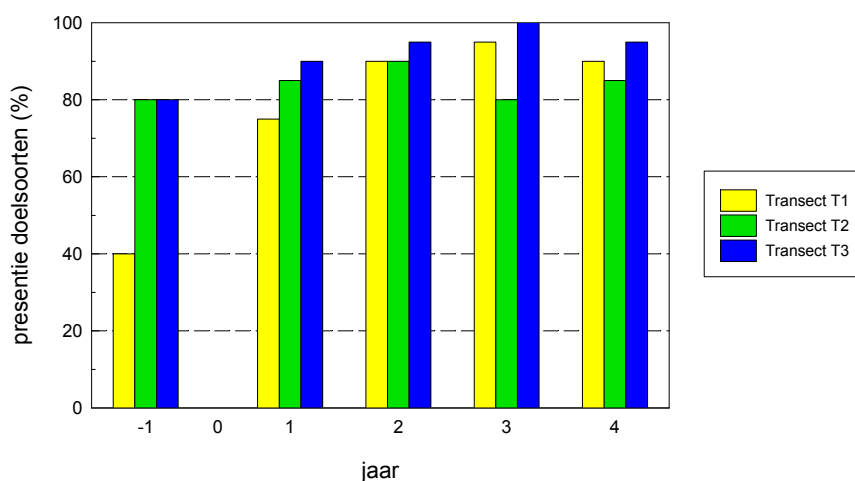
Figuur 4.26 Het voorkomen van geselecteerde meerjarige plantensoorten met een hoge zouttolerantie (halofyten, zouttolerantieklasse "2"; Tabel 3.2) in de transecten T1 t/m T3 van de proefverkweldering van één jaar vóór – t/m het vierde jaar na uitpoldering. De figuur geeft in combinatie met Fig. 4.25 de negen belangrijkste meerjarige soorten; zie Tabel 4.5 voor het voorkomen van de overige halofyten in deze jaren.

Herstel kweldervegetatie op basis van doelsoorten

De van jaar op jaar nog grote trendmatige veranderingen geven aan dat het nog aan de vroege kant is om een evaluatie uit te voeren op het niveau van plantengemeenschappen. Voor de proefverkweldering zijn 20 plantensoorten als doelsoort gedefinieerd voor eventuele herstelprogramma's van Nederlandse vastelandkwelders in de Waddenzee (zie § 3.3.1). Op basis van de vestiging of aanwezigheid van de doelsoorten op de drie transecten, wordt hieronder een eerste evaluatie van de proefverkweldering gegeven. op het niveau van de individuele soorten.

In de één jaar voor het doorgraven van de zomerkade vastgelegde uitgangssituatie bleek al een groot deel van de doelsoorten in de proefverkweldering aanwezig. Dit varieerde van 40% op het hoger gelegen Transect T1 tot 80% op de transecten T2 en T3 (Fig. 4.27). Gedurende de laatste twee monitoringsjaren was het aantal doelsoorten gestegen tot rond de 90 procent. Van de doelsoorten waren de volgende soorten niet aanwezig: Stomp kweldergras (ontbrekend op alle transecten), Gewone zoutmelde (Transect

T1), Aardbeiklaver en Zeekweek (beiden T2). Gewone zoutmelde wordt door beweiding onderdrukt en geldt als soort van de onbeweide kwelder. Verder is het een soort van de lage kwelder en de door hoogteligging van Transect T1 is dit transect voor deze soort als minder kansrijk groeiplaats te beschouwen. Door het ontbreken van uitgesproken hooggelegen delen op Transect T2 (Fig. 4.8 en 4.9) was dit transect minder geschikt voor Aardbeiklaver en Zeekweek. Stomp kweldergras wordt beschouwd als uitgesproken zilte tredplant (Weeda *et al.*, 1994). De soort is wel jaarlijks in de proefverkweldering aangetroffen, maar door de specifieke milieueisen is het voorkomen in één van de transecten minder voor de hand liggend. Dit betekent dat het bovengenoemde presentieniveau van 90% van de doelsoorten als maximaal haalbaar kan worden beschouwd. Op basis van de hiervoor besproken vegetatieontwikkeling op soortsniveau en de presentie van doelsoorten kan worden geconcludeerd dat de proefverkweldering tot op heden bijzonder succesvol is verlopen.



Figuur 4.27 Het percentage doelsoorten dat is aangetroffen tijdens de soortskarteringen per transect in het jaar vóór t/m het vierde jaar na uitpoldering. Zie tabel 3.2 voor de lijst van 20 doelsoorten.

4.4.2 Permanente kwadraten (PQ's)

In de proefverkweldering kan de invloed van de beweiding op de vegetatieontwikkeling alleen op basis van een vergelijking tussen de vegetatieontwikkeling binnen en buiten de exclusures worden geëvalueerd. In tegenstelling tot de analyse van de transectgegevens op soortsniveau, is er voor gekozen om de analyse naar de invloed van de beweiding tot op gemeenschapsniveau (vegetatietypen) uit te voeren. Voor de Nederlandse kwelders is een vaste typologie voor kweldervegetaties opgesteld (de Jong *et al.*, 1998). Individuele vegetatieopnamen kunnen binnen deze typologie naar type worden geclassificeerd. Hiertoe zijn de vegetatieopnamen van de PQ's geclassificeerd met het programma SALT97; een computerprogramma dat speciaal voor dit doel is ontwikkeld (de Jong *et al.*, 1998).

In de proefverkweldering zijn 72 PQ's uitgelegd die vijf jaar zijn gevolgd; dit resulteert in totaal in 360 opnamen (Tabel 4.6). In haar classificatie van vegetatieopnamen geeft het programma SALT97 door middel van een "*" in de codering aan dat opnamen niet met zekerheid konden worden ingedeeld. Het programma geeft aan dat deze opnamen handmatig nader moeten worden toebedeeld aan een type. In de proefverkweldering ging het hierbij om ruim 200 opnamen (Tabel 4.6). Bij de handmatige classificatie zijn tevens enkele opnamen aan een ander type toebedeeld dan door SALT97. Het ging hier met name om opnamen met een hoge bedekking van Kweek en door het programma waren toebedeeld aan het vegetatietypen Ba3 en P (vegetaties gekenmerkt door respectievelijk een co-dominantie van Zulte dan wel een door een ijle begroeiing van Gewoon kweldergras). Deze opnamen zijn toebedeeld aan het soortenarme Kweektype van de hoge kwelder (type Xe5). Ook bij de toedeling van een opname aan het Spiesmeldetype (Xx5) is een afgeweken van een SALT97-criterium: alleen bij een lage bedekking aan grassen vond toedeling aan dit type plaats. Een zestal opnamen uit de restgroep van de hoge kwelder

kon ook handmatig niet nader worden toebedeeld aan een type. In deze opnamen was Geknikte vossenstaart aspectbepalend. Voor deze opnamen is op *ad hoc* basis een extra type toegevoegd (type Rg-a; Tabel 4.6).

In de beweide situatie laten de PQ's en de vegetatieontwikkeling in de transecten een sterk overeenkomstig beeld zien (Fig. 4.28, 4.29). Bij een natuurlijke overgang van hoge kwelder naar hogergelegen gronden wordt het gebied dat minder dan vijf keer per jaar met zeewater wordt overspoeld niet meer tot de kwelder gerekend (de Jong *et al.* 1998). De kenmerkende vegetaties van deze overgang worden echter wel opgenomen in de typologie van SALT97. In Tabel 4.6 zijn deze typen aangeduid als "kwelderzoom". Door de incidentele invloed van zeewater in de zomerpolders, kunnen deze in vegetatiekundig opzicht tot de kwelderzoom gerekend worden; in elk geval gold dit voor de proefverkweldering. Na het moment van uitpoldering bleven in de beweide situatie vegetaties uit de kwelderzoom de hoge delen van de proefverkweldering nog geruime tijd domineren. Wel was na uitpoldering in deze delen sprake van een snelle vervanging van het Engels raaigras (Rgv) door het Zilverschoontype (Rgp) en een relatief soortenrijk Kweektype (Rre). Langs de kreekranden kon niet eerder dan in het derde jaar na uitpoldering opnamen aan kweldervegetaties worden toebedeeld (Fig. 4.28A); op ruimere afstand van de gegraven krekken kon pas in het vierde jaar na uitpoldering één opname aan een kweldervegetatie worden toegekend, nl. aan het soortenarme Kweektype (Xe5; Fig. 4.28C). Langs de krekken werden door het vee duidelijke paden gevormd en het is aannemelijk dat de snellere ontwikkeling van een kweldervegetatie op de kreekranden een effect is geweest van een hogere graasdruk.

In de onbeweide situatie was in de hoge delen sprake van een lagere variatie aan vegetatietypen. In het derde jaar na uitpoldering was bijna in de meeste PQ's de Engels raaigrasvegetatie (Rgv) uit de uitgangssituatie vervangen door het soortenarme Kweektype (Xe5) van de hoge kwelder (Fig. 4.28BD). Waarschijnlijk was het in de onbeweide situatie voor veel soorten niet mogelijk om zich te handhaven in de concurrentie met Kweek om licht.

In de lage delen van de proefverkweldering had de vervanging van de vegetaties van de kwelderzoom een veel sneller verloop: in het tweede jaar na uitpoldering was deze al bijna geheel vervangen door kweldervegetaties (Fig. 4.29). In de beweide situatie ging het hierbij om een vervanging door vegetaties van de lage kwelder; in de onbeweide situatie om vervanging door het soortenarme Kweektype (Xe5) van de hoge kwelder. Ook in de lage delen van de proefverkweldering was hierdoor in de onbeweide situatie sprake van een lagere variatie aan vegetatietypen.

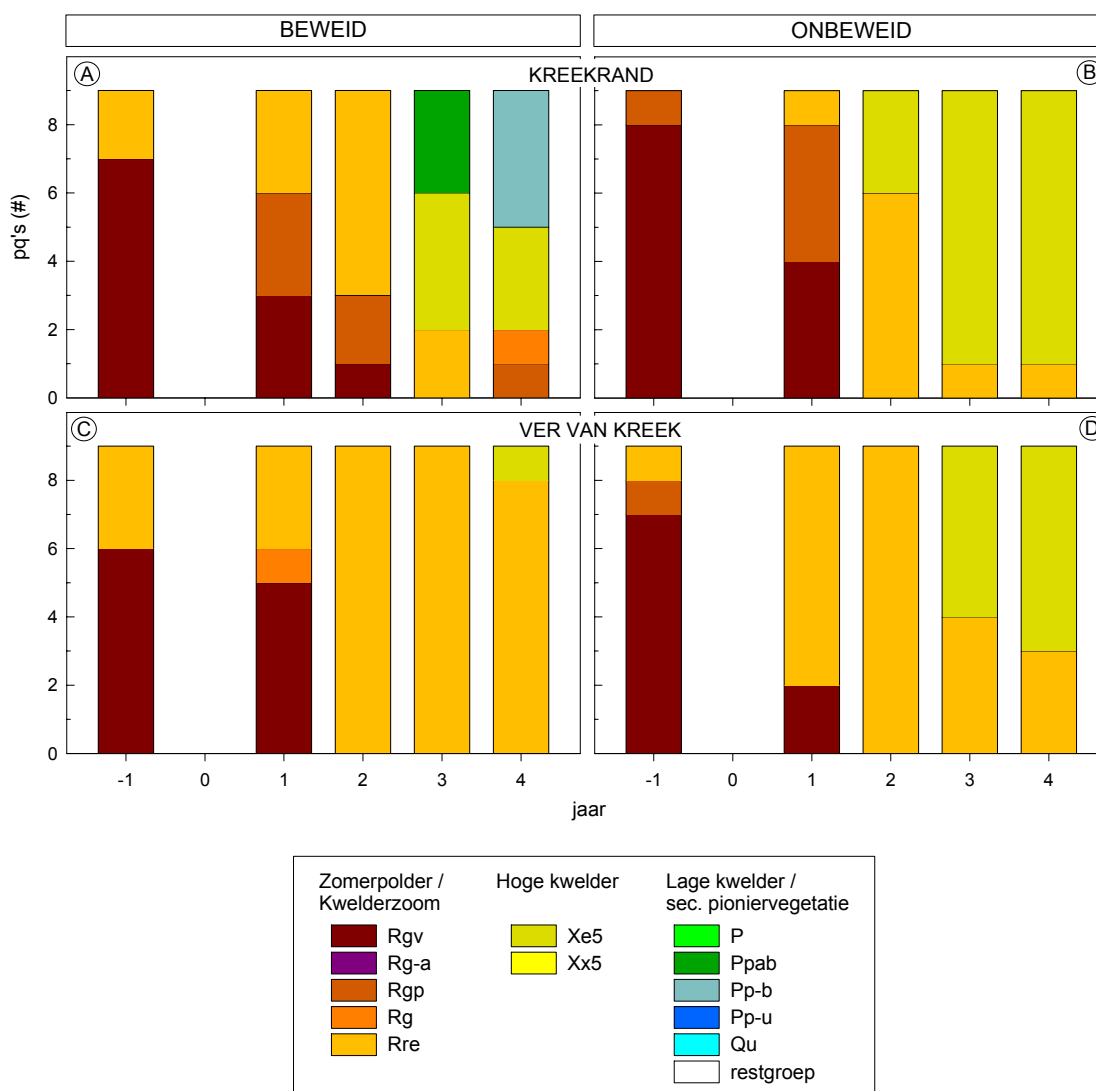
In de onbeweide situatie was langs de kreekranden in het vierde jaar op twee locaties (locatie 10 en 12) sprake van een ontwikkeling van een Spijesmeldevegetatie (Xx5; Fig. 4.29B). De ontwikkeling naar een dominantie van Spijesmelde ging gepaard met het instorten van de dominantie van Kweek. In de literatuur is een tijdelijke vervanging van Zeekweek door Spijesmelde wel beschreven als een gevolg van een bijzonder hoge sedimentatie in de voorafgaande winter. In de proefverkweldering was in voorafgaande winter echter geen sprake van een meer dan gemiddelde sedimentatie (Fig. 4.10). De verwachting is niettemin dat het hier slechts om een tijdelijke vervanging gaat.

Op ruime afstand van de gegraven krekken, was op één locatie (locatie 11) sprake van een stagnerende afwatering. In de onbeweide situatie ontwikkelde zich hier een soortenarme Gewoon kweldergras/Klein schorrenkruid vegetatie ((Pp-u). Voor de onbeweide situatie is dit de enige locatie waar zich gedurende de eerste jaren van de proefverkweldering geen Kweekvegetatie heeft ontwikkeld.

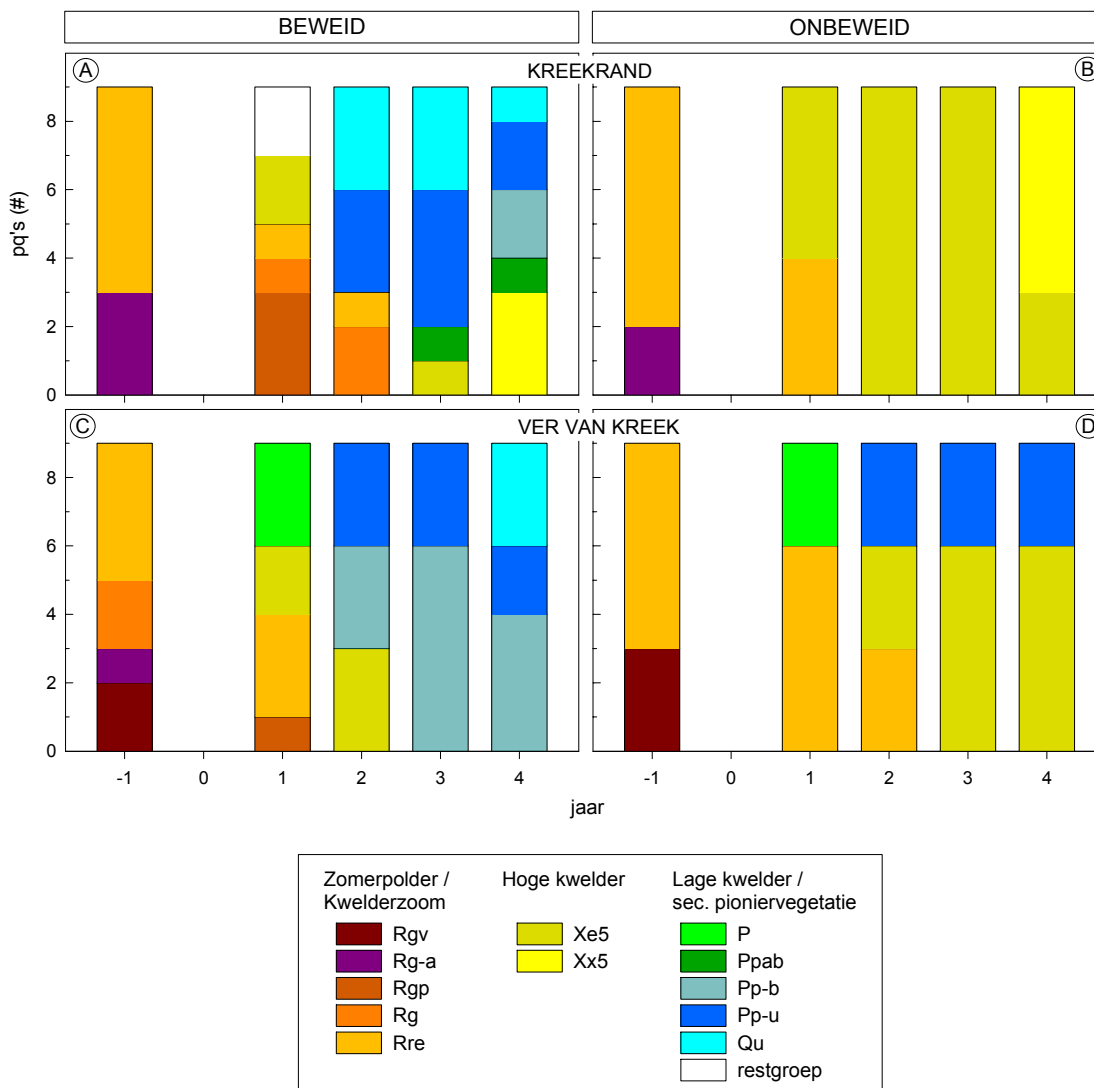
De verwachting is dat in de onbeweide situatie de Kweekvegetatie op korte of langere termijn vervangen zal worden door een vegetatie van Zeekweek. In vrijwel alle studies komt bij een beheer van "niets doen" of *laissez faire* een vegetatie gedomineerd door Zeekweek als eindstadium van kwelderontwikkeling naar voren (Bakker *et al.* 1997, 2003b). Voor brakke omstandigheden wordt een soortenarme Rietvegetatie als eindstadium van kwelderontwikkeling gezien (Raabe, 1981; Esselink, 2000). Alleen in uitzonderlijke situaties, daar waar bijvoorbeeld sprake is van een bijzonder lage sedimentatie, lijkt de ontwikkeling naar een Zeekweekvegetatie uit te blijven, dan wel bijzonder traag te verlopen (Veeneklaas in prep.). De proefverkweldering behoort hier niet toe. Zeekweek werd in tweede jaar na uitpoldering voor de eerste maal in enkele PQ's aangetroffen; in het vierde jaar al in bijna 20% van de onbeweide PQ's. Voor het behoud en verder ontwikkeling van een gevarieerde kwelderbegroeiing in de proefverkweldering vormt beweiding daarom een belangrijk beheersinstrument.

Tabel 4.6 Toedeling van de vegetatieopnames van de PQ's in de proefverkweldering aan vegetatietypes van het opgestelde vaste typenstelsel voor Nederlandse kwelders (de Jong et al., 1998). De tabel geeft een vergelijking van de toedeling van de opnames door het computerprogramma SALT97 en de vereiste nadere handmatige toedeling. Tevens geeft de tabel de overeenkomst tussen de typologie van SALT97 en Plantengemeenschappen van Nederland (VVN; Schaminée et al., 1996, 1998). Zie tekst voor verdere toelichting.

Vegetatietype		Klassificatie		Omschrijving
SALT97	VVN	SALT97	handmatig	
"Kwelderzoom"				
Rgv	12RG	48	48	Engels raaigras (<i>Lolium perenne</i>) >10%
Rg-a	12Ba1	-	6	Ad hoc type. Door SALT97 ingedeeld bij restgroep hoge kwelder; niet in toe te delen naar andere typen; Geknikte vossenstaart (<i>Alopecurus geniculatus</i>) aspectbepalend (>50%)
Rgp	12RG	10	16	Zilverschoon (<i>Potentilla anserina</i>) codominant (>25%)
Rg*		13	-	Nadere toedeling waarschijnlijk Bg (soortenarm Fioringrastype), Rg of ander R-type
Rg	12Ba3b	-	7	Fioringras (<i>Agrostis stolonifera</i>) codominant (>25%), relatief soortenrijk
Rre*		177	-	Kweek (<i>Elymus repens</i>) >25%, nader toe te delen aan Rre of Xe5 (zie onder)
Rre	12RG	-	119	Kweek (<i>E. repens</i>) >25%, veel hoge kweldersoorten
R*		13	-	Restgroep hoge kwelder (R-zone), nadere toedeling aan andere R-types of andere lokale types; betreft vaak opnames die buiten de kweldervegetatie vallen
Hoge kwelder				
Xe5	RG12Ba	-	87	Kweek (<i>E. repens</i>) >25%, bedekking soorten pionier- en lage kwelder hoger dan soorten van hoge kwelder)
Xx5	26RG	13	9	Spiesmelde (<i>Atriplex prostrata</i>) dominant (> 50%)
Lage kwelder en secundaire pioniervegetatie				
Ba3	26RG04	4	-	Zulte (<i>Aster tripolium</i>) codominant, soortenarm
P	26Aa1A	13	6	IJle begroeiing (5–25% bedekking) van Gewoon kweldergras (<i>Puccinellia maritima</i>)
Ppab	26Aa1a	6	5	Gewoon kweldergras (<i>P. maritima</i>) en Zulte (<i>A. tripolium</i>) codominant met soorten van brak milieu
Pp-b	26Aa1C	19	19	Gewoon kweldergras (<i>P. maritima</i>) dominant, soortenarm met soorten van brak milieu
Pp-u	26Aa1a	27	26	Klein schorrenkruid (<i>Suaeda maritima</i>) > 25% en Gewoon kweldergras (<i>P. maritima</i>) codominant (> 5%)
Qu	25Aa3	10	10	Klein schorrenkruid (<i>S. maritima</i>) dominant (>25%).
*		7	-	Restgroep lage kwelder (P-zone), nader toe te delen
Restgroep		-	2	Niet in te delen; lage totale bedekking
Totaal		360	360	

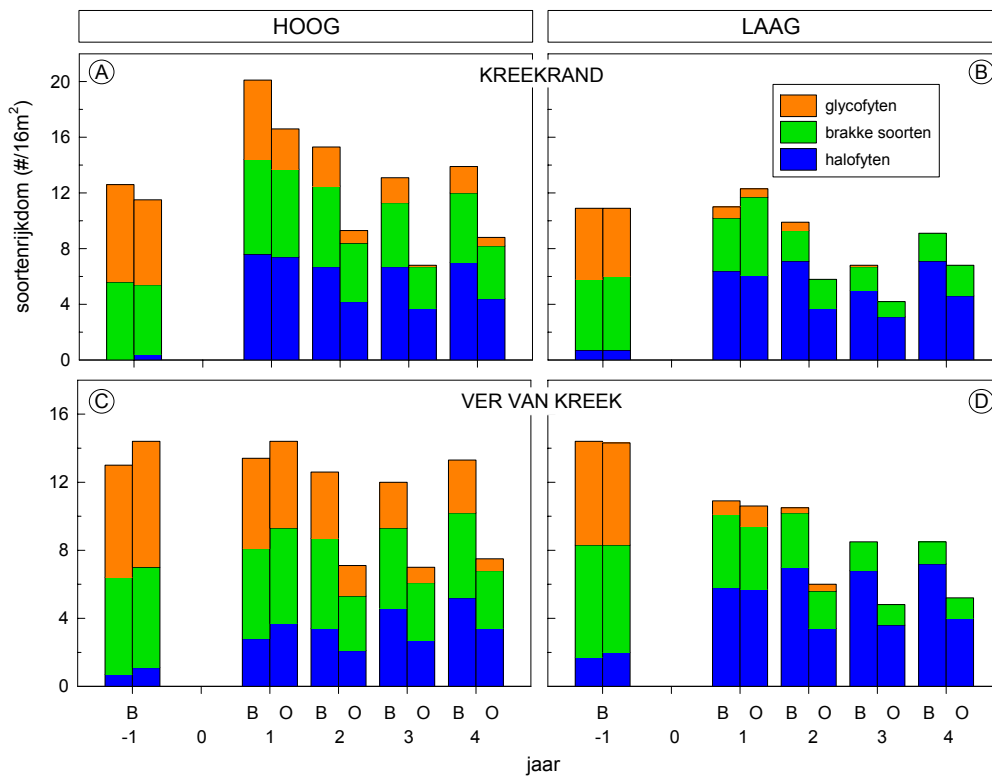


Figuur 4.28 De vegetatieontwikkeling in de hoge delen van de proefverkweldering (locaties 1 t/m 6) op basis van de PQ-opnamen van het laatste jaar vóór uitpoldering t/m het vierde na uitpoldering en uitgesplitst naar beweiding en ligging ten opzichte van de gegraven kreek. Per paneel wordt de vegetatieontwikkeling in negen PQ's beschreven (36 in totaal). De vegetatieopnamen zijn geïnterpreteerd met behulp van het programma SALT97 (de Jong et al., 1998), waarna aanvullend een deel van de opnamen handmatig opnieuw zijn toegeëld (Tabel 4.6). De vegetatiecodering is conform de typologie van SALT97 en is omschreven in Tabel 4.6. De exclusies zijn in het eerste jaar ná uitpoldering (jaar 1) geplaatst; dit betekent dat de onbeweide PQ's in de uitgangssituatie (de jaren -1 en 0) werden beweïd. Voor verdere toelichting zie tekst.



Figuur 4.29 De vegetatieontwikkeling in de lage delen van de proefverkweldering (locaties 7 t/m 12) op basis van de PQ-opnamen van het laatste jaar vóór uitpoldering t/m het vierde na uitpoldering en uitgesplitst naar beweiding en ligging ten opzichte van de gegraven kreek. Zie Fig. 4.28 voor verdere toelichting.

De beweiding had over het algemeen ook een positief effect op het aantal soorten of de soortenrijkdom per PQ (Fig. 4.30). Dit effect was het sterkst in de hoge delen van de proefverkweldering, waar de soortenrijkdom hoger was in de lage delen. Door het uitsluiten van de beweiding ontwikkelde zich in de exclusures een hoogopgaande vegetatie van met name Kweek (vgl. Fig. 4.28 en 4.29), waardoor een aantal soorten moeite had zich hier te handhaven, dan wel te vestigen. Zo namen de glycofyten en brakke soorten in de onbeweide PQ's sneller af dan in de beweide situatie, terwijl tegelijkertijd het aantal zoute soorten in de beweide situatie een snellere toename liet zien dan in de onbeweide situatie.



Figuur 4.30 Vergelijking tussen de ontwikkeling van het gemiddeld aantal soorten per PQ tussen de beweide en onbeweide situatie in de proefverkweldering en opgesplitst naar zouttolerantie van de aangetroffen soorten. in de beweide situatie en de exclusures van één jaar voor – tot drie jaar na uitpoldering in (A) het hoge (westelijke) en (B) het lage (oostelijke) deel van de proefverkweldering. Voor de indeling van plantensoorten naar zouttolerantie is de zelfde klasse-indeling gebruikt als bij de transecten (Tabel 3.2). De PQ's zijn op dezelfde wijze in vier gelijke groepen ingedeeld als in figuren 4.28 en 4.29: op kreekranden in (A) het hoge en (B) het lage deel van de proefverkweldering (resp. locaties 2, 4, en 6 en locaties 8, 10 en 12) en op grotere afstand van de kreek in (C) het hoge deel en (D) lage deel (resp. locaties 1, 3, en 5 en locaties 7, 9 en 11). De exclusures zijn in het eerste jaar ná uitpoldering (jaar 1) geplaatst; dit betekent dat de onbeweide PQ's in de uitgangssituatie (de jaren -1 en 0) werden beweid. B = Beweid, O = Onbeweid.

Hypothese 4: *De maaiveldhoogte en mate van ontwatering zullen voldoende zijn voor het ontstaan van een grazige kweldervegetatie.*

- **In het eerste jaar na uitpoldering traden meteen grote veranderingen op in de vegetatie. Door het ontbreken van een zoutschok was er geen sprake van een grootschalig afsterven van de oorspronkelijke vegetatie.**
- **De veranderingen in het voorkomen van veel soorten zo geleidelijk dat in het vierde jaar nog steeds sprake was van trendmatige veranderingen in de vegetatie ten gevolge van de uitpoldering. In de hoge delen was wel sprake van een toename van zout-tolerante soorten, maar op het niveau van plantengemeenschappen kon in het vierde jaar de helft van de PQ's nog niet als kweldervegetatie worden geclassificeerd.**
- **In de lageregelegen delen verliep de ontwikkeling naar een kweldervegetatie veel sneller. Ten dele ontwikkelde zich hier een secundaire pioniervegetatie gedomineerd door Klein schorrenkruid en in mindere mate door Zeekraal. Een toename van Gewoon kweldergras geeft aan dat het hier waarschijnlijk om een tijdelijke fase in de ontwikkeling ging.**
- **Beweiding zorgde voor een hogere biodiversiteit. In afwezigheid van beweiding ontstond al snel een soortenarme Kweekvegetatie. De verwachting is dat Zeekweek hier Kweek zal verdringen.**
- **Voor de realisatie van de doelstellingen van het beheer vormt beweiding daarom een belangrijke beheersmaatregel.**

4.5 Ganzen

4.5.1 Ontwikkelingen in het habitat

Habitatbeschikbaarheid (bouwplankarteringen)

In Fig. 4.31 worden de resultaten van de bouwplankarteringen uit 1996 en 2004 vereenvoudigd weergegeven (kaarten van andere jaren in Bijlage XI).

In het buitendijkse gebied bevinden zich grofweg twee zones: zilte vegetaties (op de kwelders en slikvakken) en cultuurgraslanden (in de zomerpolders). In het binnendijkse gebied achter de dijk bevinden zich cultuurgraslanden en bouwlanden. In 2001 heeft het doorsteken van de zomerkade geleid tot een verkweldering waardoor in een gedeelte van het buitendijkse gebied de zilte vegetatie weer terug kon komen. Onder invloed van deze proefverkweldering is het overgrote deel van de vegetatie in dit gebied veranderd van kort beweid cultuurgrasland naar een zilte kweldervegetatie met een grazige vegetatie en zoute kruiden. Van de 135 ha cultuurland waarop de verkweldering betrekking had, ontwikkelde zich tussen 1997 en 2004 ongeveer 120 ha tot een meer of minder zilte vegetatie. Een klein deel van de proefverkweldering werd in 2004 nog geclassificeerd als cultuurgrasland met een lage pollige vegetatie.

*Kwelders*⁵

De kwelders werden gedomineerd door pollige zilte vegetatie. In 1996 bestond 76% van het kwelderoppervlak uit dit type. In 2004 was dit afgenomen tot 54% (Fig. 4.32). Deze afname ging gepaard met een toename aan structuurrijke zilte vegetatie. De oppervlakte lage zilte vegetatie was in 2004 iets lager dan in 1996 en 1997. Daarnaast werd er in 2004 de noodzaak gevoeld om een klasse 'zilte pioniervegetatie (Zeekraal-Schorrenkruid)' toe te voegen aan de legenda, ten opzichte van de karteringen in de jaren daarvoor. Dit pioniertype werd aangetroffen in de proefverkweldering en op de voormalige zomerpolder van West-Holwerd. Op West-Holwerd is de zomerkade van de voormalige zomerpolder sinds eind jaren negentig niet meer onderhouden, en later op enkele plaatsen doorgebroken. Het aantal inundaties is daar sterk toegenomen, en daarmee het aandeel pionier vegetatie.

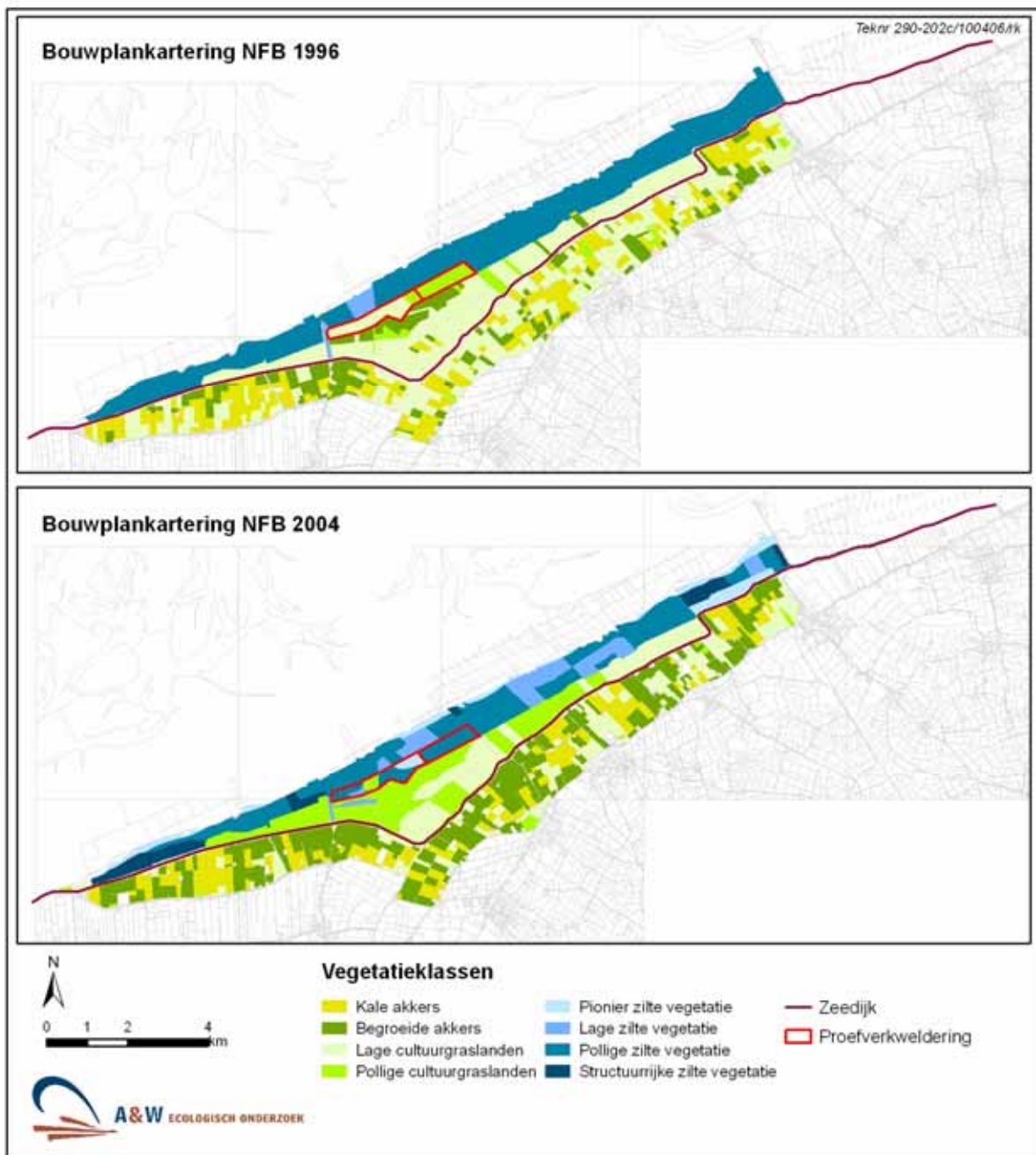
Zomerpolders

Onder invloed van de proefverkweldering is 120 ha cultuurgrasland veranderd in verschillende zilte vegetatietypen. Daarnaast heeft er op de zomerpolders een spectaculaire verschuiving plaatsgevonden van 'cultuurgrasland met lage vegetatie' naar 'cultuurgrasland met pollige vegetatie' (Fig. 4.33). Deze verandering vindt hoofdzakelijk plaats op percelen die in eigendom of in beheer zijn van It Fryske Gea. De percelen die nog in particulier beheer zijn, zijn over het algemeen nog bemest en kort afgegraasd 'cultuurgrasland met lage vegetatie'.

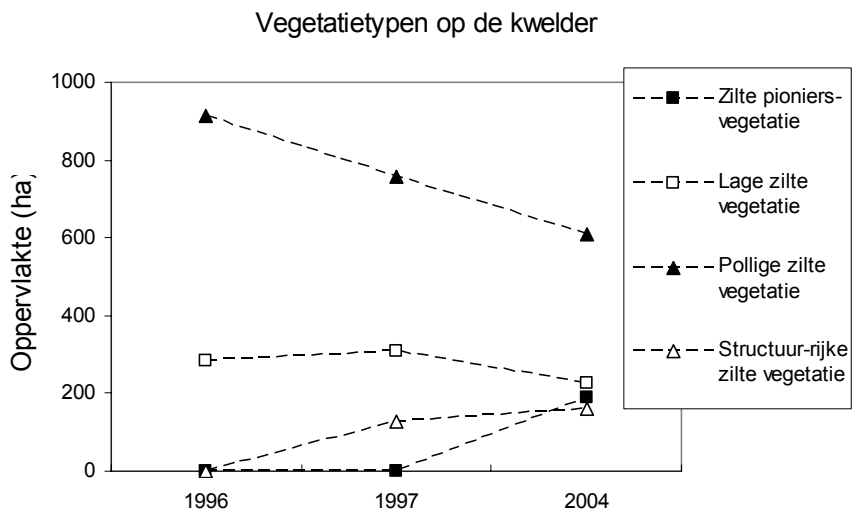
Binnendijks gebied

Het binnendijkse gebied kent een sterke toename van de hoeveelheid akkerbouw ten koste van cultuurgrasland. Het areaal bouwland is tussen 1996 en 2004 met een kleine 400 ha (60%) toegenomen (Fig. 4.34).

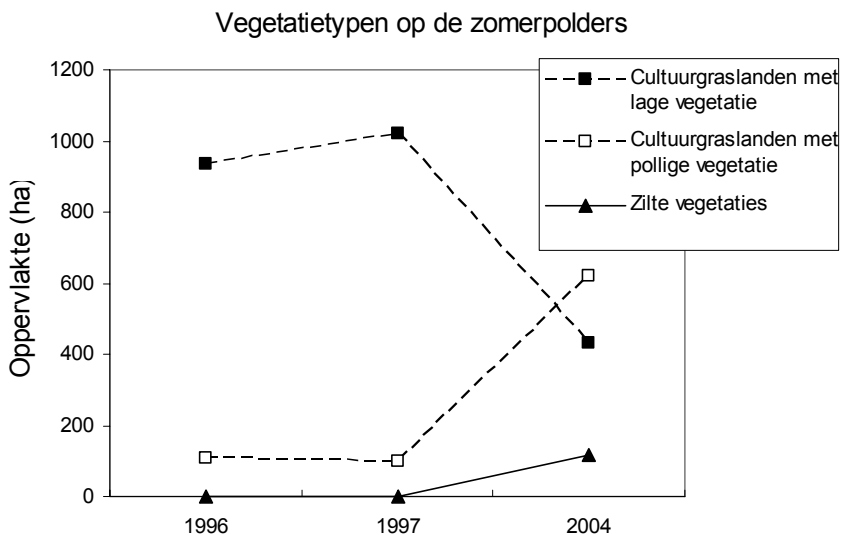
⁵ Bij de bouwplankartering op de kwelder is onderscheid gemaakt op basis van vegetatiehoogte of structuur. Dit heeft geleid tot het onderscheid in de klassen met oplopende structuur: laag, pollig en structuurrijk, aangevuld met de pioniersklasse.



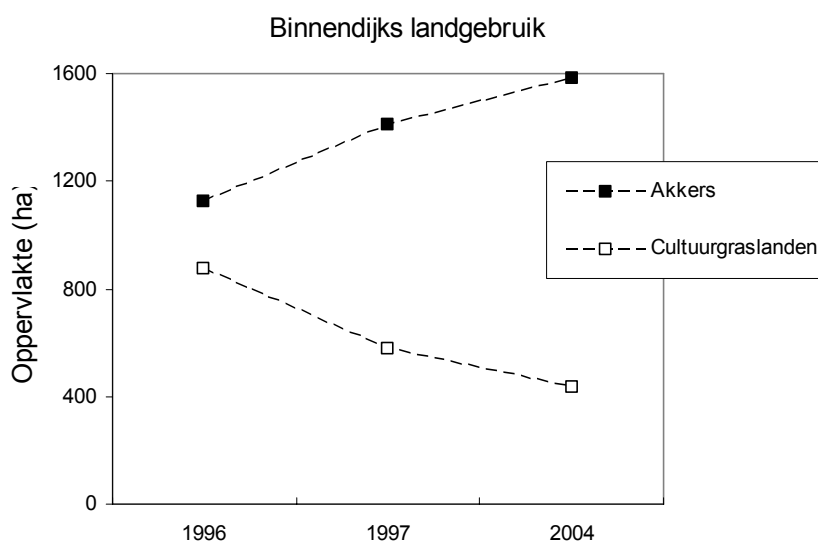
Figuur 4.31 Vereenvoudigde weergave van de bouwplankarteringen uit 1996 en 2004.



Figuur 4.32 Oppervlak van de verschillende vegetatietypen op de kwelders van Noard-Fryslân Bûtendyks (de zilte vegetaties van de proefverkweldering zijn hierin niet meegenomen).



Figuur 4.33 Oppervlak van twee soorten cultuurgrasland op de zomerpolders van Noard-Fryslân Bûtendyks en de zilte vegetaties op de proefverkweldering (voormalige zomerpolder).



Figuur 4.34 Oppervlak van akkers en cultuurgraslanden in het binnendijkse gebied van Noard-Fryslân Bûtendyks.

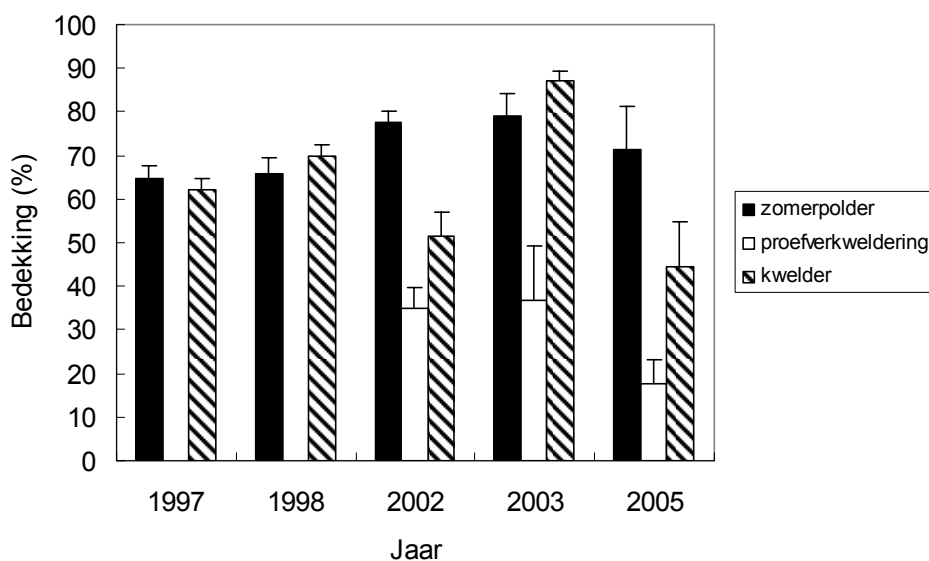
Vegetatiestructuur

De vegetatiehoogten zijn gemeten in de periode september tot mei. Elke zone vertoonde een piek in vegetatiehoogte in september. In september 2002 was de gemiddelde vegetatiehoogte op de kwelder en de proefverkweldering hoger dan 10 cm. In het najaar nam de vegetatiehoogte op de kwelder en proefverkweldering af onder invloed van afsterven van de vegetatie en overstromingen. Op de zomerpolders treedt eveneens een afname op in het najaar.

Met name op de kwelder en de proefverkweldering is de gemiddelde vegetatiehoogte met de jaren toegenomen. Op de proefverkweldering nam de gemiddelde vegetatiehoogte in april toe van 2.6 ± 0.2 cm in het seizoen 1998/99 naar 6.5 ± 0.9 cm in het seizoen 2004/05 (Anova, $F_{1,468} = 73.0$ $P < 0.001$). Op de kwelder was de vegetatiehoogte toegenomen van 2.3 ± 0.3 cm in 1998/99 tot 6.4 ± 1.9 (Anova, $F_{1,393} = 15.8$; $P < 0.001$). Op 'grasland sinds 1996' heeft eveneens een lichte toename van de vegetatiehoogte plaats gevonden (Anova $F_{1,684} = 8.2$ $P < 0.01$). De toename van 3.3 ± 0.2 naar 4.7 ± 0.3 was hier vooral in het najaar te zien. In alle gevallen hing dit samen met de extensivering van het landgebruik door It Fryske Gea, waarbij in de proefverkweldering met name de verandering in soortsaanstelling van belang was.

Voedselbeschikbaarheid voor ganzen (zie ook § 4.4)

De voedselbeschikbaarheid voor ganzen is met de proefverkweldering achteruit gegaan. Om dit te illustreren wordt in Fig. 4.35 de gemiddelde bedekking getoond met planten die een belangrijk deel uitmaken van het dieet van ganzen. Deze bedekking met 'voedselplanten' lag tussen de 65 en 80% op de zomerpolders, en op de kwelder tussen de 45 en 85%. In de proefverkweldering was ze echter in de eerste jaren na de ingreep niet hoger dan 37%. Fioringras (*Agrostis stolonifera*) had hierbinnen het grootste aandeel in 2002 (34 % \pm 1) en 2003 (27 % \pm 12), maar dat aandeel was geslonken naar 4% in 2005. In 2005 was de bedekking van Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*) toegenomen tot circa 9% \pm 3.



Figuur 4.35 De gemiddelde bedekking met voor ganzen eetbare planten⁶ in de proefverkweldering, de zomerpolders en kwelder.

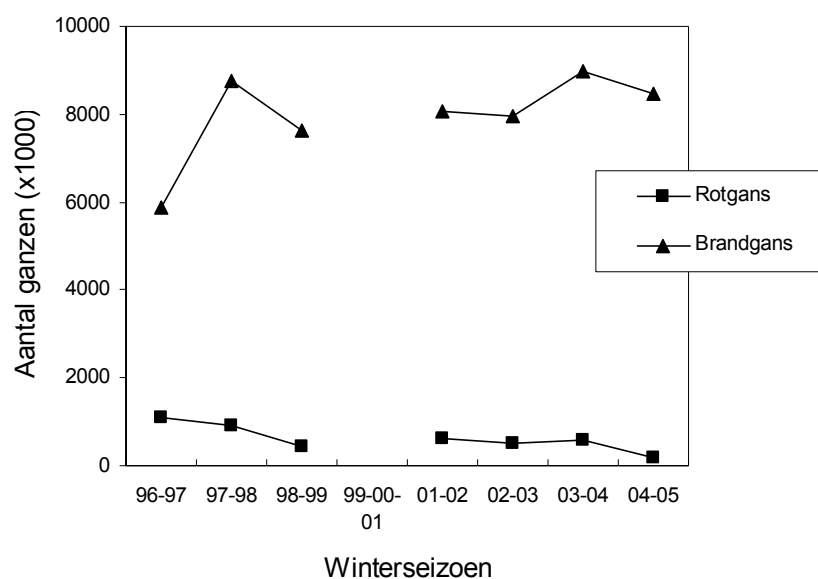
4.5.2 Aantallen en verspreiding Brand- en Rotganzen in Noard-Fryslân Bûtendyks

Aantallen Rot- en Brandganzen

Van de Rot- en Brandganzen die overwinteren op Noard-Fryslân Bûtendyks bestaat het overgrote deel uit Brandganzen. Rot- en Brandganzen zijn beide talrijk op Noard-Fryslân Bûtendyks, met een gemiddeld seizoensmaximum van respectievelijk 93.000 Brandganzen en 18.000 Rotganzen over de seizoenen 2000 tot 2005. In verblijfsdagen omgerekend was het aantal Brandgansdagen gemiddeld 4 à 5 keer hoger dan het aantal Rotgansdagen (Fig. 4.36). De verdeling van gansdagen over de verschillende maanden van het jaar was voor Brandganzen meer gespreid dan voor Rotganzen (Bijlagen Fig. XII.3). Rotganzen lieten een duidelijk maximum zien in de maanden april en mei. In deze maanden werd ruim 70% van de totale hoeveelheid gansdagen in het gebied doorgebracht. Brandganzen lieten twee maxima per telseizoen zien: een eerste piek in het najaar (oktober-november) en een tweede hogere piek in het voorjaar (maart-april).

In de periode 1996-2005 is het aantal Rotgansdagen in Noard-Fryslân Bûtendyks per winterseizoen geleidelijk afgenomen van meer dan 1 miljoen in het seizoen 1996/97 naar minder dan 200.000 in het seizoen 2004/05. Deze afname correspondeert met de landelijke trend sinds het midden van de jaren negentig (van Roomen *et al.*, 2005). Het aantal Brandgansdagen was in het eerste seizoen 1996/97 het laagst met minder dan 6 miljoen gansdagen. De daaropvolgende jaren schommelde dit aantal tussen de 9 en 7,5 miljoen. Landelijk is het aantal Brandganzen in Nederland exponentieel gegroeid sinds de jaren 70 en nam ook in de jaren 1996-2005 nog steeds toe (van Roomen *et al.*, 2005).

⁶ Op de zomerpolders zijn dit de genera *Lolium*, *Agrostis*, *Alopecurus* en *Poa*, op de kwelder *Puccinellia maritima*, *Festuca rubra*, *Agrostis stolonifera*, *Plantago maritima* en *Triglochin maritima* (aansluitend bij van der Wal *et al.*, 2000).

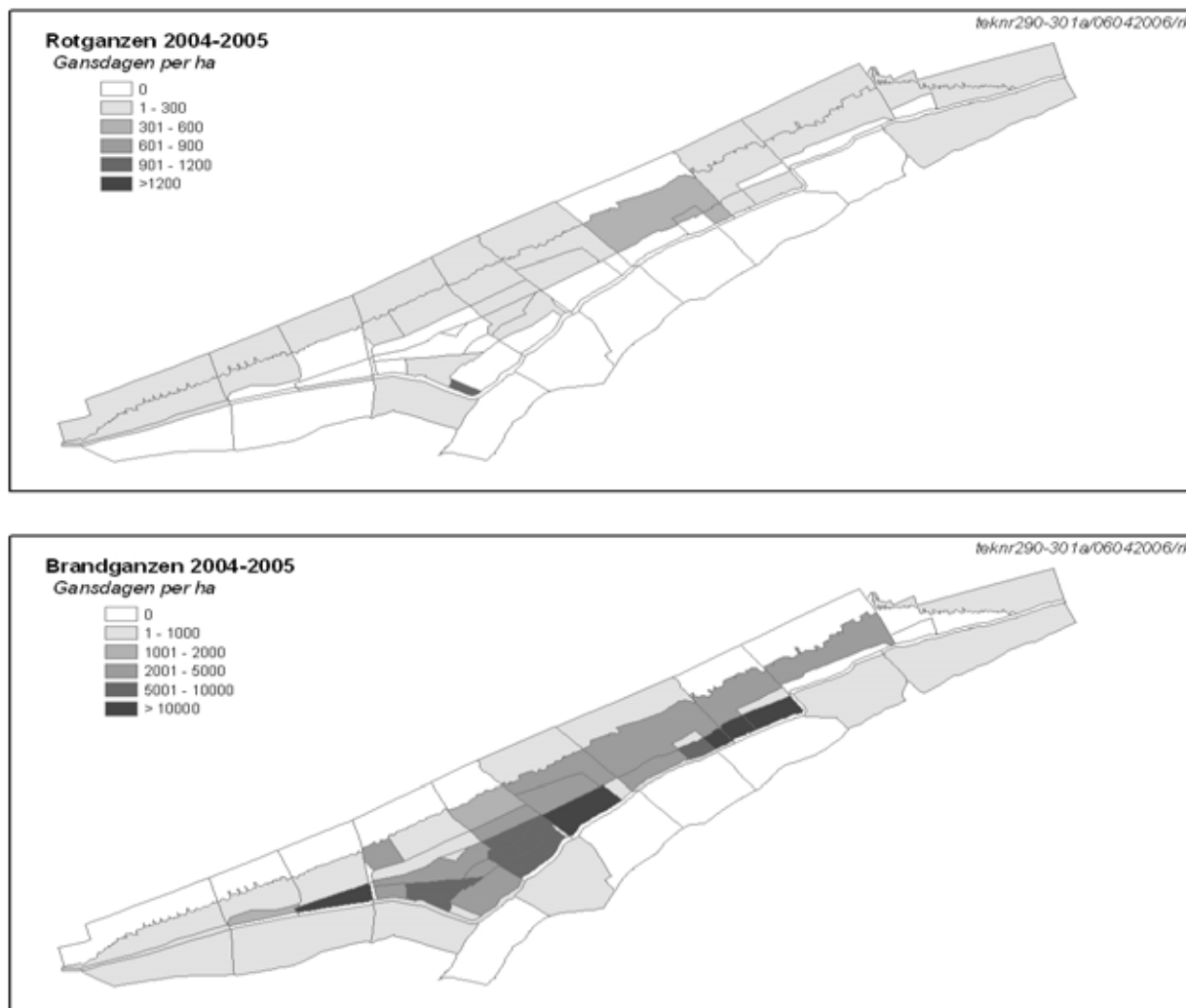


Figuur 4.36 Totale aantal Rot- en Brandgansdagen op Noard-Fryslân Bûtendyks per winterseizoen

Verspreiding van Rot- en Brandganzen over Noard-Fryslân Bûtendyks

Rotganzen en Brandganzen verschilden van elkaar wat betreft terreingebruik. Rotganzen waren voornamelijk te vinden op de kwelders en dan met name de kwelders ten noorden en oosten van het Noarderleech. De kwelders bij Ferwerd en Blija werden hiervan het drukst bezocht. Rotganzen waren ook te vinden op de slikgebieden, opvallend vaak ten noorden van Blija (Fig. 4.37, voor overige figuren, zie Bijlage XII).

Brandganzen verbleven op de zomerpolders en de kwelders. De hoogste dichtheden waren te vinden op de zomerpolders. Door de jaren heen is er enige verschuiving geweest over de diverse zomerpolders, maar over het algemeen waren de dichtheden het hoogst in de zomerpolders van Blija, Ferwerd en die van het Noarderleech. De kwelders werden met wisselende intensiteit bezocht door de Brandganzen; hierbij ligt de nadruk op de kwelders boven het Noarderleech en oostwaarts tot Blija. De voorkeur voor deze kwelders is mogelijk te verklaren uit de vegetatiesamenstelling ter plaatse. Op deze kwelders is het aandeel van geschikte vegetatietypen van de hoge kwelder relatief groot. De Rijkswaterstaat vegetatiekaart van het waddengebied (zie Fig. 2.4) bijvoorbeeld, geeft een uitgebreid voorkomen aan van de vegetatietypen “Brak overstromingsgrasland” en “Type van *Lolium perenne*, *Cynosurus cristatus* en andere zoetwater soorten”.



Figuur 4.37 Rot- en Brandgansdagen per ha voor de verschillende telgebieden op Noard-Fryslân Bûtendyks.

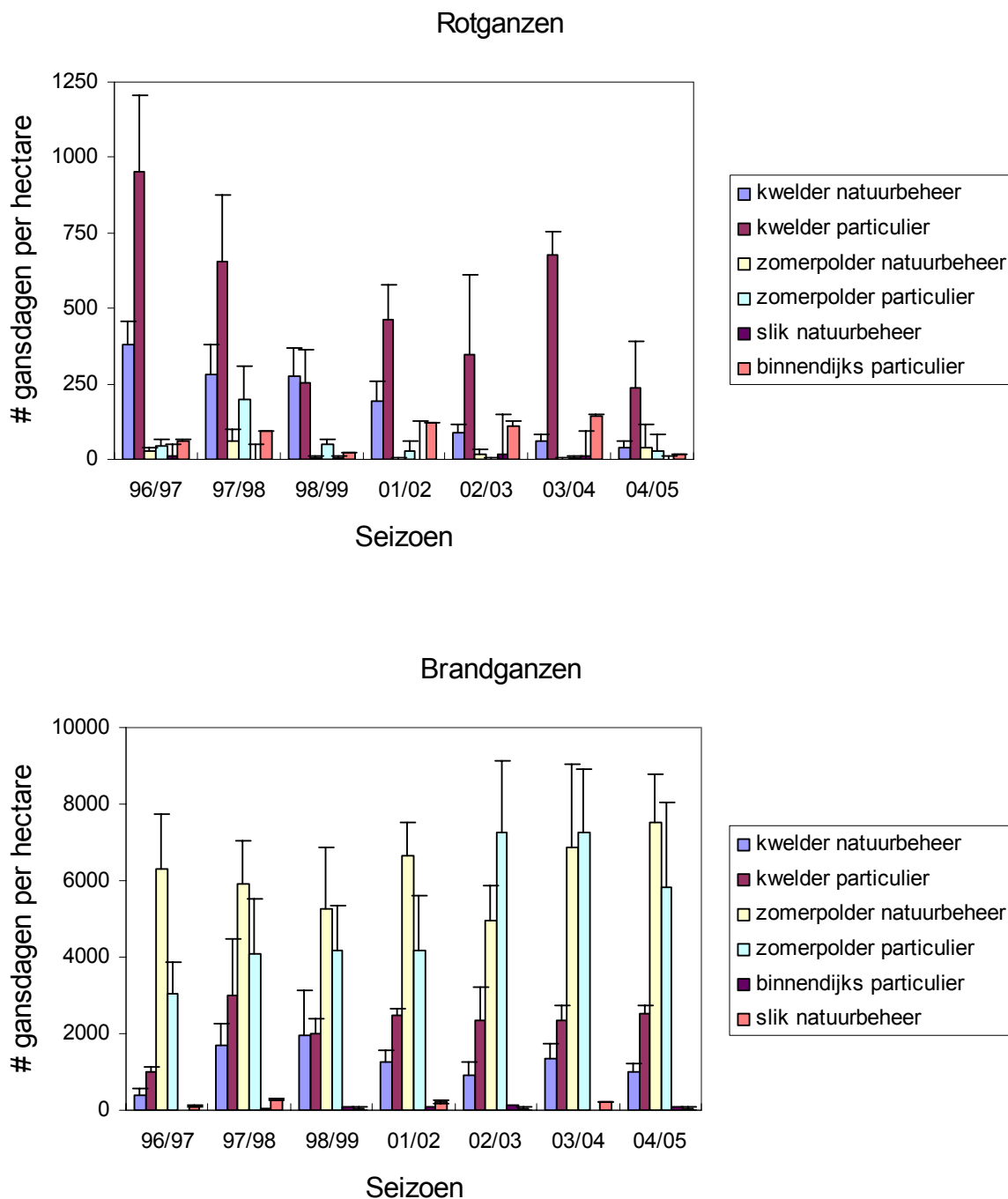
Terreingebruik door Rot- en Brandganzen

Op Noard-Fryslân Bûtendyks is veel terrein in eigendom van It Fryske Gea, het Rijk en Wetterskip Fryslân (de dijken). Met uitzondering van de stukken van Wetterskip vindt hier een beheer plaats gericht op natuur. Het terrein dat in particulier bezit is wordt in het algemeen wat intensiever bemest (dit geldt alleen voor de zomerpolders) en vaak ook intensiever beweid (Fig. 2.2 en 2.3). Dit heeft gevolgen voor de dichtheden van ganzen, hetgeen blijkt wanneer deze worden uitgesplitst per eigendom en ecotoop (Fig. 4.38).

Zoals bij de ruimtelijke verspreiding over Noard-Fryslân Bûtendyks al was opgemerkt, blijkt dat Rotganzen een duidelijke voorkeur hebben voor kwelders ten opzichte van zomerpolders (Fig. 4.38). Verder hebben de particulier beheerde kwelders hogere dichtheden dan de kwelders onder natuurbeheer van It Fryske Gea en het Rijk. Merk hierbij op dat ook de onbegraasde kwelders hier zijn inbegrepen.

Brandganzen foerageren, in tegenstelling tot Rotganzen, meer op de zomerpolders dan op de kwelders. Niettemin zijn ze in termen van begrazingsdruk ook op de kwelders de belangrijkste ganzensoort. De Brandgansdichtheden op de zomerpolders onder natuurbeheer zijn met uitzondering van de seizoenen 2002/03 en 2003/04 hoger dan op de particuliere zomerpolders. Gedurende de studieperiode is de dichtheid op de nog resterende particuliere zomerpolders toegenomen. Omdat het oppervlak aan

particuliere zomerpolders is afgenomen van 430 tot 212 hectare is ook de aard van de steekproef gewijzigd. Het gebruik van de zomerpolders onder natuurbeheer fluctueert tussen de jaren, maar vertoont geen trend. De onderzochte binnendijkse gebieden tenslotte, worden door beide ganzensoorten erg weinig gebruikt.



Figuur 4.38 Gemiddelde Rot- en Brandganzendichtheid (in gansdagen per hectare) op de verschillende delen van Noard-Fryslân Bûtendyks. De foutenbalk verwijst naar de standaardfout van het gemiddelde over de verschillende eenheden. De dijken, in beheer en eigendom van Wetterskip Fryslân, zijn hierin niet opgenomen.

Het percentage van het aantal gansdagen dat door Rot- en Brandganzen binnendijks wordt doorgebracht varieerde in de studieperiode tussen 1 en 3 procent. Er leek over deze periode wél sprake van een lichte toename, maar dit verband was niet sterk ($R^2 = 0.27$). Het ging om een toename van ongeveer 180.000 gansdagen binnendijks (ruwweg van 90.000 gansdagen in 1996/97 tot 270.000 in 2004/05). Gegeven een telseizoen dat ruim 180 dagen duurt, betekent dat ongeveer 500 ganzen op een dag binnendijks in 1997 tegen 1500 in 2004. In totaal heeft NFB in die periode een toename gezien van ongeveer een miljoen gansdagen. Ook in het Lauwersmeer zijn de aantallen ganzen toegenomen.

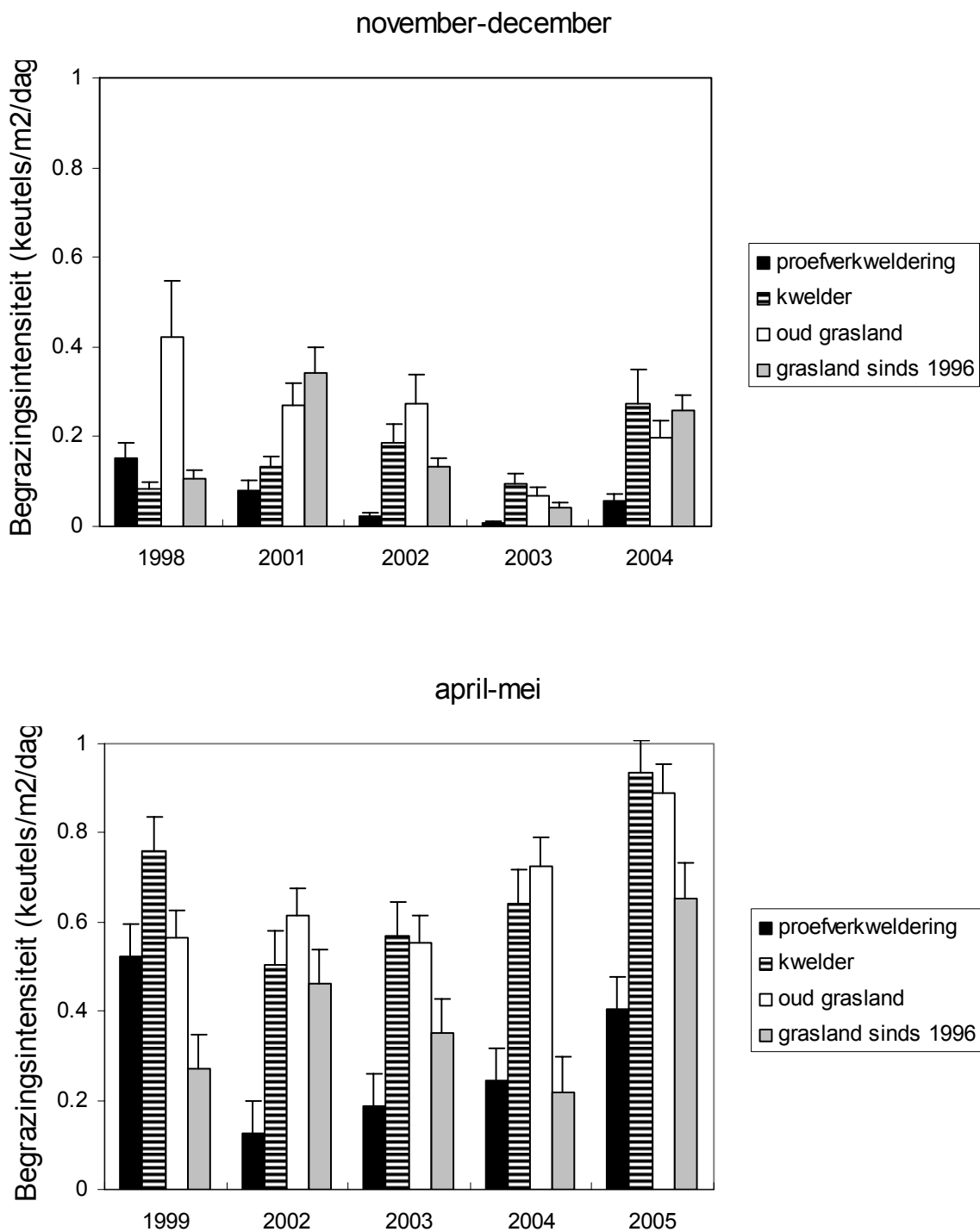
De beheerder heeft invloed op het terrein door wel of niet te bemesten of door de mate waarin wordt beweid. Bemesting verhoogt de productiviteit van het land en heeft veelal een positief effect op het voedselaanbod voor ganzen (Riddington *et al.*, 1997). Beweiding beïnvloedt de vegetatiesamenstelling en -structuur (Bakker *et al.*, 2003a). Beide factoren zijn in onze dataset aan elkaar gecorreleerd. Een groot deel van het Noarderleech wordt sinds 1998 niet meer bemest. Voor Brandganzen, heeft het staken van de bemesting echter niet tot een afname van de gansdichtheid geleid, in dit deel van het Noarderleech ($F_{1,69} = 0.13$, n.s.). Op de kwelder zijn gansdichtheden op de beweidde delen (intensief en extensief) hoger dan op de onbeweidde delen (GLM, $F_{2,111} P < 0.05$). Dit verklaart de gemiddeld lagere dichtheden op kwelders onder natuurbeheer.

Een verschil in gemiddelde dichtheid op de proefverkweldering voor en na het doorsteken van de zomerkade kan op basis van de tellingen niet worden aangetoond. Dit heeft te maken met het feit dat met tellingen op deze kleine schaal dit soort fenomenen maar beperkt kan worden vastgesteld.

4.5.3 Begrazingsdruk ganzen op het Noarderleech

Naast ganzentellingen zijn in de jaren 1998 tot 2005 ook ganzenkeutels geteld op het Noarderleech. Deze tellingen (in aantal keutels $m^2 dag^{-1}$) geven een goede schatting van begrazingsdruk door de ganzen (Fig. 4.39). Bij de keuteltellingen is geen onderscheid gemaakt tussen Rot- en Brandganzen. Door de grote dichtheid aan Brandganzen in de ganzentellingen hebben de keuteltellingen op de zomerpolders (de graslanden) vooral op Brandganzen betrekking. Op de kwelders en slik worden de resultaten mede door Rotganzen beïnvloedt. Dit zal in de periode april-mei nog versterkt worden door de piek in de aanwezigheid van Rotganzen (Bijlagen Fig. XII.3).

Binnen het seizoen is de begrazingsdruk in het voorjaar hoger dan in het najaar en de winter (Fig. 4.39), overeenkomstig de resultaten van de ganzentellingen per maand (Bijlagen Fig. XII.3). De proefverkweldering kent vanaf 2001 steeds een sterk lagere begrazingsintensiteit ten opzichte van de andere categorieën. In het seizoen 1998/99 behoort de proefverkweldering nog tot de zomerpolders van het Noarderleech. Het gebruik door ganzen van de proefverkweldering in het najaar blijft nog flink achter bij de overige terreintypen, maar lijkt sinds 2003 toe te nemen. In het voorjaar echter neemt het gebruik van de proefverkweldering al sinds het seizoen 2001/02 toe. Een opvallend verschil met de ganzentellingen is de relatief hoge begrazingsdruk op de kwelders, zoals gemeten aan de hand van keuteltellingen. Dit duidt op een onderschatting van het gebruik van kwelders bij tellingen. Tenslotte blijkt uit de keuteltellingen dat de begrazingsdruk in het voorjaar toe is genomen, ondanks een extensivering van beheer op het Noarderleech op alle terreintypen.



Figuur 4.39 Begrazingsintensiteit berekend in keutels m⁻² dag⁻¹. De figuren geven het najaar en het voorjaar van dezelfde telseizoenen weer. De foutenbalk geeft de standaardfout weer van het gemiddelde over de verschillende raaien.

- Er is een voorkeur van Rot- en Brandganzen voor beweide kwelders. Omdat de kwelders onder natuurbeheer deels onbeweid zijn, liggen de ganzendichtheden er gemiddeld lager dan op particulier beheerd terrein.

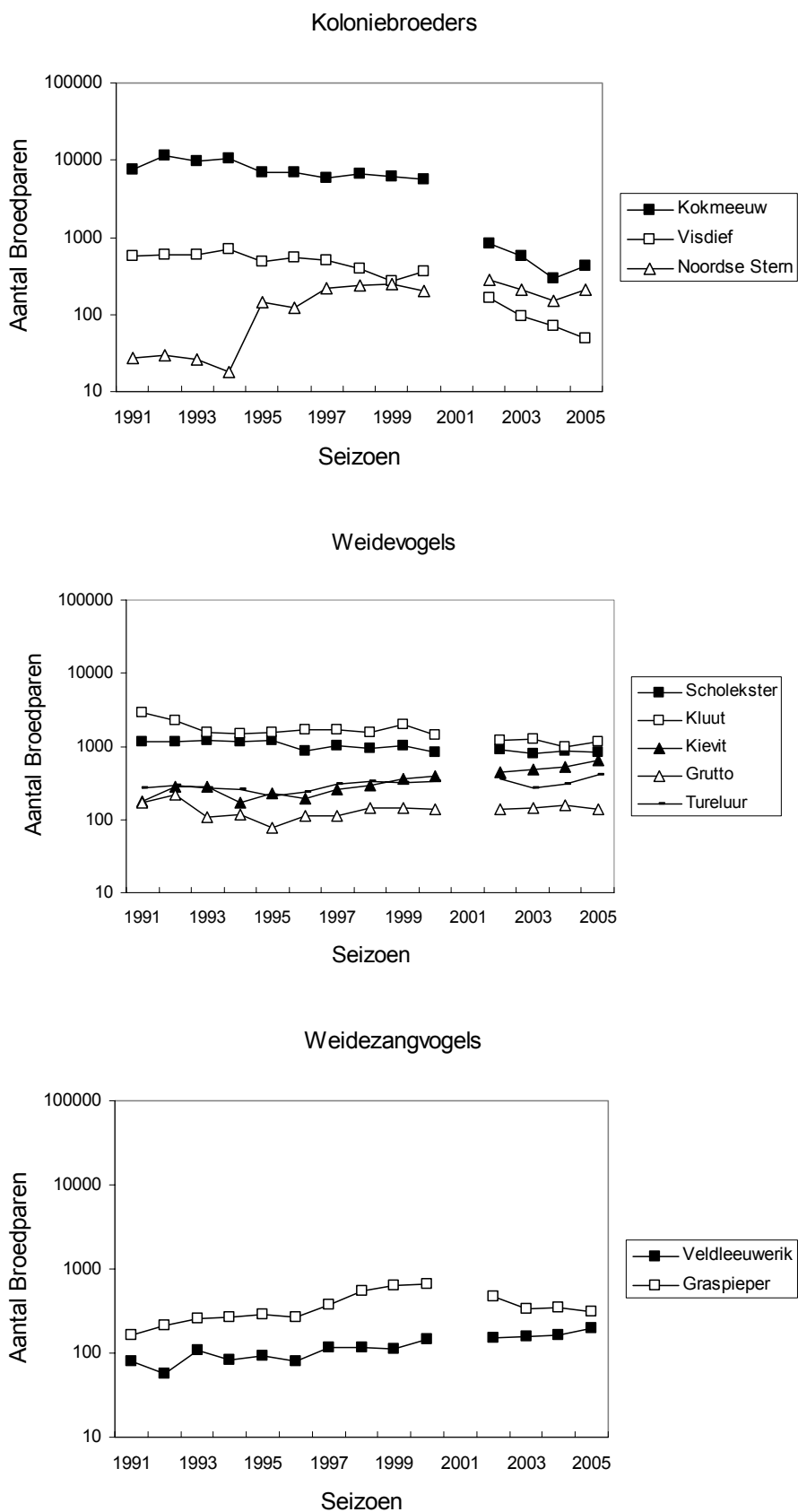
Hypothese 7: Het gebruik van de verkwelderde zomerpolder door ganzen en broedvogels zal niet afnemen.

- Ten opzichte van bestaande beweide kwelders blijft het gebruik van de proefverkweldering door ganzen in het najaar tot op heden nog flink achter. In het voorjaar neemt ze sinds het seizoen 2001-2002 substantieel toe. Overigens is de begrazingsdruk op alle terreintypen op het Noarderleech in het voorjaar toegenomen, ondanks een extensivering van het beheer.
- Het gebruik van het onderzochte binnendijks gebied door ganzen is gering gebleven. Parallel aan een toename in de totale aantallen ganzen lijkt er echter wel sprake te zijn van een lichte toename in de aantallen waargenomen ganzen binnendijks. De aantallen binnendijks vallen in het niet bij hetgeen buitendijks wordt gezien.

4.6 Broedvogels in en om de proefverkweldering

4.6.1 Broedvogels op Noard-Fryslân Bûtendyks

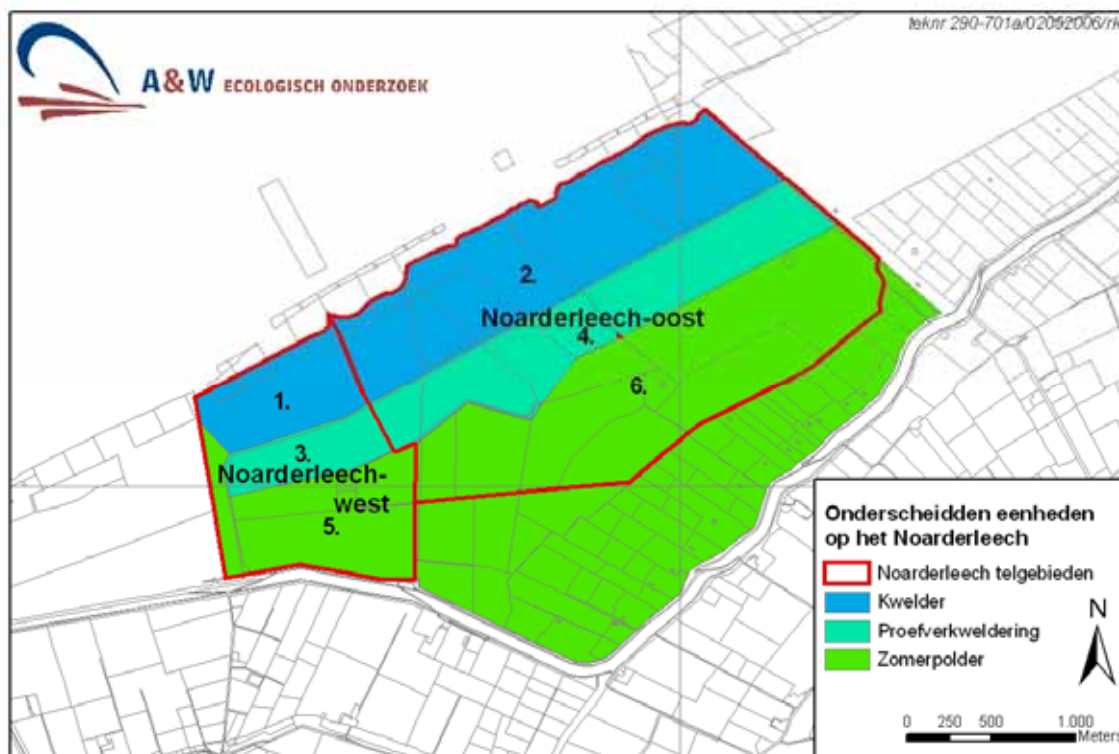
Sinds 1991 vinden jaarlijks broedvogeltellingen plaats op Noard-Fryslân Bûtendyks. De resultaten van een aantal belangrijke soorten zijn weergegeven in Fig. 4.40. In verband met de mond- en klauwzeer-crisis is in 2001 niet gebiedsdekkend geteld. De meest voorkomende soorten in de jaren 1991-2005 waren Kluut, Scholekster en Kievit. Hoewel de Kokmeeuw vooral in de jaren 90 een van de meest voorkomende soorten was op Noard-Fryslân Bûtendyks, zijn de aantallen sinds 2000 sterk afgenomen. Ditzelfde geldt voor de Visdief die tot 2000 een langzame afname in aantallen liet zien, welke na 2000 overging in een sterke afname. De Kluut ging in aantal achteruit, hoewel de afname gering was en de Kluut nog steeds talrijk is in het buitendijkse gebied. De Scholekster is sinds 1991 in aantal afgenomen, maar is de laatste jaren stabiel gebleven. De Kievit is sinds 1991 iets toegenomen, een toename die ook in de laatste jaren gestaag door is gegaan. De Graspieper is tot 2000 toegenomen, maar vertoonde daarna weer een afname. Grutto, Tureluur en Veldleeuwrik zijn ongeveer gelijk gebleven in aantal.



Figuur 4.40 Broedvogelaantallen op Noard-Fryslân Bûtendyks van 1991 tot 2005, voor een selectie van talrijke soorten (Engelmoer, 2002; Feddema, 2005).

4.6.2 Voorkomen broedvogels in het Noarderleech

Ter beoordeling van de ontwikkelingen op het Noarderleech bestuderen we hieronder de aantalsontwikkelingen in de drie ecotopen, kwelder, proefverkweldering en zomerpolder (Fig. 4.41).

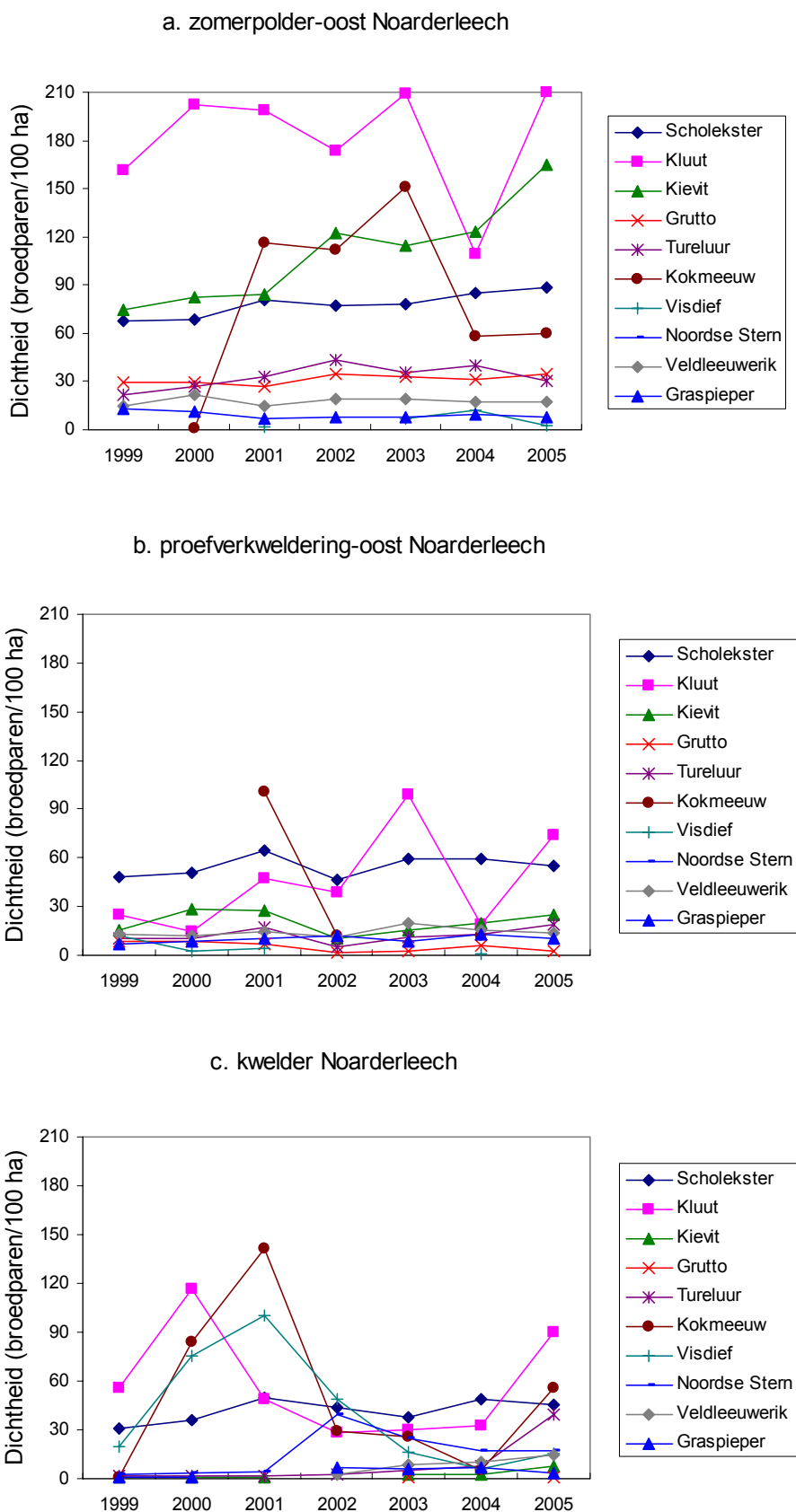


Figuur 4.41 Overzicht van telgebieden van broedvogels op het Noarderleech. De tellers op het Noarderleech zijn: M. Engelmoer (1, 3 en 5), Jaap Baalbergen (2), J. Tuinhof, P. de Graaf en S. Prins (4, 6).

De voor de analyse benutte telgebieden, in Fig. 4.41 aangegeven met de nummers 1, 2, 4 en 6, zijn door de jaren gelijk gebleven. Voor elk van deze telgebieden zijn telgegevens van 1999 tot 2005 verzameld. Voor het westelijk deel was het helaas niet mogelijk om vóór 2001 onderscheid te maken tussen proefverkweldering en zomerpolder. Hieronder worden de ontwikkelingen in elk van de drie ecotopen besproken aan de hand van Fig. 4.42. De globale trends in aantallen van de verschillende soorten, sinds de proefverkweldering, zijn aangegeven in Tabel 4.7. In Bijlage XIII worden de resultaten cijfermatig voor alle soorten gepresenteerd.

Zomerpolder

Op de zomerpolders van het Noarderleech bevonden zich vooral Kluut, Kievit en Scholekster en enkele jaren veel Kokmeeuwen. De aantallen broedvogels waren redelijk stabiel door de jaren heen. De aantallen van Kievit en Scholekster zijn significant toegenomen in de periode 1999-2005 (lineaire regressie, Kievit: $F_{1,6} = 32$, $P < 0,005$, Scholekster: $F_{1,6} = 26$, $P < 0,005$). De Kokmeeuwaantallen vertonen een piek in 2003. Alle andere soorten zijn stabiel gebleven (Fig. 4.42a).



Figuur 4.42 Broedvogelaantallen in de verschillende deelgebieden van het Noarderleech (Bron: Feddema, 2005).

Proefverkweldering

De Kluut en de Scholekster waren over de periode 1999-2005 de meest voorkomende soorten in de proefverkweldering. De aantallen van Scholekster waren constant, evenals die van Grutto, Veldleeuwrik en Graspieper. Kluutaantallen verschilden sterk van jaar op jaar zonder een duidelijke trend, terwijl Kievit en Tureluur na een aanvankelijke afname na de verkweldering zich lijken te herstellen (Fig. 4.42b). De Visdief nam in aantal af ($F_{1,6} = 7$, $P < 0,05$), maar aantallen en afname zijn kwantitatief zeer gering.

Kwelder

De Kluut en de Scholekster waren de meest talrijke broedvogels op de kwelders van het Noarderleech, met in sommige jaren ook flinke aantallen Kokmeeuwen en Visdieven (Fig. 4.42c). De Grutto kwam er in de getelde periode vrijwel niet voor. De totale broedvogelaantallen op de kwelders lieten in 2001 aanvankelijk een afname zien, in 2005 was er echter een toename. Dit werd voornamelijk veroorzaakt door een sterke stijging in de aantallen Kokmeeuwen, Kluten en Tureluurs. De Kluut laat sinds 1999 een fluctuerende lijn zien met de laagste aantallen in de periode 2001 tot en met 2004. In 2005 was de Kluut weer volop aanwezig met 182 broedparen per 100 ha tegenover 66 in 2004. De Tureluur is in dit laatste jaar toegenomen van 16 in 2004 naar 79 broedparen per 100 ha in 2005, terwijl de soort vóór 2003 een schaarse broedvogel was op de kwelders van het Noarderleech. Deze trend is ook waar te nemen voor de Veldleeuwrik. Graspieper en Kievit komen slechts in kleine aantallen voor op deze kwelder.

Het effect van de proefverkweldering op broedvogels

Over het algemeen geldt dat sinds 1999 de aantallen broedvogels op de proefverkweldering min of meer gelijk zijn gebleven (zie samenvattende Tabel 4.7). Alleen de Visdief neemt in aantal af, maar dit is een zelfde ontwikkeling als op heel Noard-Fryslân Bûtendyks plaatsvindt. De Kievit en de Tureluur nemen toe na een aanvankelijke afname na 2001. Mogelijk heeft het doorsteken van de zomerkade op deze twee soorten een kortdurend negatief effect gehad. Verder lijkt het doorsteken van de zomerkade geen of weinig effect te hebben gehad op de aantallen broedparen per soort. De verwachte veranderingen zoals Engelmoer die in 2002 presenteerde (Engelmoer, 2002), te weten een afname van Kievit, Grutto en Veldleeuwrik alsmede een toename van Kluut, Tureluur, Kokmeeuw, Visdief, Noordse stern en Graspieper, hebben niet of nauwelijks plaatsgevonden. Het aantal soorten dat voorkomt in de proefverkweldering is licht gedaald (Bijlage XIII).

Tabel 4.7 Globale trends in broedvogelaantallen over de laatste vier jaar ten opzichte van de situatie vóór de proefverkweldering.

0 = geen verandering; - = afname; + = toename; ++ = sterke toename; s = schommelend; herstel = na aanvankelijke afname vindt toename plaats naar aantal dat vóór de proefverkweldering aanwezig was.

Soort	Kwelder	Proef- verkweldering	Zomer- polder	Totaal Noarderleech ^a	Totaal NFB 1999-2005 ^b	Trend Nederland 1999-2003 ^c
Scholekster	0	0	0	+	0	-
Kluut	s	s	0	0	-	-
Kievit	0	herstel	+	+	+	0
Grutto	nvt	0	0	0	0	-
Tureluur	0	herstel	0	+	0	0
Kokmeeuw	s	s	s	s	-	-
Visdief	s	-	0	s	-	0
Noordse stern	s	0	0	0	0	0
Veldleeuwrik	+	0	0	+	+	-
Graspieper	0	0	0	0	-	-

^a Feddema, 2005

^b Engelmoer, 2002

^c van Dijk et al., 2005

De verschillende gebieden en schaalniveaus laten ten opzichte van elkaar ook geen verschillen zien in ontwikkelingen. Wat op valt is dat de Veldleeuwerik het op Noard-Fryslân Bûtendyks goed lijkt te doen, terwijl de landelijke trend voor deze soort negatief is (van Dijk *et al.*, 2005). Ook de trend voor de Scholekster verhoudt zich gunstig tot de landelijke ontwikkeling. We hebben geen inzicht in de dichtheid van predatoren langs de Friese kust in vergelijking tot het binnenland, terwijl dit wel een belangrijke factor kan zijn in de genoemde verschillen.

Hypothese 7: *Het gebruik van de verkwelderde zomerpolder door ganzen en broedvogels zal niet afnemen*

- **In de drie seizoenen na het doorsteken van de zomerkade was geen duidelijke wijziging in broedvogelaantallen waar te nemen in de proefverkweldering. De meeste soorten toonden geen trendmatige veranderingen.**

5 EVALUATIE

5.1 Inleiding

In de aanloop naar de proefverkweldering kwamen vele vragen naar voren. Het uitgangspunt was het plan om via uitpoldering van zomerpolders tot een herstel van een grootschalig kwelderlandschap in Noard-Fryslân Bûtendyks te komen (Hosper & de Vlas, 1994). Met natuurontwikkeling in de vorm van een geplande teruggave van land aan de zee en dat op deze schaal bestond nog nauwelijks of geen ervaring in Nederland of elders in Europa (van Oevelen *et al.*, 2000; Wolters *et al.*, 2005). Niet alleen door beheerders en onderzoekers, maar ook door 'de maatschappij' werden in de aanloopfase de plannen nauwlettend gevolgd. Zo was er aanvankelijk sprake van weerstand in de streek. Streekbewoners hebben een belangrijke rol gespeeld bij de landaanwinning van het gebied, alsmede bij de aanleg van de zomerpolders. Ze zijn dus van oudsher een belangrijke factor geweest in de geschiedenis van het gebied. In de jaren zeventig van de vorige eeuw toonde de streek zich pleitbezorger om tot een gedeeltelijke of zelfs gehele inpoldering van het gebied te komen (Abrahamse & Muntingh, 1975; Hosper & de Vlas, 1994). Behalve in de streek was er ook bij andere maatschappelijke groepen wel sprake van enige bezorgdheid over de gedachte dat het gewonnen buitendijkse land en de zomerpolders definitief verloren zouden gaan voor de landbouwkundig gebruik. Ook in natuurbeschermingskringen werd aanvankelijk verschillend over deze plannen gedacht (Engelmoer & van Dijk, 1994).

Een deel van de gerezen onrust over de plannen kwam voort uit de gedachte dat uitpoldering van de zomerpolders zou resulteren in een jarenlange onbegroeide moddervlakte waar, volgens velen, zich uiteindelijk slechts een 'rommelige' begroeiing zou ontwikkelen. Verder bestond er angst voor ondermeer een aantasting van de kustveiligheid, verzilting van zomerpolders die nog in particuliere handen bleven en ganzenoverlast in binnendijks gelegen agrarische gebieden door een verslechtering van de voedselsituatie voor deze vogels in de zomerpolders na uitpoldering. Over deze onderwerpen diende meer duidelijkheid te worden verkregen alvorens tot een verregaande uitpoldering van de zomerpolders zou kunnen worden overgegaan.

Naast praktische overwegingen, heeft de maatschappelijke weerstand er zo toe bijgedragen dat gekozen is het om plan gefaseerd uit te voeren. De proefverkweldering kan als eerste fase worden beschouwd gedurende welke inzicht moest worden verkregen in de bovengenoemde onderwerpen. Verdere uitvoering van de uitpolderingsplannen is daarbij afhankelijk gemaakt van de resultaten van de proefverkweldering.

Met het oog op het streefbeeld en de beheersdoelstelling van It Fryske Gea voor het gebied moet de verkweldering van de zomerpolders uiteindelijk resulteren in een beweidbare kwelder (Jager & Rintjema, 2003). Een randvoorwaarde hiervoor is dat in de uitgepolderde gebieden de milieufactoren als het zoutgehalte van de bodem, de mate van ontwatering en de hoogteligging zich zodanig ontwikkelen dat zich een kweldervegetatie kan ontwikkelen. In het monitoringsonderzoek van de proefverkweldering zijn daarnaast de invloeden van de gegraven krekens en beweiding op de genoemde milieufactoren en op de vegetatie onderzocht. Ook is aandacht besteed aan effecten van de uitpoldering van een zomerpolder op de vogelbevolking, namelijk op de benutting van het gebied door foeragerende ganzen en op de broedvogelbevolking.

Om de effecten van de proefverkweldering te kunnen beoordelen was het van belang dat de situatie vóór de ingreep ook bekend was. Dankzij de inspanningen van de vrijwilligers van de Wadvogelwerkgroep van de FFF was er reeds een uitgebreide kennis opgebouwd over de avifauna van geheel Noard-Fryslân Bûtendyks inclusief de proefverkweldering uit de periode voorafgaande aan de uitpoldering. De uitgangswaarden van diverse milieufactoren en de uitgangssituatie van de vegetatie konden in het kader van het monitoringsonderzoek ook worden vastgelegd.

De evaluatie na vier jaar monitoring richt zich met name op een beoordeling van het succes van de proefverkweldering en de effectiviteit van de getroffen inrichtingsmaatregelen. Een evaluatie van de gebruikte monitoringmethodes wordt gegeven in Box 5.1 (Annex).

Tenslotte zullen kennislacunes worden aangegeven en aanbevelingen worden gedaan ten aanzien van de uitvoering van mogelijke volgende uitpolderingen, de inrichting van Noard-Fryslân Bûtendyks en eventuele voortzetting van de monitoring in de proefverkweldering. Er wordt hierbij zoveel mogelijk geschreven vanuit de doelstelling en het perspectief van It Fryske Gea, namelijk: een herstel – en behoud van een *halfnatuurlijk* kwelderlandschap.

5.2 Evaluatie proefverkweldering

5.2.1 Streefbeeld

In deze paragraaf wordt stil gestaan bij de vraag wat voor soort streefbeeld kan worden gehanteerd voor de proefverkweldering en eventueel toekomstige verkwelderingen in Noard-Fryslân Bûtendyks. Door It Fryske Gea is voor de proefverkweldering het streefbeeld op praktische wijze omschreven als “*beweidbare kwelder*”. Voor Noard-Fryslân Bûtendyks als geheel is het streefbeeld omschreven als een “*halfnatuurlijk landschap waarin gestreefd wordt naar een gevarieerde vegetatie met zoveel mogelijk planten- en diersoorten die van nature op kwelders thuishoren*” (Jager & Rintjema, 2003). Het gebruik van de term “halfnatuurlijk” impliceert de onderkenning dat een herstel tot een nagenoeg natuurlijk kwelderlandschap niet haalbaar is. De kwalificatie (nagenoeg) natuurlijk of halfnatuurlijk is van grote invloed bij het maken van beheerskeuzes.

De huidige vastelandkwelders zijn voor het overgrote deel ontstaan uit landaanwinningswerken en zijn vanuit geomorfologisch oogpunt als kunstmatig te omschrijven. Omdat de flora wel spontaan (= niet ingezaaid) is ontstaan spreken we toch liever van een *halfnatuurlijk* landschap (*sensu* Westhoff, 1949; Londo, 1997). De natuurlijke morfologie van een kwelder, met name het krekensysteem wordt reeds vastgelegd in het (pre-)pionierstadium van een kwelder (voor discussie zie Esselink, 2000). Om de huidige kwelders om te vormen tot natuurlijke kwelders zouden ze dus geheel afgegraven moeten worden tot ruim onder het niveau van GHW! Ook in het Handboek Natuurdoeltypen (Bal *et al.*, 2001) worden de kwelders langs de Friese en Groninger vastelandkust als een halfnatuurlijk landschap omschreven, hoewel elders in dit Handboek de termen “natuurlijk” en “halfnatuurlijk” gekoppeld worden aan de schaal of oppervlakte waarop de natuur zich kan ontwikkelen. Londo (1997, p. 57) geeft kritiek op deze koppeling. Bij toepassing van deze koppeling zouden uitgestrekte halfnatuurlijke landschappen als de New Forest in Zuid-Engeland of de Alvar op Öland in Zuid-Zweden als (begeleid) natuurlijk benoemd moeten worden. Voor de vastelandkwelders is de koppeling evenmin toepasbaar. Dit betekent voor de doelstelling van de proefverkweldering en van de volgende verkwelderingen van zomerpolders in Noard-Fryslân Bûtendyks dat deze niet verder kan reiken dan een herstel tot een halfnatuurlijke kwelder.

Natuurlijkheid

Op de vastelandkwelders bestaan wel verschillende mogelijkheden om tot een vergroting van de mate van natuurlijkheid te komen. In de proefverkweldering zijn kunstmatige kreken gegraven, waarvan de vormgeving mede bepaald werd door de behoefte aan klei ten behoeve van het dempen van sloten en het ophogen van zomerkades. Hierboven is echter aangegeven dat de (mate van) natuurlijkheid sterk kan worden vergroot door het systeem (of tenminste een deelgebied) zover mogelijk in ontwikkeling terug te zetten door middel van het afgraven tot beneden GHW en vervolgens het zelf opnieuw laten ontwikkelen. Gegraven kleiputten in kwelders van de Jadebusen en in de Elisabethaußengroden (beide Nedersaksen) zijn goede voorbeelden van een dergelijke ingreep (Arens *et al.*, 1999; Exo & Thyen, 2003; Metzling & Kuhbier, 2001; Thyen & Exo, 2006). Wanneer bij volgende verkwelderingen in Noard-Fryslân Bûtendyks sprake is van een grondbehoefte kan het graven van kleiputten overwogen worden als alternatief voor het graven van kunstmatige kreken.

5.2.2 Succes van de proefverkweldering

De belangrijkste conclusie uit het monitoringsonderzoek is dat de proefverkweldering nu reeds een succes is. Na vijf jaar was wel nog steeds sprake van voortgaande veranderingen in het gebied ten gevolge van de verkweldering. De richting van de veranderingen is echter tot dusver gunstig.

In tegenstelling tot de verwachting bleek de verzilting van de proefverkweldering niet sprongsgewijs te gaan, maar een geleidelijk verlopend proces te zijn. Aan het eind van de monitoringsperiode lag het zoutniveau nog minimaal 30% onder dat van de referentie (= de voorliggende kwelder).

Het zoute water en sediment konden de proefverkweldering goed bereiken. Dit is niet ten koste gegaan van de opslibbing in de voorliggende kwelders. Zoals verwacht was de opslibbing in de lage delen van de proefverkweldering het hoogste. Op basis van de huidige hoogteligging, de gemeten opslibbing en de over het geheel genomen goede ontwatering mag dan ook een ontwikkeling naar een grazige kweldervegetatie worden verwacht. Overgedimensioneerde gegraven krekken zijn deels aan het dichtslibben en/of versmallen. Tijdens dit proces ontstaan potentiële vestigingsplaatsen voor halofyten.

Een groot aantal zouttolerante plantensoorten of halofyten bleken al op beperkte schaal in de uitgangssituatie aanwezig te zijn, dus vóór dat de uitdijking van het gebied in 2001 een feit was. Als gevolg van de geleidelijke verzilting is de bedekking door zouttolerante plantensoorten toegenomen ten koste van de niet-zouttolerante tot matig-zouttolerante soorten. In laaggelegen delen is vaak al sprake van een kweldervegetatie, gedomineerd door Klein Schorrenkruid en Zeekraal. Deze pioniersoorten worden langzamerhand vervangen door een graziger vegetatie met Gewoon kweldergras.

Beweiding zorgde door de combinatie van vertrapping en korte afgegraasde vegetatie voor een iets drogere, compactere en zoutere bodem en met name op de wat hogere delen voor een lagere netto toename van de maaiveldhoogte. Ook zorgde beweiding voor een hogere diversiteit van plantensoorten. In de exclusures waar de invloed van het vee ontbreekt, ontwikkelde zich een soortenarme Kweekvegetatie. In enkele exclusures heeft zich in de eerste vier jaar na uitpoldering Zeekweek (tot voor kort Strandkweek genoemd) gevestigd. De verwachting is dat in de exclusures Zeekweek op termijn Kweek zal verdringen. Voor de realisatie van de doelstellingen van het beheer vormt beweiding daarom een essentieel beheersinstrument.

Tot nu toe is de benutting van de proefverkweldering door ganzen in de herfst veel lager gebleven in vergelijking met die van de bestaande beweidde kwelders. In het voorjaar daarentegen liet de benutting vanaf het eerste seizoen na uitpoldering een substantiële toename zien. De verwachting is dat door de toename van een grazige vegetatie in de proefverkweldering, ook de benutting door ganzen in het najaar in de loop der jaren zal toenemen.

In de drie seizoenen na het doorsteken van de zomerkade was geen duidelijke wijziging in broedvogelaantallen waar te nemen in de proefverkweldering. Bij de meeste soorten zijn geen trendmatige veranderingen gevonden.

In de aan de proefverkweldering grenzende zomerpolder is geen aanwijzing gevonden voor verzilting als gevolg van de ontpoldering. Op een aantal locaties in de zomerpolder is daarentegen zelfs sprake geweest van een afgenomen zoutinvloed.

Het gebruik van het onderzochte aangrenzende, binnendijkse, gebied door ganzen is gering gebleven. Parallel aan een toename in de wereldpopulatie Brandganzen, en de lokaal aanwezige totale aantallen ganzen, is sprake van een lichte toename in de waargenomen aantallen binnendijks. De aantallen binnendijks vallen echter in het niet bij hetgeen buitendijks wordt gezien.

Gelet op de gestelde doelen, lijkt de proefverkweldering dus tot nu toe een succes. Met het oog op de voorgenomen verdere uitpolderingen in Noard-Fryslân Bûtendyks is een belangrijke vraag hoe het succes verklaard kan worden.

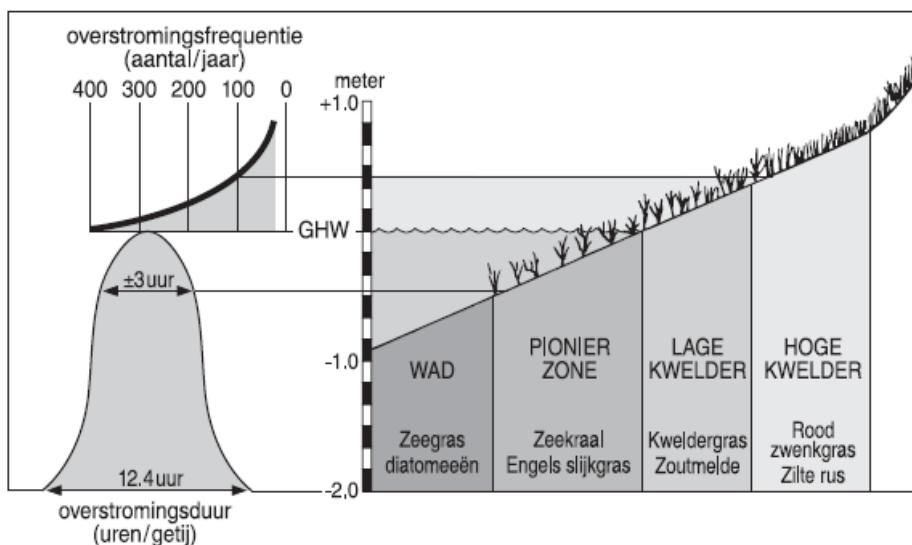
Het snelle succes van de proefverkweldering komt door het feit dat aan een aantal belangrijke randvoorwaarden is voldaan. Deze randvoorwaarden (milieufactoren en beheer) en hun betekenis zullen hieronder één voor één worden besproken aan de hand van een vergelijking met enkele voorbeelden van eveneens succesvolle dan wel minder succesvolle kwelderherstelprojecten elders in West-Europa (Tabel 5.1).

Tabel 5.1 Vergelijking van de proefverkweldering met enkele andere kwelderherstelprojecten in West-Europa aan de hand van belangrijke, succes bepalende factoren. + = gunstig; - = ongunstig

Factor	Proefverkweldering (dit rapport)	Sieperdaschor (NL) (Eertman <i>et al.</i> , 2002)	Peazemerlannen (NL) (van Duijn <i>et al.</i> , 1997)	Spieka-Neufeld (D) (Kinder <i>et al.</i> , 2003)	Tollesbury (UK) (Garbutt <i>et al.</i> , 2006)
Hoogteligging in getijdenvenster	+	+	+	- (te hoog)	- (te laag)
Beschikbaarheid sediment	+	+	+	+	-
Getijdenwerking	+	+	+	-	+
Ontwatering	+	+	+	+	-
Aanvoer doelsoorten	+	+	+	+	+
Beweiding	+	+	-	+	n.v.t.
Start herstelproject (jaar)	2001	1990	1973	1995	1995
Succes kwelderherstel	+	+	-	-	-

Hoogteligging in getijdenvenster

Met het oog op de kans op overstroming met zeewater was de hoogteligging van de proefverkweldering in de uitgangssituatie bijzonder gunstig. In de Waddenzee ontwikkelt een kweldervegetatie zich ongeveer vanaf het niveau van gemiddeld hoogwater (GHW). Onder dat niveau kan zich slechts een pionierkwelder ontwikkelen en nog lager in het getijdenvenster is, afgezien van zeegras, groei van hogere planten niet mogelijk (Fig. 5.1; Dijkema *et al.*, 2001).



Figuur 5.1 Getijdenvenster en ontwikkelingskansen voor kwelders. Het getijdenvenster ligt tussen het niveau van de laagste laagwaterstand en de hoogste hoogwaterstand; in de Waddenzee ontwikkelen kwelders zich ruwweg vanaf het niveau van gemiddeld hoogwater (GHW) tot een hoogte met een overstromingsfrequentie van vijf keer per jaar bij de bovengrens van de hoge kwelder (naar Erchingen, 1985).

De laagste delen van de proefverkweldering lagen ongeveer 0.3 m boven GHW, terwijl de hoogste delen ongeveer 0.6 m boven GHW lagen. Dit is een uitgangshoogte die ruime ontwikkelingskansen biedt voor de vegetatie van een middenkwelder. Pas bij een veel hogere ligging (>1.0 m boven GHW) nemen de ontwikkelingskansen voor een kweldervegetatie belangrijk af door een lagere overstromingsfrequentie. De geringe zoutinvloed geeft "zoete" plantensoorten (glycofyten) hier een te grote concurrentiekracht ten opzichte van kwelderplanten voor de ontwikkeling van een kweldervegetatie. Dit laatste doet zich bijvoorbeeld voor in het herstelproject Spieka-Neufeld in Nedersaksen, waar een kleine sluisopening slechts een zeer beperkte getijamplitude toestaat (Kinder *et al.*, 2003; Wolters *et al.*, 2005). Tollesbury (Black Water Estuary, ZW-Engeland) is daarentegen een voorbeeld van een uitgedijkt gebied waar de uitgangshoogte te laag was voor een snelle kwelderontwikkeling en gewacht moet worden tot het gebied eventueel voldoende is opgeslibd (Garbutt *et al.*, 2006).

Beschikbaarheid sediment

In principe is het voldoende als de opslibbingsnelheid de zeespiegelstijging kan bijhouden. Bij een hogere sedimentbeschikbaarheid zal het maaiveld steeds hoger komen te liggen ten opzichte van GHW waardoor de vegetatie in afwezigheid van actief intern beheer het climax- of eindstadium van de successie zal bereiken. De climaxvegetatie van West-Europese kwelders bestaat over het algemeen uit een soortenarme Zeekweekvegetatie, dan wel eventueel Riet (Raabe, 1981). Een hoge sedimentbeschikbaarheid zal deze ontwikkeling versnellen en hoeft dus niet per se gunstig te zijn. Aanvoer van nieuw sediment met het getij vanuit zee is in het Black Water Estuary (Tollesbury-project) echter aan de lage kant. Door erosie van bestaande kwelders vindt er een herverdeling plaats van sediment in het estuarium en is er toch sprake van opslibbing in het uitgedijkte gebied (Garbutt *et al.*, 2006).

Getijdenwerking en ontwatering

Een bijna ongeremde getijdenwerking of uitwisseling van zeewater door de gegraven in- en uitstroomopeningen door de zomerkade lijkt eveneens een belangrijke factor die heeft bijgedragen aan een succesvol kwelderherstel. Aan de ene kant zorgt deze factor voor een gewenste hoge zoutinvloed, de aanvoer van sediment, plantenzaden en eventueel vegetatieve delen. Aan de andere kant is het belangrijk voor een ongeremde en snelle ebstream, opdat deze niet door het volgende opkomende water wordt geblokkeerd. Tevens moet de ontwatering voldoende zijn om een zekere bodemdoorluchting te verzekeren. Aangenomen wordt dat in het Tollesbury-herstelproject een gebrekkige ontwatering van negatieve invloed is op de kwelderontwikkeling (Garbutt *et al.*, 2006).

Aanvoer doelsoorten

De meeste kwelderplanten hebben geen zaad dat jarenlang kiemkrachtig blijft (Thompson *et al.*, 1997). Uit onderzoek naar de zaadvoorraad van doelsoorten in de bodem in de uitgangssituatie vóór uitdijking van de proefverkweldering werd inderdaad geconcludeerd dat deze zo gering was dat de zaadvoorraad bij de verkweldering nauwelijks van betekenis zou kunnen zijn (Bakker *et al.*, 2001). Daardoor was herstel van een kweldervegetatie afhankelijk van de aanvoer van zaden en/of vegetatieve delen van buiten het gebied, eventueel in combinatie met de lokale productie van zaad bij al vóór de verkweldering binnen het gebied aanwezige soorten. Het belang van de aanvoer van buiten het gebied via zeewater werd ondermeer geïllustreerd door het verschil in voorkomen van doelsoorten tussen de transect T2 en T3 in het laatste jaar voor de verkweldering. Dit verschil was alleen te verklaren door de aanvoer van zaden en/of vegetatieve delen via de opengezette klepduikers bij Transect T2 (§ 4.4.1) in de periode van ongeveer vier jaar voorafgaande aan de verkweldering. Nadat de doorgravingen waren gerealiseerd, is een poging ondernomen de zaadaanvoer via het gebied binnenstromende zeewater kwantitatief te beschrijven (Willemse, 2004). Er werd aangetoond dat zaden inderdaad via de krekken de proefverkweldering binnen kunnen komen.

Beweiding

De grote invloed van de beweiding bleek uit de enclosure-experimenten. Bij het uitsluiten van de beweiding ontwikkelde zich een soortenarme begroeiing van Kweek (§ 4.4.2). Deze zal naar verwachting op termijn vervangen worden door een eveneens soortenarme begroeiing van Zeekweek. Het eventueel

stopzetten van de beweiding zal resulteren in de ontwikkeling van een vrij éénvormige kwelder. Deze ontwikkeling heeft zich bijvoorbeeld voorgedaan in de Peazemerlannen dat na de dijkdoorbraak van 1973 nooit in beweiding is genomen (Tabel 5.1).

In het beweidingsbeheer van Noard-Fryslân Bûtendyks wordt veel gebruik gemaakt van zowel runderen als paarden. Sommige beheerseenheden van het gebied worden daarbij als standweide benut; andere delen als wisselweide. In het laatste geval konden eenheden door zowel paarden als runderen beweid worden. In het monitoringsonderzoek is geen aandacht besteed aan de ingezette soort, noch aan het type beheer. Bij beweiding wordt in het natuurbeheer de voorkeur gegeven aan standweides boven het gebruik van wisselweides. In natuurbeheer gerelateerd onderzoek is relatief veel kennis ontwikkeld over de effecten van schapen en runderen op kwelders; bij effecten van paarden is sprake van een kennislacune (zie § 5.4).

Leeftijd herstelproject

De mate van succes neemt bij veel kwelderherstelprojecten na een aanvankelijke toename af door het ontbreken van het noodzakelijke aanvullende beheer (Esselink *et al.*, 2003; Wolters *et al.*, 2005). Als voorbeeld hiervan kan de Peazemerlannen worden genoemd, waar 10 jaar geleden nog een zeer gevarieerde vegetatie aanwezig was met levensgemeenschappen van een lage kwelder in de kwelderkommen en Zeekweek op de oeverwallen langs de greppels (van Duin *et al.*, 1997). Anno 2007 is deze variatie door het ontbreken van beweiding echter sterk afgenomen en worden grote delen gedomineerd door Zeekweek. Bij het eventueel in beweiding nemen van het gebied had deze ontwikkeling zich niet voorgedaan.

5.2.3 Toekomstbeeld proefverkweldering

Vegetatieontwikkeling

Het beweiden van de kwelder resulteert per definitie in een halfnatuurlijke kweldervegetatie. Het eventueel stopzetten van beweiding op de vastelandkwelders resulteert in het algemeen in een ontwikkeling naar een soortenarme vegetatie. Op de lage kwelder gaat het dan om een vegetatie gedomineerd door Gewone zoutmelde, op de midden- en hoge kwelder om een vegetatie van Zeekweek, terwijl in brakke omstandigheden Riet de kwelder gaat domineren (Bakker, 1989; Bakker *et al.*, 2003b; Esselink, 2000). In de proefverkweldering leek zich eenzelfde ontwikkeling voor te doen: in de exclusures was al snel sprake van een dominantie van Kweek, die zoals in de voorgaande paragraaf reeds is genoemd, vermoedelijk binnen enkele jaren verdrongen zal worden door Zeekweek.

In andere kweldergebieden in West-Europa lijkt de bovenstaande ontwikkeling soms uit te blijven, namelijk op plekken met een zeer lage sedimentatie (Bakker *et al.*, 2003). Dergelijke plekken zijn te verwachten aan de landzijde van zeer brede kwelders (Esselink, 2000). In Noard-Fryslân Bûtendyks is deze situatie te verwachten op het breedste deel van de toekomstige kwelder na verkweldering van het gehele Noarderleech. Met het creëren van een zeer brede kwelder wordt door de veranderende hydrodynamische kenmerken de mate van natuurlijkheid van het gebied vergroot (van der Molen, 1997; Esselink *et al.*, 2003).

Zonder beweiding, vormt een door Zeekweek gedomineerde vegetatie waarschijnlijk de climaxvegetatie van de vegetatiesuccessie op de huidige kwelders. Dat wil zeggen dat de Zeekweekvegetatie het eindstadium van de vegetatieontwikkeling vormt. Toename van late ontwikkelingsstadia wordt ook wel veroudering genoemd. Veroudering van een kwelder wordt veroorzaakt door de combinatie van maaiveldverhoging (door opslibbing) en daarmee gepaard gaande vegetatiesuccessie. Voor het instandhouden van een gevarieerde kwelder vormt veroudering een probleem. Beweiding is in het gangbare natuurbeheer nagenoeg het enige beheersinstrument waarmee veroudering van de vegetatie succesvol kan worden tegen gegaan. Om veroudering door opslibbing tegen te gaan zijn ingrijpendere maatregelen nodig, zoals bijvoorbeeld afgraven/kleiputten. Vernatting van de kunstmatige kwelders door stopzetting van greppelonderhoud versterkt het effect van de beweiding. Als enkele maatregel (dus niet gecombineerd met beweiding) heeft deze vernatting nauwelijks een effect op de vegetatieontwikkeling (Esselink, 2000; Esselink *et al.*, 2001; Dijkema *et al.*, 2001).

De aanwezigheid van de probleemsoort Akkerdistel is sterk afgenomen als gevolg van de verzilting. De verwachting is dat deze soort door de toenemende zoutinvloed bijna geheel uit de proefverkweldering zal verdwijnen. Op de allerhoogste delen zal deze soort zich echter kunnen handhaven.

Ganzen en broedvogels

In de eerste jaren na een verkweldering zal de draagkracht of opvangcapaciteit voor ganzen lager zijn door het wegvallen van de geschikte vegetatie. Het korte cultuurgrasland, de voorkeur van ganzen (Riddington *et al.*, 1997; Bos *et al.*, 2004), is vervangen door een polliger gevarieerde vegetatie. In de hierop volgende jaren zal de draagkracht echter weer toenemen als resultaat van de verwachte vegetatieontwikkeling, *i.e.* een toename van de zilte vegetatie, met name van Gewoon kweldergras. In theorie heeft bemest cultuurgrasland een hogere draagkracht voor ganzen dan kweldervegetatie. In Noard-Fryslân Bûtendyks daarentegen waren de verschillen in benutting tussen kwelder en zomerpolder maar gering, op grond van de waargenomen keuteldichtheden.

Ondanks de veranderingen in vegetatie als gevolg van de proefverkweldering zijn in de broedvogelaantallen in deze studie geen duidelijke veranderingen waargenomen. Waarschijnlijk moeten veranderingen in broedvogelpopulaties op een wat groter schaalniveau (van tijd en ruimte) worden bestudeerd. Er wordt verwacht dat de broedvogelbevolking op termijn zal veranderen in een samenstelling zoals die ook op andere kwelders wordt waargenomen (Engelmoer, 2002).

5.3 Evaluatie getroffen inrichtingsmaatregelen

5.3.1 Proefverkweldering

Maatvoering doorgravingen

Van de drie doorgravingen in de zomerkade, was bij de westelijke en de oostelijke doorgraving nauwelijks sprake van enige erosie in het doorgravingsprofiel. Hieruit valt op te maken dat de maatvoering juist was, dat wil zeggen dat de doorgravingen een voldoende omvang hadden in verhouding tot de komberging van het achterliggende gebied. Bij een te kleine opening zou namelijk erosie in het stroomgat zijn opgetreden. Bij de middelste doorgraving was door andere oorzaken wel sprake van erosie (zie volgende punt).

Civiel-technische voorzieningen

a) Duikers en bruggen

De duiker in de brug over de middelste doorgraving heeft een kleine doorstroomopening. Dit resulteerde in een weerstand voor het in- en uitstromende water (en sediment) plus de aanwezigheid van een drempel (=bodem duiker) in de kreek. Een direct zichtbaar effect was de lokale erosie in het doorgravingsprofiel, veroorzaakt door zowel de vloed- als de ebstroom. Een indirect effect was dat het water er tijdens de ebstroom langer over deed om de proefverkweldering te verlaten en het dus ook langer duurde voordat de kreek droogviel. In het laatste deel van de kreek voor de brug bleef als gevolg van de drempel ook tijdens laagwater vaak water staan. Door het optreden van steeds dezelfde waterstand bij eb, was hier op meer dan gebruikelijke schaal sprake van afkalving van de oevers. Dit is onwenselijk. Een ander effect was dat door erosie (= wegspoelen van grond, puin en deklaag) extra onderhoud nodig was aan het pad over de duiker (zie Foto 5.1).

Over de westelijke doorgraving is voor wandelaars een brug aangelegd. Deze metalen brug rust op betonblokken. De betonblokken veroorzaken kolking in het water en er heeft uitschuring rond de betonblokken plaatsgevonden. Bij verhoogde waterstanden is de brug daardoor moeilijker bereikbaar geworden.

Beide besproken gevallen leiden tot de conclusie dat bij aanleg van bruggen moet worden uitgegaan van een zo min mogelijke beïnvloeding van de waterstromen. Dit kan gerealiseerd worden door toepassing van hoge en lichte brugconstructies. Als voorbeeld hiervan kunnen genoemd worden de bruggen voor vee in de beweide kwelders van de Wash en bij bruggen voor wandelaars op de

kwelders langs de noordkust van Norfolk, beide in Engeland. In beide gebieden zijn bruggen op houten pijlers geplaatst.

b) Harde versus zachte materialen

Bij duikers en bruggen is gebruik gemaakt van harde materialen (beton/steen/metaal). Bij functieverlies blijft dit materiaal achter in het landschap of zijn er hoge verwijderingskosten. Bij genoemde voorbeelden van bruggen in Engelse kwelders is gebruik gemaakt van volledig houten constructies. In Noard-Fryslân Bûtendyks liggen de gemiddelde wintertemperaturen lager dan langs de Engelse oostkust, waardoor in Noard-Fryslân Bûtendyks de kans op schade als gevolg van ijsgang aan dergelijke bruggen duidelijk hoger zal zijn. In beweidingseenheden met paarden zullen houten constructies beschermd moeten worden tegen paarden, bijvoorbeeld met elektrische draad. Voor Noard-Fryslân Bûtendyks zal tot een financieel-economische afweging gekomen moeten worden of gebruik van zacht bouw materiaal voor bruggen verantwoord is.



Foto 5.1 Erosie rond brug/duiker middelste doorgraving in maart 2005.

Graven van kreken

a) Lengte

De totale lengte van de gegraven kreken was ruim 5 km. Enkele uiteinden van kreken of korte kreekafzakkingen met een te klein achterland (bijvoorbeeld meest westelijke en oostelijke kreek) zijn snel (vrijwel) helemaal dichtgeslibd. De kreek lengte past zich dus automatisch aan de komberging van het achterland aan. Een overgedimensioneerde gegraven kreek zal deels dichtslibben en/of versmallen en een te kleine kreek zal op termijn ruimer en/of langer worden. Deze veranderingen kunnen een effect hebben op de functie van de kreken als natuurlijke veekering of grens van een beweidingseenheid.

b) Profiel

Natuurlijke krekten op hooggelegen kwelders hebben over het algemeen vrij steile oevers (Long & Mason, 1983). In binnenbochten van zandige krekten of na instorten van een ondergraven oever is er soms sprake van tijdelijke terrasvorming of een geleidelijk verlopend profiel. Hierop kan vaak pioniervegetatie worden aangetroffen. Bij de inrichting van de proefverkweldering zijn de krekten meestal aangelegd met flauwe taluds. Er is dus geen aandacht geweest voor een natuurlijk kreekprofiel.

Afhankelijk van de ligging zijn de oevers in de afgelopen jaren steiler geworden door erosie of door opslibbing nog flauwer geworden. Deze lage, aanvankelijk kale, oevers vormen nu op veel plaatsen een vestigingsplaats voor (pionier)soorten waarvan zaden of vegetatieve delen meegevoerd zijn met het getij.

c) Meandering

De gegraven krekten hebben geen natuurlijke meandering, maar vormen het resultaat van het tekentafel-ontwerp en *ad hoc* grondbehoefte bij de herinrichtingswerkzaamheden (o.a. demping dijksloot en ophoging van de zomerkade). Handhaving van ontwatering door lijnvormige greppels en hoofduitwateringen of vervanging van deze oorspronkelijke ontwatering door gegraven bochtige krekten is een arbitraire keuze, zonder dat op ecologische gronden een voorkeur voor één van beiden kan worden uitgesproken. Bij eventuele grondbehoefte tijdens inrichtingswerkzaamheden kan ook een lokale maaiveldverlaging worden toegepast naar het voorbeeld van kleiputten zoals bijv. in de Jadebusen in Duitsland (Arens *et al.*, 1999; Exo & Thyen, 2003; Metzing & Kuhbier, 2001; Thyen & Exo, 2006; zie ook § 5.2.1).

d) Ontwatering

De krekten zijn door de laagste delen van de proefverkweldering gegraven. In een natuurlijke kwelder daarentegen doorsnijden kwelderkrekten veelal de hoogste delen, de oeverwallen. Het hoogteprofiel of reliëf van de proefverkweldering is daardoor min of meer analoog aan een binnendijkse niet-getijdsituatie. De consequentie is dat de laagste delen hierdoor bovendien het eerst zullen opslibben en de hoogtevariatie daardoor in eerste instantie zal afnemen.

Het tijdelijk toestaan van een gestagneerde ontwatering, tot en met de vorming van plassen, kan op de lange duur resulteren in de autonome ontwikkeling van prieltjes en krekten en daarmee in een natuurlijker afwateringspatroon.

Zomerkades

Bij de inrichting van de proefverkweldering is er voor gekozen drie doorgravingen te maken, maar de rest van de zomerkade zoveel mogelijk intact te houden. Dit werd voornamelijk bepaald door de specifieke voorwaarden van de vergunningverlening: de uitpoldering moest omkeerbaar zijn. Een steeds terugkerend punt van discussie bij het opstellen van plannen tot ontpoldering is de vraag of een dijk of kade volledig moet worden afgegraven, dan wel geheel of gedeeltelijk kan blijven liggen. Kustverdediging, sedimentverdeling en landschappelijke aspecten zijn hierbij vaak de sturende factoren. Een tot nu toe hierbij niet genoemd aspect is dat de hoogtegradiënt van een zomerkade, door de gevarieerde abiotiek, kansen biedt voor de ontwikkeling van een soortenrijke vegetatie. Het gaat dan om vegetatie van de beweide hoge kwelder en kwelderzoom. Een voorbeeld hiervan vormen de stukjes boerenkwelder aan de zuidkant in de transecten T1 en T3 (zie § 4.4.1 en Tabel 4.5). Ook kunnen deze hogere delen door het vee als hoogwatervluchtplaats worden gebruikt tijdens onverwacht hoogwater. Daar staat een zeker risico tegenover dat de kaderesten een aantrekkingskracht zullen uitoefenen op de Vos en andere grondpredatoren om zich daar te vestigen. Ter bescherming van broedvogels kan zomervestiging van Vossen in principe worden voorkomen door het opzoeken van burchten en Vossen daar te verstoren met behulp van een zgn. grondhond (*i.e.* hondenras dat graag bereid is hollen binnen te gaan (Esselink & Berg, 2007)).

Het aanbod aan hoge kwelders is ook zonder voormalige zomerkades, momenteel al zo hoog dat Vossen 's zomers permanent buitendijks kunnen blijven en er tot voortplanting kunnen komen. Wanneer dit wordt geconstateerd, wordt aanbevolen bovengenoemde verstoringsmaatregel tegen de Vos op te nemen in het beheer.

Door vertrapping door vee zullen de hoogste delen van de zomerkades altijd een sterk ruderaal karakter houden.

5.3.2 Aangrenzende zomerpolders

Ophoging zomerkade

Het ophogen van de zomerkade betekent een verlaging van de zeeïnvloed in de aangrenzende zomerpolder. Een dergelijke “compenserende” maatregel vormt een bedreiging voor zilte natuurwaarden in de aangrenzende zomerpolders en moet dus zo mogelijk voorkomen worden. Daarnaast zorgt ophoging van zomerkades er ook voor dat zeewater langzamer kan wegstromen uit de zomerpolders indien er een gebiedsvullend tij heeft plaatsgevonden.

Omdat de aangrenzende zomerpolder in de monitoringperiode niet overstroomd is geweest, is de bodem in de zomerpolder lokaal verder ontzilt. Glycofyten, waaronder de aanwezige distelsoorten, kunnen hiervan geprofiteerd hebben. Het terugdringen van de overstromingsfrequentie van de zomerpolder kan hierdoor gepaard zijn gegaan met ongewenste bijeffecten, niet alleen wat vegetatiesamenstelling betreft, maar daardoor indirect mogelijk ook wat gebruik van het gebied door vogels betreft.

Overgangsbeheer en bemesting

Op de langere termijn betekent het stoppen van bemesting in verworven zomerpolders een verlaging van de gewasproductie en de voedselkwaliteit. Dit kan de opvangcapaciteit voor ganzen negatief beïnvloeden. De aanwijzingen uit de praktijk voor kleiige bodems duiden erop dat een dergelijk effect niet op korte termijn lijkt op te treden. Op het Noarderleech is de benutting door ganzen alleen maar toegenomen in de eerste 6 jaar na het stoppen van de bemesting (deze studie). Ook in andere polders met een kleibodem (de Bantpolder en de Hoek van de Bant) is de ganzenbenutting niet verminderd na een reductie, respectievelijk het stopzetten, van bemesting (ongepubliceerde gegevens D. Bos en K. Tiemersma).

5.4 Kennislacunes

In de afgelopen vijf jaar is een grote hoeveelheid gegevens verzameld. Er is hierdoor veel inzicht verkregen betreffende de veranderingen in abiotiek, vegetatie, ganzen en broedvogels bij de transformatie van zomerpolder naar kwelder. Er zijn echter ook enkele onderwerpen die niet in het monitoringprogramma zaten en/of waarover geen of slechts beperkte kennis bestaat, terwijl dit wel van nut kan zijn voor de huidige of toekomstige verkwelderingen:

Effect beweiding door paarden

Voor het realiseren van de beheersdoelen van het IFG in NFB, vormt beweiding met landbouwhuisdieren een belangrijk beheersinstrument. Het belangrijkste effect van de beweiding is het stopzetten of belangrijk vertragen van de successie, zodat jonge successiestadia behouden blijven en een hegemonie van een eind- of climaxstadium in de kweldersuccessie (met name van Zeekweek) wordt voorkomen. In het waddengebied zijn de afgelopen jaren verschillende beweidingsproeven uitgevoerd om effecten van dichtheden en diersoort op de kweldervegetatie te evalueren. Hierbij is vooral gebruik gemaakt van schapen en runderen; effecten van paarden op kweldervegetatie zijn niet of nauwelijks onderzocht.

Brede kwelders

De bestaande kennis is grotendeels gebaseerd op onderzoek op relatief smalle kwelders waar de hydrodynamische kenmerken anders zijn dan op brede kwelders. Een aantal kennislacunes is terug te voeren op het feit dat er in Nederland weinig brede kwelders meer zijn:

a) Waterstanden en overstromingsfrequentie

Er is weinig kennis over het effect van zeer brede kwelders op de lokale hoogwaterstand en daarmee samenhangende overstromingsfrequentie. Door de weerstand die het opkomende water ondervindt zal het lokale gemiddeld hoogwater (GHW) een afname laten zien van de kwelderrand in de richting

van de zeedijk (van der Molen, 1997). Bij een voorzichtige extrapolatie van de resultaten uit het onderzoek van van der Molen (1997) zou bij uitpoldering van het gehele Noarderleech het lokale GHW dichtbij de zeedijk enkele decimeters lager zijn dan bij de rand van de kwelder. Dit zal ook van invloed zijn op de hoogte- en vegetatieontwikkeling na uitpoldering. Het Noarderleech heeft bij de zeedijk een lage ligging. Om te voorkomen dat dit gedeelte na uitpoldering achterblijft in ontwikkeling, zal bij de herinrichting extra aandacht vereist zijn voor de maatvoering van te graven kreken.

b) Sedimenthuishouding

De invloed van de hierboven beschreven verlaging van GHW en overstromingsfrequentie op brede kwelders zal van negatieve invloed zijn op de sedimentatie. Voor andere brede kwelders is wel beschreven dat de hoogteontwikkeling van ver van het wad of zee liggende delen afhankelijk is van sedimentatie bij extra hoogwater tijdens stormen. Het is aannemelijk dat dit na uitpoldering ook voor het Noarderleech zal gelden.

c) Vegetatieontwikkeling

De betekenis van het creëren van een zeer brede kwelder door uitpoldering van het Noarderleech kan niet met zekerheid worden omschreven. De kans is groot dat een randvoorwaarde wordt geschapen waarbij beweiding niet noodzakelijk is om een ontwikkeling naar een climaxvegetatie van Zeekweek te voorkomen (zie ook § 5.2.3).

Binnendijks gebruik door ganzen

De populaties van veel ganzensoorten, waaronder de Brandgans, hebben de afgelopen decennia een enorme groei laten zien. Deze groei is aan de ene kant mogelijk veroorzaakt door een betere bescherming, aan de andere kant door een veranderd landgebruik waardoor ganzen in toenemende mate gebruik zijn gaan maken van het voedselaanbod op landbouwgronden (van Eerden *et al.*, 1996). Dit laatste verschijnsel heeft er toe bijgedragen dat de populaties van de meeste soorten een historisch hoog niveau hebben bereikt, waar geen natuurlijke referentie voor bestaat. De totale draagkracht van de huidige natuurgebieden in Nederland is dan ook niet voldoende om alle ganzen te kunnen opvangen (van Eerden *et al.* 1996).

De uitvoering van de proefverkweldering betekende slechts een tijdelijk verlies aan draagkracht voor ganzen. Niettemin namen de totale aantallen Brandgans buitendijks toe. Er was dan ook geen sprake van een directe relatie tussen de geconstateerde lichte toename van de Brandgans binnendijks en de proefverkweldering. De ganzenproblematiek binnendijks is daarmee in het kader van de bovengevoerde discussie dan ook meer als een gebiedsoverstijgend vraagstuk te beschouwen die een aparte zelfstandige benadering vereist.

5.5 Aanbevelingen

De aanbevelingen richten zich met name op de toekomstige verkwelderingen in Noard-Fryslân Bûtendyks. Hierbij wordt zoveel mogelijk uitgegaan van de doelstelling en het perspectief van It Fryske Gea, namelijk een herstel en behoud van een halfnatuurlijk kwelderlandschap.

Randvoorwaarden

- Een verkweldering moet voldoen aan de randvoorwaarden zoals behandeld in § 5.2.2.
- Met het oog op de tijdelijke ongeschiktheid van een gebied voor ganzen en eventueel broedvogels na uitpoldering, verdient het aanbeveling om de zomerpolders één voor één uit te polderen en niet meerdere polders tegelijkertijd. Wel is het van belang om de eenheden zodanig te kiezen dat ze als één hydrologische eenheid kunnen worden beschouwd. Alléén dan kunnen kreken zich direct zódanig ontwikkelen dat ze passen bij het uiteindelijke komborgingsgebied.

Overgangsbeheer te verkwelderen zomerpoldera) Klepduikers

- Het openzetten van klepduikers voor de start van een verkweldering kan bevorderen dat doelsoorten zich reeds voor de verkweldering in het om te vormen gebied kunnen vestigen.

b) Distelbestrijding

- Aanbevolen wordt om zowel in de zomerpolders als op de zomerkades de distelbestrijding te handhaven om uitbreiding van distels te voorkomen en zo de geschiktheid voor vee, ganzen en specifieke broedvogels te garanderen.

Inrichtinga) Doorgravingen

- De maatvoering moet voldoende groot zijn om een lage weerstand voor in- en uitstromend water te waarborgen en moet in verhouding staan tot de grootte van het achterland (komberging).

b) Bruggen en duikers

- De aanleg van deze constructies moet zodanig worden gerealiseerd, dat deze geen extra weerstand opleveren voor de eb- en vloedstroom in de gegraven krekken of uitwateringen.
- Gebruik van zogenaamde zachte constructiematerialen (naar analogie van bruggen in Engelse kwelders) verdient nadere studie. Voor Noard-Fryslân Bûtendyks zal tot een financieel-economische afweging gekomen moeten worden of gebruik van zacht bouw materiaal voor bruggen verantwoord is.
- Met het oog op het zoveel mogelijk verkleinen van de weerstand voor het in- en uitstromende water, zal het over het algemeen onvoldoende zijn om bij verkweldering van bestaande zomerpolders de inrichting te beperken tot de verwijdering van enkele klepduikers.

c) Maaiveldhoogte en graafwerk

- Bij optredende grondbehoefte kan beter worden overgegaan tot plaatselijke maaiveldverlaging tot beneden het niveau van GHW (aanleg van kleiputten) in plaats van het egaliseren van hoge delen (zie ook zomerkades) of het graven van kunstmatige krekken.
- Als er krekken worden gegraven moet de meandering bij aanleg al "zo natuurlijk mogelijk" zijn, omdat nauwelijks erosie zal optreden in een gerijpte bodem.
- Overdimensionering van gegraven krekken kan enkele voordelen hebben, omdat er vestigingskansen ontstaan voor pioniersoorten en het dichtslibben van een overgedimensioneerde kreek uiteindelijk een grotere mate van natuurlijkheid oplevert.

d) Zomerkades

- Bij uitpolderingen heeft het volledig afgraven van zomerkades geen ecologische meerwaarde ten opzichte van slechts een gedeeltelijke verwijdering.
- Zomerkades kunnen vanwege hun hoogtegradiënt ontwikkelingskansen bieden aan een soortenrijke vegetatie van de beweide hoge kwelder en daarom gedeeltelijk intact worden gelaten, dan wel slechts worden afgetopt.
- Ter bescherming van de broedvogelbevolking wordt aanbevolen om bij eventuele vestiging van de Vos in de zomerkades, de burchten door middel van de inzet van honden te verstoren.
- Niet aanbevolen wordt zomerkades op te hogen om bestaande zomerpolders beter tegen overstroming te beschermen.

Beheer verkwelderingena) Beweiding

- Om de ontwikkeling van hoogopgaande begroeiing te voorkomen wordt aanbevolen om tijdens de herinrichting van een zomerpolder en de periode erna, de beweiding zoveel mogelijk te continueren.

b) Drainage

- Ten einde op de lange duur de ontwikkeling van een natuurlijker afwateringspatroon mogelijk te maken wordt aanbevolen om een terughoudendheid te hanteren en niet in te grijpen bij het optreden van een gestagneerde waterafvoer en plasvorming.

Monitoring en onderzoek**a) Proefverkweldering**

- Ten einde de beschikking te houden over de referentie hoe de proefverkweldering zich ontwikkeld zou hebben bij stopzetting van de beweiding wordt aanbevolen om de exclusures voorlopig te handhaven. Dit geldt zowel ten behoeve van eventueel onderzoek als voor voorlichting en educatie in het veld.
- Omdat er geen sprake is van een min of meer stabiele situatie, wordt aanbevolen het monitoringsprogramma op hoofdlijnen voort te zetten; in eerste instantie voor een periode van zes jaar met een opname frequentie van éénmaal per twee jaar.
- De ontwikkelingen in de broedvogelbevolking dienen bij voorkeur eveneens op systematische wijze regelmatig in kaart te worden gebracht, zoals momenteel ook door de werkgroep wadvogelonderzoek van het FFF gebeurt.

b) Noard-Fryslân Bûtendyks

- Bij een eventueel nieuw op te zetten onderzoek of monitoringsprogramma verdient het aanbeveling om gerichte aandacht te besteden aan de geconstateerde kennislacunes (§ 5.4).



LITERATUUR

- Abrahamse, J. & Muntingh, H. (red.), 1975. Noord-Friesland Buitendijks. Landelijke Vereniging tot Behoud van de Waddenzee, Harlingen. 120 p.
- Aerts, B. A., Esselink, P. & Helder, G. J. F., 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. *Z.Ökol.Natursch.* 5: 65-75.
- Arens, S., Fischer, U. & Götting, E., 1999. Okologische Untersuchungen des NLO-Forschungsstelle Küste zu Deichverstärkungen im Gebiet des Ill Oldenburgischen Deichsband- Zusammenstellung von der Arbeiten von 1989 bis 1999. Dienstbericht Forschungsstelle Küste 13/1999. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie. Norderney/Wilhelmshaven. 54 p.
- Bakker, J.P., 1989. Nature management by grazing and cutting. Kluwer, Dordrecht.
- Bakker, J.P., Esselink, P., van der Wal, R. & Dijkema, K.S., 1997. Options for restoration and management of coastal salt marshes in Europe. In: K.M. Urbanska, N.R. Webb & P.J. Edwards (eds). *Restoration ecology and sustainable development.* Cambridge University Press, Cambridge: 286-322.
- Bakker, J.P., van den Brink, G., Verweij, G.L. & Esselink, P., 2001. Over de rol van zaadvoorraad en dispersie bij het verkwelleren van Noord-Friesland. *De Levende Natuur* 102: 19-23.
- Bakker, J.P., Bos, D., & de Vries, Y., 2003a. To graze or not to graze, that is the question. In: W.J. Wolff, K. Essink, A. Kellerman & M.A. van Leeuwe (eds), *Proceedings of the 10th International Scientific Wadden Sea Symposium*, pp. 67-88. Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries/ Department of marine biology, University of Groningen, Groningen. 67-88.
- Bakker, J.P., Bos, D., Stahl, J., de Vries, Y. & Jensen, A., 2003b. Biodiversität und Landnutzung in Salzwiesen. *Nova Acta Leopoldina NF* 87: 163-194.
- Bakker, J.P., Bunje, J., Dijkema, K., Frikke, J., Kers, B., Körber, P., Kohlus, J. & Stock, M., 2005. Salt Marshes. In: K. Essink, C. Dettmann, H. Farke, K. Laursen, G. Lüerßen, H. Marencic & W. Wiersinga (eds), 2005. *Wadden Sea Quality Status Report 2004, Wadden Sea Ecosystem No. 19, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany*, 163-179.
- Bal, D., Brije, H.M., Fellingner, M., Haveman, R., van Opstal, A.J.F.M. & Zadelhoff, F.J., 2001. *Handboek Natuurdoeltypen. 2^o druk.* Expertsiecentrum LNV, Min. van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen.
- Bockelmann, A.-C., Bakker, J.P., Neuhaus, R. & Lage, J., 2002. The relation between vegetation zonation, elevation and inundation frequency in a Wadden Sea salt marsh. *Aquatic Botany* 73: 211-221.
- Bos, D., 2002. *Grazing in Coastal Grasslands; Brent Geese and facilitation by herbivory.* Proefschrift Universiteit Groningen. 223 p.
- Bos, D., van de Koppel, J., & Weissing, F. J. 2004. Dark-bellied Brent geese aggregate to cope with increased levels of primary production. *Oikos* 107: 485-496.
- Bos, D., Loonen, M.J.J.E., Stock, M., Hofeditz, F. Van der Graaf, A.J. & Bakker, J.P., 2005. Utilisation of Wadden Sea salt marshes by geese in relation to livestock grazing. *Journal for Nature Conservation* 13: 1-15.
- Bryk, A.S. & Raudenbush, S.W., 1992. *Hierarchical Linear Models.* Newbury Park, California, Sage.
- de Jong, D.J., Dijkema, K.S., Bossinade, J.H. & Janssen, J.A.M., 1998. SALT97. Een classificatieprogramma voor kweldervegetaties. diskette. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.
- Dijkema, K.S., Nicolai, A., de Vlas, J., Smit, C.J., Jongerius, H. & Nauta, H., 2001. Van landaanwinning naar kwelderwerken. Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland, Leeuwarden, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Texel. 68 p.
- Dijkema, K.S., Nicolai, A., Frankes, J., Jongerius, H., Keegstra, H. & Swierstra, J., 2006. Jaarverslag 2005 Monitoring en beheer van de Kwelderwerken in Friesland en Groningen (november 2005 - juli 2006). Werkgroep Onderzoek Kwelderwerken, IMARES- Texel, RWS, Leeuwarden/Buitenpost. 37 p.
- Eertman, R.H.M., Kornman, B.A., Stikvoort, E. & Verbeek, H., 2002. Restoration of the Sieperda tidal marsh in the Scheldt estuary, The Netherlands. *Restoration Ecology* 10: 438-449.
- Ellenberg, H., 1991. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.* Goltze, Göttingen.
- Engelmoer, M., 2002. Broedvogels van het Noorderleech als onderdeel van de Friese waddenkust. A&W-rapport 335/FFF-rapport 71. Altenburg & Wymenga, Veenwouden/ Wadvogelwerkgroep Fryske Feriening foar Fjildbiology, Ferwerd. 56 p.+ bijlagen
- Engelmoer, M. & van Dijk, K., 1994. The conflict between population management of Brent Geese and new aims in nature conservation. In: J. van Nugteren (red.). *Brent Geese in the Wadden Sea.* Waddenvereniging, Harlingen. p. 142-144.
- Engelmoer, M. & Wymenga, E., 2000. Ganzen op Noard-Fryslân Bûtendyks 1996-1999. A&W-rapport 249/ FFF-rapport 61. Altenburg & Wymenga, Veenwouden/Wadvogelwerkgroep FFF, Ferwerd.
- Engelmoer, M., Alma, R., van den Dool, G., Ineke, M.-J., Vroom, A. & Wymenga, E., 1998. Pleisterende ganzen en zwanen langs de Friese Waddenkust - seizoen 1997/98. Voortgangsrapport II. A&W rapport 192, Veenwouden/Wadvogelwerkgroep-FFF rapport 15, Ferwerd. 55 p. + bijlagen
- Engelmoer, M., Feddema, J., Hiemstra, H. & Kuipers, R., 2001. Broedvogels Noord-Friesland buitendijks. FFF-rapport 64, Wadvogelwerkgroep-FFF, Ferwerd. 25 p.

- Erchinger, H.F., 1985. Dünen, Watt und Salzwiesen. Das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hannover, 1-59.
- Essink, K., Dettmann, C., Farke, H., Laursen, K., Lüerßen, G., Marencic, H. & Wiersinga, W. (eds), 2005. Wadden Sea Quality Status Report 2004. Wadden Sea Ecosystem No. 19., Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany. 359 p.
- Esselink, P., 2000. Nature management of Coastal Salt Marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.
- Esselink, P. & Berg, G.J., 2007. Beheerplan Polder Breebaart. Rapport 2005-100, Koeman en Bijkerk, Haren (*in druk*).
- Esselink, P., Dijkema, K.S. & Fresco, L.F.M., 2002. Vegetation change in a man-made salt marsh affected by a reduction in both grazing and drainage. *Applied Vegetation Science* 4: 17-32
- Esselink, P., de Leeuw, C., Graveland, J. & Berg, G., 2003. Ecologische herstelmaatregelen in zoute wateren. Een ecologische evaluatie over de periode 1990-2000. RIKZ-rapport 2003-028, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg. 109 p.
- Exo, K.-M. & Thyen, S., 2003. Ökologische Entwicklung einer wiederverlandenden Außendeichskleipütte im westlichen Jadebusen. *Vogelkd. Ber. Niedersachs.* 35: 143-150.
- Feddema, J., 2002. Broedvogels Noord-Friesland Buitendijks 2002. FFF-rapport 73, Wadvogelwerkgroep Fryske Feriening foar Fjildbiology, Ferwerd.
- Feddema, J., 2003. Broedvogels Noord-Friesland Buitendijks 2003. FFF-rapport 77, Wadvogelwerkgroep Fryske Feriening foar Fjildbiology, Ferwerd.
- Feddema, J., 2004. Broedvogels Noord-Friesland Buitendijks 2004. FFF-rapport 82, Wadvogelwerkgroep Fryske Feriening foar Fjildbiology, Ferwerd.
- Feddema, J., 2005. Broedvogels Noord-Friesland Buitendijks 2005. FFF-rapport 84, Wadvogelwerkgroep Fryske Feriening foar Fjildbiology, Ferwerd.
- Garbutt, A., Reading, C.J., Wolters, M., Gray, A.J. & Rothery, P., 2006. Monitoring the development of intertidal habitats on former agricultural land after the managed realignment of coastal defences at Tollesbury, Essex, UK. *Marine Pollution Bulletin* 53: 155-164.
- Geertsema, J.R., 2000. Herstel kweldervegetatie en de rol die hydrochorie en endozoöchorie hierbij spelen. Studenterverslag Rijksuniversiteit Groningen.
- Hassall, M., Riddington, R., & Helden, A., 2001. Foraging behaviour of brent geese, *Branta b. bernicla*, on grasslands: effects of sward length and nitrogen content. *Oecologia* 127: 97-104.
- Hennekes, S.M., 1995. TURBO(VEG). Programmatuur voor invoer, verwerking en presentatie van vegetatiekundige gegevens. Gebruikershandleiding. IBN-DLO/Giesen en Geurts. Wageningen.
- Hill, M.O., Preston, C.D. & Roy, D.B., 2004. PLANTATT - attributes of British and Irish Plants: status, size, life history, geography and habitats. Centre for Ecology and Hydrology, Huntingdon.
- Hofstee, J., 1983. Methods of analysis. Part I: Soil. Rapport Ministerie van Verkeer en Waterstaat - Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Hosper, U.G. & de Vlas, J. (red.), 1994. Noord-Friesland Buitendijks. Beschrijving en toekomstvisie. Rapport Werkgroep Noord-Friesland Buitendijks. It Fryske Gea, Olterterp. 80 p.
- Jager, H.J. & Rintjema, S., 2003. Beheerplan Noard-Fryslân Bûtendyks. Werkdocument 2003-2028. It Fryske Gea, Olterterp. 66 p. + bijlagen
- Kinder, M., Främbs, H., Hielen, B. & Mossakowski, D., 2003. Regeneration von Salzwiesen in einem Sommergroden an der Nordseeküste: E + E-Vorhaben "Salzwiesenproject Wurster Küste". *Natur und Landschaft* 78: 343-353.
- Kolen, M., 1999. Zaaddispersie van kwelderplanten. Koeman en Bijkerk rapport 99-23. Koeman en Bijkerk ecologisch onderzoek en advies, Haren. 37 p.
- Londo, G., 1976. The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio* 33: 61-64.
- Londo, G., 1997. *Natuurontwikkeling*. Backhuys Publishers, Leiden.
- Metzing, D. & Kuhbier, H., 2001. Excursion Biodiversität und Landnutzung im Naturraum Wilhelmshaven. Biodiversität und Landschaftsnutzung in Mitteleuropa, Leopoldina-Symposium, Bremen, 1-12.
- Oranjewoud, 1999. Inrichtingsplan Noard Fryslân Bûtendyks. 26 p. + bijlagen.
- Pinheiro, J.C. & Bates, D.M., 2000. *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS*. NewYork: Springer-Verlag.
- Prop, J. & Black, J. M., 1997. Food intake, body reserves and reproductive success of barnacle geese *Branta leucopsis* staging in different habitats. In: F. Mehlum, J.M. Black & J. Madsen (eds), *Proceedings of the Svalbard Goose Symposium*, 175-193. Norsk-Polarinstitutt, Oslo.
- Raabe, E.-W., 1981. Über das Vorland der östlichen Nordsee-Küste. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg*. 31: 1-118
- Riddington, R., Hassall, M., & Lane, S. J. 1997. The selection of grass swards by brent geese *Branta bernicla*: Interactions between food quality and quantity. *Biological Conservation* 81: 153-160.
- Schaminée, J.H.J., Stortelder, A.H.F. & Weeda, E.J., 1996. De vegetatie van Nederland. 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Opulus Press, Uppsala. 356 p.
- Schaminée, J.H.J., Weeda, E.J. & Westhoff, V., 1998. Vegetatie van Nederland 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press, Uppsala. 346 p.
- Scherfose, V., 1987. Salz-Zeigerwerte von Gefässpflanzen der Salzmarschen, Tideröhrichte und Salzwassertümpel an der deutschen Nord- und Ostseeküste. *Jahresberichte Forschungsstelle Küste* 39: 31-82.

- Stock, M. & Hofeditz, F., 2000. Der Einfluss des Salzwiesen-Managements auf die Nutzung des Habitates durch Nonnen- und Ringelgänse. In: M. Stock & K. Kiehl (eds), Die Salzwiesen der Hamburger Hallig, 43-55. Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, Tönning.
- Thompson, K., Bakker, J.P. & Bekker, R.M., 1997. Soil seed banks of NW Europe: methodology, density and longevity. Cambridge University Press, Cambridge.
- Thyen, S. & Exo, K.-M., 2006. Teilprojekt 3: Ökofaunistik I - Brut- und Rastvögel. In: B.W.Flemming (ed.), Untersuchung der ökologischen Entwicklung einer Außendeichskleipütte als Ergänzung der quantitativen Beweissicherung des Wiederverlandungsprozesses. Abschlussbericht. Senckenberg am Meer, Bericht 06-1: 27-38.
- TMAP Data Unit, <http://www.waddensea-secretariat.org>
- van der Graaf, A. J., Bos, D., Loonen, M. J. J. E., Engelmoer, M., & Drent, R. H., 2002. Short-term and long-term facilitation of goose grazing by livestock in the Dutch Wadden Sea area. *J. Coastal Conservation* 8: 179-188.
- van der Meijden, R. (red.), Weeda E.J., Holverda, W.J. & Hovenkamp, P.H., 1990. Heukels' Flora van Nederland (21^e druk). Wolters-Noordhoff, Groningen. 662 p.
- van der Meijden, R. (red.), Weeda E.J., Holverda, W.J. & Hovenkamp, P.H., 2005. Heukels' Flora van Nederland (23^e druk). Wolters-Noordhoff, Groningen. 685 p.
- van der Molen, J., 1997. Tidal distortion and spatial differences in surface flooding characteristics in a salt marsh: implications for sea-level reconstruction. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 45: 221-233.
- van der Wal, R., van Lieshout, S., Bos, D., & Drent, R. H. 2000. Are spring staging brent geese evicted by vegetation succession? *Ecography* 23: 60-69.
- van Dijk, A.J., Dijksen, L., Hustings, F., Koffijberg, K., Schoppers, J., Teunissen, W., van Turnhout, C., van der Weide, M.J.T., Zoetebier, D. & Plate, C., 2005. Broedvogels in Nederland in 2003. SOVON-monitoringsrapport. SOVON Vogelonderzoek Nederland. Beek-Ubbergen
- van Duin, W.E., Dijkema, K.S. & Zegers, J., 1997. Veranderingen in bodemhoogte (opslibbing, erosie en inklink in de Paezemerlanden. IBN rapport 326. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen. 104 p.
- van Duin, W., Esselink, P., Verweij, G. & Zegers, K., 2002. Monitoringonderzoek proefverkweldering Noard-Fryslân Bûtendyks. Uitgangssituatie. Alterra-Textel Intern rapport/Koeman en Bijkerk rapport 2002-17. 35 p. + bijlagen
- van Duin, W., Esselink, P., Verweij, G. & Engelmoer, M., 2003. Monitoringonderzoek proefverkweldering Noard-Fryslân Bûtendyks. Tussenrapportage 2001-2002. Alterra-Textel Intern rapport/Koeman en Bijkerk rapport 2003-12/A&W-notitie 290nfb-170303-me. 48 p. + bijlagen
- van Duin, W., Esselink, P., Bos, D., Verweij, G. & van Leeuwen, P.-W., 2004. Monitoringonderzoek proefverkweldering Noard-Fryslân Bûtendyks. Tussenrapportage 2001-2003. Alterra-Textel Intern rapport/Koeman en Bijkerk rapport 2004-02/A&W-rapport 467. 54 p. + bijlagen
- van Eerden, M. R., Zijlstra, M., van Roomen, M., & Timmerman, A., 1996. The response of Anatidae to changes in agricultural practice: Long-term shifts in the carrying capacity of wintering waterfowl. *Gibier Faune Sauvage* 13: 681-707.
- van Oevelen, D., van den Bergh, E., Ysebaert, T. & Meire, P., 2000. Literatuuronderzoek naar ontpolderingen. Rapport IN.R. 2000.7. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel. 55 p.
- van Roomen, M., van Winden, E., Hustings, F., Koffijberg, K., Kleefstra, R., SOVON Ganzen- en zwanenwerkgroep & Soldaat, L., 2005. Watervogels in Nederland in 2003/2004. SOVON-monitoringsrapport 2005/03, RIZA-rapport BM05.15, SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- van Vliet, E., 2002. Distels in Noard-Fryslân Bûtendyks. Rapport It Fryske Gea, Olterterp. 31 p. + bijlagen
- van Wingerden, W.K.R.E., Bink, F.A., Jonkers, D.A., Niewold, F.J.J. & Wijnhoven, A.L.J., 1997. Gedomesticceerde grote grazers in natuurterreinen en bossen: een bureaustudie. IBN-rapport 258. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen. 128 p.
- Voslamber, B., van Winden, E., & Koffijberg, K., 2004. Atlas van ganzen, zwanen en Smienten in Nederland. SOVON-onderzoeksrapport 2004/08, SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- Weeda, E.J., Westra, R., Westra, C. & Westra, T., 1994. Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties 5. IVN, Amsterdam.
- Westhoff, V., 1949. Schaakspel met de natuur. *Natuur en Landschap* 3: 54-62.
- Willemse, L.M., 2004. Diaspore dispersal in tidal water. Studentenverslag COCON, Rijksuniversiteit Groningen. 25 p. + bijlagen
- Wolters, M., Garbutt, A. & Bakker, J.P., 2005. Salt-marsh restoration: evaluating the success of de-embankments in north-west Europe. *Biological Conservation* 123: 249-268.

ANNEX

Box 4.1 Statistische analyse verzilting bodem proefverkweldering

In de uitgevoerde statistische analyse van de verziltingsvariabelen van de proefverkweldering is alleen gebruik gemaakt van de geïndexeerde variabelen. De analyse moet gezien worden als een hulpmiddel in de interpretatie en kan worden gebruikt om een rangorde aan te brengen in het relatieve belang van verschillende factoren op de onderzochte variabelen. Doordat voor lage en hoge punten aparte indices zijn berekend, zijn de geïndexeerde variabelen eveneens, tenminste gedeeltelijk, gecorrigeerd voor een hoogte-effect. Niettemin, is de factor hoogte, naast de factoren beweiding, doorgraving en kreek in de HLM-analyse opgenomen. De onafhankelijke variabelen hebben een binaire verdeling, dat wil zeggen hebben de waarde 0 of 1. Daarnaast is jaar als co-variabele in de analyse meegenomen, waarbij de uitgangssituatie buiten beschouwing is gelaten. Dit betekent dat een eventueel significant jaareffect betrekking heeft op een trendmatige verandering na de sprongsgewijze verandering in het eerste jaar na uitpoldering. Omdat de methode vrij bewerkelijk is, is de analyse eerst uitgevoerd met de belangrijkste variabele, namelijk de geïndexeerde chlorideconcentratie van het bodemvocht (verder afgekort tot $Cl_{bv_{index}}$; Fig. 4.4C, 4.5F). De resultaten van deze analyses zijn leidend geweest in de analyse van de twee andere variabelen. Zo liet $Cl_{bv_{index}}$ bijvoorbeeld geen verschillen zien tussen de secties West, Midden en Oost van de proefverkweldering en is een eventueel effect van deelgebieden op de andere twee variabelen niet onderzocht (Tabel 4.1.1).

De resultaten van de analyse geven aan dat het $Cl_{bv_{index}}$ een toename liet zien gedurende de eerste vier jaar na uitpoldering (Fig. 4.4C). Een mogelijk effect van beweiding is met name te verwachten bij een korte vegetatie met een lage bedekking, dus met name in de voorjaarsituatie (Esselink *et al.*, 2002). Dat beweiding in augustus desondanks op het 5 procentniveau bijna significant was (Tabel 4.1.1A), geeft aan in het voorjaar wel degelijk een beweidingseffect op het $Cl_{bv_{index}}$ is te verwachten. De overige factoren zijn niet invloed geweest op het $Cl_{bv_{index}}$. Ook het jaareffect op het $Cl_{drg_{index}}$ duidt op een voortgaande verzilting na de sprongsgewijze verandering in het eerste jaar.

Ook bij het geïndexeerde bodemvochtgehalte is sprake van een significant jaareffect (Tabel 4.1.1C). In de proefverkweldering liet de toplaag van de bodem dus een geleidelijke verzilting en vernatting zien gedurende de eerste vier jaar na uitpoldering. Beweiding (lagere bedekking en daardoor hogere evapotranspiratie) en kreek (ontwatering) hadden een negatief effect op het bodemvochtgehalte.

Tabel 4.1.1 Samenvatting van de HLM-analyse van de verziltingsvariabelen. De tabel geeft een overzicht van de in de analyse onderzochte factoren. De *random factors* laten zien op welk niveau de meeste variatie blijft. *P*-waarden zijn berekend op basis van het verschil in deviatie tussen modellen met en zonder een bepaalde parameter. Deze deviatie is chi-kwadraat verdeeld en heeft hier steeds één vrijheidsgraad. Onderzochte factoren zonder significante effect staan apart vermeld. Het uiteindelijke resultaat van de analyse is te lezen als een meervoudig regressiemodel:

$$Y = \text{const} + a * X_1 + b * X_2 + \dots$$

waarbij *Y* de onderzochte afhankelijke variabele is,

$X_{1,2}$ onafhankelijke variabelen met een significante invloed en

a, b de richtingscoëfficiënten

Overige afkortingen: *P* = significantie.

(A) Chlorideconcentratie bodemvocht ($Cl_{bv_{index}}$)

	Parameter	Standaardfout	<i>P</i>
Model-fixed factors			
Constante		37.776	5.556
Jaar (1 - 4)	<i>a</i>	5.163	1.059
Beweiding	<i>b</i>	4.626	2.379
Model-random factors			
level (locatie)		258.019	112.146
level (PQ)		0	0
level (jaar)		402.606	34.251
Variabelen niet in model			
Hoogte			0.974
Doorgraving			0.269
Kreek			0.148
West			0.581
Midden			0.520
Oost			0.221

(B) Chloridegehalte droge grond (Cl_drg_{index})				
	Parameter	Standaardfout	<i>P</i>	
Model-fixed factors				
Constante		32.445	6.063	
Jaar (1 - 4)	<i>a</i>	5.469	1.041	< 0.0001
Model-random factors				
level (locatie)		339.89	146.907	
level (PQ)		21.479	23.684	
level (jaar)		390.43	37.569	
Variabelen niet in model				
Hoogte				0.974
Doorgraving				0.328
Kreek				0.291
Beweiding				0.912

(C) Bodemvocht (Bodemvocht_{index})				
	Parameter	Standaardfout	<i>P</i>	
Model-fixed factors				
Constante		32.445	4.539	
Jaar (1 - 4)	<i>a</i>	5.469	0.770	0.001
Beweiding	<i>b</i>	-6.132	2.000	0.003
Kreek	<i>c</i>	-16.073	6.582	0.028
Model-random factors				
level (locatie)		117.871	53.11	
level (PQ)		19.464	14.211	
level (jaar)		212.636	20.461	
Variabelen niet in model				
Hoogte				0.792
Doorgraving				0.737

Box 4.2 Statistische analyse sedimentatie gemeten met de SEB

Voor de statistische analyse is gebruik gemaakt van Linear Mixed Effects Models (Pinheiro & Bates, 2000). Deze modellen worden o.a. gebruikt voor het modelleren van afhankelijkheid (correlatie) tussen waarnemingen. Aangezien de verschillende lokaties herhaaldelijk gemeten zijn, kunnen we hier spreken van een 'repeated measurements' model waarbij er correlatie bestaat tussen de verschillende metingen (d.w.z. tussen de metingen die op eenzelfde lokatie zijn uitgevoerd). Daarnaast is het ook mogelijk om met deze vorm van statistische modellen afwijkende variantiestructuren toe te passen. Soms hebben verschillende groepen duidelijk andere variatie tussen de waarnemingen binnen een groep als tussen andere groepen. Bij een gewone 'analysis of variance' betekent dat dat de p-waarden niet meer te vertrouwen zijn omdat de belangrijkste voorwaarde voor deze analyse, namelijk 'homogeneity of variances' niet gewaarborgd is. Linear Mixed Effects models (lme) bieden de mogelijkheid om de analyses uit te voeren met verschillende variantiestructuren. Deze mogelijkheid is eveneens onderzocht met de betreffende gegevens.

De metingen zijn uitgevoerd in 3 gebieden (A) en in elk gebied zijn afstand tot de kreek (K) en afstand tot de doorgraving (D) factoren die onderzocht zijn. Beide bestaan uit 2 niveau's: dichtbij en ver, waardoor er 4 verschillende combinaties mogelijk zijn. Verder is voor elke groep gekeken naar het effect van beweiding (B, met en zonder). Voor elke combinatie van factoren zijn 3 replicaten gebruikt en voor elk replicaat is gedurende 4 jaar (alleen de volledige meetjaren 2002-2005 zijn gebruikt) (Y) drie maal de maaiveldhoogte (MVH) gemeten, namelijk in maart, augustus en december. Omdat er een duidelijk variatie in de gegevens zit als gevolg van het tijdstip (maand) van meten is dit eveneens in het model meegenomen als een factor (M).

Het gebruikte model is:

$$MVH = A[1,2,3] * Y[1,2,3,4] * K[0,1] * D[0,1] * B[0,1] * M[3,8,12] + e_{aykdbm}$$

Met tussen haken de verschillende niveau's/waarden van elke factor. Omdat het slechts over 3 gebieden gaat waarvan bekend is dat ze verschillen op een niet-random manier is het onlogisch om de factor gebied als random factor mee te nemen.

De analyses zijn uitgevoerd met het statistisch pakket R (<http://cran.r-project.org>), met name de module 'nlme', gebruik makend van 'Generalized Least Squares'. Verschillende correlatiestructuren en variantiefuncties zijn getest door middel van 'Restricted Maximum Likelihood' of 'Maximum Likelihood'. Het beste model maakte gebruik van een correlatiestructuur die verschilde per stratum (d.w.z. elke unieke combinatie van A, K, D, B en M) en een variantiefunctie variërend tussen Gebied, Kreek, Beweiding en Doorgraving). De interactie tussen Jaar, Gebied, Beweiding, Maand, Kreek en Doorgraving is significant ($p < 0.001$) wat betekent dat de opslibbing afhangt van de combinatie van de andere factoren. Een overzicht van de significante factoren en het totale model wordt hieronder gegeven als mede enkele diagnostische plots van het gefitte model. Het lezen van de output vergt enige uitleg. Uit tabel 1 volgt dat het model begint met een interactieterm en een regressiecoëfficiënt voor Jaar. Omdat Gebied ("Area") een nominale variabele is, wordt de regressie uitgedrukt ten opzichte van gebied 1 (west). Betreft het gebied 2 (midden), dan wordt 73,2 van de intercept afgetrokken; betreft het gebied 3 (oost) dan wordt 131,9 van de intercept afgetrokken. Zit Jaar ("year") in de factor, dan wordt de betreffende term bij de regressiecoëfficiënt geteld.

De resultaten van de analyse laten zien dat beweiding een statistisch significant ($p < 0.0001$) negatief effect op de hoogte-ontwikkeling had en de nabijheid van een kreek een positief effect ($p < 0.0001$). De nabijheid van een doorgraving in de zomerkade liet geen effect op de hoogte-ontwikkeling zien. Zoals te verwachten waren er ook significante verschillen tussen jaren ($p < 0.0001$) en maanden ($p < 0.0001$) en er waren zeer veel significante interacties tussen factoren. Het zou echter te ver voeren om deze hier allemaal te behandelen.

Tabel 4.2.1 Significante factoren (combinaties). Uit de significantie van de modelschatters blijkt dat zowel Jaar/Year, Gebied/Area, Beweiding/Grazing, Doorgraving/Breach en Kreek belangrijk zijn. Tevens zijn er een groot aantal interacties tussen de verschillende factoren significant. De combinatie met Year geeft aan dat de regressielijnen ook verschillen tussen deze verschillende factoren.

Factor	Value	Std.Error	t-value	P-value
(Intercept)	1645.8	9.2	178.8	0.0000
year	28.9	1.0	29.0	0.0000
as.factor(Area)2	-73.2	14.0	-5.2	0.0000
as.factor(Area)3	-131.9	16.5	-8.0	0.0000
as.factor(Grazing)1	32.3	13.7	2.4	0.0189
as.factor(Breach)1	-35.9	14.8	-2.4	0.0154
as.factor(Kreek)1	79.5	22.1	3.6	0.0003
year:as.factor(Area)3	13.4	1.8	7.5	0.0000
year:as.factor(Grazing)1	-9.0	1.5	-6.1	0.0000
year:as.factor(month)12	-10.5	1.4	-7.4	0.0000
as.factor(Area)2:as.factor(Breach)1	-90.5	19.7	-4.6	0.0000
year:as.factor(Kreek)1	-10.0	2.4	-4.2	0.0000
as.factor(Area)2:as.factor(Kreek)1	-66.9	27.3	-2.4	0.0147
as.factor(Area)3:as.factor(Kreek)1	-135.1	28.7	-4.7	0.0000
as.factor(Grazing)1:as.factor(Kreek)1	89.1	26.0	3.4	0.0006
year:as.factor(Area)2:as.factor(Grazing)1	-11.5	2.6	-4.5	0.0000
year:as.factor(Area)3:as.factor(Grazing)1	-6.2	2.8	-2.2	0.0289
year:as.factor(Area)3:as.factor(month)12	-5.4	2.5	-2.1	0.0330
year:as.factor(Area)2:as.factor(Breach)1	-9.5	2.1	-4.5	0.0000
year:as.factor(Grazing)1:as.factor(Breach)1	-11.5	2.3	-4.9	0.0000
as.factor(Area)2:as.factor(Grazing)1:as.factor(Kreek)1	-97.4	35.5	-2.7	0.0063
year:as.factor(Breach)1:as.factor(Kreek)1	-7.2	3.0	-2.4	0.0170
as.factor(Grazing)1:as.factor(Breach)1:as.factor(Kreek)1	-92.4	33.8	-2.7	0.0064
year:as.factor(Area)2:as.factor(Grazing)1:as.factor(month)8	7.2	3.6	2.0	0.0489
year:as.factor(Area)2:as.factor(Grazing)1:as.factor(month)12	9.1	3.6	2.5	0.0121
year:as.factor(Area)3:as.factor(Grazing)1:as.factor(month)12	10.0	4.0	2.5	0.0133
year:as.factor(Area)2:as.factor(Grazing)1:as.factor(Breach)1	22.3	3.4	6.6	0.0000
year:as.factor(Area)3:as.factor(Grazing)1:as.factor(Breach)1	24.2	4.6	5.3	0.0000
year:as.factor(Grazing)1:as.factor(month)8:as.factor(Breach)1	6.8	3.3	2.1	0.0385
year:as.factor(Area)2:as.factor(Grazing)1:as.factor(Kreek)1	8.7	3.9	2.3	0.0238
year:as.factor(Area)3:as.factor(Grazing)1:as.factor(Kreek)1	12.9	4.1	3.2	0.0016
year:as.factor(Area)2:as.factor(Breach)1:as.factor(Kreek)1	27.5	3.8	7.2	0.0000
year:as.factor(Grazing)1:as.factor(Breach)1:as.factor(Kreek)1	13.4	3.7	3.7	0.0003
year:as.factor(Area)2:as.factor(Grazing)1:as.factor(month)8:as.factor(Breach)1	-13.1	4.8	-2.8	0.0060
year:as.factor(Area)2:as.factor(Grazing)1:as.factor(month)12:as.factor(Breach)1	-12.7	4.8	-2.7	0.0076
year:as.factor(Area)3:as.factor(Grazing)1:as.factor(month)12:as.factor(Breach)1	-15.6	6.5	-2.4	0.0157
year:as.factor(Area)3:as.factor(Grazing)1:as.factor(month)12:as.factor(Kreek)1	-18.6	5.8	-3.2	0.0013
year:as.factor(Area)2:as.factor(Grazing)1:as.factor(Breach)1:as.factor(Kreek)1	-27.6	5.0	-5.5	0.0000
year:as.factor(Area)3:as.factor(Grazing)1:as.factor(Breach)1:as.factor(Kreek)1	-42.1	5.9	-7.1	0.0000
year:as.factor(Area)2:as.factor(Grazing)1:as.factor(month)8:as.factor(Breach)1:as.factor(Kreek)1	15.6	7.1	2.2	0.0279
year:as.factor(Area)3:as.factor(Grazing)1:as.factor(month)12:as.factor(Breach)1:as.factor(Kreek)1	26.9	8.3	3.2	0.0013

Box 4.3 Statistische analyse sedimentatie opslibbingsplaten

Met behulp van de HLM-analysetechniek is het relatieve belang van verschillende factoren voor de hoogte-ontwikkeling (of netto sedimentatie) onderzocht. Voor een toelichting op de techniek wordt verwezen naar Box 4.1. De jaarlijkse verandering van de diepte van de platen van augustus in het ene jaar tot augustus in het daarop volgende jaar is in de analyse als afhankelijke variabele gebruikt (vgl. Fig. 4.15). Dit betekent dat de zomerperiode april – augustus van het eerste jaar na uitpoldering niet gebruikt is in de analyse (vgl. Fig. 4.14). De onafhankelijke variabele hoogte is op dezelfde wijze gehercodeerd als in de uitwerking van de verzilting: locaties 1 t/m 6 met een initiële maaiveldhoogte van meer dan 1.5 m +NAP zijn geclassificeerd als “hoog”; locaties 7 en 8 als “laag”. De beschikbare gegevens beslaan een periode van drie jaar, namelijk van augustus in het eerste jaar - t/m augustus in het vierde jaar na uitpoldering. Naast de factoren, (nabijheid van) doorgraving (nabijheid van) kreek, beweiding en hoogte, is ook het effect van de afzonderlijke jaren onderzocht door de variabelen *Jaar2* t/m *Jaar4* in de analyse op te nemen (Tabel 4.3.1).

De resultaten van de analyse laten zien dat beweiding een statistisch significant sterk negatief effect op de hoogte-ontwikkeling had, krekken een positief effect en in het derde jaar na uitpoldering de hoogte-ontwikkeling significant hoger was in vergelijking met de hoogte-ontwikkeling in het tweede en derde jaar na uitpoldering. Hoogte maaiveld en nabijheid van doorgravingen in de zomerkade lieten geen effect op de hoogte-ontwikkeling zien.

Tabel 4.3.1 Samenvatting van de HLM-analyse van de jaarlijkse diepteverandering van de opslibbingsplaten van augustus 2002 (jaar 1) t/m augustus 2005 (jaar 4). De tabel geeft een overzicht van de in de analyse onderzochte factoren. Voor een verdere toelichting wordt verwezen naar Tabel 4.1.1. Tabel is gebaseerd op zelfde gegevens als Fig. 4.15.

	Parameter	Standaardfout	<i>P</i>
Model-fixed factors			
Constante	10.77	2.129	
Beweiding	<i>a</i> -11.974	1.105	0.000
Kreek	<i>b</i> 10.450	2.823	0.005
Jaar3	<i>c</i> 20.278	1.116	0.000
Model-random factors			
level (locatie)	13.550	7.976	
level (plaat)	0.000	0	
level (jaar)	50.270	5.62	
Variabelen niet in model			
Hoogte			0.624
Doorgraving			0.679
Jaar2			0.106
Jaar4			0.106

Box 5.1 Evaluatie onderzoeksmethoden

De evaluatie van de gebruikte onderzoeksmethoden is vooral toegespitst op de vraag in welk opzicht de gebruikte methoden aangepast zouden moeten worden om nog betere invulling te geven aan de doel- of vraagstelling.

Grondwaterstand

Opnamefrequentie van 1x per maand is in principe voldoende om een goed beeld te krijgen.

EGV-metingen

De ondiepe metingen hebben achteraf weinig rendement opgeleverd, omdat elk jaar het grondwater gedurende lange periodes zo laag was, dat er geen water in de buizen stond.

Waterpeil en overstromingsfrequentie

Er is gebruik gemaakt van de door Rijkswaterstaat gemeten waterhoogtes van peilschaal Nes (Ameland). De hieruit afgeleide inundatiefrequenties voor NFB kunnen afwijken van werkelijke frequenties door bijvoorbeeld opwaaiing, vertraging van de waterstroom door de afstand tot het wad of vertraging door de doorgravingen. In zeer brede kwelders neemt het niveau van het lokaal hoogwater in landwaartse richting af (Esselink, 2000; Bockelmann *et al.*, 2002). Voor het voorspellen van ontwikkelingen en/of evaluatie daarvan kan het daarom van belang zijn om over waterpeilgegevens in het gebied zelf te beschikken.

Bodemmonsters

In het oorspronkelijk programma was voorzien in een late voorjaarsbemonstering (rond 1 juni) en een nazomerbemonstering. Om praktische redenen is op een gegeven moment echter gekozen voor alleen de nazomerbemonstering. Achteraf gezien was keuze voor voorjaarsbemonstering beter geweest (Esselink, 2000, p. 138).

SEB-metingen

a) *Aantal metingen*: de seizoensdynamiek wordt voldoende vastgelegd met de maart- en augustus-metingen. De december-metingen leveren weinig aanvullende informatie. Interactie tussen seizoensdynamiek en invloed van beweiding was goed te analyseren.

b) *Waterpassing SEB-palen*: De hoogte van de SEB-palen is vrijwel overal constant gebleven over een periode van zes jaar onderzoek. Alleen in de zomerpolder kon de bodem in een warme zomer zo erg uitdrogen dat de palen bijna los kwamen te staan. Over het geheel genomen stonden de SEB-palen dus voldoende diep waardoor controles de op hoogte van de SEB-palen waarschijnlijk minder frequent zou kunnen. Een lokale controle in geval van een sterk afwijkende SEB-meting zou ook een optie kunnen zijn.

Opslibbingsplaten

Zie punt a) bij de SEB-metingen (vgl. ook Fig. 4.16). De methode was vrij arbeidsintensief.

Waterpassing

Om de hoogteligging van de drie vegetatietransecten te bepalen zijn waterpassingen uitgevoerd. Dit gaf een goed ruimtelijk beeld. Bij vragen over de netto meerjarige ontwikkeling van de maaiveldhoogte is waterpassing misschien te overwegen als alternatief voor SEB-metingen en opslibbingsplaten, zowel voor beweidde - als onbeweidde situaties. Hierbij kan gedacht worden aan een jaarlijkse intensieve meting op een klein oppervlak of een ruimtelijker meting over een groter oppervlak of transect om de 4 à 5 jaar (zoals ook wordt uitgevoerd door RWS in de meetvakken van de kwelderwerken).

Soortelijk volume en sedimenthuishouding

De resultaten lijken redelijk doordat de orde van grootte van opslibbing (ca. 1 cm/jr) overeenkwam met de resultaten van de andere gebruikte methoden. Omdat het volume van het wortelstelsel niet was opgenomen in de onderzoeksopzet, was de methode bij nader inzien te beperkt voor de vraagstelling. Het wortelstelsel kan namelijk een belangrijk deel van het bodemvolume van de bovenste bodemlaag innemen.

Kreekprofielen

De seizoensdynamiek is door meer metingen per jaar goed te volgen en het geeft een inzichtelijk beeld. Voor een beeld van alleen de meerjarige trend is één meting per punt per jaar echter voldoende. De metingen waren niet over de gehele kreek lengte verdeeld, maar beperkt tot vlak bij de doorgravingen en ongeveer halverwege de kreken. Uitbreiding tot meer punten (ook in het laatste, vaak dichtslibbende stuk van de kreken) zou een verbetering kunnen zijn in een volgend monitoringsprogramma.

Vegetatie

- a) De *soortkarteringen op de transecten* gaven een goed beeld van de snelle vegetatieveranderingen over een representatief deel van de proefverkweldering beeld en voldeden daarmee aan de verwachtingen. Het terugbrengen van het aantal of het versmallen van de transecten is wellicht mogelijk, als de representativiteit maar gewaarborgd blijft.
- b) De *PQ-opnames* leverden eveneens zeer nuttige informatie. Het instandhouden van exclusures in de proefverkweldering is noodzakelijk om de ontwikkeling zonder beweiding te kunnen blijven volgen.

Broedvogels

Voor het westelijk deel van de proefverkweldering was het met de beschikbare gegevens helaas niet mogelijk om vóór 2001 onderscheid te maken tussen proefverkweldering en zomerpolder. Sinds het voorjaar van 2006 worden de broedvogel territoria en de broedkolonies echter vlakdekkend op kaart ingetekend voor geheel Noard-Fryslân Bûtendyks. Daardoor zal dit probleem in de toekomst niet meer voor hoeven komen. Een extra voordeel van het intekenen op kaart is de mogelijkheid om nauwkeuriger analyses ten aanzien van beheer en vegetatie uit te voeren. Wel is het zaak dat er aandacht blijft voor het systematisch uitvoeren van de BMP-methodiek in het veld.

Ganzentellingen

De tellingen hebben zeer goed gefunctioneerd om de ontwikkelingen op Noard-Fryslân Bûtendyks als geheel en het direct aangrenzende binnendijkse gebied te beschrijven. Met de tellingen konden adequaat de verhoudingen in aantallen van de verschillende ganzensoorten worden vastgesteld. Een verschil in gemiddelde dichtheid op de proefverkweldering vóór en na het doorsteken van de zomerkade kon op basis van de tellingen niet worden aangetoond. De proefverkweldering was te kleinschalig om met tweewekelijkse tellingen, dit soort ontwikkelingen vast te stellen.

Er was enige discrepantie tussen de ganzen- en keuteltellingen in de kwelder. Het lijkt erop dat de benutting op kwelders met ganzentellingen wordt onderschat. Dit heeft zeer waarschijnlijk te maken met een geringer overzicht over deze terreindelen in vergelijking met de zomerpolders of binnendijks gebied. Met een vergrote telinspanning (verder het gebied in lopen) is dit effect ten dele te ondervangen.

Keuteltellingen

De keuteltellingen zijn uitermate functioneel gebleken om robuuste vergelijkingen te maken in tijd en ruimte. Het verdient echter aanbeveling om een strakker bezoekschema van de plots in de tijd te hanteren dan in deze studie is gerealiseerd. Het tijdsinterval tussen de opeenvolgende bezoeken aan de plots is bij voorkeur in de orde van 7-10 dagen, maar maximaal om de twee weken. Het noteren van grote overstromingen is zinvol, omdat keutels soms kunnen wegspoelen. Er zijn goede aanwijzingen dat de - ook in deze studie gebruikte- markering van de keutelplots (een PVC-pijpje van 10-15 cm) in sommige gevallen leidt tot een lichte, niet-systematische, afwijking in keuteldichtheden (Bos *et al.* in voorbereiding). Om deze onnodige fout voortaan te vermijden is het raadzaam onopvallender, of zelfs een niet direct zichtbare markering te gebruiken.

Making meetpunten en beweiding

Tot slot een punt dat bij diverse metingen speelde. De voor de verschillende monitoringonderdelen noodzakelijke palen (SEB-palen, palen om de hoekpunten van de vegetatie-opnamevakken aan te geven, exclusure-palen en hekjes ter bescherming van de grondwaterbuizen enz.) trokken regelmatig vee aan (o.a. voor gebruik als schuurpaal). Dit resulteerde soms in vertrappingsschade binnen de meetpunten of zelfs volledige afbraak van hekwerken. De ligging van veel meetpunten langs de gegraven krekken heeft mogelijk ook voor extra vertrappingsschade gezorgd, omdat de krekken een onneembare barrière vormden voor het vee. Dit had als voordeel dat ze als afscheiding van beweidingseenheden konden dienen, maar als nadeel dat het vee veel langs de oevers liep. Daarnaast was sprake van het verdwijnen van markeerpunten bij zowel pq's als de permanente transecten en verstoring van SEB-meetpunten doordat palen kapot werden gereden door tractoren, die door het beheer werden ingezet voor de vee-surveillances. De combinatie van deze factoren is vermoedelijk bepalend geweest voor de effecten, want op Ameland, waar al sinds 1986 markerings- en meetpalen worden gebruikt, is nauwelijks schade door vee.

Tabel 5.2 Samenvatting conclusies gebruikte monitoringmethoden

<u>Type meting</u>	<u>Opmerkingen</u>
<u>Grondwaterstand</u>	Eén meting per maand volstaat
<u>Verziltig</u>	
a) EGV	Beperken tot diepe metingen (1.2 m onder maaiveld)
b) zoutgehalte bodem	Nazomerbemonstering vervangen door late voorjaarsbemonstering (ca. 1 juni)
<u>Waterstanden</u>	Bij voorkeur <i>in situ</i> m.b.v. datalogger i.p.v. afgeleid van peilschaal op enige afstand
<u>Hoogteontwikkeling</u>	
a) SEB	Voor seizoensdynamiek frequentie van 2 metingen/jaar (mrt en aug) voldoende Voor meerjarige trend 1 meting/ jaar (aug) voldoende Controle en waterpassing SEB-palen éénmaal per 5 jaar voldoende
b) opslibbingsplaten	Voor seizoensdynamiek frequentie van 2 metingen/jaar (mrt en aug) voldoende Voor meerjarige trend 1 meting/jaar (aug) voldoende Arbeidsintensiever dan SEB-meting
c) waterpassing	Voor meerjarige trend in beweide situaties mogelijk alternatief voor SEB- en opslibbingsplaatmetingen; niet geschikt voor onderzoek naar seizoensdynamiek
<u>Soortelijk volume bodem</u>	Invloed beworteling op soortelijk volume niet onderzocht
<u>Kreekprofiel</u>	Voor meerjarige trend 1 meting/jaar voldoende Meerdere meetpunten over gehele kreek Lengte wenselijk
<u>Vegetatie</u>	
Transecten	Soortkarteringen gaven duidelijke resultaten en voldeden aan de verwachting Ze zouden eventueel versmald kunnen worden of in aantal teruggebracht kunnen worden
PQ's	In proefverkweldering moeten komende jaren exclusures aangehouden worden
<u>Vogels</u>	
Broedvogels	Aandacht houden voor BMP systematiek, territoria en kolonies in blijven tekenen
Ganzen	
a) keuteltellingen	Strak bezoekschema hanteren. Markering keutelplots camoufleren
b) gebiedstellingen	Integrale gebiedstellingen inclusief aangrenzende binnendijks gebied continueren
<u>Markering meetpunten</u>	In beweide situatie kunnen meet- en markeringspalen verloren gaan of verstoord worden door vee of tractoren; rekening mee houden bij uitvoeren proef en beheer

BIJLAGEN

Algemeen

- I Eigendomsituatie op Noard-Fryslân Bûtendyks

Abiotiek

- II Grondwaterpeil en -samenstelling in de proefverkweldering en aangrenzende zomerpolders
- III Verzilting bodem proefverkweldering
- IV Gemiddelde maaiveldhoogteverandering bij de SEB-meetpunten in de transecten (proefverkweldering), de zomerpolder en de kwelder
- V Oeverwalvorming langs de gegraven kreken
- VI Hoogteontwikkeling maaiveld in de meetvakken van Rijkswaterstaat
- VII Doorstroomprofielen van de kreken

Biotiek

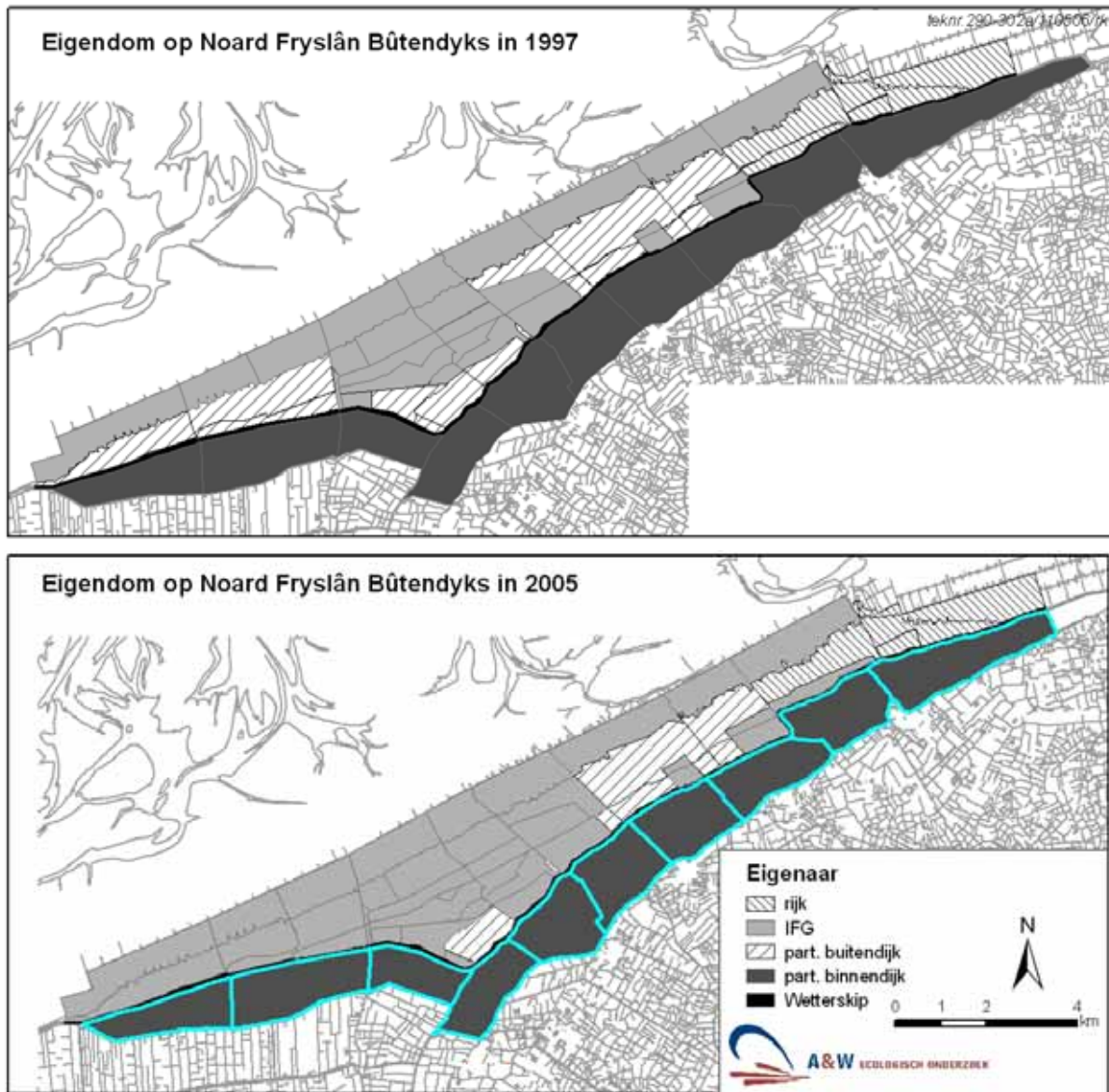
Vegetatie

- VIII Vergelijking doelsoorten kwelderherstelprojecten
- IX Verspreidingskaarten plantensoorten in permanente transecten

Ganzen en broedvogels

- X Meetlocaties ganzen
 - 1 Deelgebieden ganzentellingen voor en na herindeling
 - 2 Locaties keutelraaien
- XI Bouwplankartering en Noard-Fryslân Bûtendyks en Noarderleech
- XII Brand- en Rotganzen op Noard-Fryslân Bûtendyks
 - 1 Verspreiding van Brandganzen over NFB
 - 2 Verspreiding van Rotganzen over NFB
 - 3 Voorkomen van Brand- en Rotganzen per maand voor alle onderzochte jaren
- XIII Broedvogels op het Noarderleech

BIJLAGE I Eigendomsituatie op Noard-Fryslân Bûtendyks



BIJLAGE II Grondwaterpeil en grondwatersamenstelling in de proefverkweldering en aangrenzende zomerpolders

Deze Bijlage geeft middels een grafische presentatie een eerste bewerking van de opnames van het grondwaterpeil en de elektrische geleidbaarheid (EGV) van het grondwater op zes locaties in de proefverkweldering (Fig. II.1–4) en op zes locaties in de aangrenzende zomerpolders (Fig. II.5–8). De grondwaterstanden zijn gebaseerd op de metingen in de 120-cm buizen.

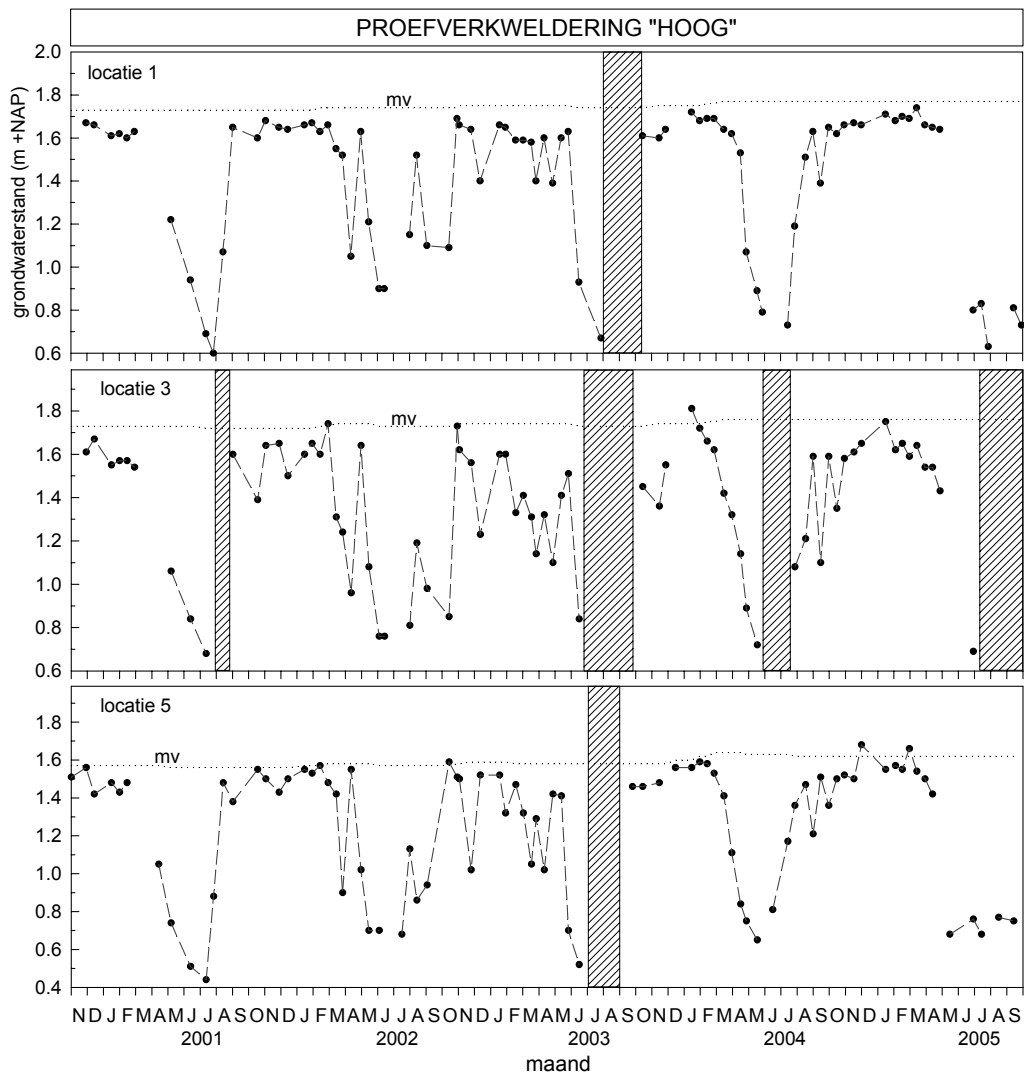
Tabel II.1 geeft een overzicht van de bemonsteringsfrequentie gedurende de onderzoeksperiode van november 2000 t/m september 2005. In het algemeen zijn de metingen verricht tijdens laagwater in de dagen rond doortij. De grondwaterbuizen in de zomerpolder werden enkele gevallen door paarden verstoord of vernield, waardoor metingen op deze locaties een tijd niet mogelijk waren tot dat nieuwe buizen werden geplaatst. In de proefverkweldering stonden de grondwaterbuizen in de exclusies. Deze buizen zijn in de onderzoeksperiode geen enkele keer verstoord.

Tabel II.1 Overzicht van de in de periode november 2000 – september 2005 uitgevoerde metingen van het grondwaterpeil en de EGV van het grondwater.

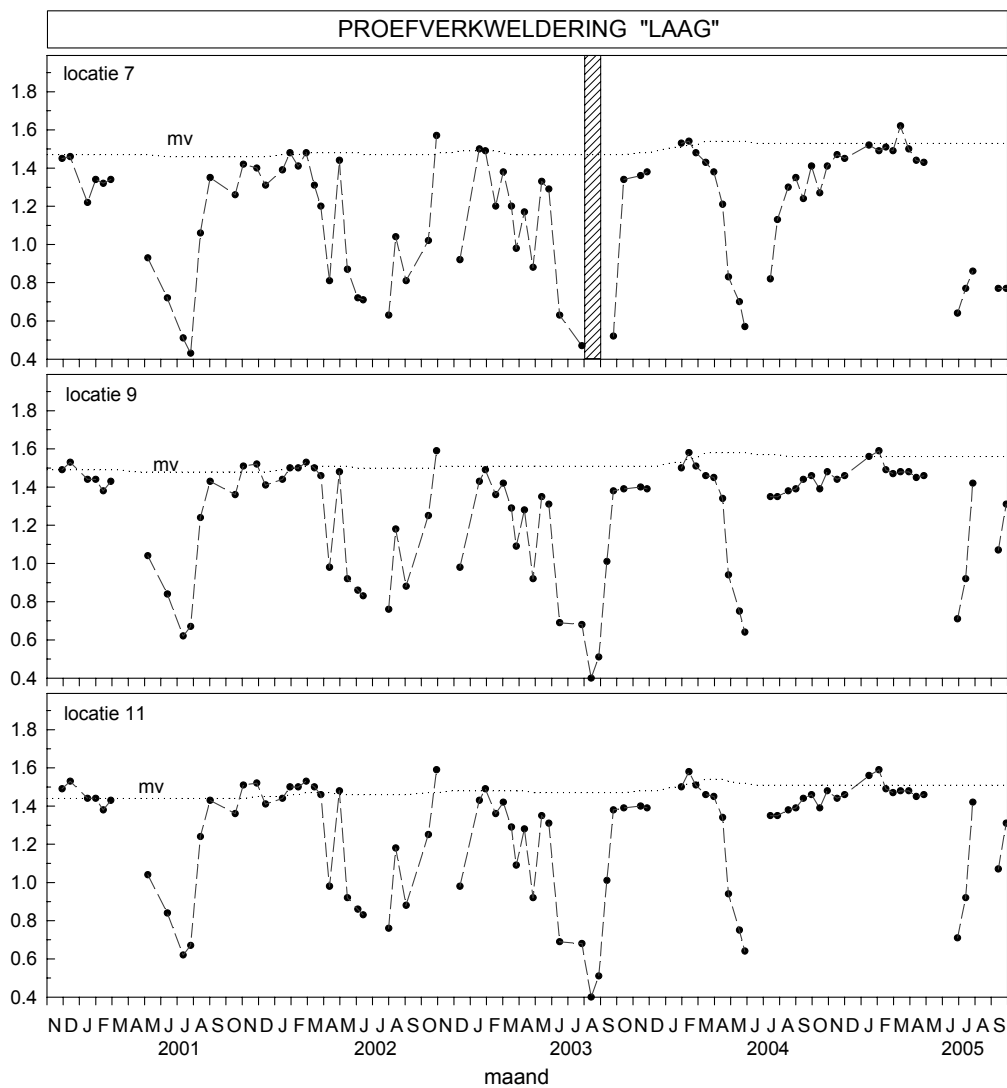
(A) Grondwaterstand														
Jaar	Maand												Totaal	
	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec		
2000												1	1	2
2001	2	2	-	-	1	1	2	1	1	1	2	1	1	14
2002	2	2	2	1	2	2	-	2	1	2	2	1	1	19
2003	2	1	3	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	20
2004	2	2	2	2	2	-	2	2	2	2	2	-	-	20
2005	1	3	2	2	-	1	2	-	2					13
Totaal	8	7	7	5	7	4	5	7	6	6	9	4	4	88

(B) EGV														
Jaar	Maand												Totaal	
	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec		
2000														0
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	3
2002	1	1	1	1	-	1	-	2	1	2	-	-	-	10
2003	1	-	2	1	1	-	-	2	1	1	1	-	-	10
2004	1	1	1	1	1	-	1	-	1	1	-	-	-	8
2005	-	1	1	-	-	1	1	-	1					5
Totaal	3	2	4	3	2	1	1	4	3	4	3	1	1	36

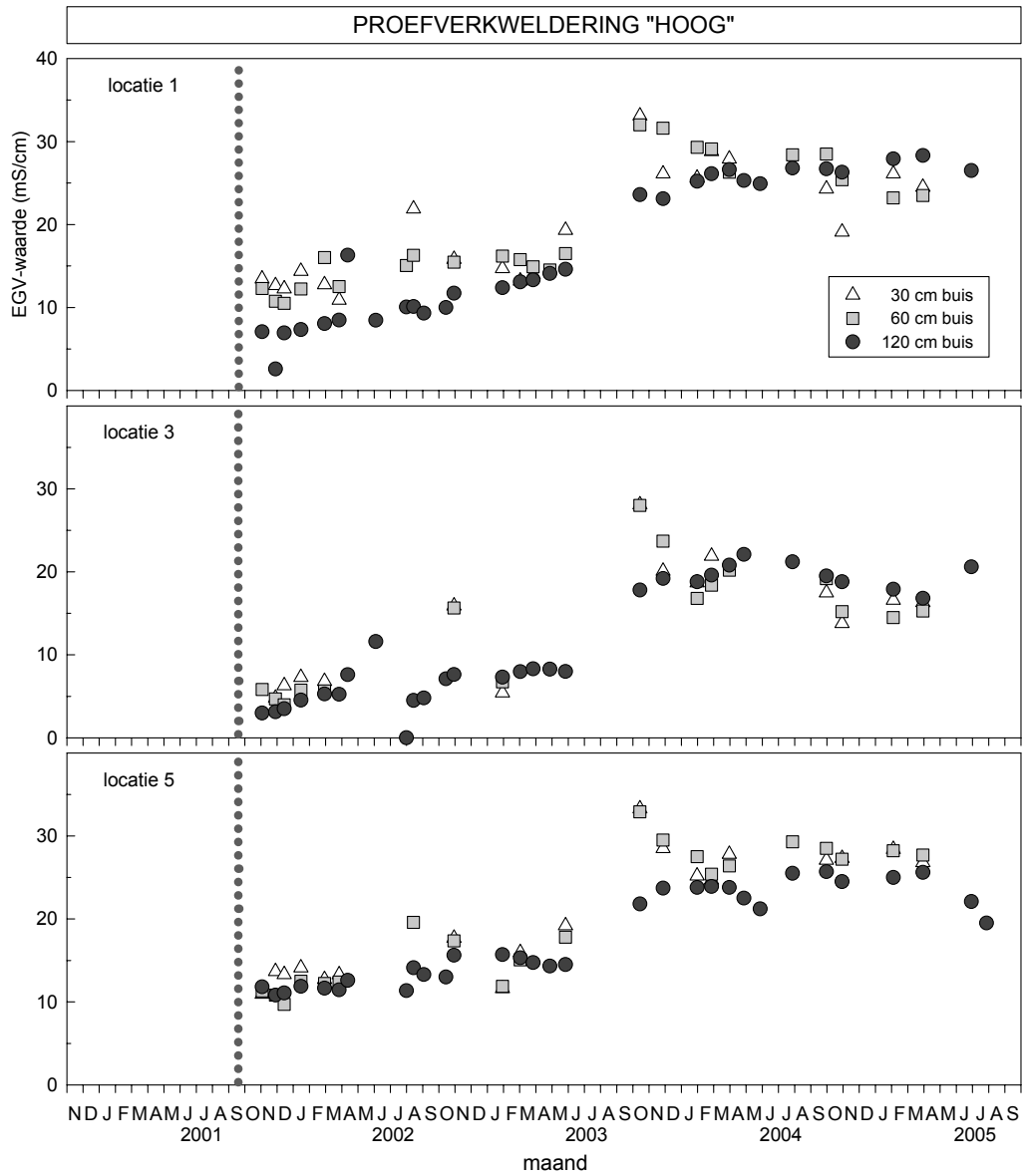
De EGV-waarden kunnen op de volgende wijze vergeleken worden met de EGV van het zeewater. De saliniteit van het zeewater in de Waddenzee tussen Ameland en de Friese kust kan worden geschat met behulp van gegevens uit het programma Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL) van Rijkswaterstaat. Op de locatie Dantziggat bedroeg in de jaren negentig van de vorige eeuw de saliniteit S gemiddeld 29.6 ppm. Met behulp van de formule $EGV = (S+0.047)/0.7$ (van Damme *et al.*, 2001) kan hieruit een EGV-waarde van 42.9 mS/cm voor het zeewater worden afgeleid.



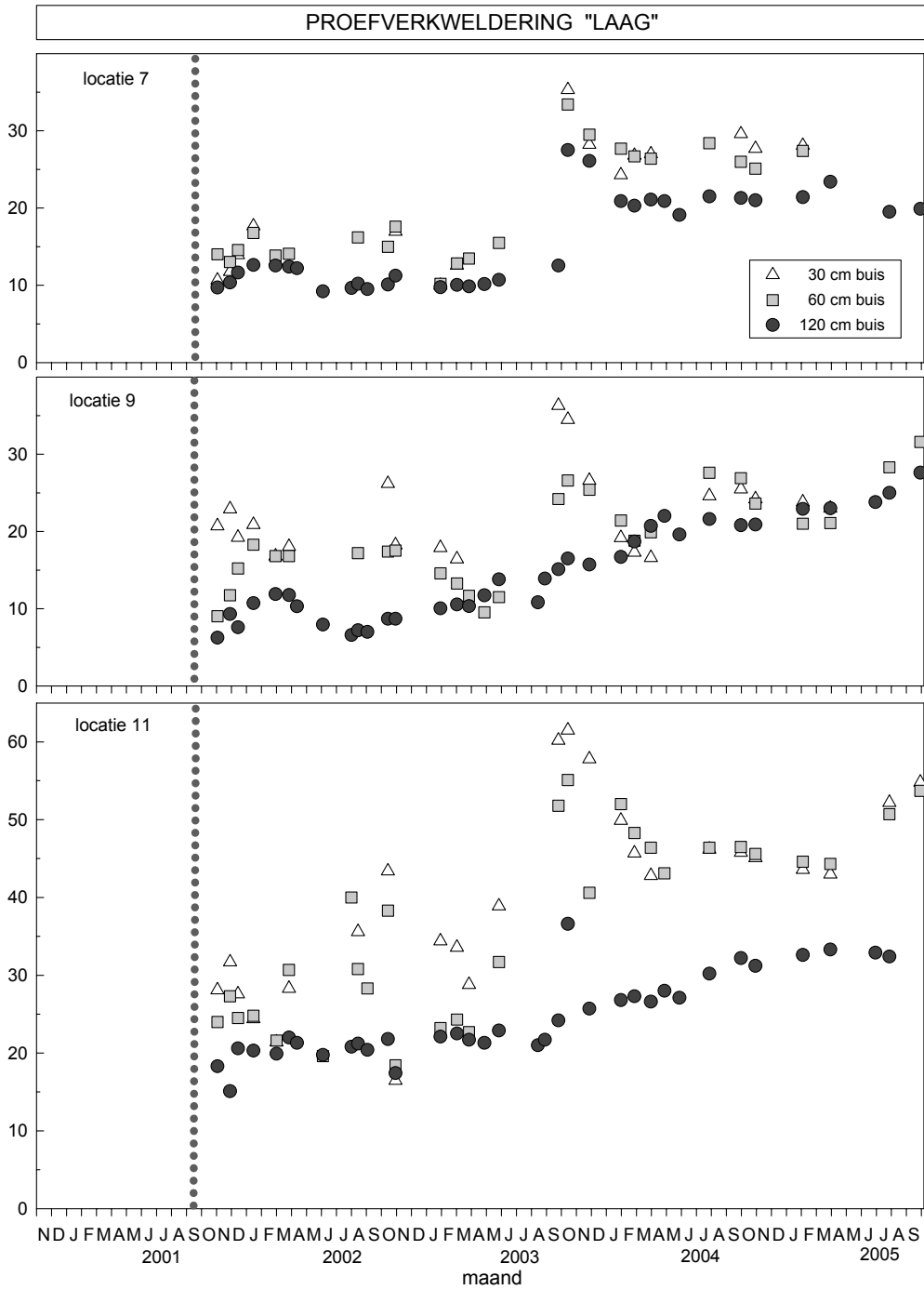
Figuur II.1 Het verloop van de grondwaterstand op locaties 1 en 3 in het hoger gelegen westelijk deel en de hoger gelegen locatie 5 in het midden gedeelte van de proefverkweldering in de periode november 2000 t/m september 2005. Gedurende de gearceerde periodes was de grondwaterstand niet meetbaar door het droogvallen van de 120-cm grondwaterbuis. Tabel III.1 geeft een overzicht van de meetfrequentie. mv = gemiddelde hoogte maaiveld in de exclusie (gebaseerd op de drie SEB-meetpunten).



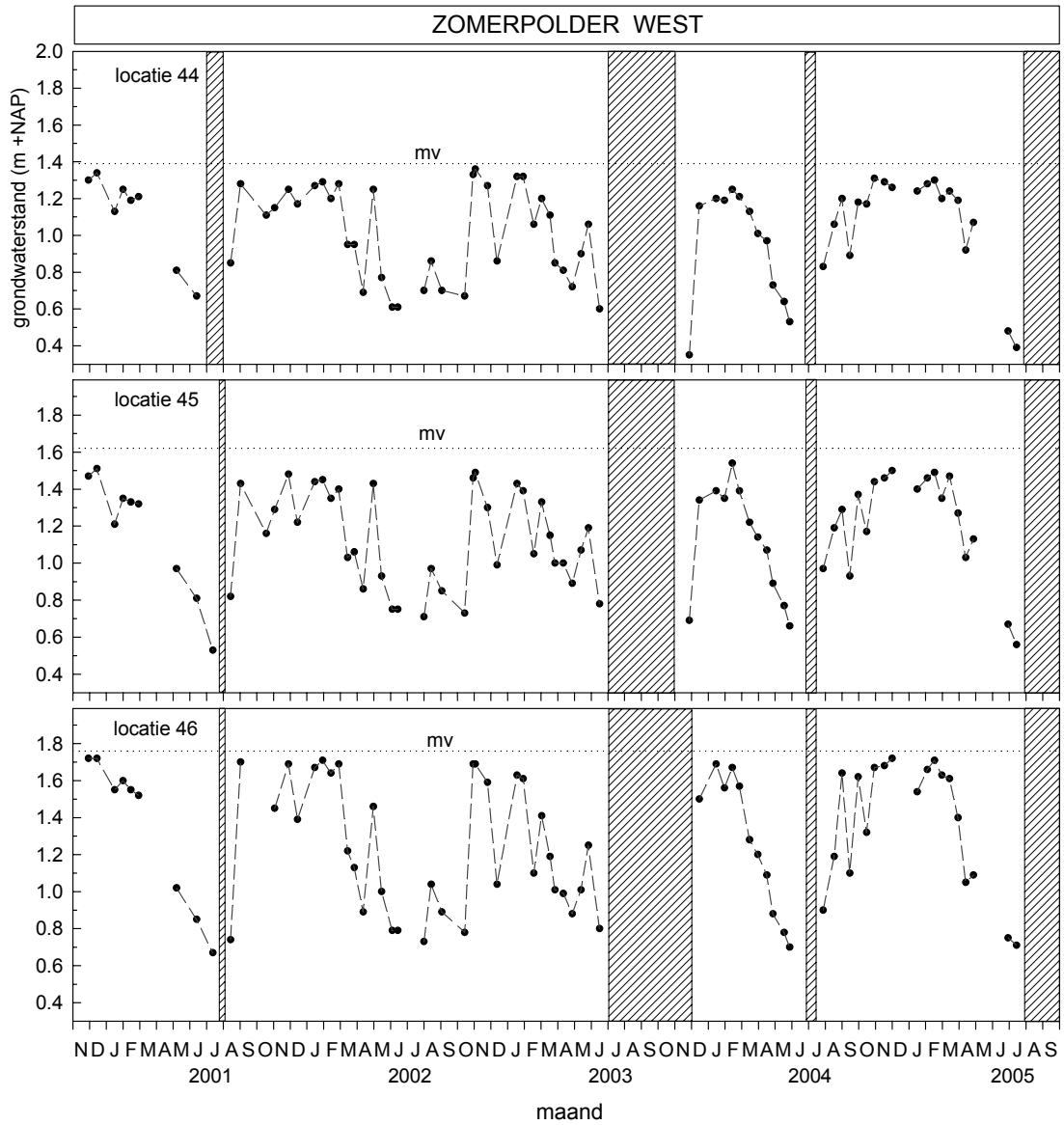
Figuur II.2 De ontwikkeling van de grondwaterstand op de locaties 7, 9 en 11 in het lager gelegen midden en oostelijke deel van de proefverkweldering in de periode november 2000 – september 2005. Zie Fig. II.1 voor verdere toelichting.



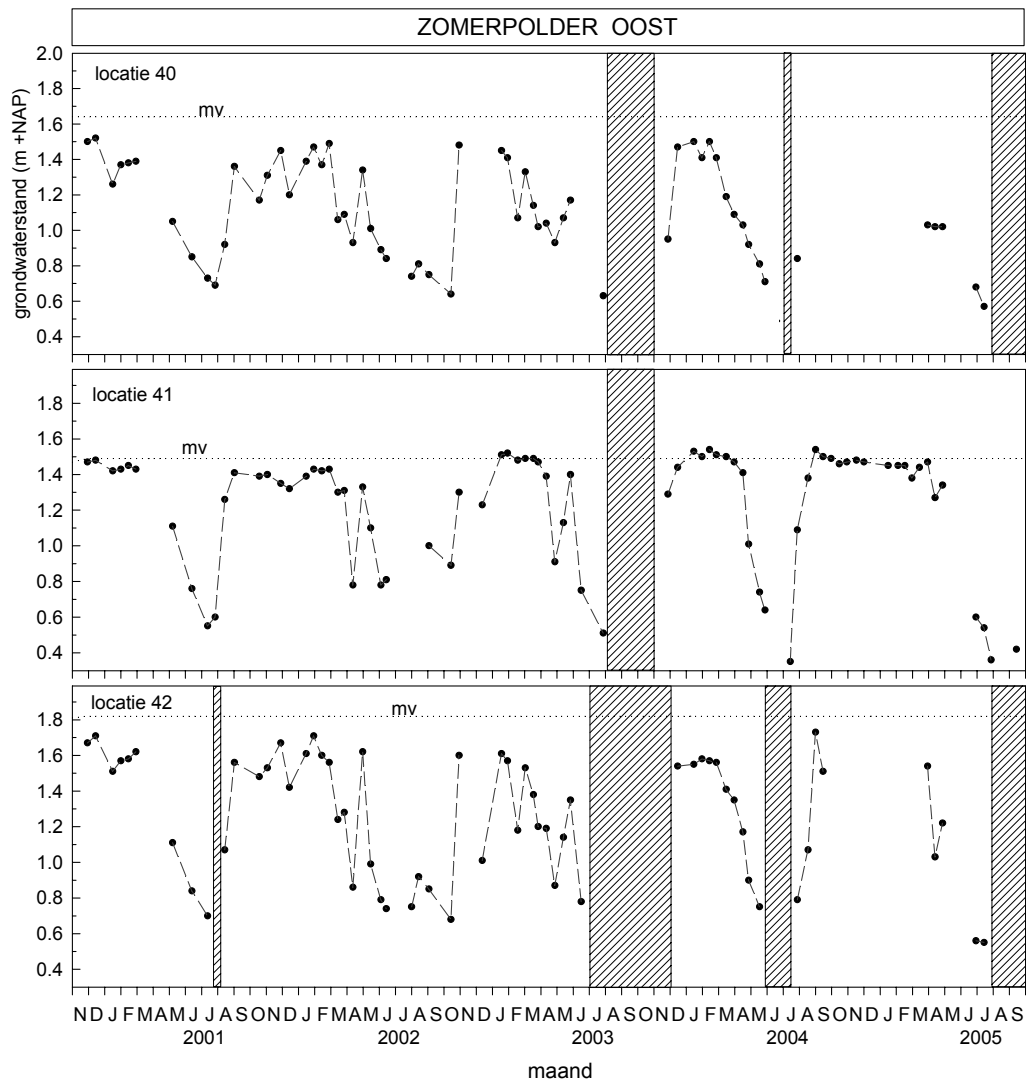
Figuur II.3 De elektrische geleidbaarheid (EGV) van het grondwater op drie verschillende dieptes op de locaties 1 en 3 in het hogergelegen westelijke deel en de hogergelegen locatie 5 in het middengedeelte van de proefverkweldering uitgezet tegen de tijd. De gestippelde verticale lijn geeft het begin van de proefverkweldering aan.



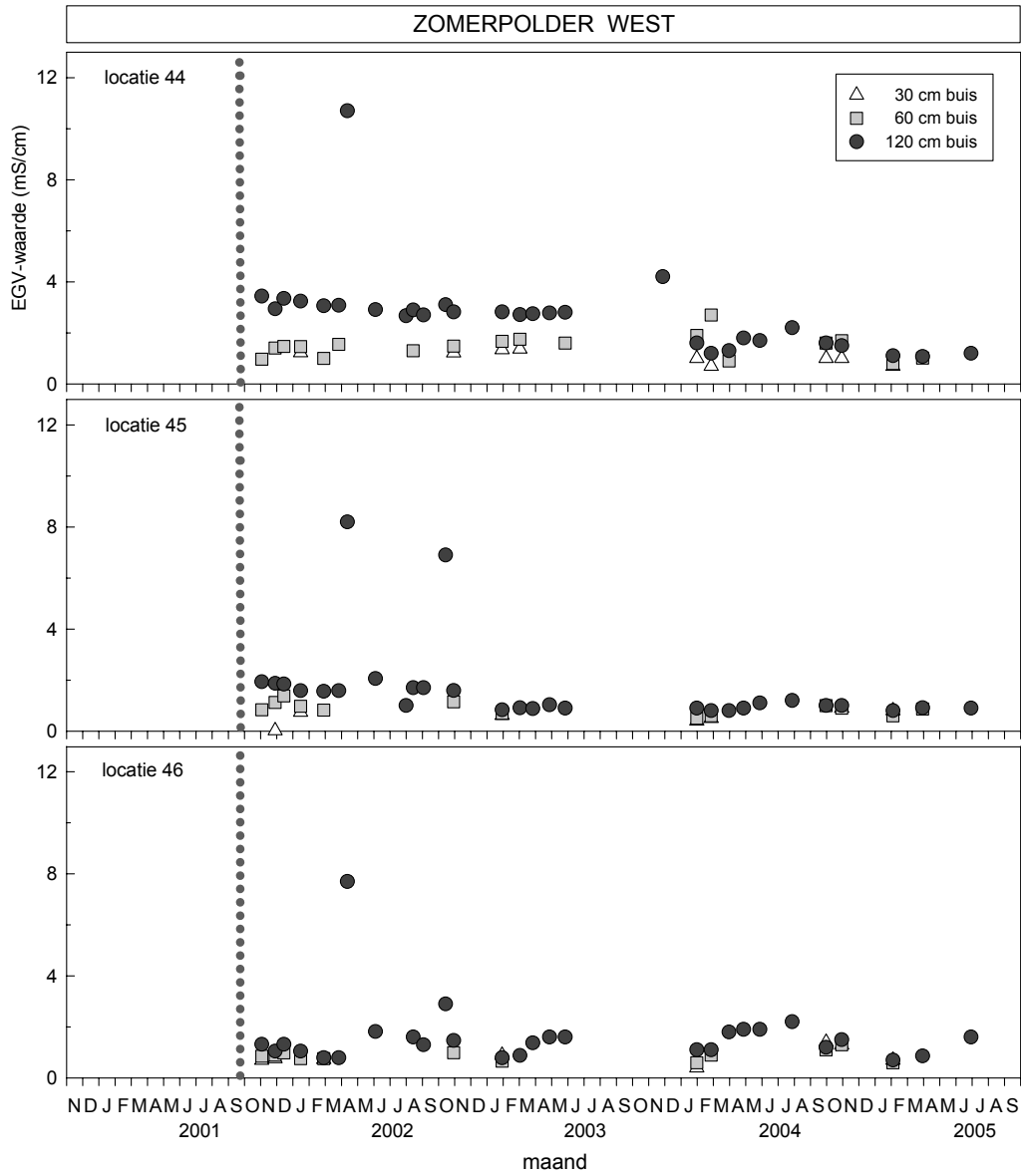
Figuur II.4 De elektrische geleidbaarheid (EGV) van het grondwater op drie verschillende dieptes op de locaties 7, 9 en 11 in het lager gelegen midden en oostelijke deel van de proefverkweldering uitgezet tegen de tijd. De gestippelde verticale lijn geeft het begin van de proefverkweldering aan.



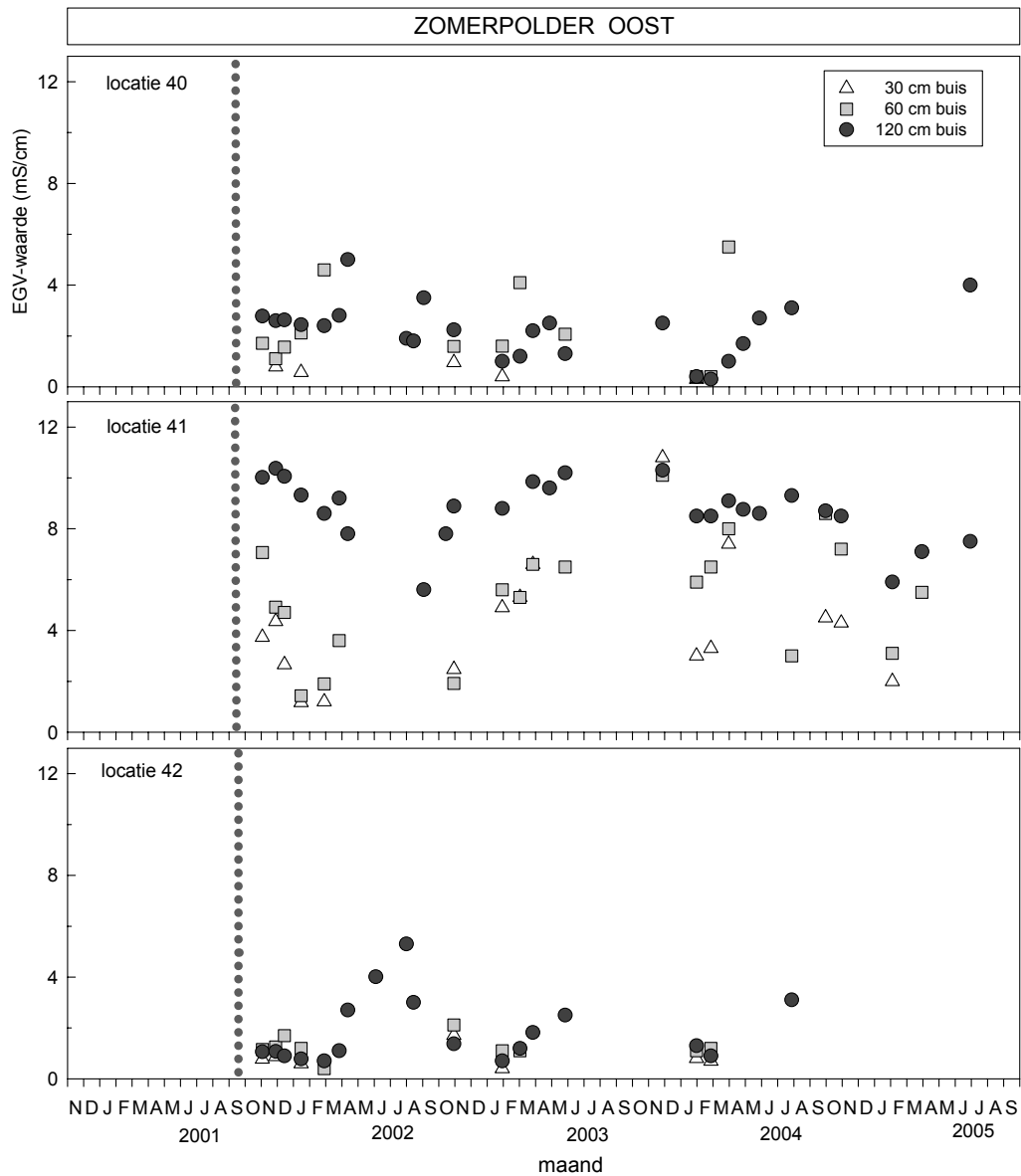
Figuur II.5 Het verloop van de grondwaterstand in de zomerpolder op drie locaties in het westelijk deel van het studiegebied in de periode november 2000 – september 2005. Gedurende de gearceerde periodes was de grondwaterstand niet meetbaar door het droogvallen van de 120-cm grondwaterbuis. Tabel II.1 geeft een overzicht van de meetfrequentie. mv = hoogte maaiveld.



Figuur II.6 Het verloop van de grondwaterstand in de zomerpolder op drie locaties in het oostelijk deel van het studiegebied in de periode november 2000 – september 2005. Zie Fig. II.5 voor verdere toelichting.



Figuur II.7 De elektrische geleidbaarheid (EGV) van het grondwater op drie locaties en op drie verschillende dieptes in het westelijk deel van het studiegebied uitgezet tegen de tijd. De gestippelde verticale lijn geeft het begin van de proefverkweldering aan.



Figuur II.8 De elektrische geleidbaarheid (EGV) van het grondwater op drie locaties en op drie verschillende dieptes in het oostelijk deel van het studiegebied uitgezet tegen de tijd. De gestippelde verticale lijn geeft het begin van de proefverkweldering aan.

Literatuur

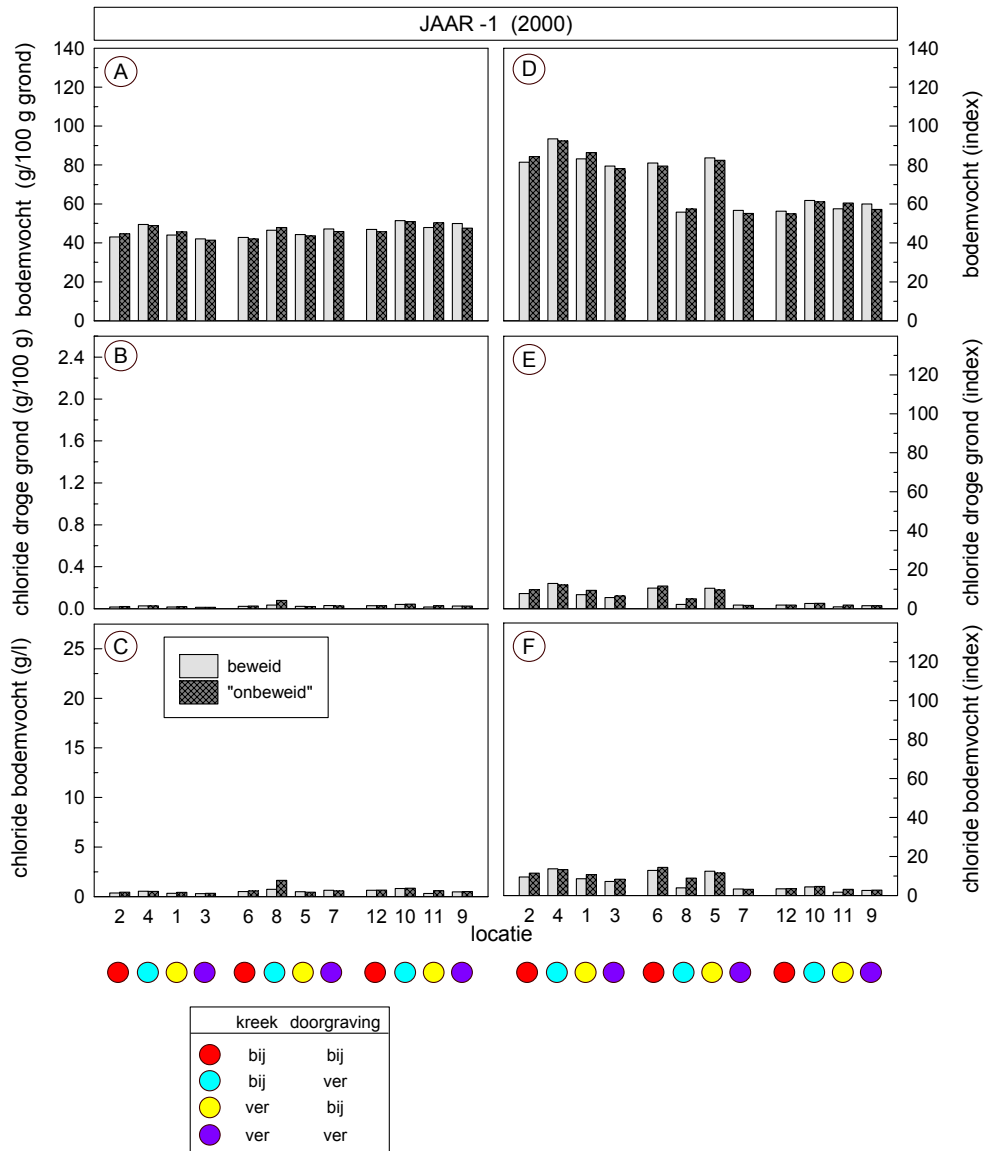
van Damme, S., de Winder, B., Ysebaert, T. & Meire, P., 2001. Het 'bijzondere' van de Schelde: de abiotiek van het Schelde-estuarium. *De Levende Natuur* 102: 37 – 39.

BIJLAGE III Verzilting bodem proefverkweldering

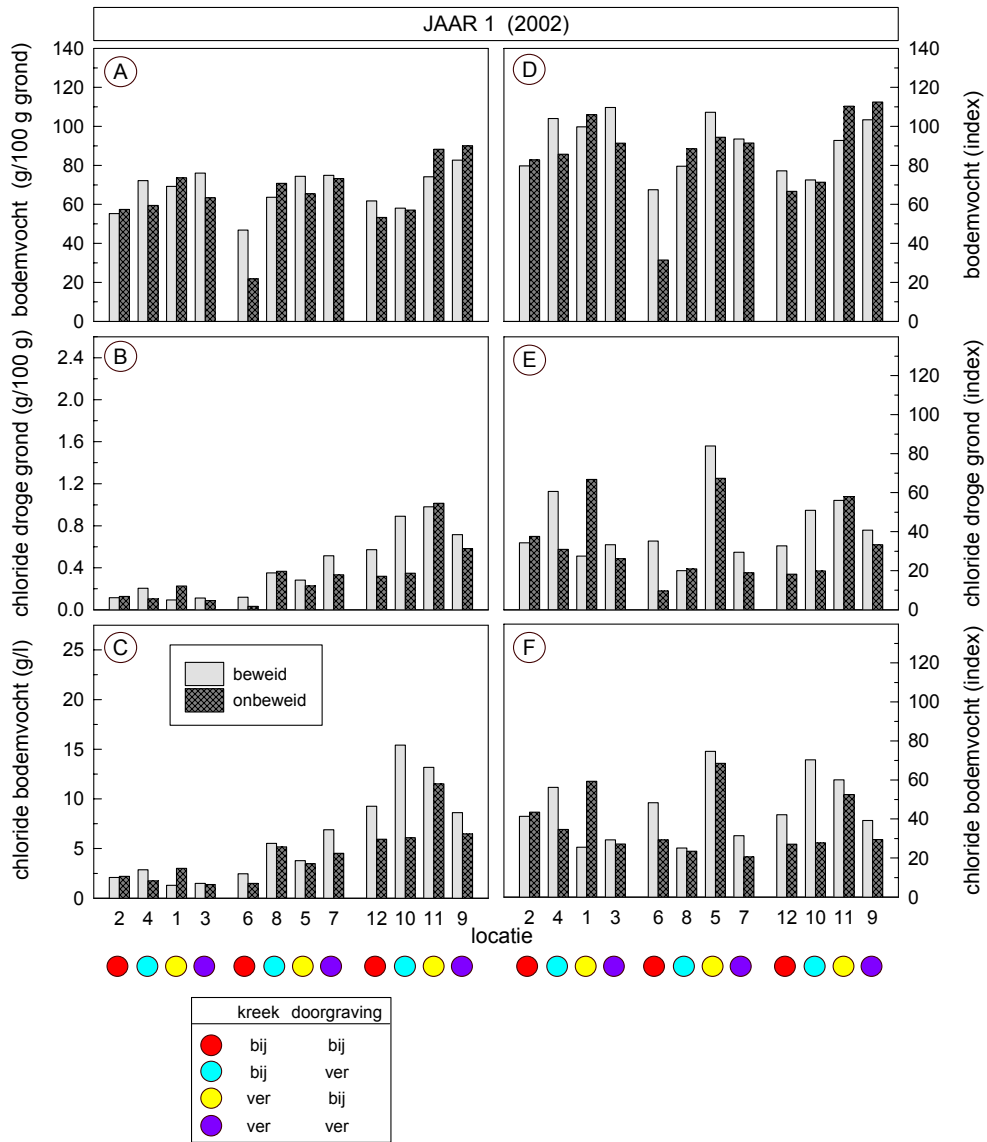
Deze bijlage geeft een grafische presentatie van de ruimtelijke variatie van de gemeten verziltingsparameters in de permanente kwadraten (PQ's) van de proefverkweldering rond eind augustus van het eerste jaar vóór – t/m derde jaar na uitpoldering. De resultaten van het vierde jaar na uitpoldering zijn opgenomen in de hoofdtekst (Fig. 4.5). Omdat de gemeten parameters, afhankelijk van het weer en overstromingen, grote fluctuaties kunnen laten zien, worden voor elk jaar ook geïndexeerde waardes gepresenteerd. De resultaten op dezelfde dag verkregen van de kwelder zijn hierbij als referentiewaarden gebruikt, waarbij de waarde van de kwelder steeds op 100 is gesteld. De indexering betekent dat hoe dichter de waarde van de proefverkweldering bij 100 ligt, hoe meer de situatie overeenkomt met die op de kwelder. In de proefverkweldering zijn PQ's met een hoogteligging in de uitgangssituatie van lager dan 1.5 +NAP geïndexeerd op basis van controle meetpunten van de lage kwelder (locaties 7 t/m 12); locaties met een hoogteligging hoger dan 1.5 +NAP op basis van de midden-/hoge kwelder (locaties 1 t/m 6). Tabel III.1 geeft het overzicht van de gebruikte referentiewaardes per jaar.

Tabel III.1 Referentiewaarden voor de verziltingsparameters van de proefverkweldering. De tabel geeft voor elk jaar het bodemvochtgehalte, het chloridegehalte van de droge grond en het chloridegehalte van het bodemvocht in de toplaag (0-5 cm) van de bodem in 18 controle PQ's (9 van de lage - en 9 van de hoge kwelder).

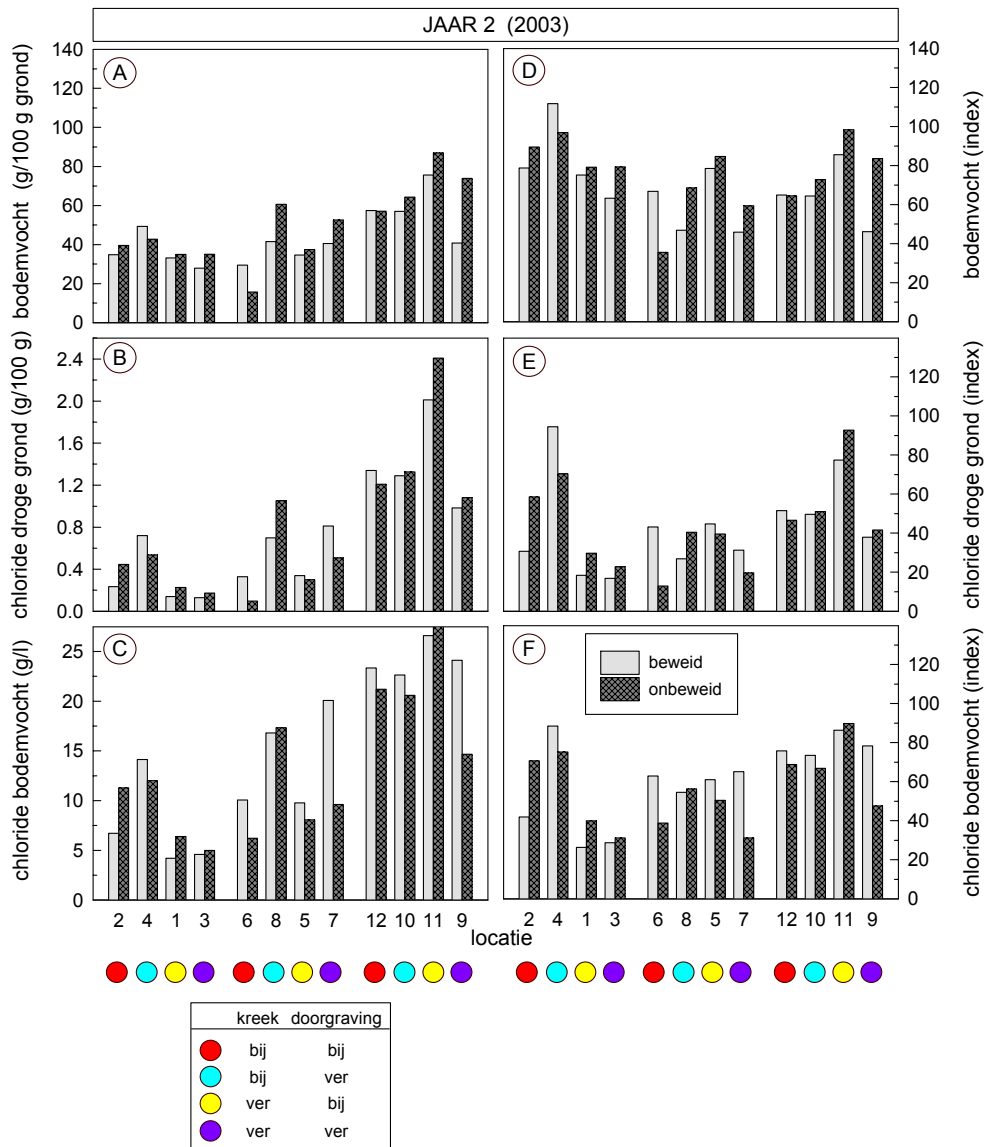
Jaar	Bodemvochtigheid		Cl ⁻ -gehalte grond		Cl ⁻ -gehalte bodemvocht	
	(g/100 g droge grond)		(g Cl ⁻ /100 g droge grond)		(g Cl ⁻ /l)	
	laag	hoog	laag	hoog	laag	hoog
-1	83.3	52.9	1.6	0.2	18.5	3.9
1	80.0	69.4	1.7	0.3	21.9	5.1
2	88.4	44.1	2.6	0.8	30.8	16.0
3	96.3	72.8	1.4	0.2	14.6	3.4
4	100.3	70.8	1.5	0.4	14.9	5.3



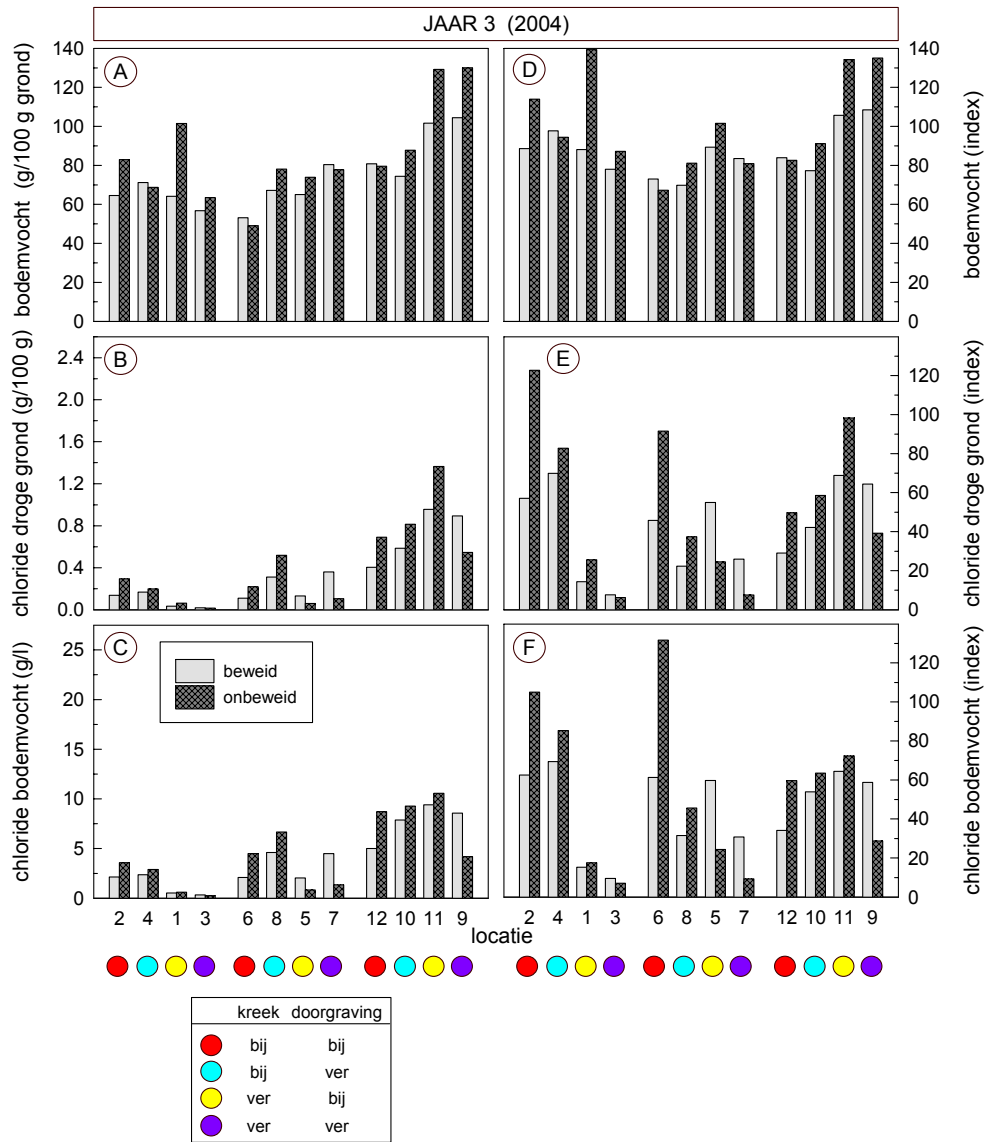
Figuur III.1 Ruimtelijke spreiding van - en de invloed van beweiding op de gemeten verziltingsparameters in de proefverkweldering in het laatste jaar vóór uitpoldering: (A) het bodemvochtgehalte, (B) het chloridegehalte van de droge grond en (C) het chloridegehalte van het bodemvocht in de 0–5 cm bodemlaag. De drie rechterpanelen DEF geven de geïndexeerde waarden ten opzichte van de kwelder (zie tekst voor toelichting). Omdat in het laatste jaar voor uitpoldering de exclusures nog niet waren aangelegd, is in de legenda onbeweid tussen aanhalingstekens geplaatst.



Figuur III.2 Ruimtelijke spreiding van - en de invloed van beweiding op de gemeten verziltingsparameters in de proefverkweldering in het eerste jaar na uitpoldering: (A) het bodemvochtgehalte, (B) het chloridegehalte van de droge grond en (C) het chloridegehalte van het bodemvocht in de 0–5 cm bodemlaag. De drie rechterpanelen DEF geven de geïndexeerde waarden ten opzichte van de kwelder (zie tekst voor toelichting). Hoewel voor de locaties 1 en 2, de situatie buiten de exclusures apart zijn weergegeven, was er op locaties dit jaar geen sprake van beweiding.

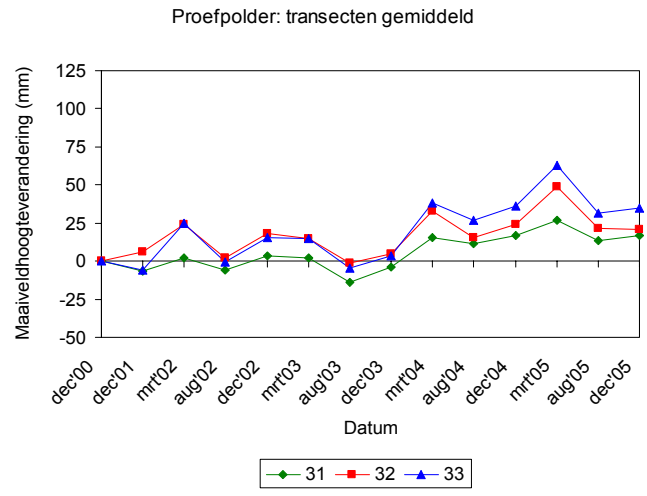
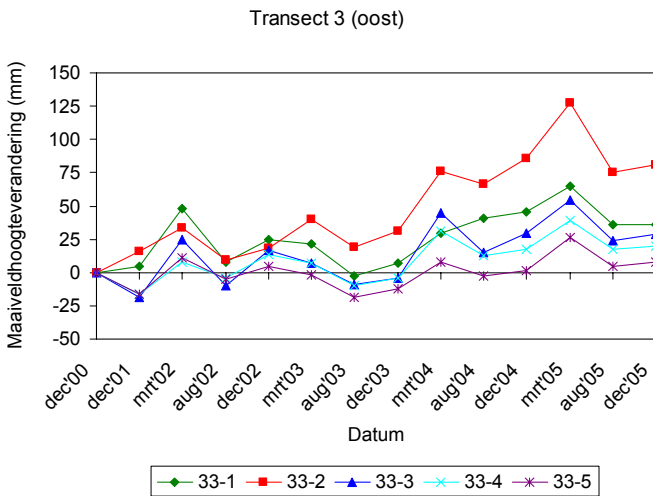
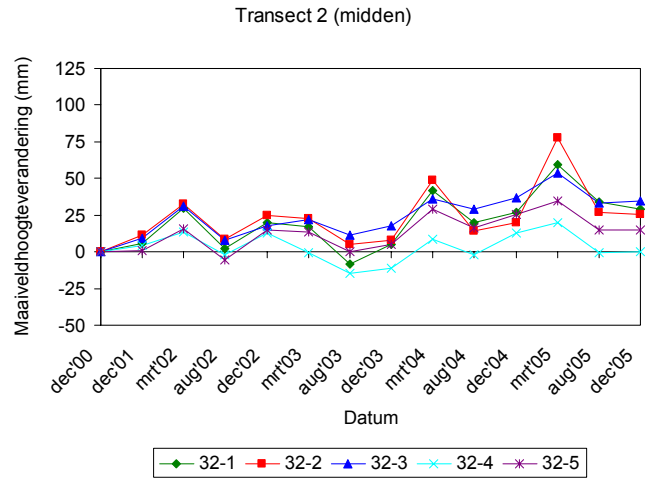
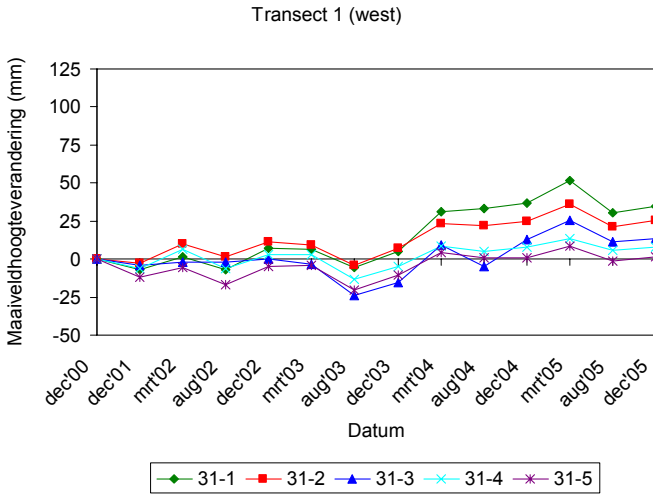


Figuur III.3 Ruimtelijke spreiding van - en de invloed van beweiding op de gemeten verziltingsparameters in de proefverkweldering in het tweede jaar na uitpoldering: (A) het bodemvochtgehalte, (B) het chloridegehalte van de droge grond en (C) het chloridegehalte van het bodemvocht in de 0–5 cm bodemlaag. De drie rechterpanelen DEF geven de geïndexeerde waarden ten opzichte van de kwelder (zie tekst voor toelichting).

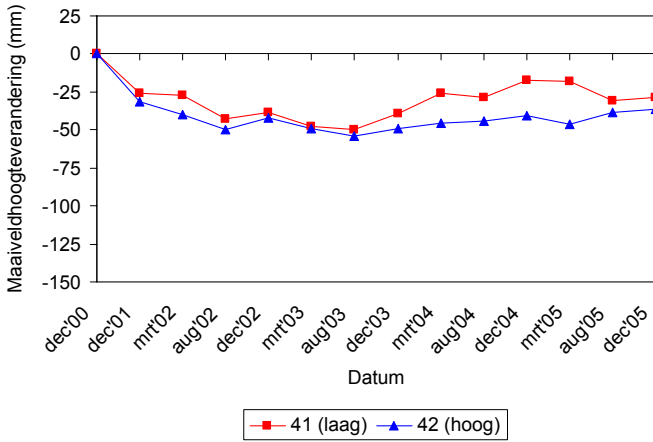


Figuur III.4 Ruimtelijke spreiding van - en de invloed van beweiding op de gemeten verziltingsparameters in de proefverkweldering in het derde jaar na uitpoldering: (A) het bodemvochtgehalte, (B) het chloridegehalte van de droge grond en (C) het chloridegehalte van het bodemvocht in de 0–5 cm bodemlaag. De drie rechterpanelen DEF geven de geïndexeerde waarden ten opzichte van de kwelder (zie tekst voor toelichting).

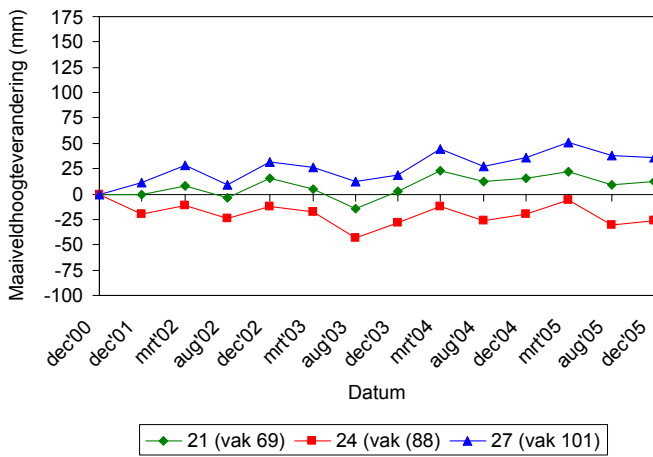
BIJLAGE IV Gemiddelde maaiveldhoogteverandering bij de SEB-meetpunten in de transecten (proefverkweldering), de zomerpolder en de kwelder



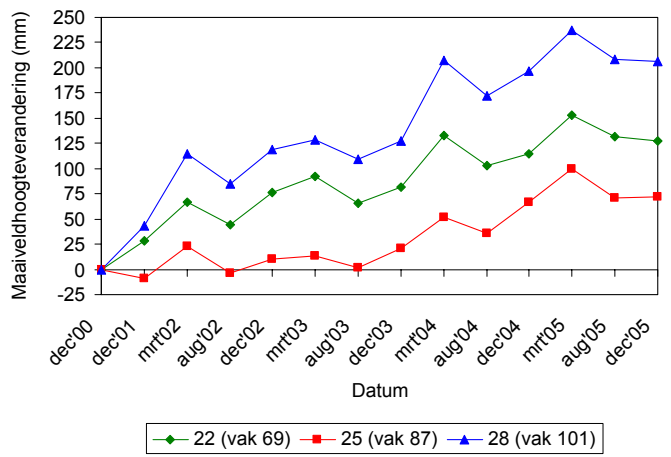
Zoempolder



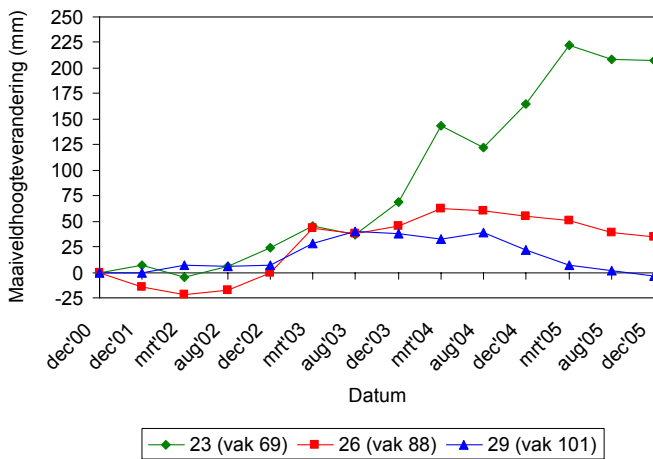
Hoge kwelder



Lage kwelder

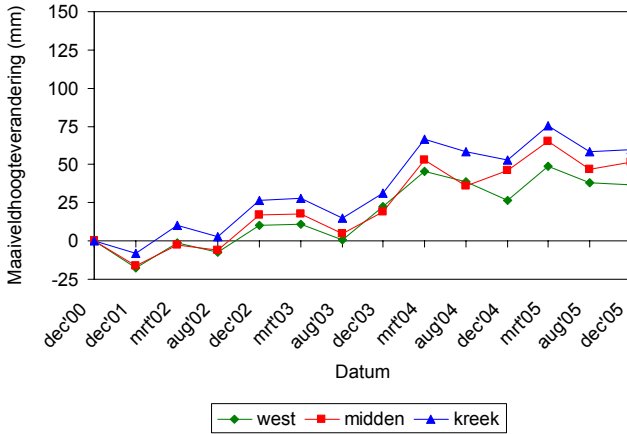


Pionierzone

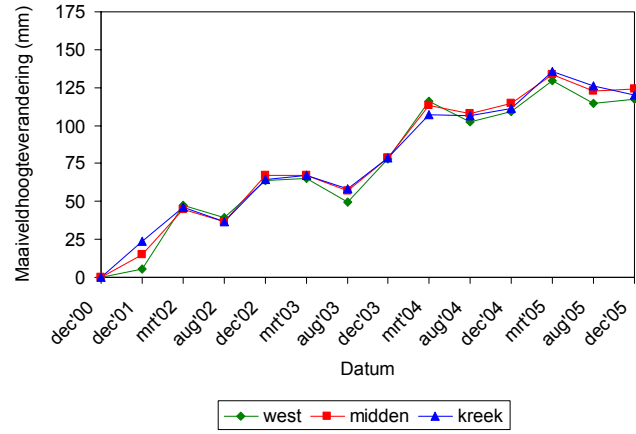


BIJLAGE V Oeverwalvorming langs de gegraven kreek

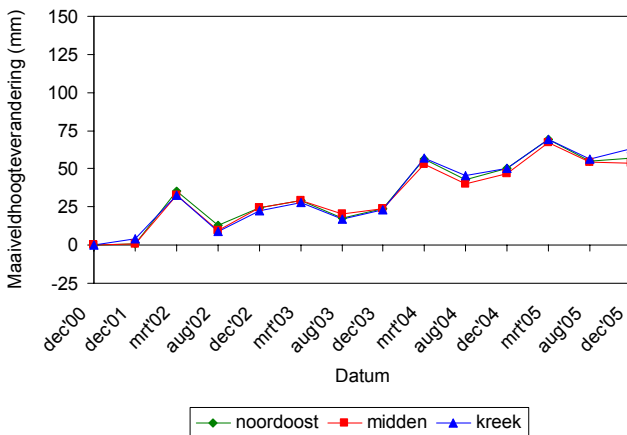
Proefpolder pq 2-3: beweid/bij kreek/bij doorgraving



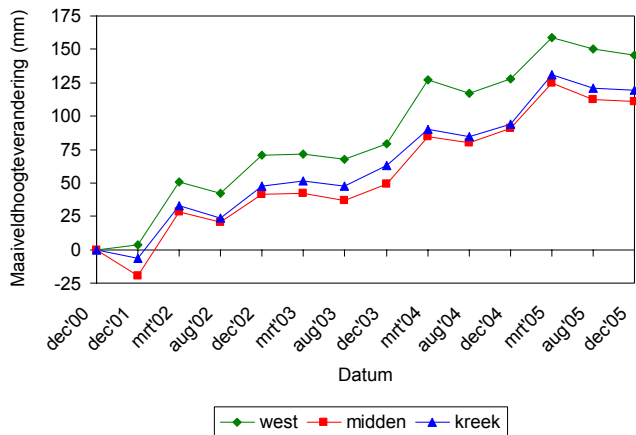
Proefpolder pq 2-5: onbeweid/bij kreek/bij doorgraving



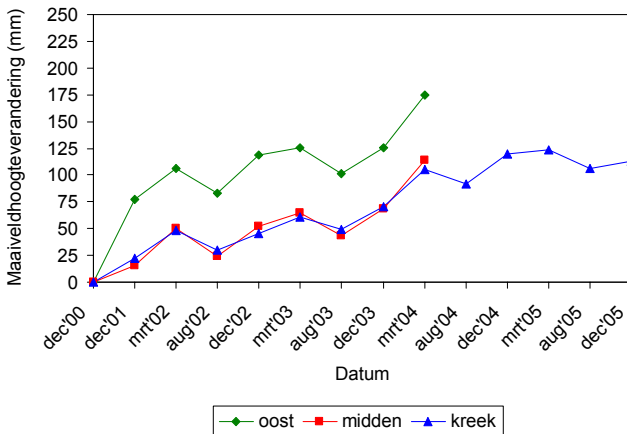
Proefpolder pq 6-2: beweid/bij kreek/bij doorgraving



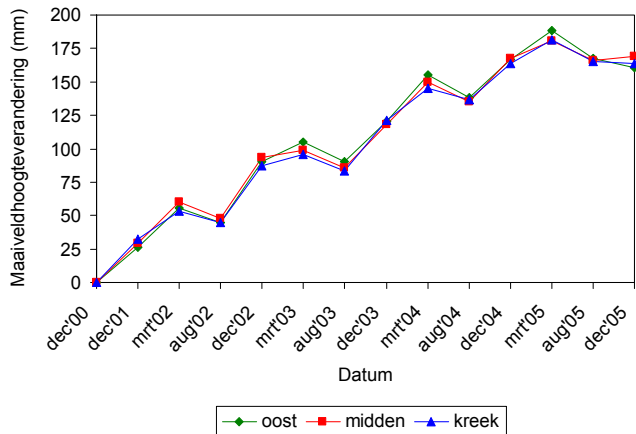
Proefpolder pq 6-4: onbeweid/bij kreek/bij doorgraving



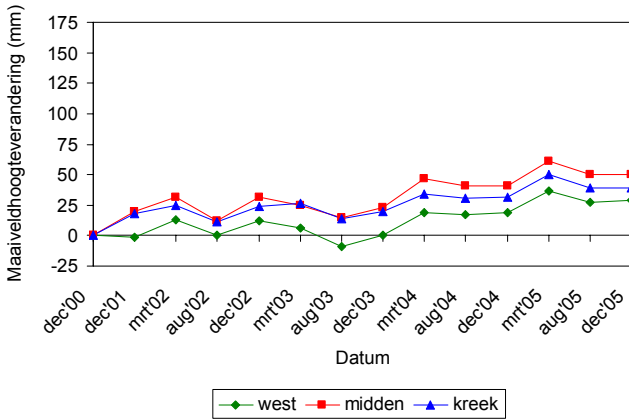
Proefpolder pq 12-2: beweid/bij kreek/bij doorgraving



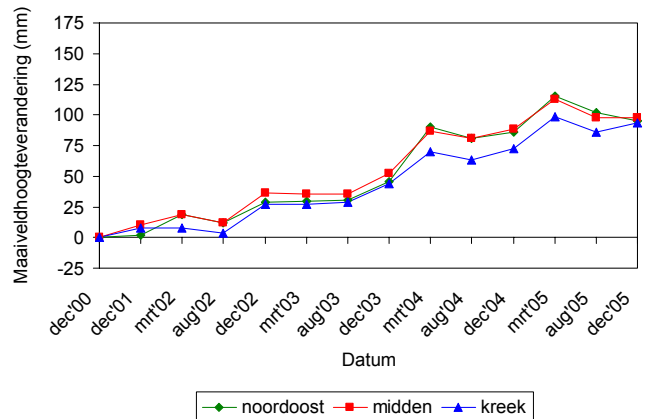
Proefpolder pq 12-5: onbeweid/bij kreek/bij doorgraving



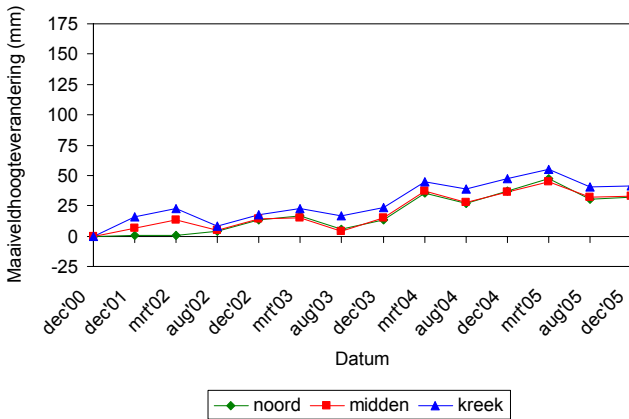
Proefpolder pq 4-2: beweid/bij kreek/op afstand doorgraving



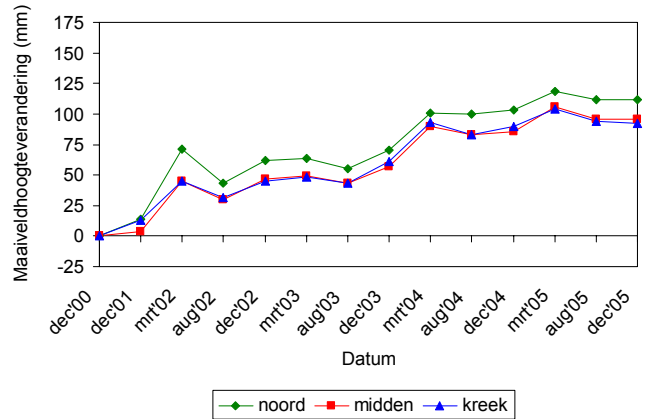
Proefpolder pq 4-5: onbeweid/bij kreek/op afstand doorgraving



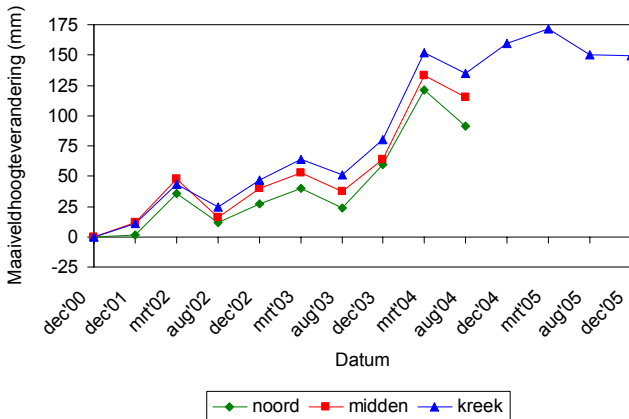
Proefpolder pq 8-2: beweid/bij kreek/op afstand doorgraving



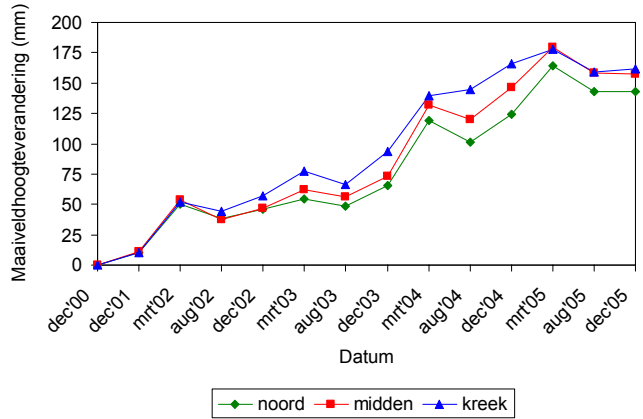
Proefpolder pq 8-5: onbeweid/bij kreek/op afstand doorgraving



Proefpolder pq 10-2: beweid/bij kreek/op afstand doorgraving

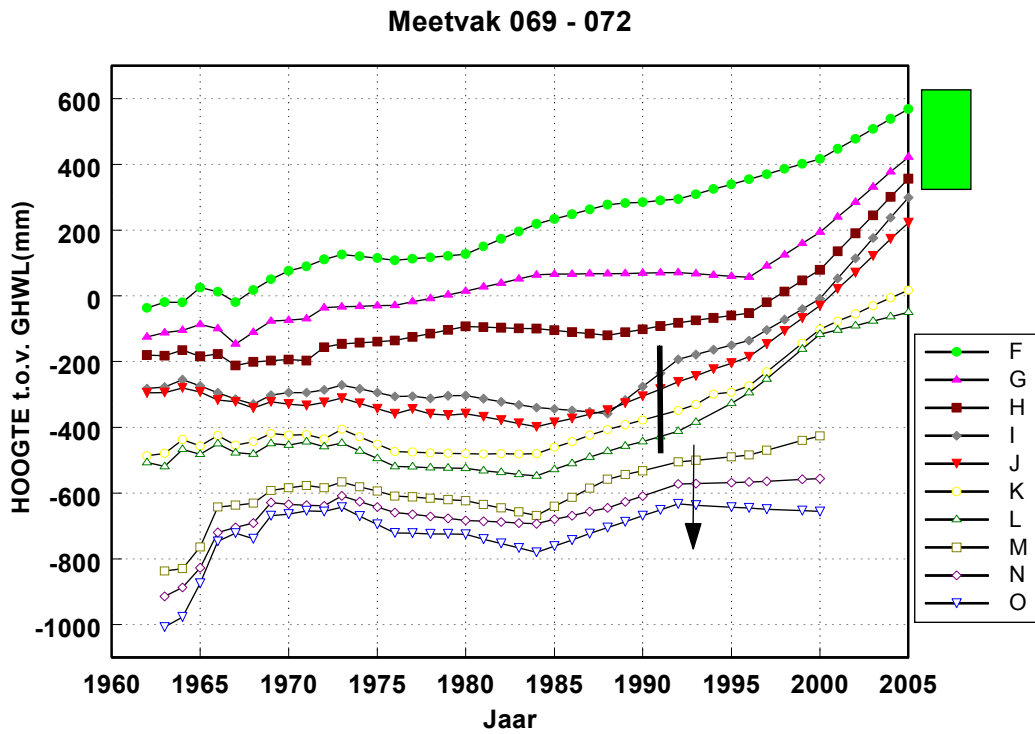


Proefpolder pq 10-5: onbeweid/bij kreek/op afstand doorgraving

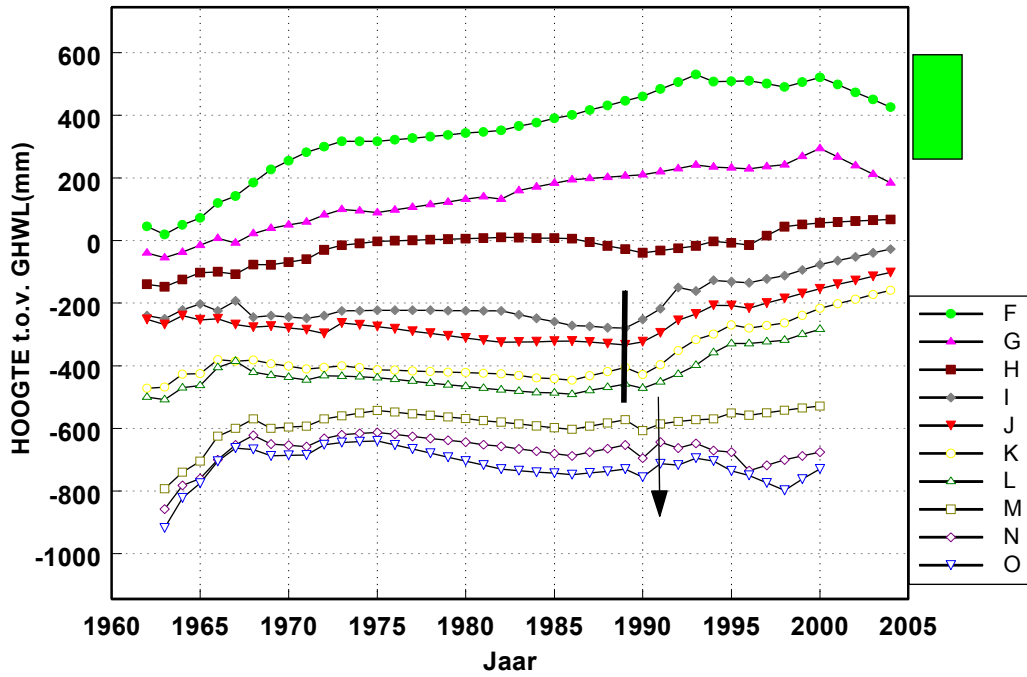


BIJLAGE VI Hoogteontwikkeling maaiveld in de meetvakken van Rijkswaterstaat

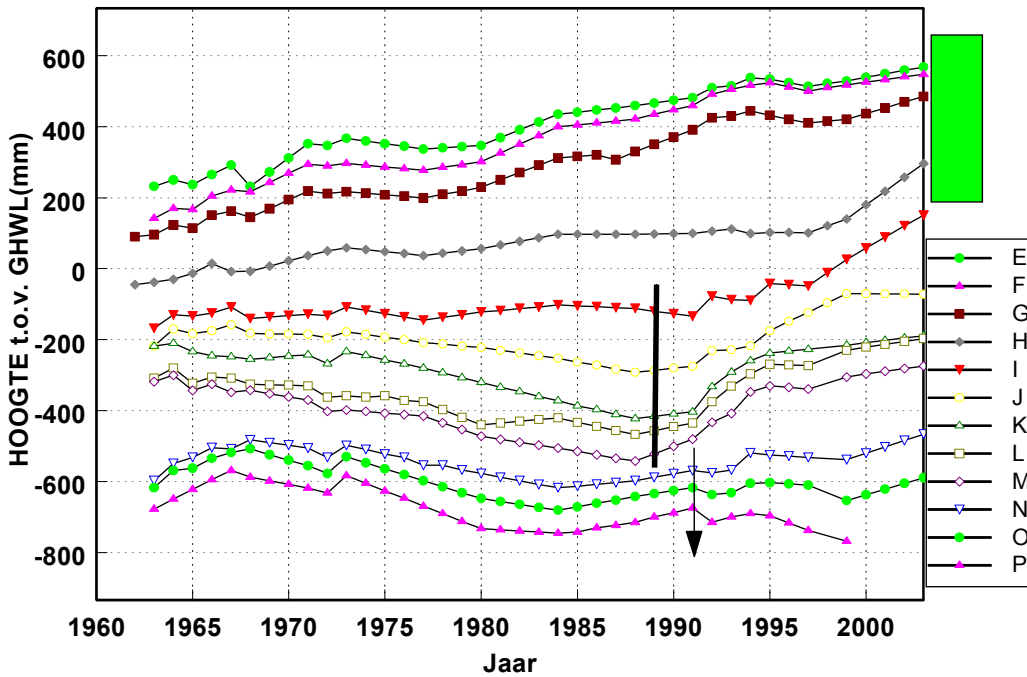
- = kwelderzone
 - ↓ = jaar en locatie verlaten buitenste dwarsdam (= evenwijdig aan de kust)
 - ↓ = jaar en locatie nieuwbouw tussendam (= langsdam loodrecht op de kust)
 - GHWL = Gemiddeld hoogwater lijn
- Elk punt in de grafiek is het gemiddelde van ca. 400 metingen



Meetvak 085 - 088

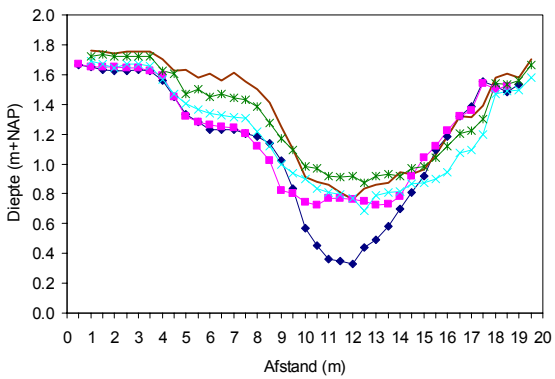


Meetvak 101 - 104

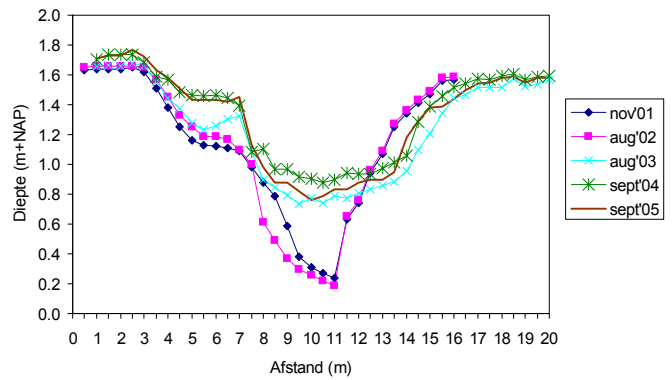


BIJLAGE VII Doorstroomprofielen van de kreek

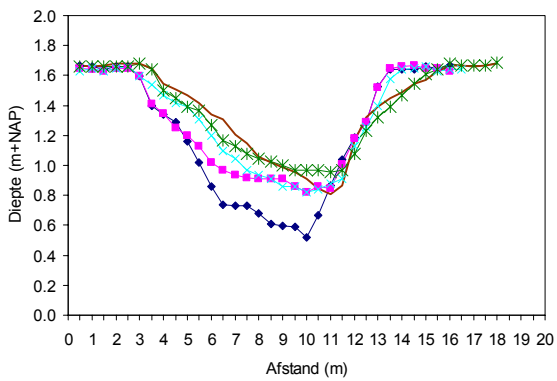
Doorstroomprofiel kreek locatie 2-1



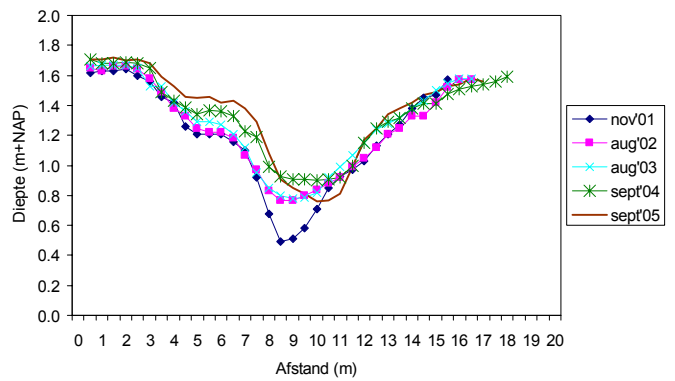
Doorstroomprofiel kreek locatie 2-6



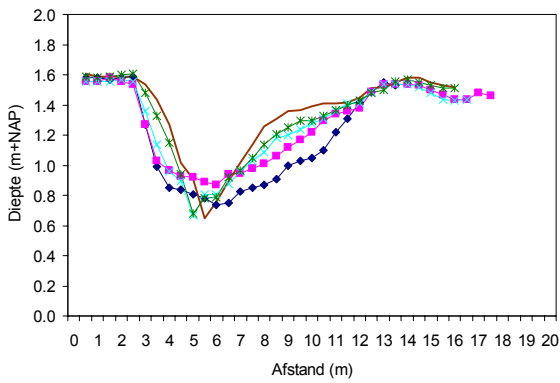
Doorstroomprofiel kreek locatie 4-3



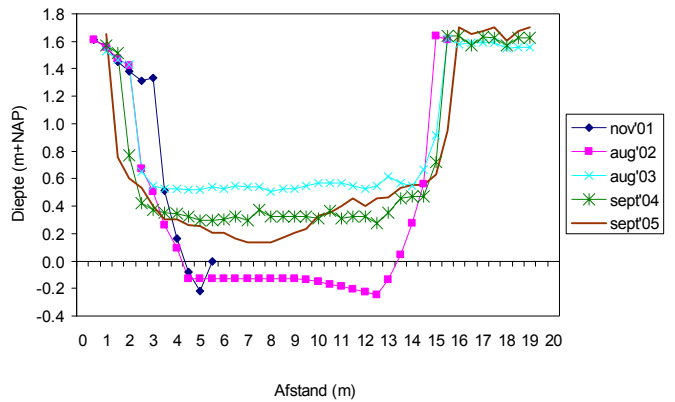
Doorstroomprofiel kreek locatie 4-4



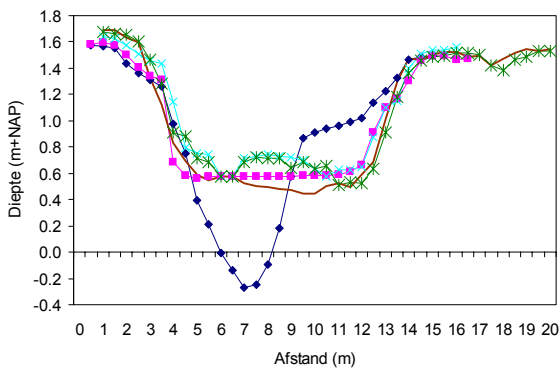
Doorstroomprofiel kreek locatie 6-1



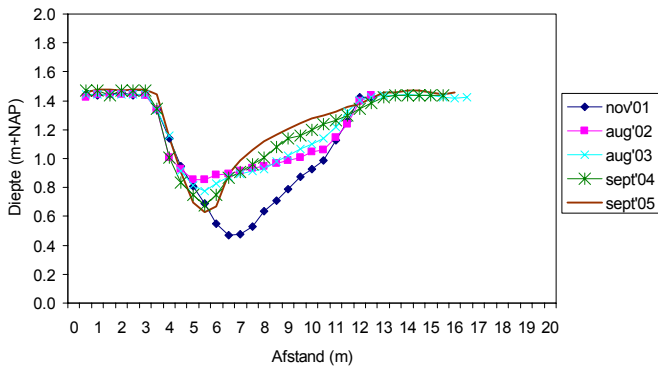
Doorstroomprofiel kreek locatie 6-3



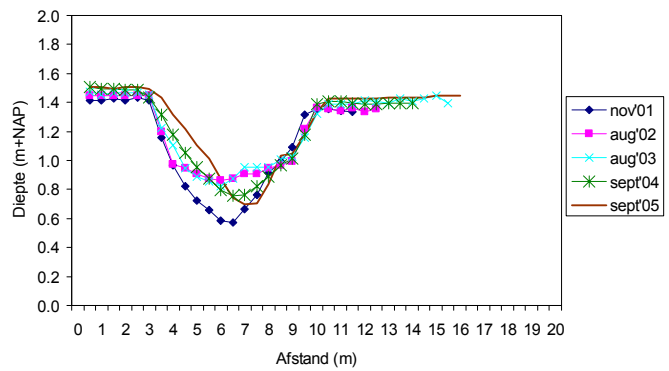
Doorstroomprofiel kreek locatie 6-6



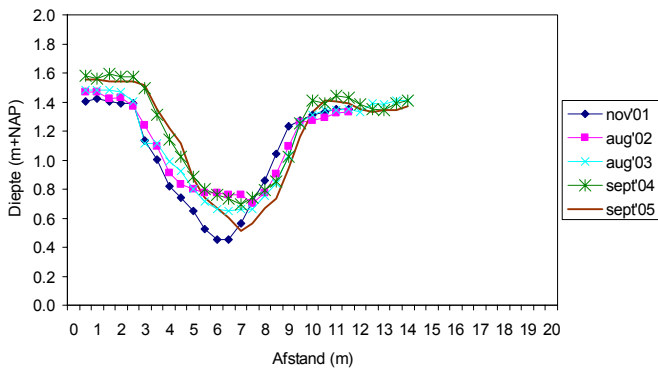
Doorstroomprofiel kreek locatie 8-1



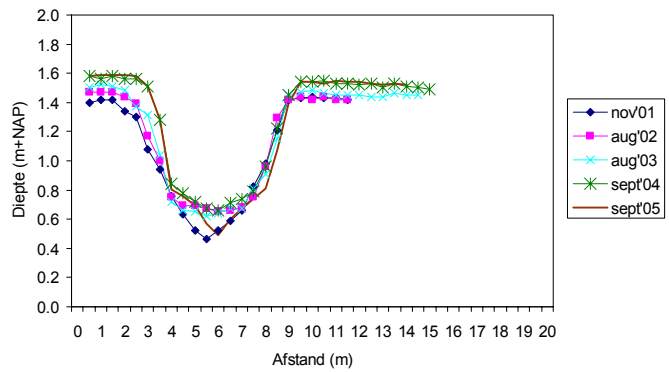
Doorstroomprofiel kreek locatie 8-6



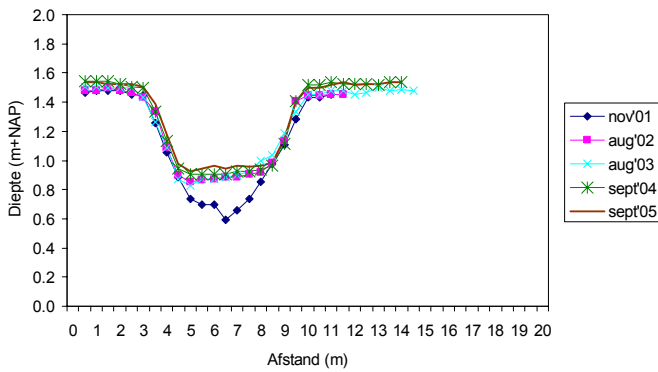
Doorstroomprofiel kreek locatie 10-1



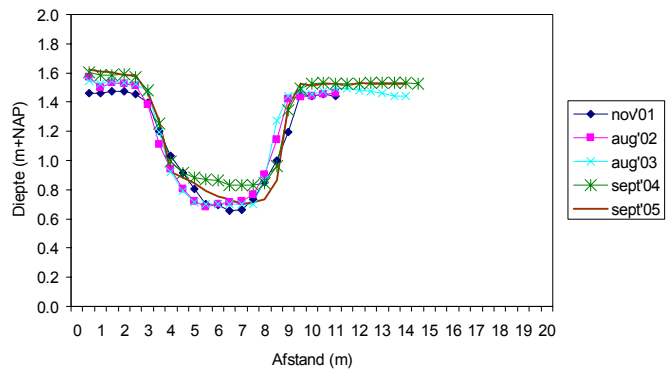
Doorstroomprofiel kreek locatie 10-6



Doorstroomprofiel kreek locatie 12-1



Doorstroomprofiel kreek locatie 12-4



BIJLAGE VIII Vergelijking doelsoortenlijsten kwelderherstelprojecten

In deze bijlage wordt een vergelijking gegeven tussen de door Wolters *et al.* (2005) breed opgestelde lijst van doelsoorten voor natuurbeheer en herstel van kwelders in de zgn. Centraal Noord-Atlantische regio en de daarvan afgeleide lijst voor vastelandkwelders in de Waddenzee inclusief Noard-Fryslân Bûtendyks. Om tot een lijst van doelsoorten te komen hebben Wolters *et al.* (2005) voor een fyto-sociologische benadering gekozen. Voor de Centraal Noord-Atlantische regio hebben de auteurs zich gebaseerd op *De Vegetatie van Nederland* (Schaminée *et al.* 1998; verder afgekort tot VvN). Plantensoorten die volgens de VvN in 61% of meer van het totaal aantal opnamen per kweldergemeenschap (associatie-niveau) voorkwam, is door Wolters *et al.* als doelsoort aangemerkt (Tabel VIII.1).

Om tot een lijst van doelsoorten voor Noard-Fryslân Bûtendyks te komen is de doelsoortenlijst van Wolters *et al.* (2005) als uitgangspunt genomen. Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven, kan op basis van de gebiedsspecifieke variatie in abiotiek niet verwacht worden dat alle kweldergemeenschappen beschreven in de VvN ook in Noard-Fryslân Bûtendyks tot ontwikkeling zullen komen. Dit betekent dat de selectieprocedure van Wolters *et al.* (2005) is herhaald met een kleinere set van vegetatietypen. Vegetatietypen die vrijwel beperkt zijn tot de Waddeneilanden zijn buiten beschouwing gelaten, evenals vegetatietypen die karakteristiek zijn voor binnenlandse zoute vegetaties die niet direct onder periodieke invloed van zout getijdewater staan. Ook brakke vegetaties uit het *Phragmitetea* zijn buiten beschouwing gelaten.

De gevolgde werkwijze resulteerde in een inkorting van de lijst van 39 naar 20 soorten.

Literatuur

- Wolters, M., Garbutt, A. & Bakker, J.P., 2005. Salt-marsh restoration: evaluating the success of de-embankments in north-west Europe. *Biological Conservation* 123: 249-268.
- Schaminée, J.H.J., Weeda, E.J. & Westhoff, V., 1998. *De vegetatie van Nederland 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus*. Opulus Press, Uppsala.

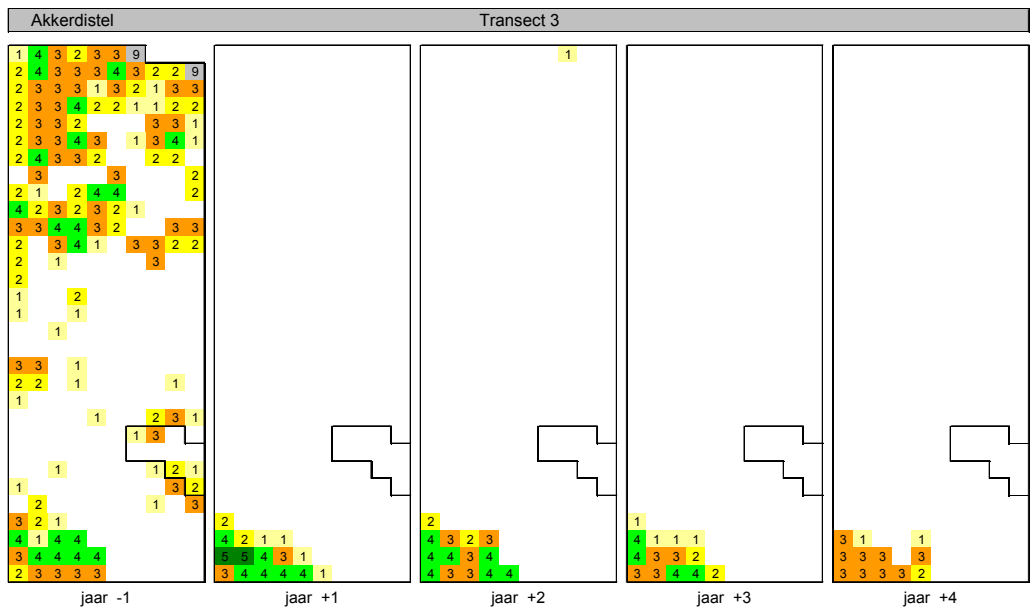
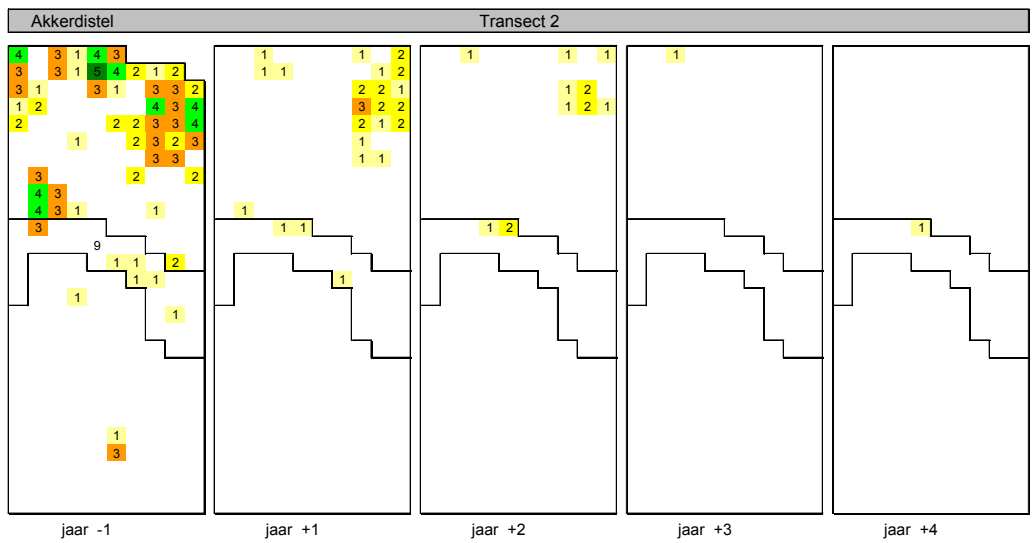
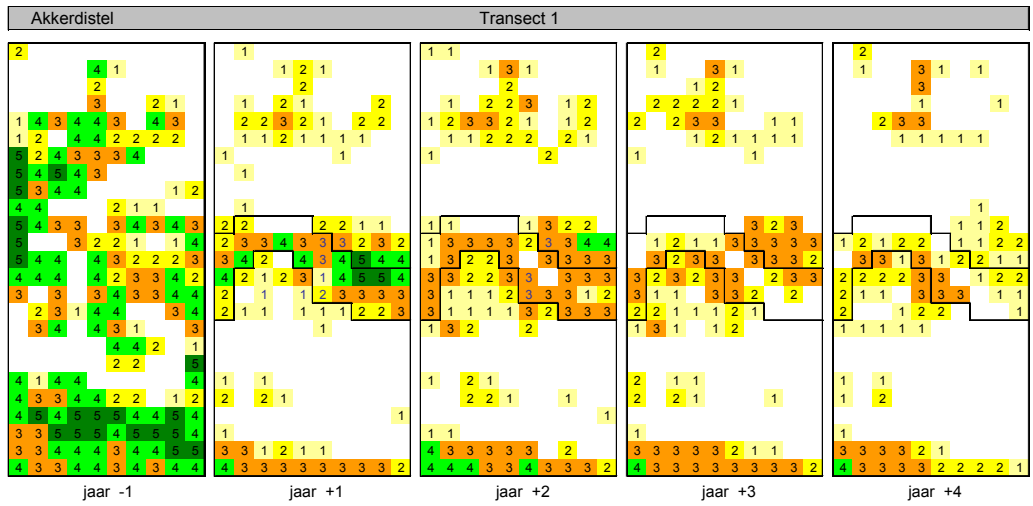
Tabel VIII.1 Vergelijking van doelsoorten voor herstelprojecten van kwelders in de zgn. Centraal Noord-Atlantische regio (CNA; Wolters *et al.*, 2005) en specifiek voor Noard-Fryslân Bûtendyks (NFB). Rode ogentroost en Riet voldoen wel aan het 61% criterium van Wolters *et al.* (2005), maar zijn door de auteurs niet als doelsoort aangemerkt. De selectie van Gewone rolklaver, Witte klaver en Rietzwenkgras is onduidelijk. Zie begeleidende tekst voor verder toelichting.

Soort		Doelsoort	
		CNA	NFB
Klein slijkgras	<i>Spartina maritima</i>	x	
Engels slijkgras	<i>Spartina anglica</i>	x	x
Zeekraal	<i>Salicornia</i> spp.	x	x
Klein schorrenkruid	<i>Suaeda maritima</i>	x	x
Zulte	<i>Aster tripolium</i>	x	x
Zeeweegbree	<i>Plantago maritima</i>	x	x
Schorrenzoutgras	<i>Triglochin maritima</i>	x	x
Lamsoor	<i>Limonium vulgare</i>	x	
Gerande schijnspurrie	<i>Spergularia maritima</i>	x	x
Gewone zoutmelde	<i>Atriplex portulacoides</i>	x	x
Melkkruid	<i>Glaux maritima</i>	x	x
Gewoon kweldergras	<i>Puccinellia maritima</i>	x	x
Spiesmelde	<i>Atriplex prostrata</i>	x	x
Zilte schijnspurrie	<i>Spergularia salina</i>	x	x
Stomp kweldergras	<i>Puccinellia distans</i>	x	x
Blauw kweldergras	<i>Puccinellia fasciculata</i>	x	
Zeegerst	<i>Hordeum marinum</i>	x	
Zilte rus	<i>Juncus gerardi</i>	x	x
Rood zwenkgras s.l.	<i>Festuca rubra</i>	x	x
Kwelderzegge	<i>Carex extensa</i>	x	
Fraai duizendguldenkruid	<i>Centaurium pulchellum</i>	x	
Rode bies	<i>Blysmus rufus</i>	x	
Zeealsem	<i>Artemisia maritima</i>	x	x
Zeekweek	<i>Elymus athericus</i>	x	x
Zeerus	<i>Juncus maritimus</i>	x	
Zilt torkruid	<i>Oenanthe lachenalii</i>	x	
Zilverschoon	<i>Potentilla anserina</i>	x	x
Fioringras	<i>Agrostis stolonifera</i>	x	x
Aardbeiklaver	<i>Trifolium fragiferum</i>	x	x
Zilte zegge	<i>Carex distans</i>	x	
Kattedoorn	<i>Ononis repens spinosa</i>	x	
Zeevetmuur	<i>Sagina maritima</i>	x	
Hertshoornweegbree	<i>Plantago coronopus</i>	x	
Deens lepelblad	<i>Cochlearia danica</i>	x	
Heen	<i>Scirpus maritimus</i>	x	
Ruwe bies	<i>Scirpus tabernaemonti</i>	x	
Gewone rolklaver	<i>Lotus corniculatus</i>	x	
Witte klaver	<i>Trifolium repens</i>	x	
Rietzwenkgras	<i>Festuca arundinacea</i>	x	
Rode ogentroost s.l.	<i>Odontites verna</i>		
Riet	<i>Phragmites australis</i>		
Aantal soorten		39	20

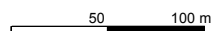
BIJLAGE IX Verspreidingskaarten plantensoorten in permanente transecten

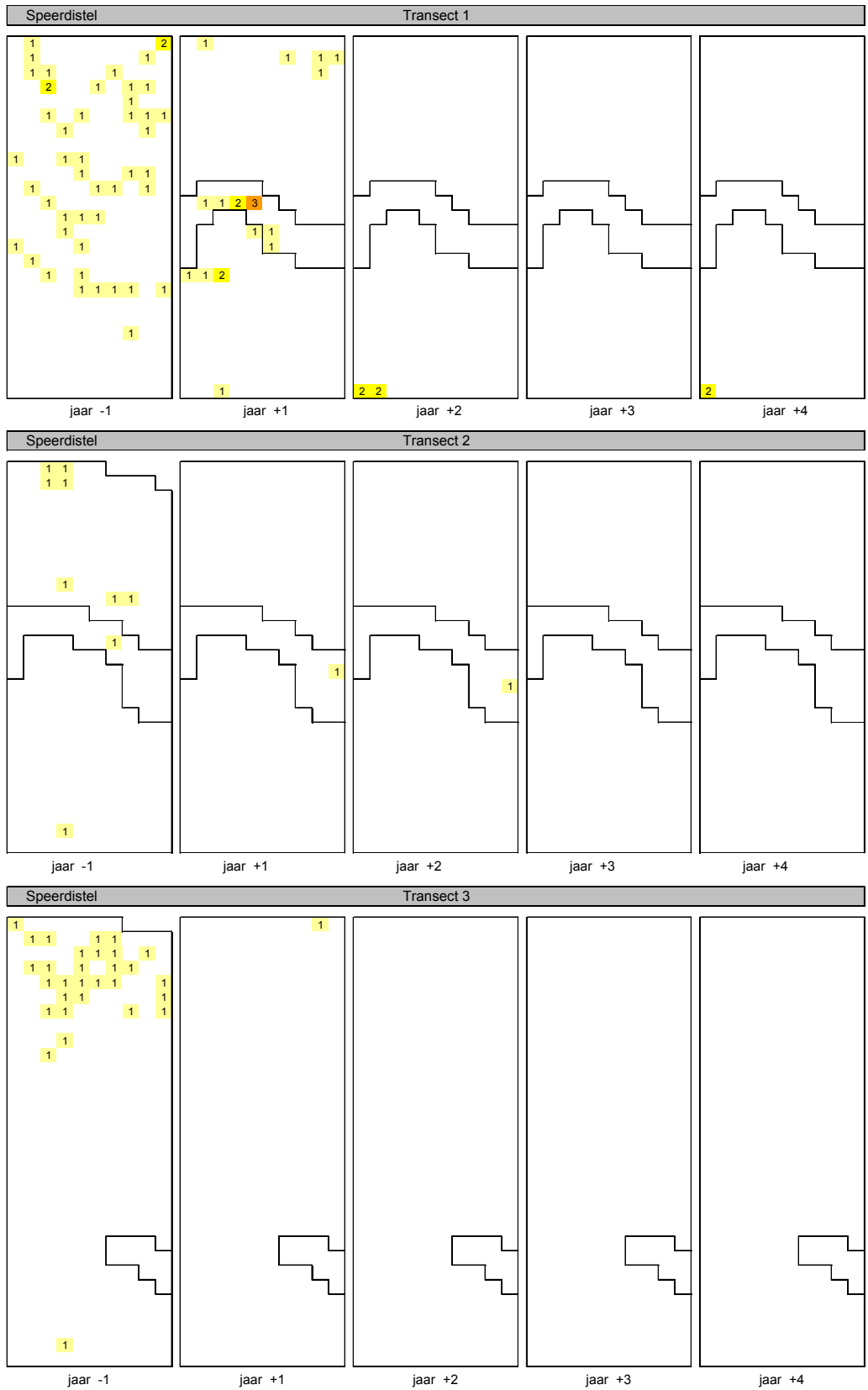
Deze Bijlage geeft de verspreidingskaartjes van de gekarteerde plantensoorten op de permanente raaien. De soorten worden naar toenemende zouttolerantie in dezelfde volgorde gegeven als in Tabel 4.5.

In enkele kaarten uit het laatste jaar vóór uitpoldering worden vakjes van 10 m × 10 m gegeven met een grijze arcering en code "9". De codering geeft aan dat de soort wel in het betreffende vak aanwezig was, maar de abundantie niet opgenomen is omdat het vak verstoord was door de voorbereidende inrichtingswerkzaamheden van de uitpoldering.

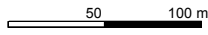


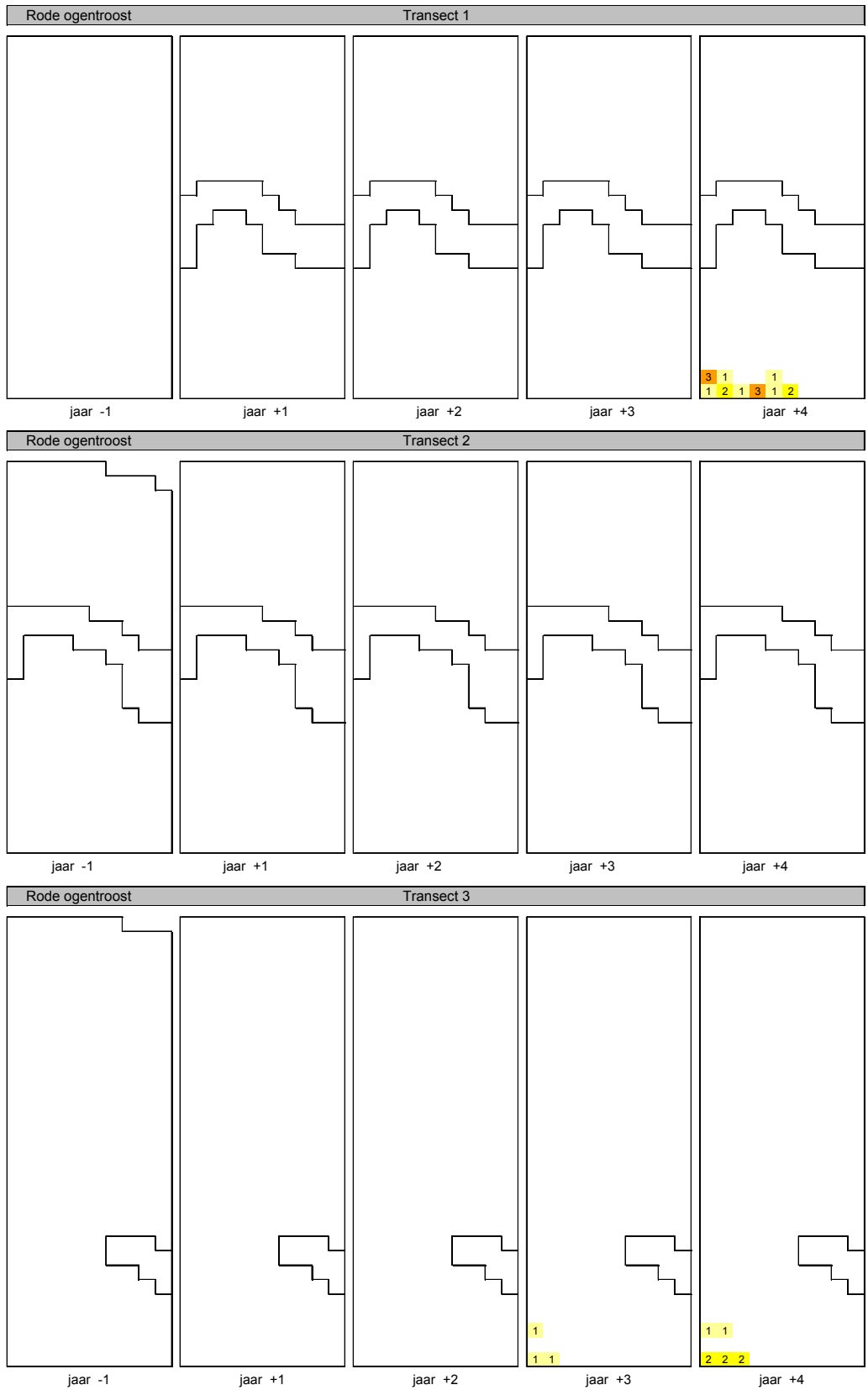
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %





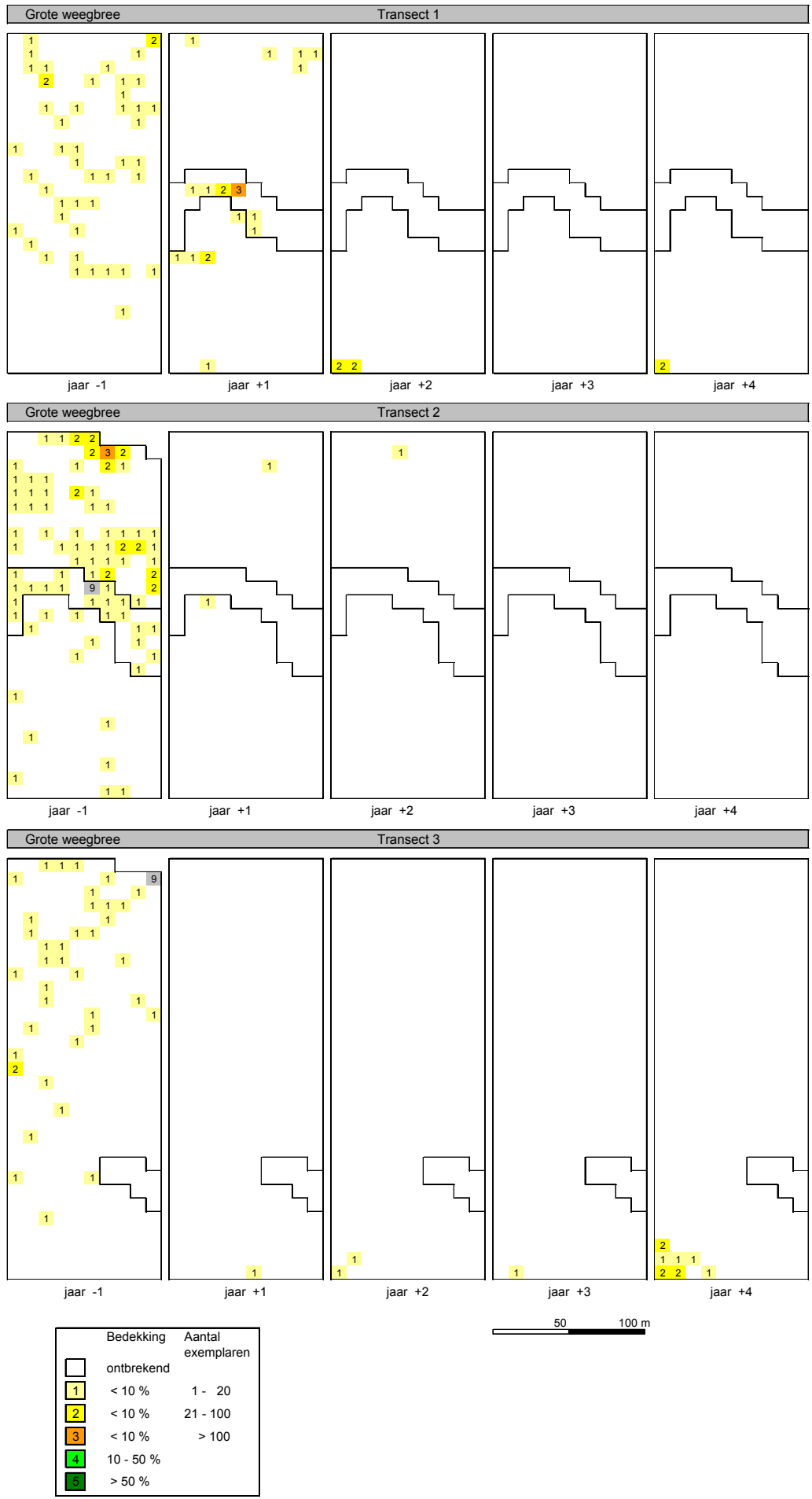
Bedekking	Aantal exemplaren
□ ontbrekend	
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

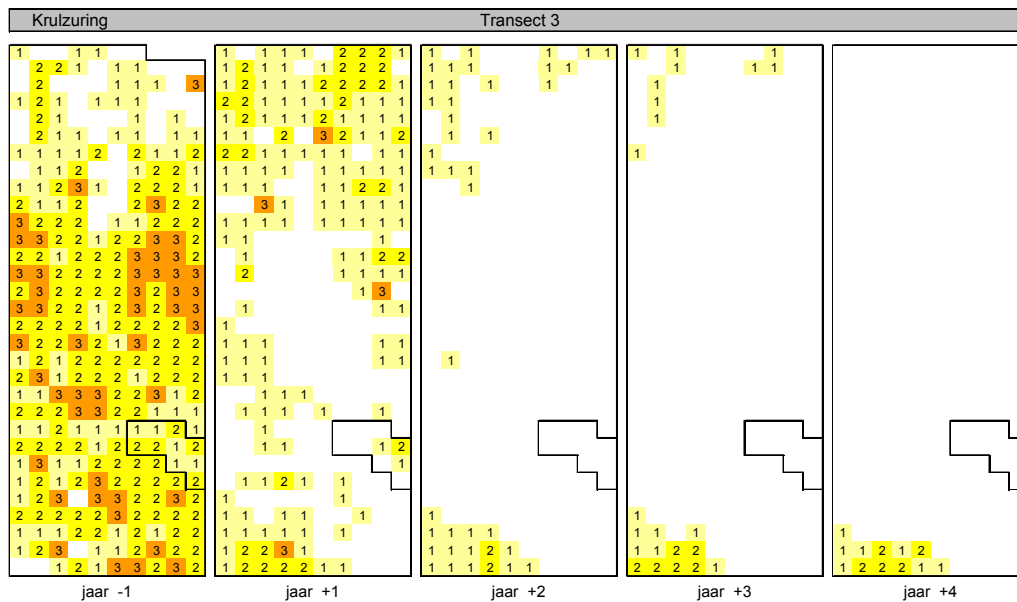
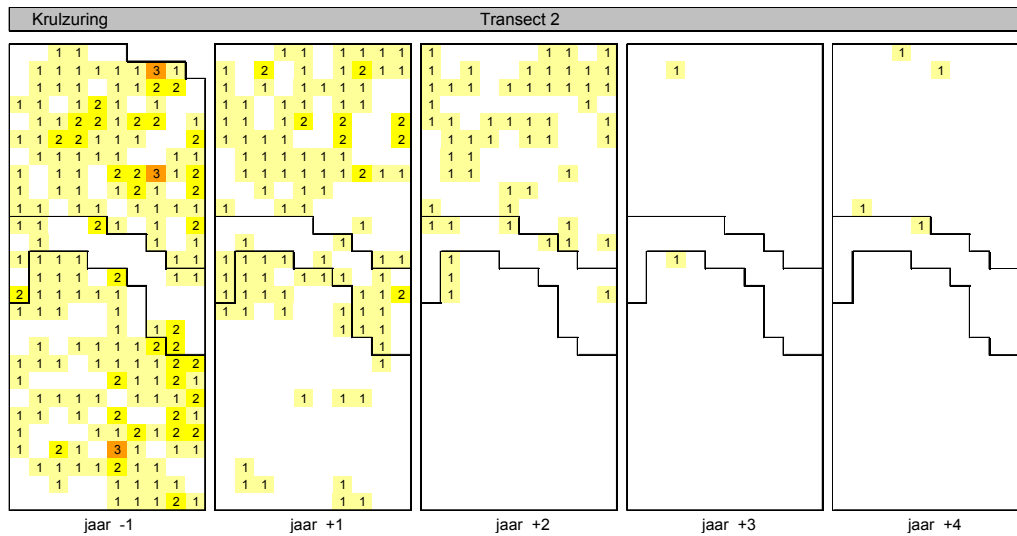
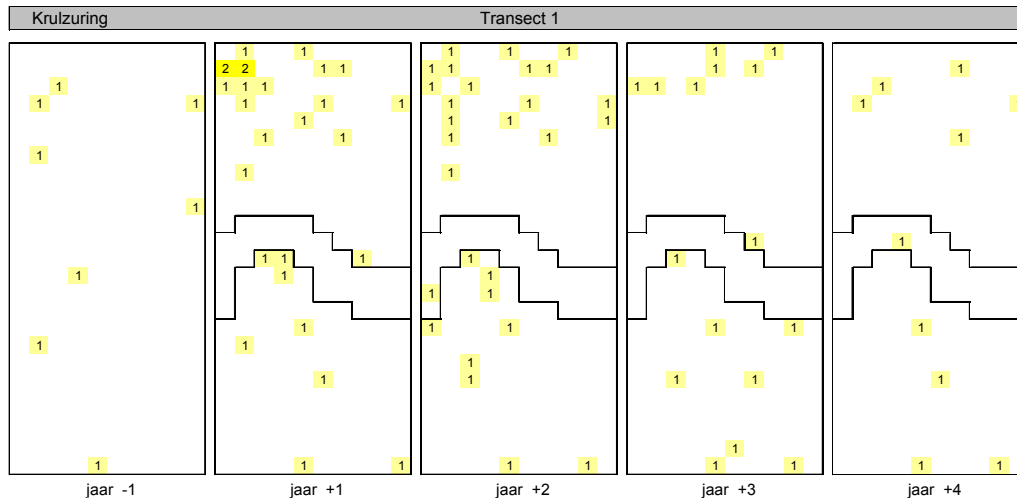




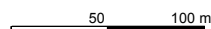
Bedekking	Aantal exemplaren
□ ontbrekend	
1 < 10 %	1 - 20
2 < 10 %	21 - 100
3 < 10 %	> 100
4 10 - 50 %	
5 > 50 %	

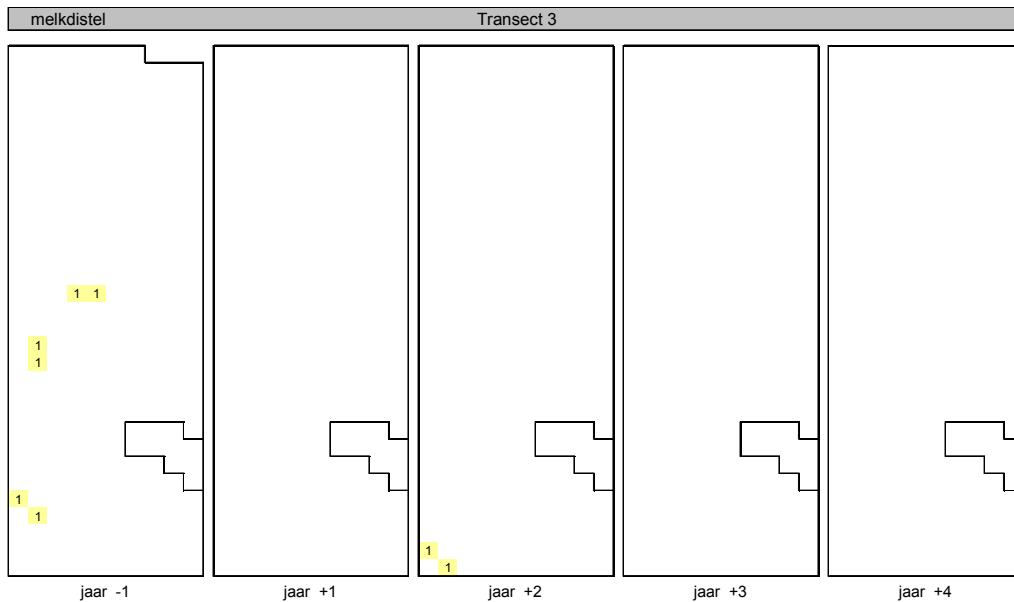
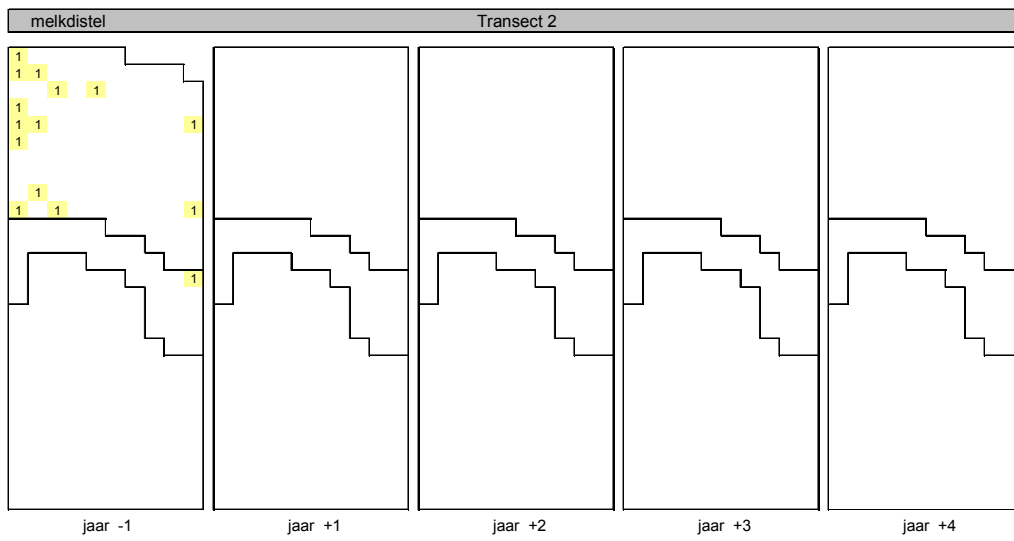
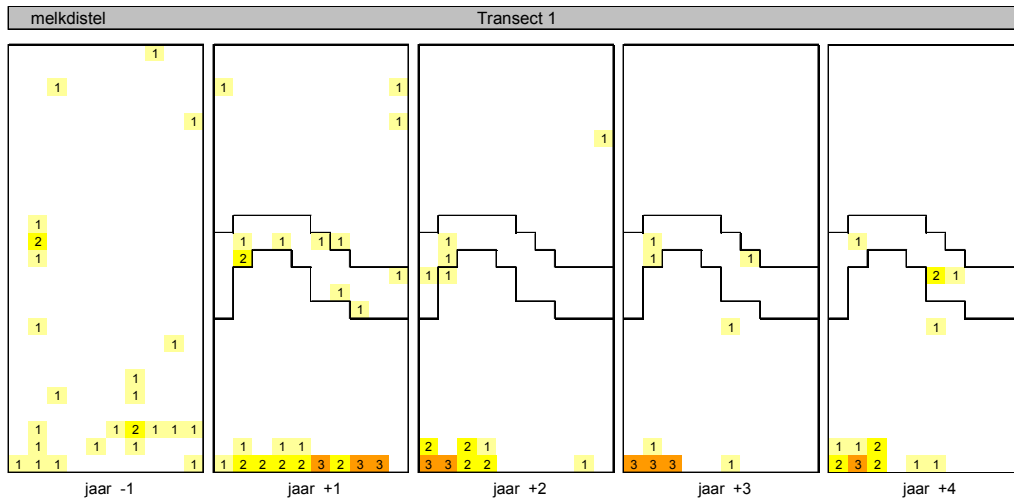
50 100 m



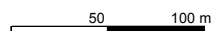


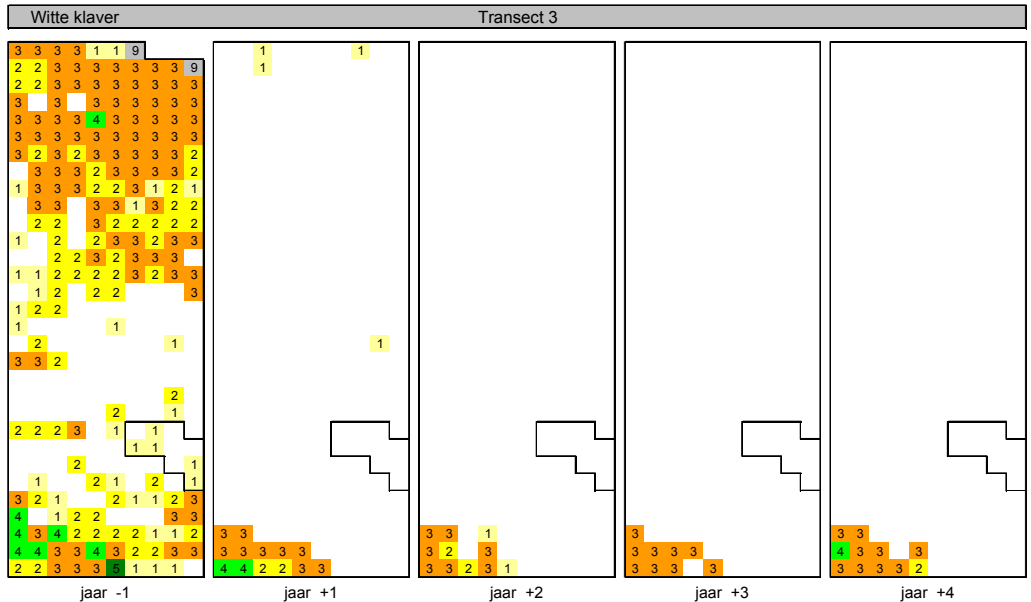
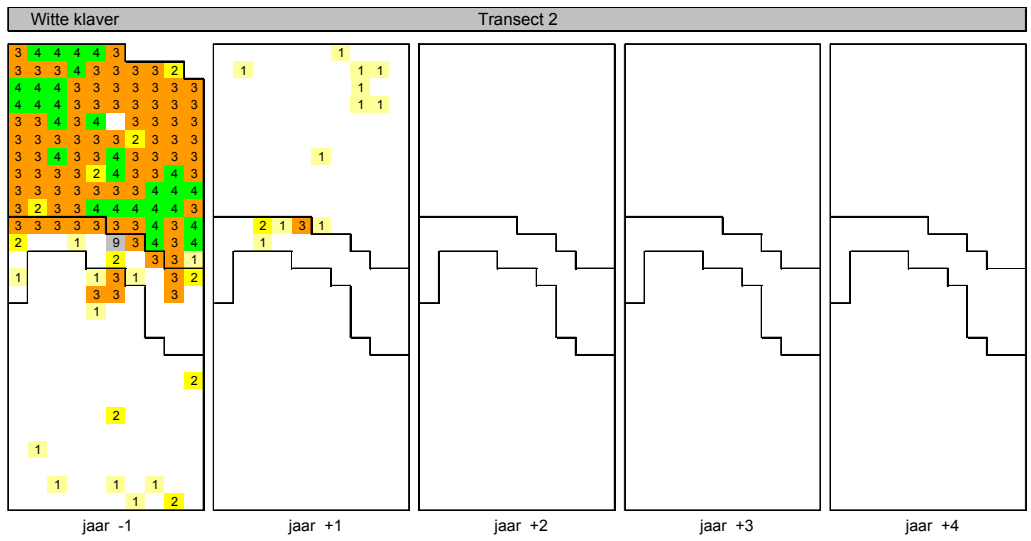
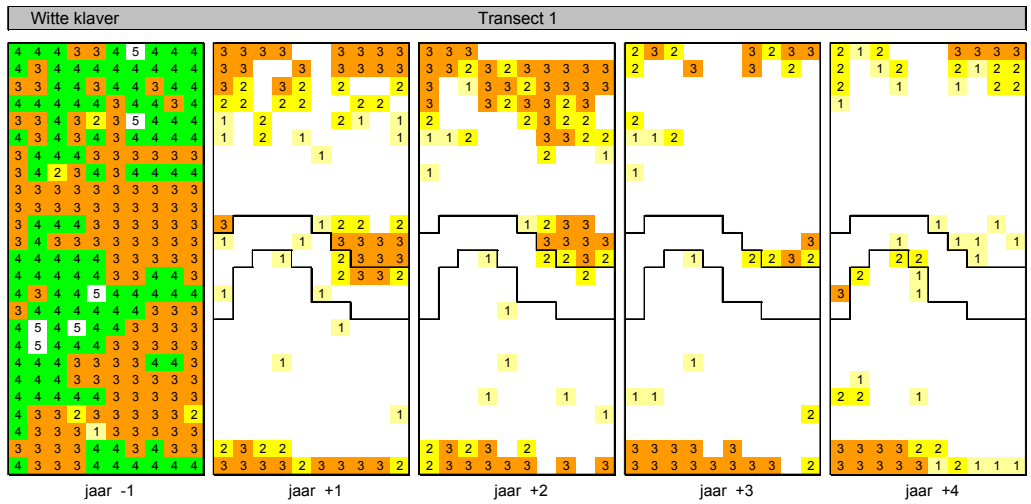
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %



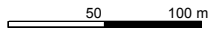


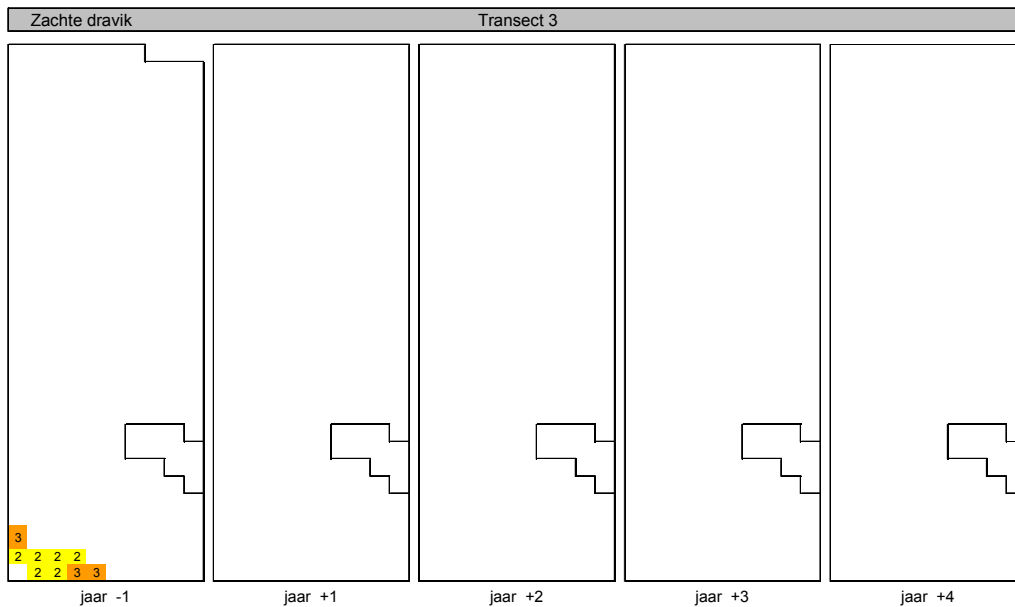
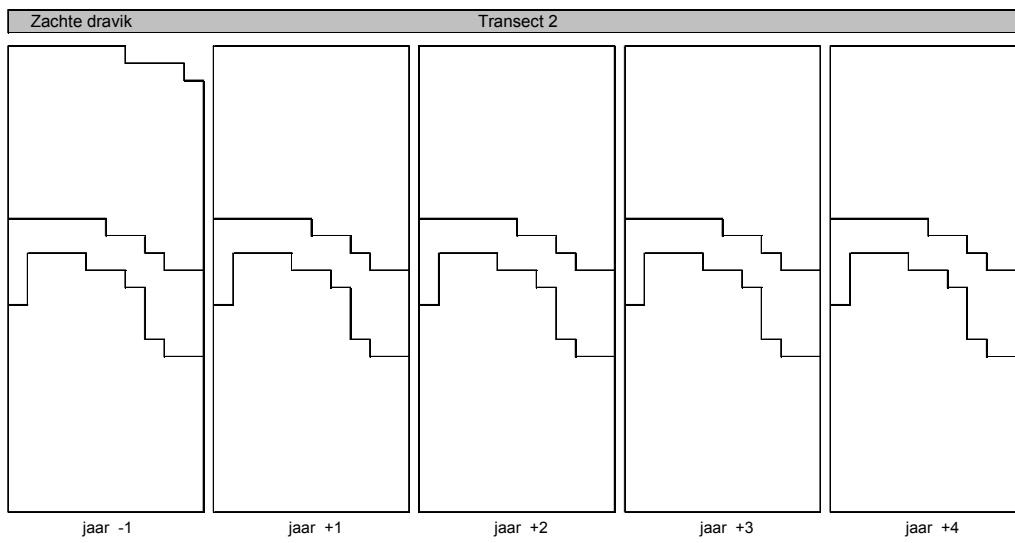
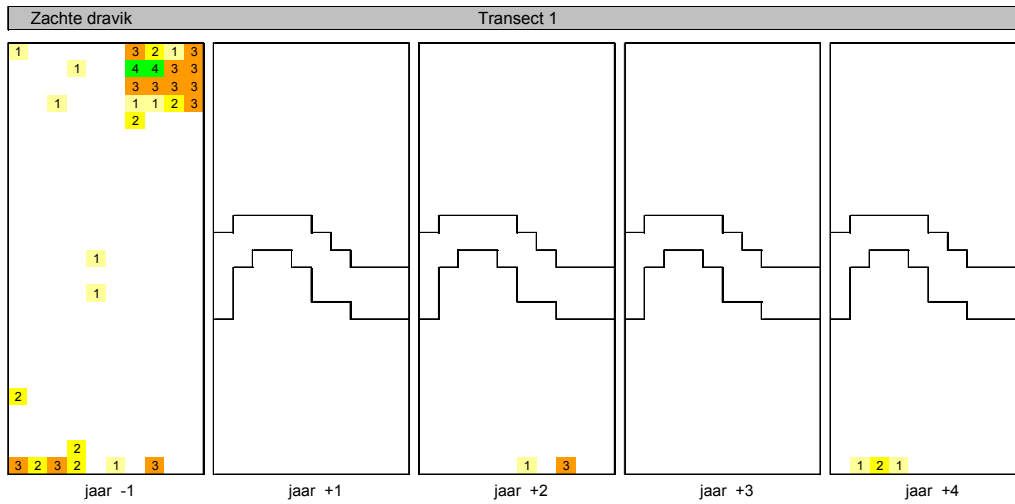
Bedekking	Aantal exemplaren
□ ontbrekend	
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %



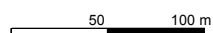


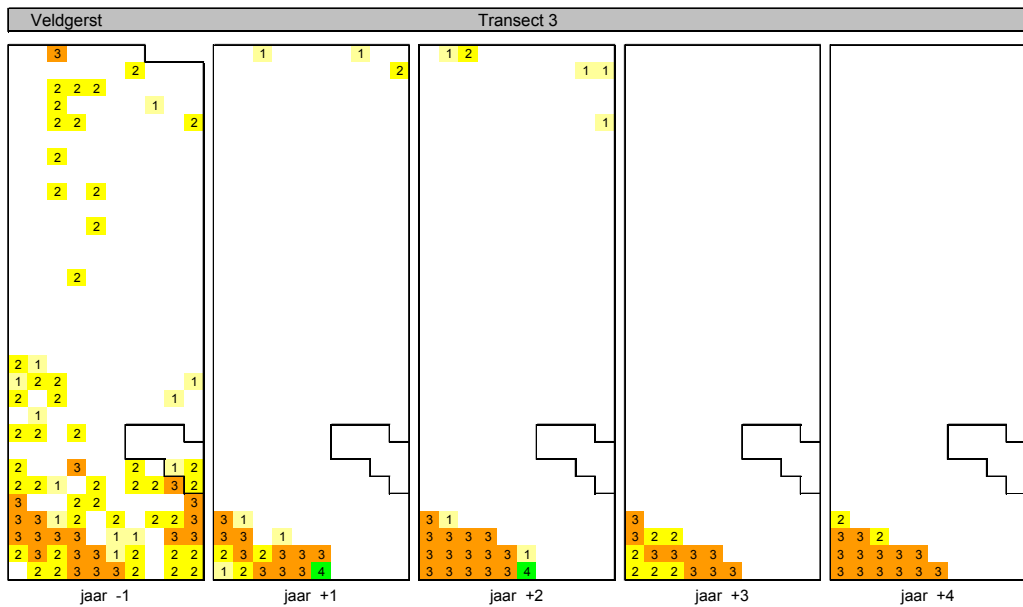
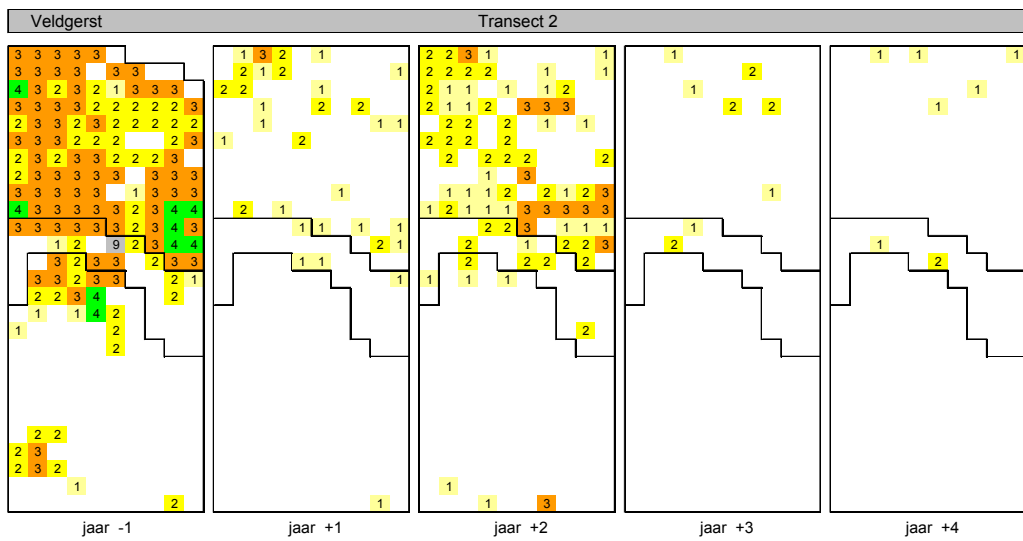
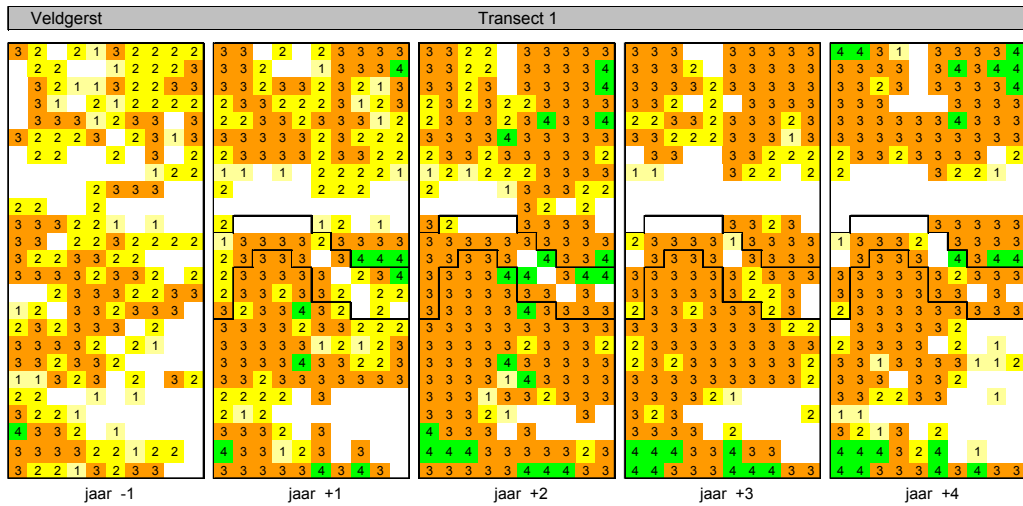
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %





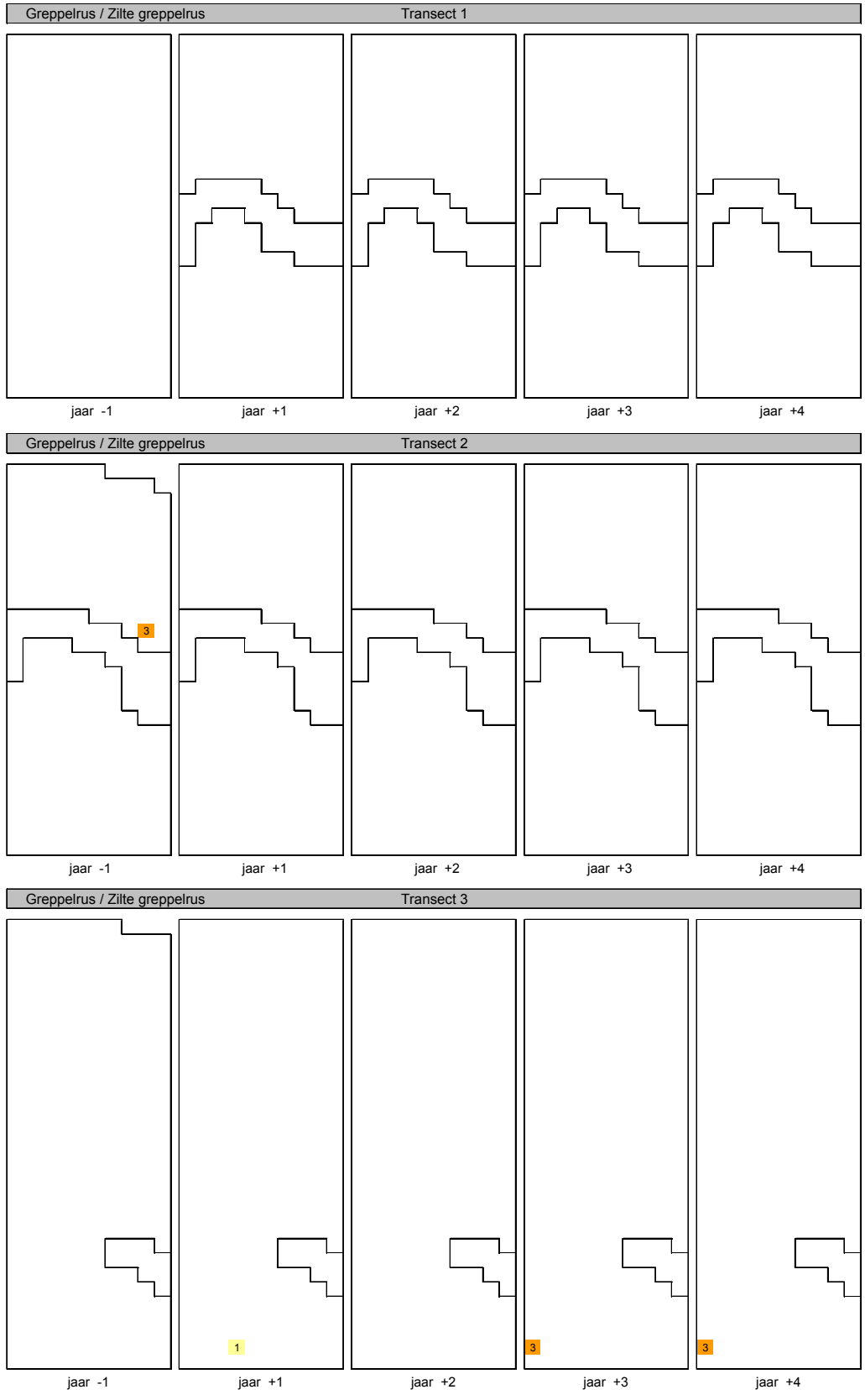
Bedekking	Aantal exemplaren
□ ontbrekend	
1 < 10 %	1 - 20
2 < 10 %	21 - 100
3 < 10 %	> 100
4 10 - 50 %	
5 > 50 %	





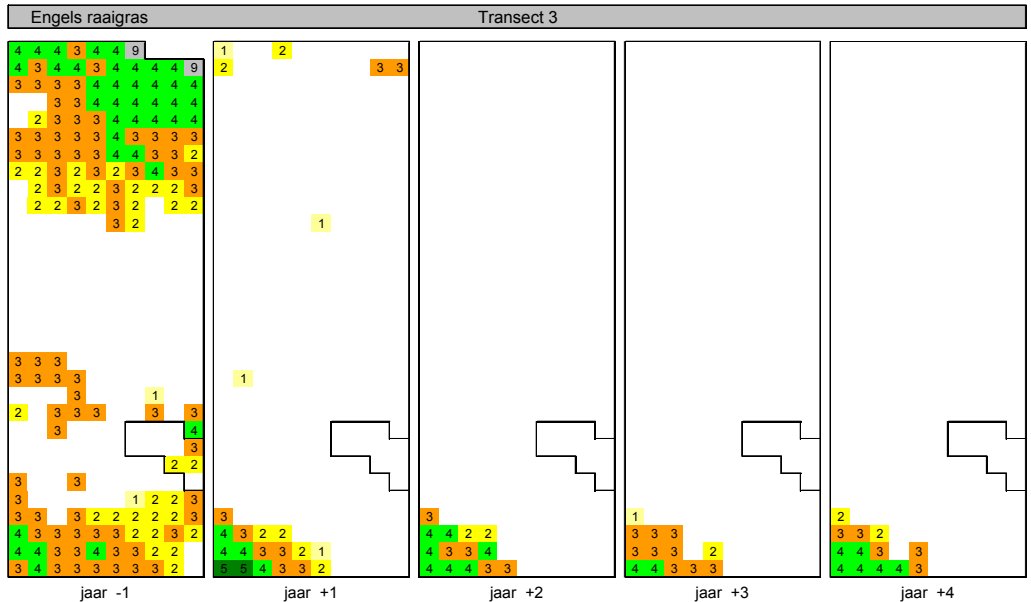
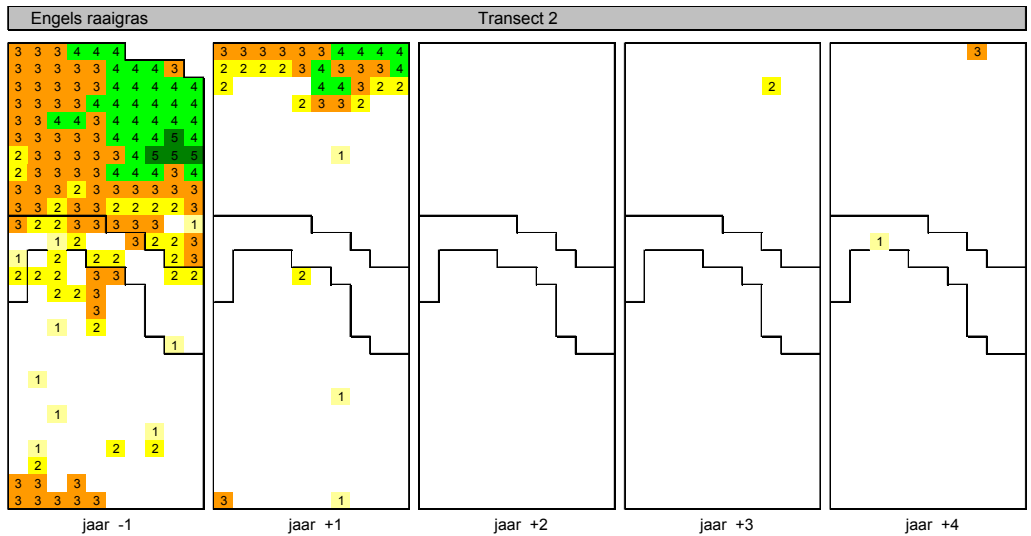
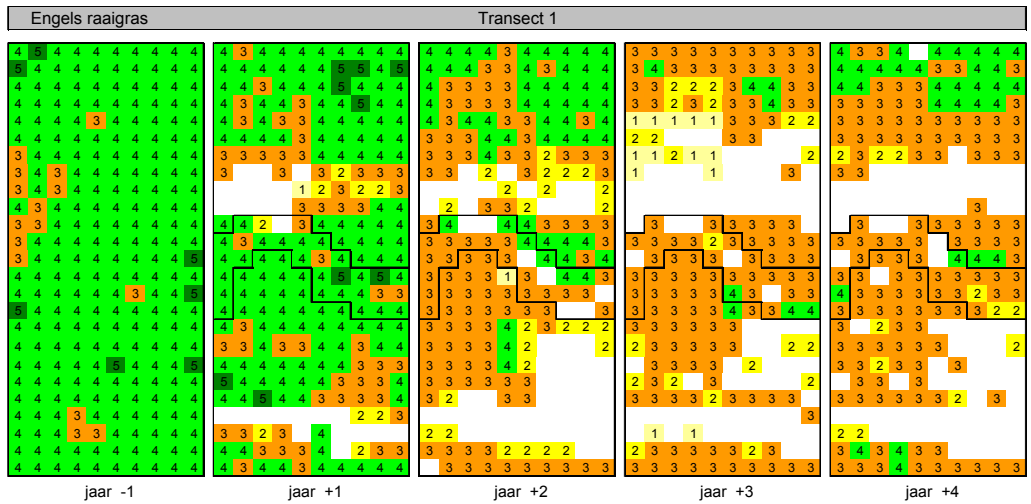
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

50 100 m



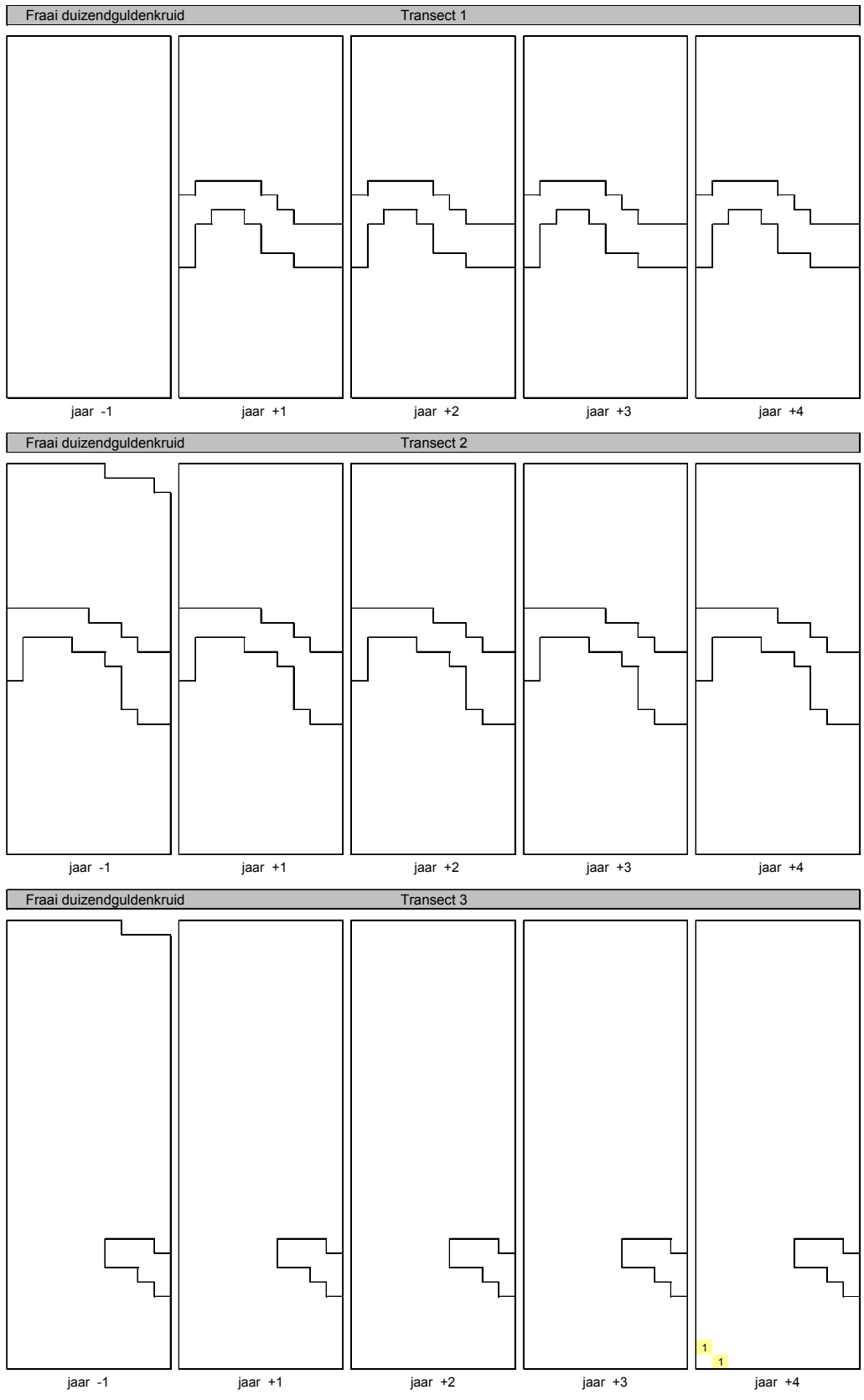
Bedekking	Aantal exemplaren
ontbrekend	
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

50 100 m



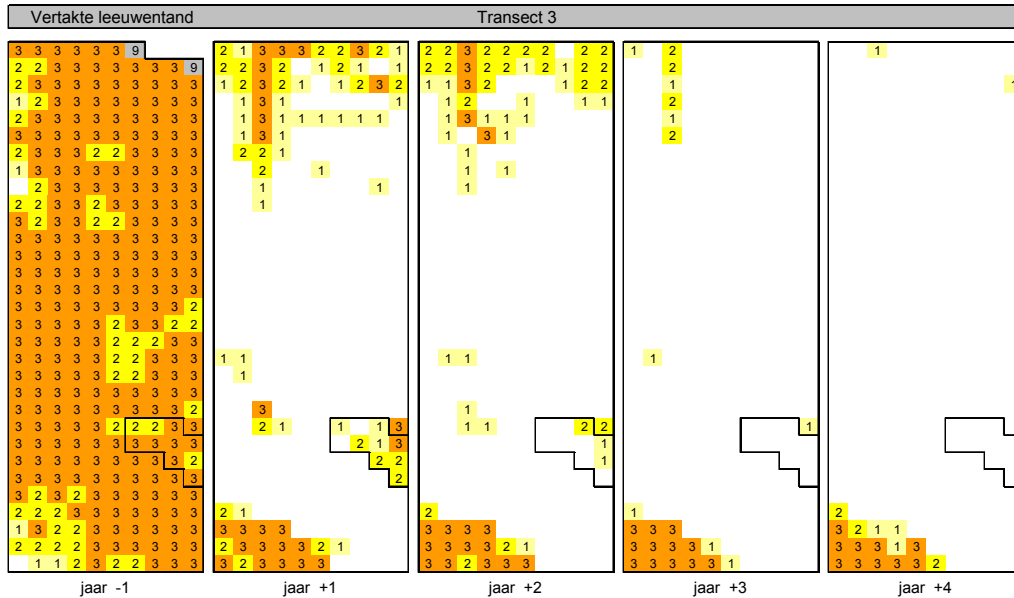
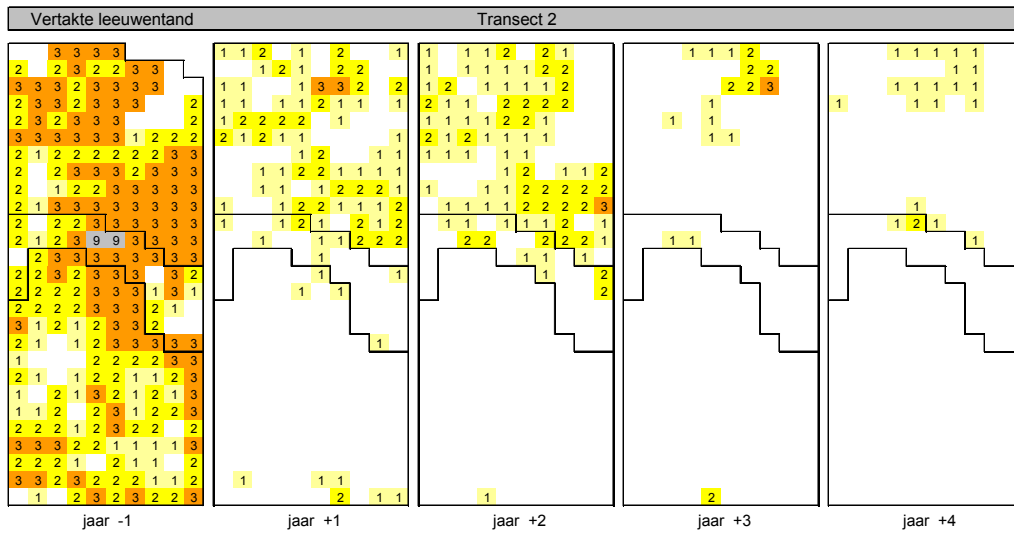
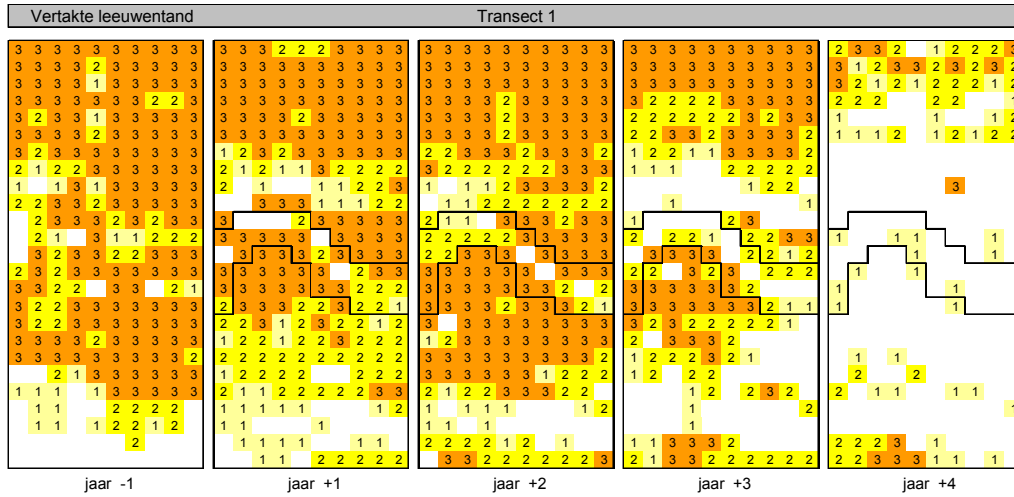
Bedekking	Aantal exemplaren
☐	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

50 100 m

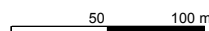


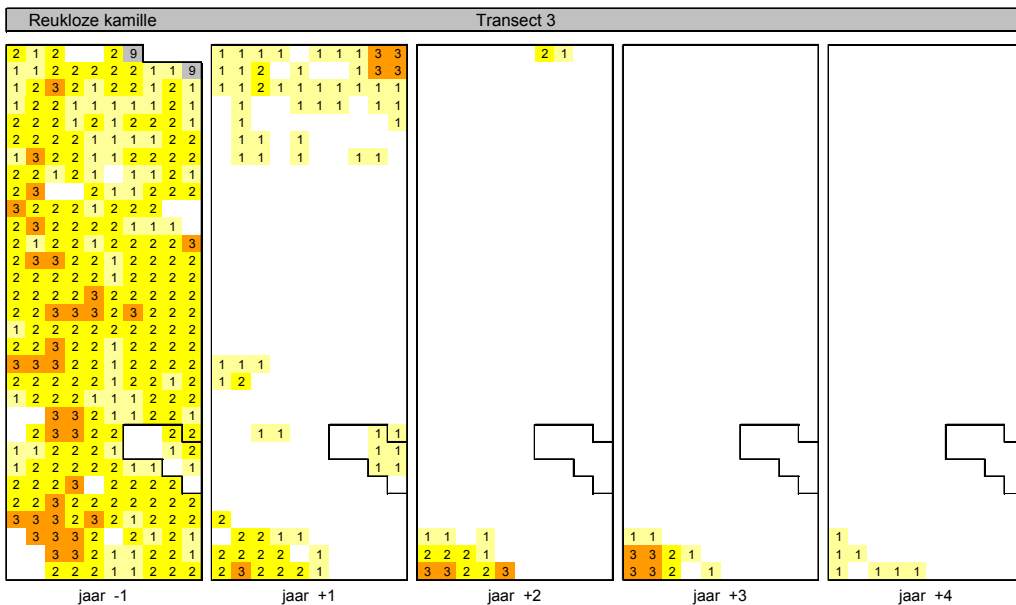
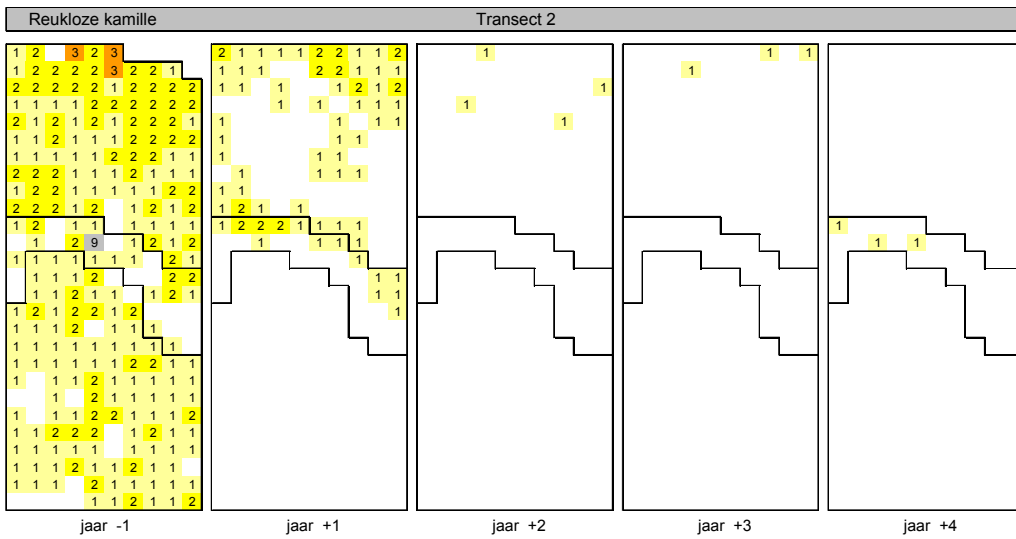
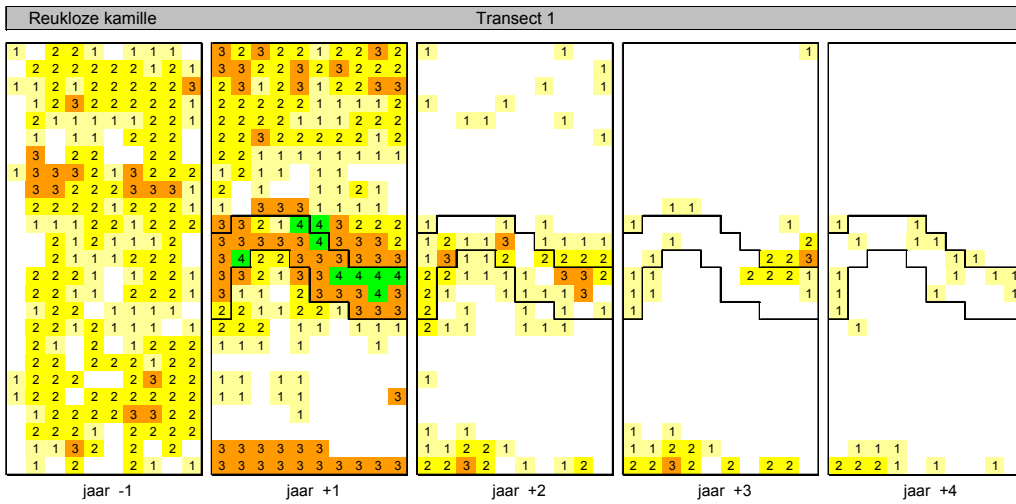
Bedekking	Aantal exemplaren
□ ontbrekend	
1 < 10 %	1 - 20
2 < 10 %	21 - 100
3 < 10 %	> 100
4 10 - 50 %	
5 > 50 %	

50 100 m

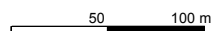


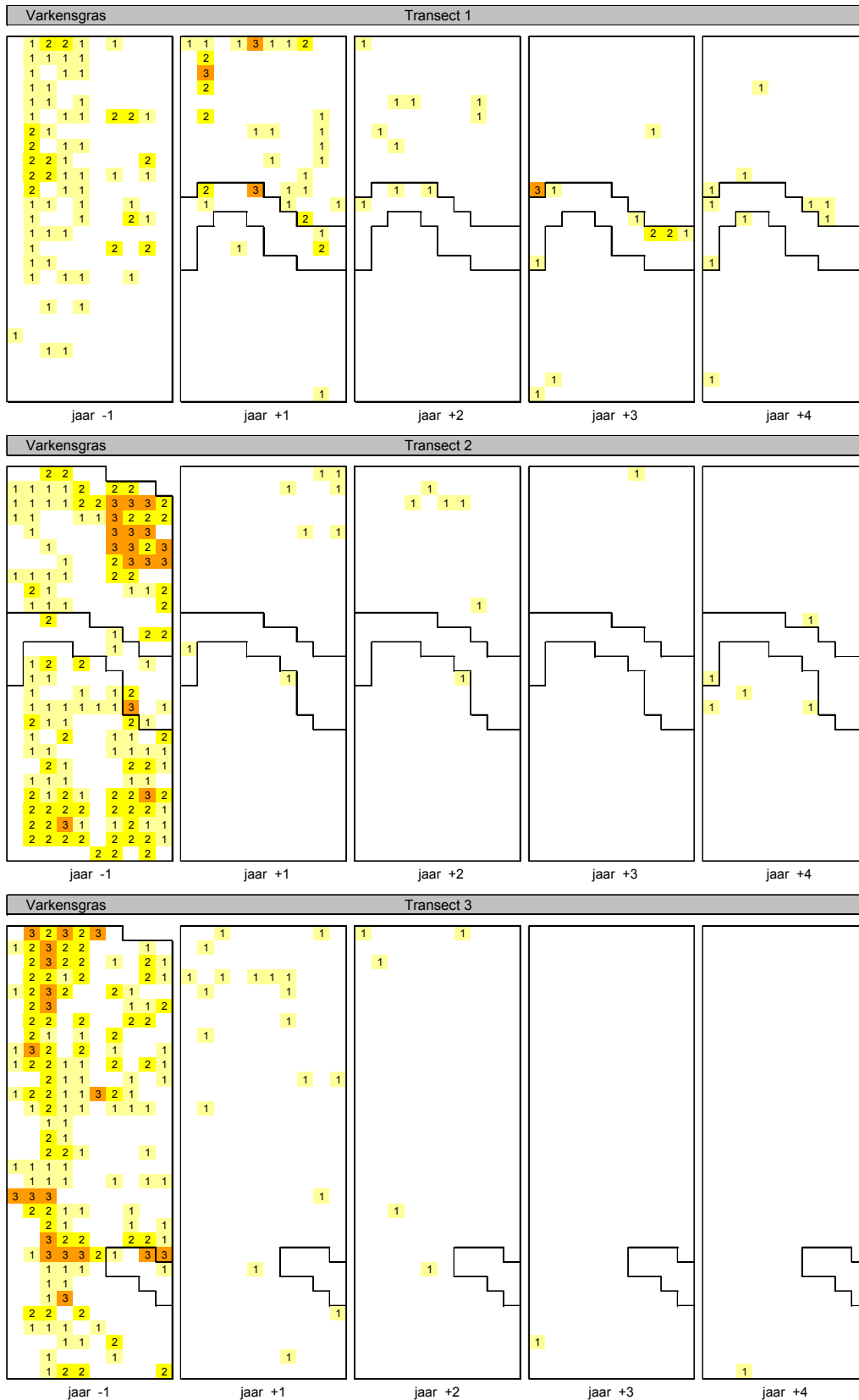
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %





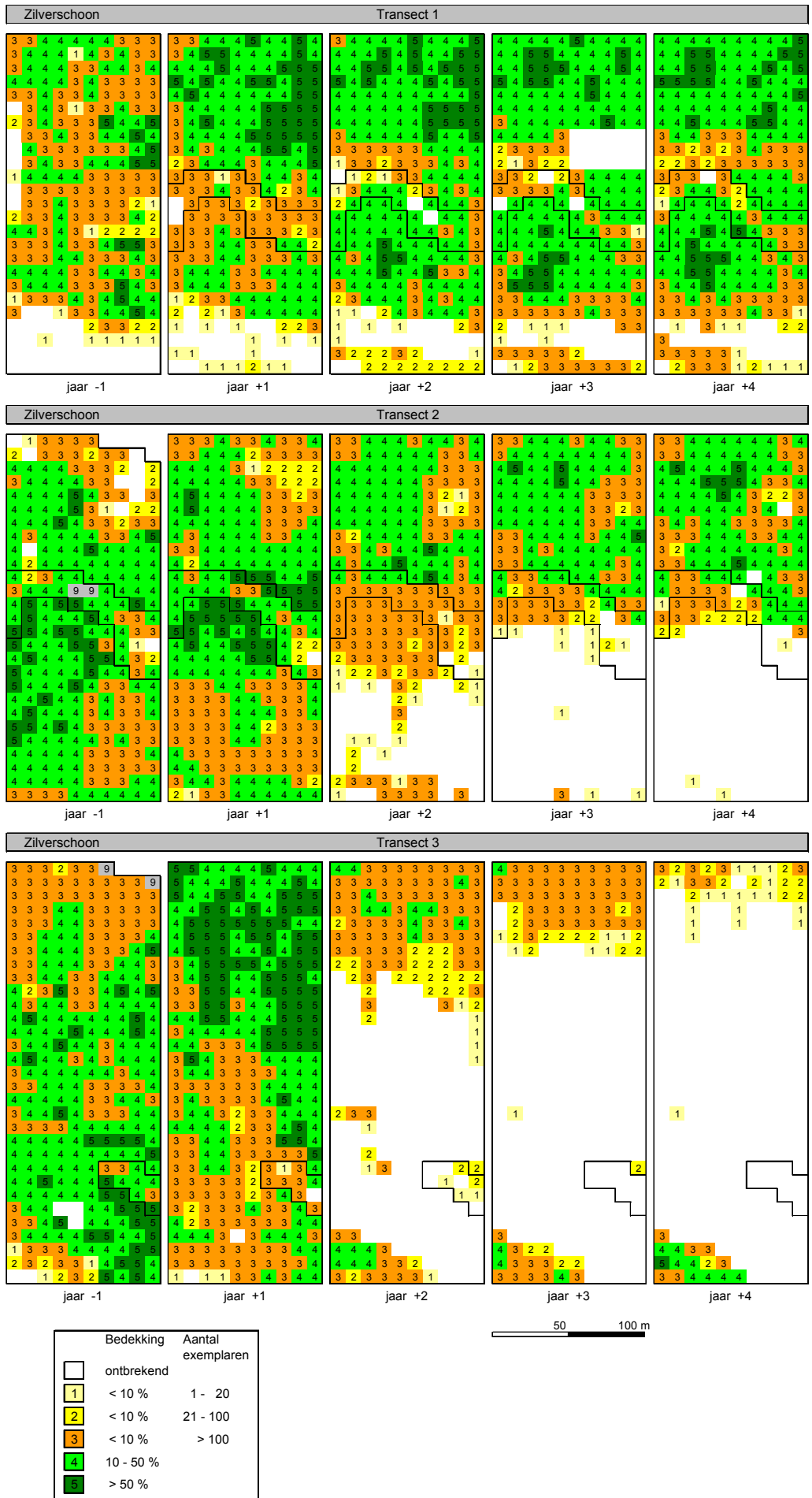
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

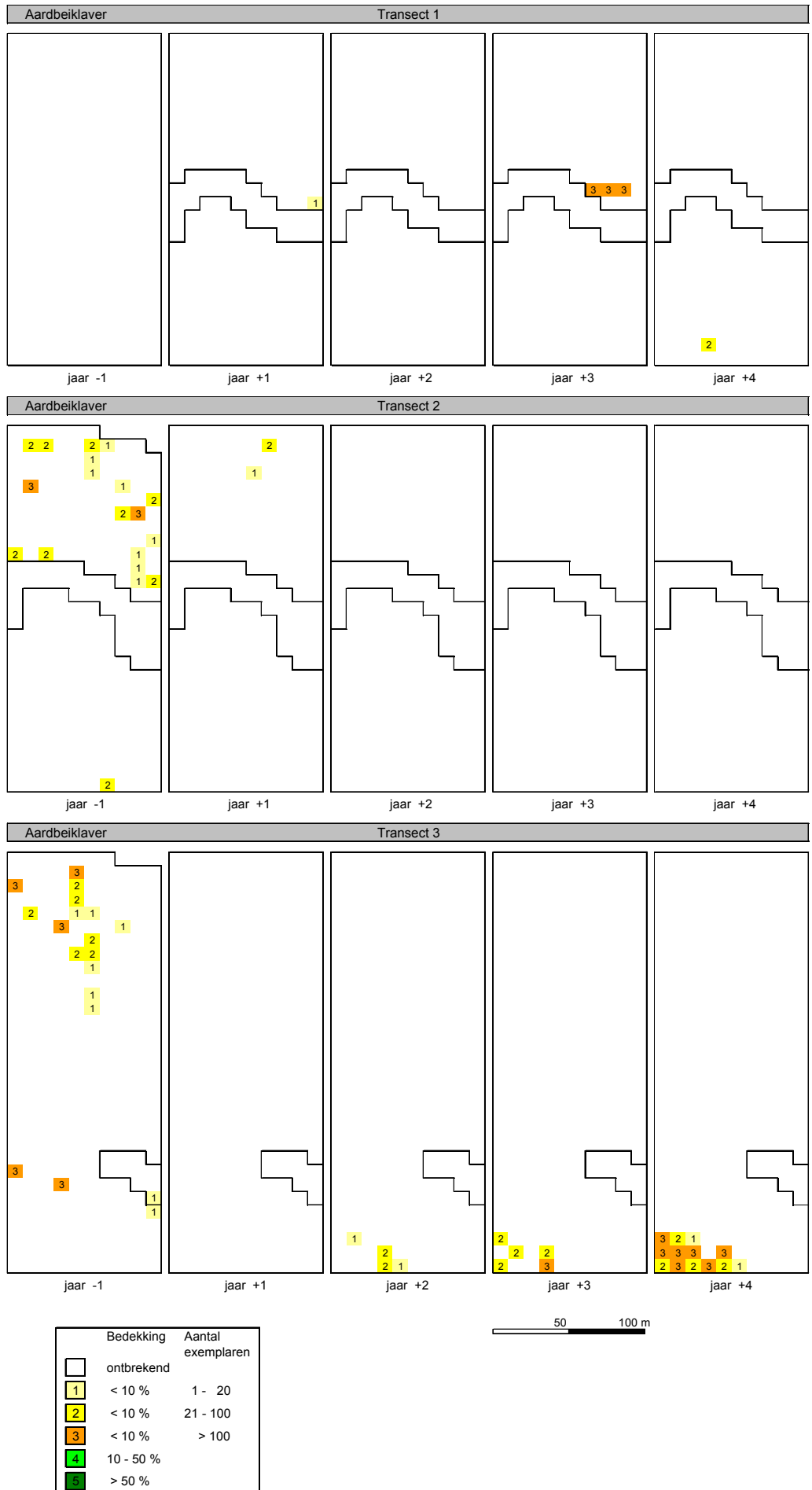


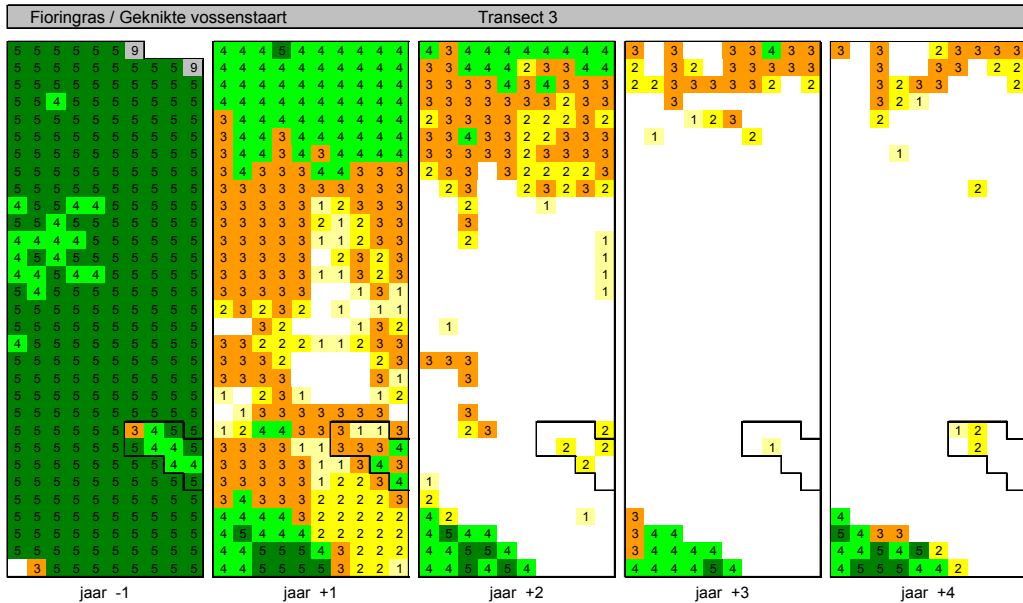
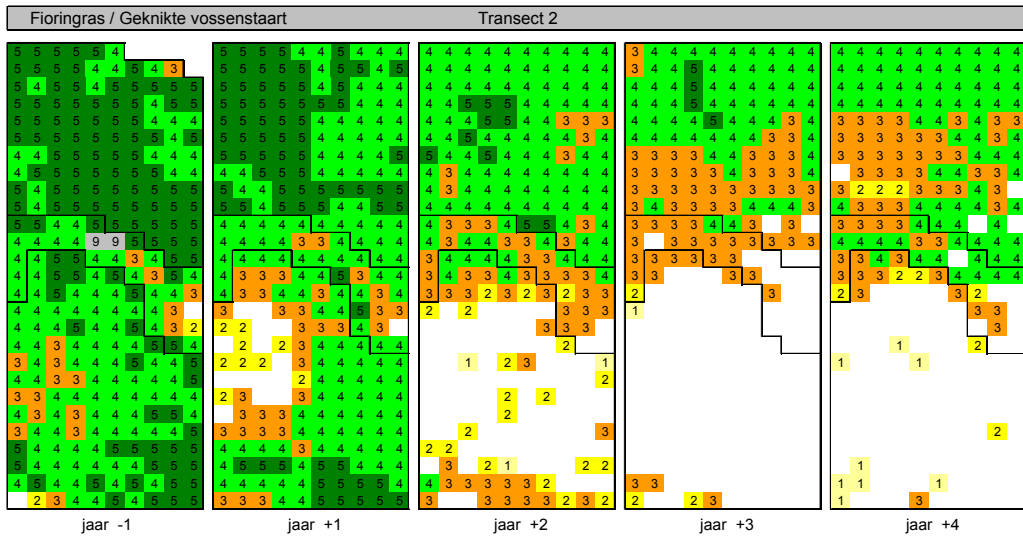
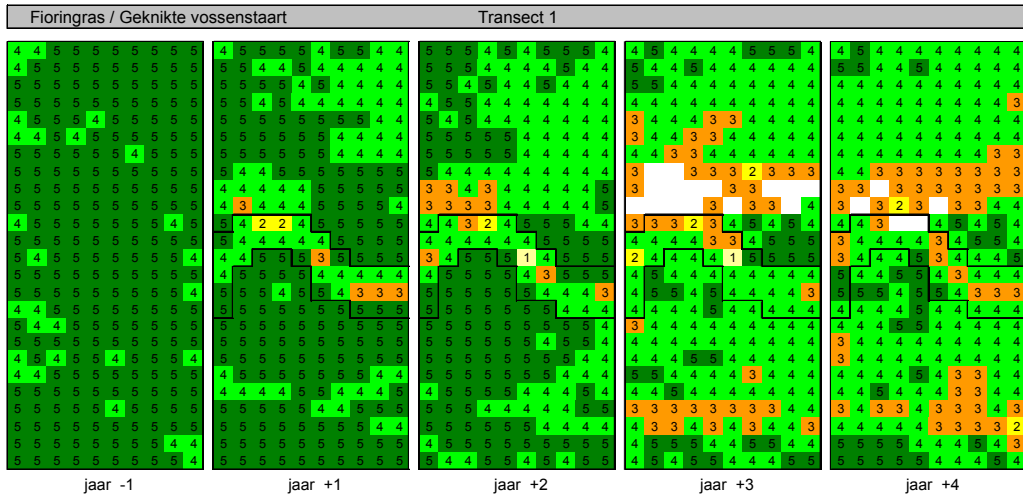


Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

50 100 m

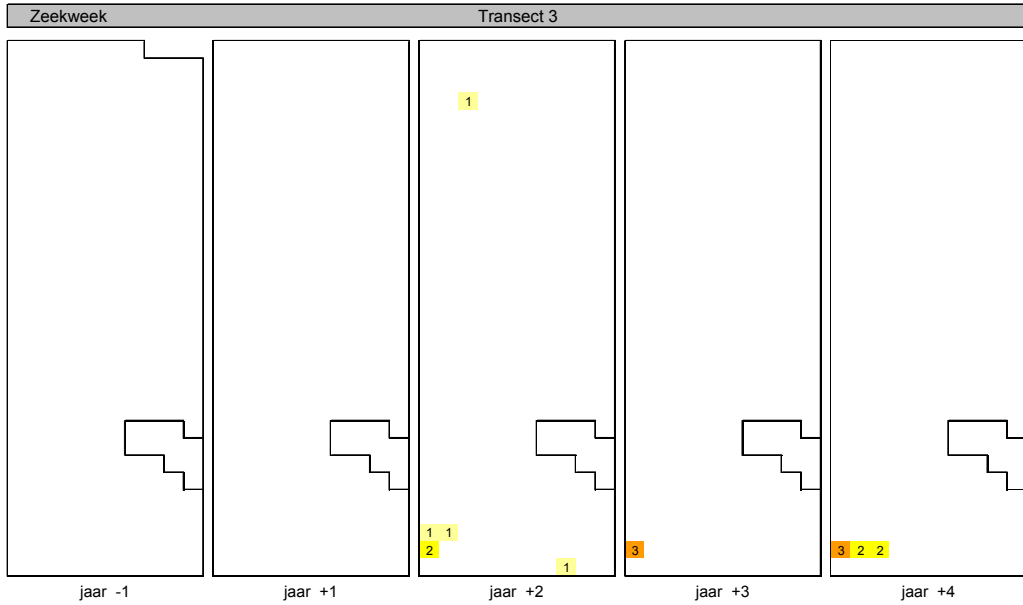
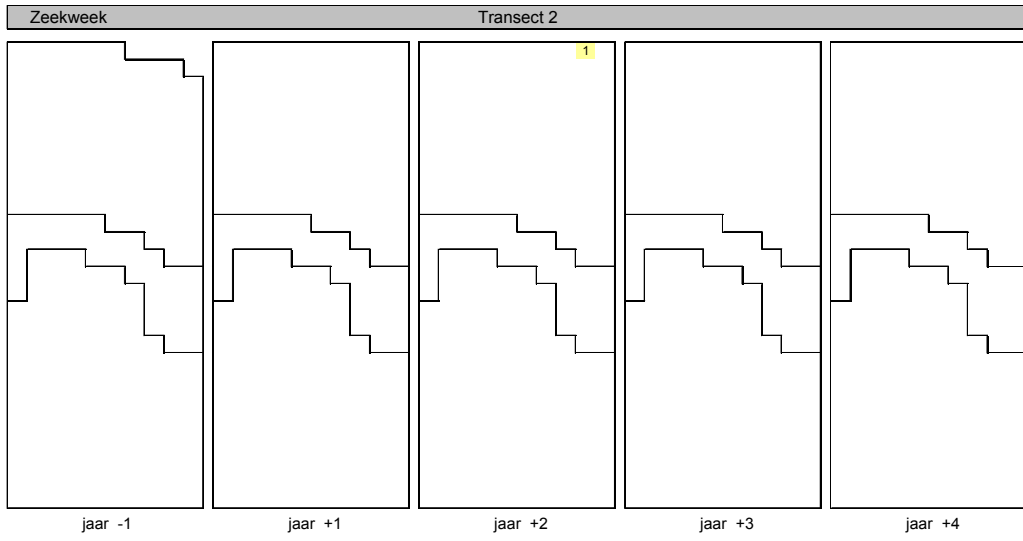
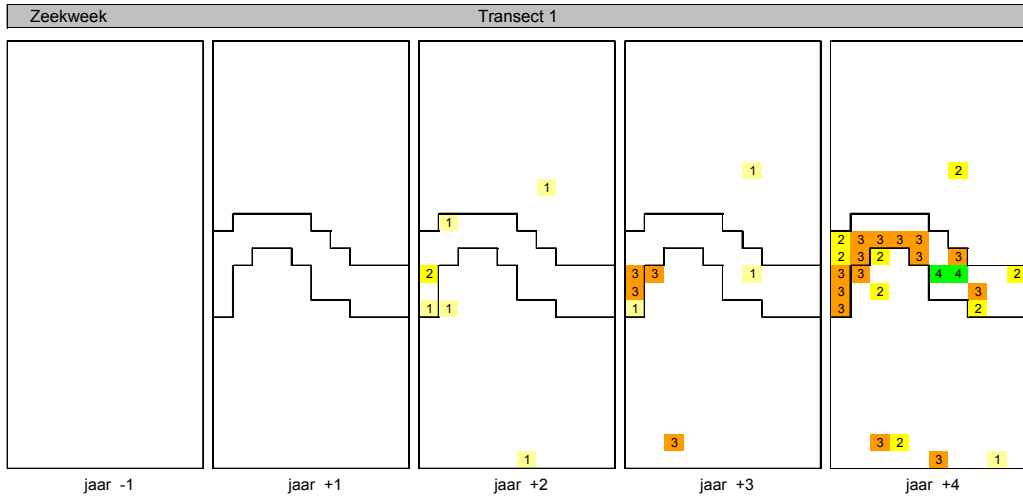




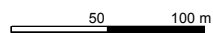


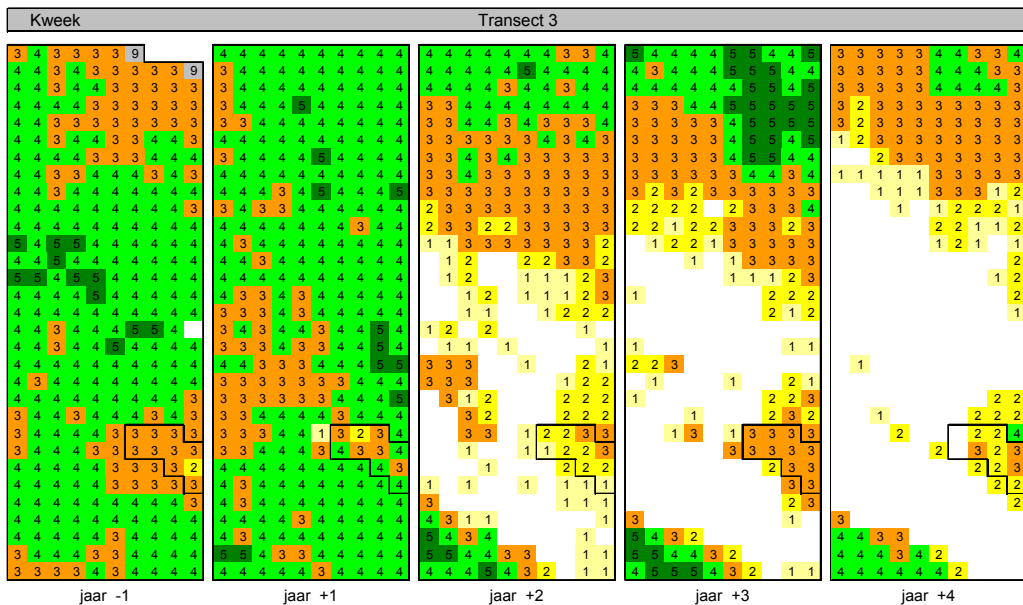
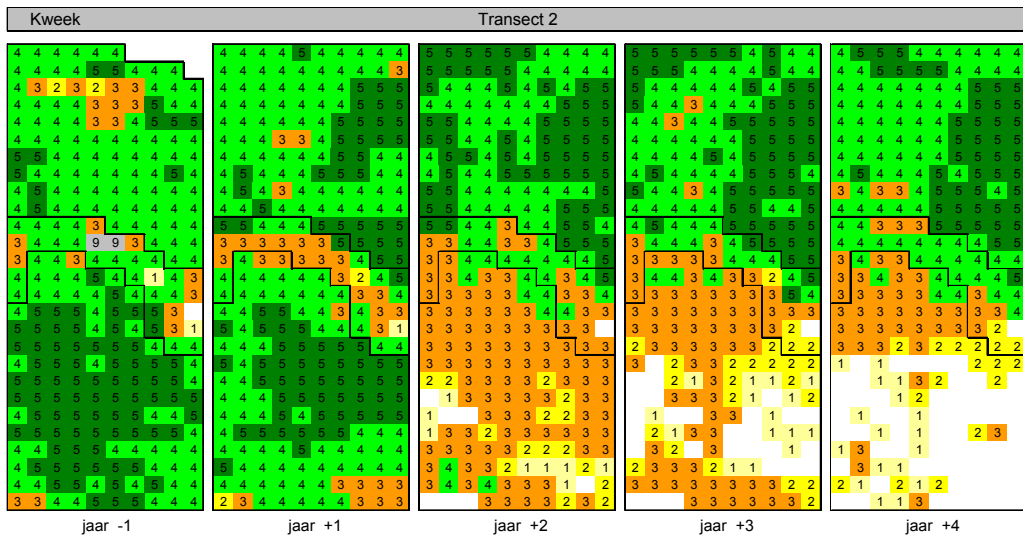
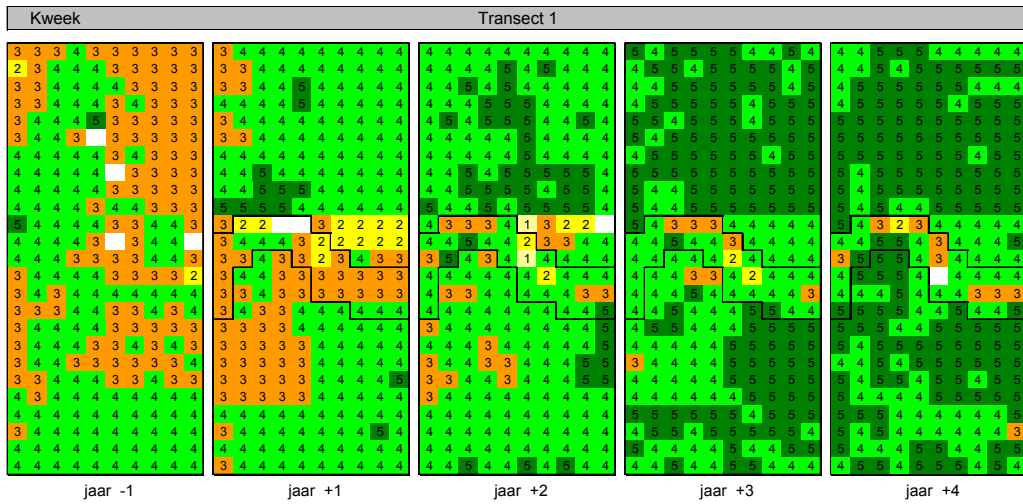
Bedekking	Aantal exemplaren
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

50 100 m



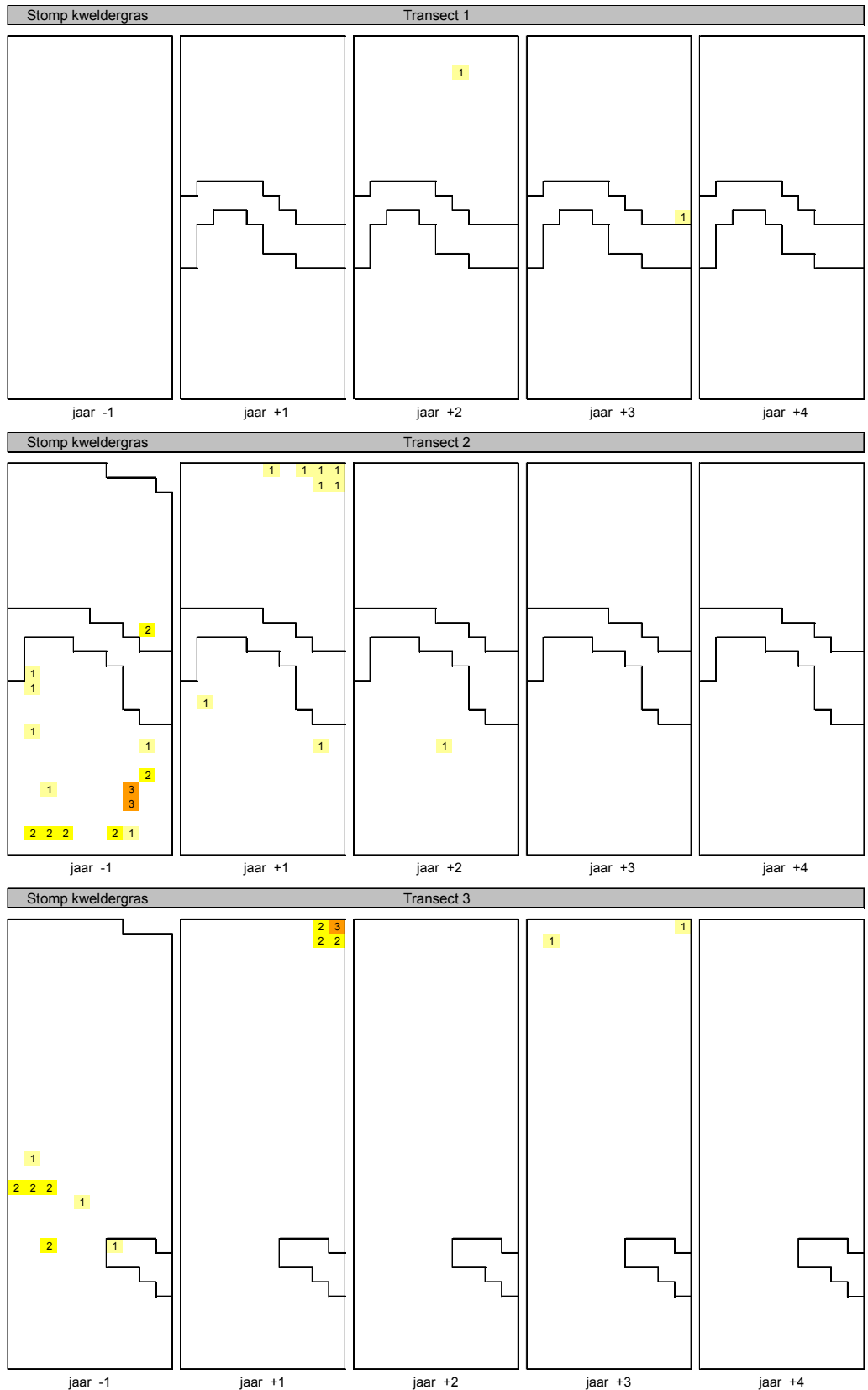
Bedekking	Aantal exemplaren
□ ontbrekend	
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %



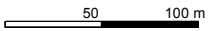


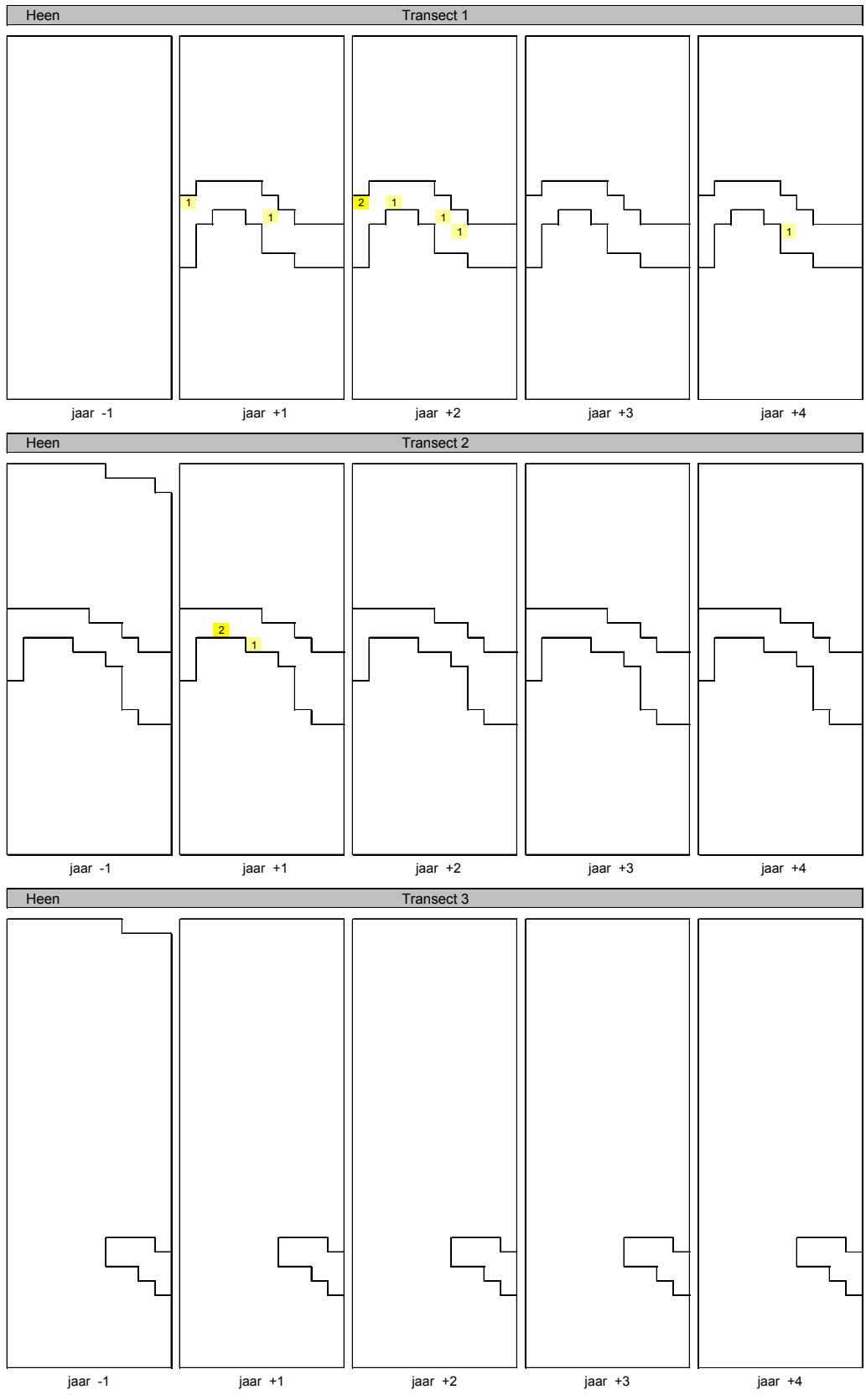
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

50 100 m



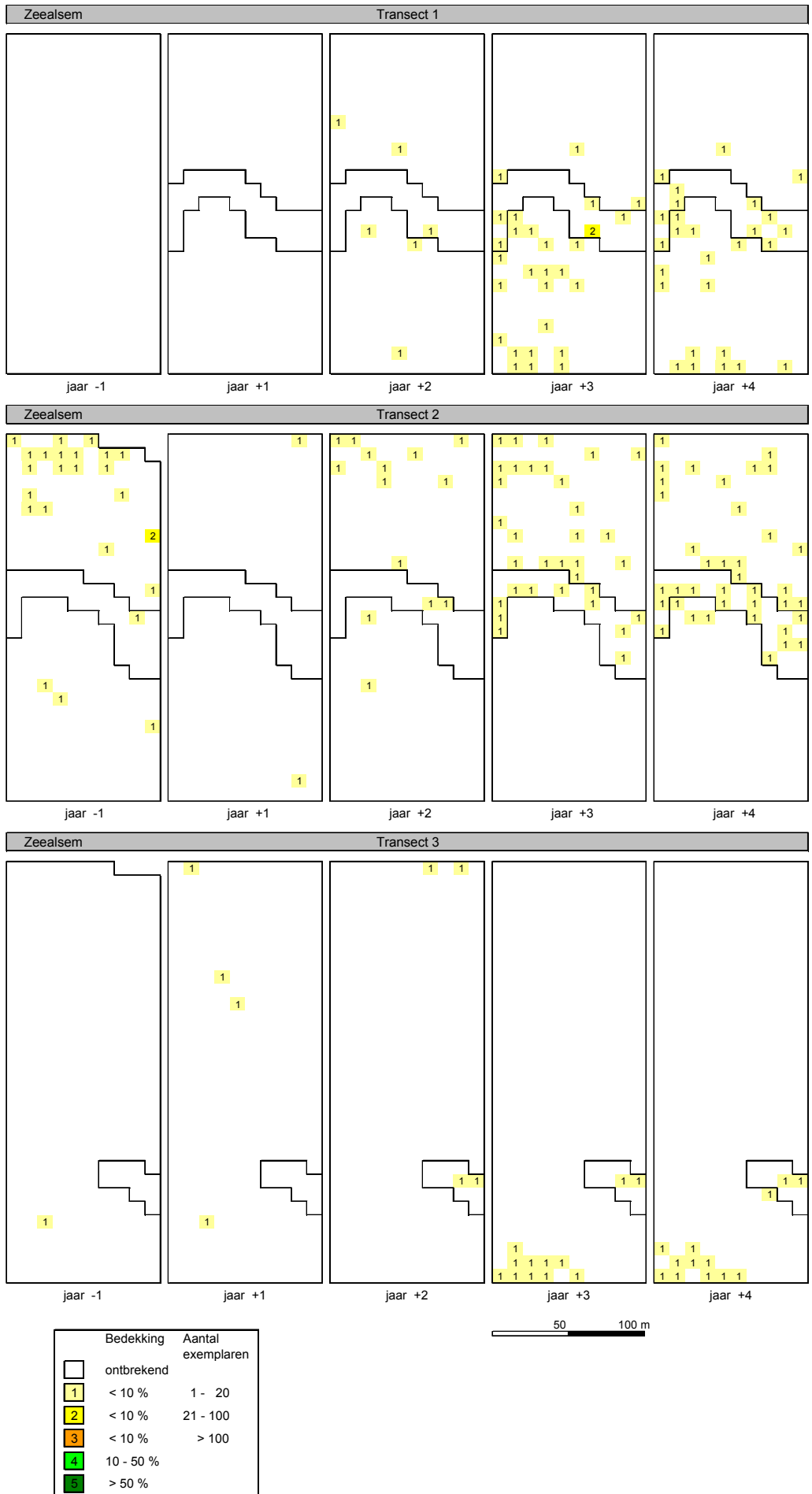
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

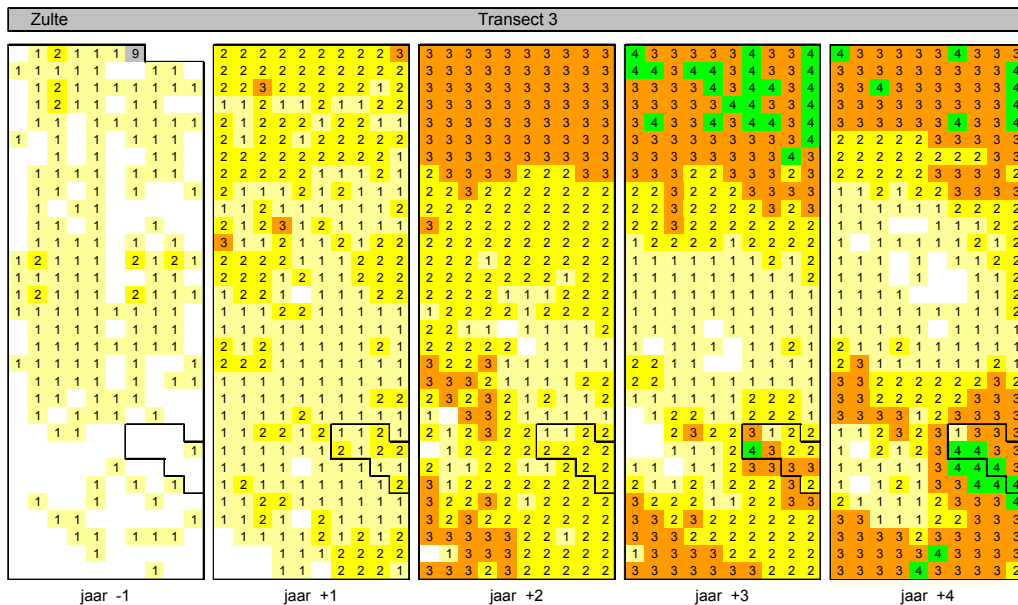
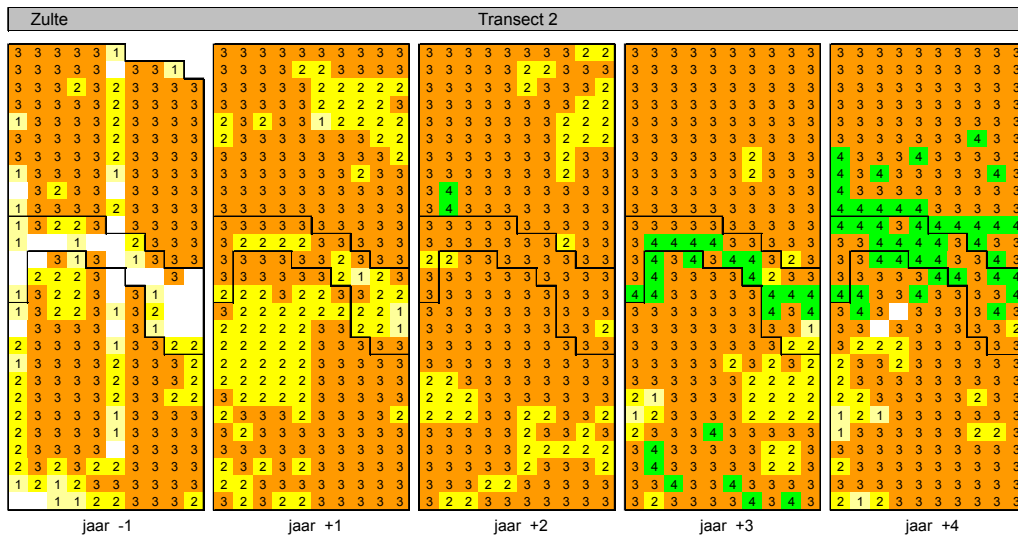
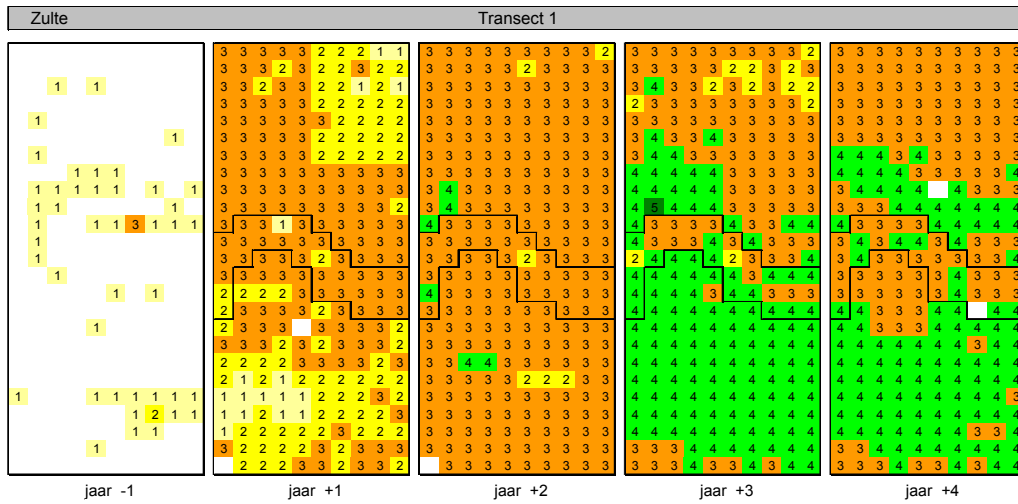




Bedekking	Aantal exemplaren
ontbrekend	
< 10 %	1 - 20
< 10 %	21 - 100
< 10 %	> 100
10 - 50 %	
> 50 %	

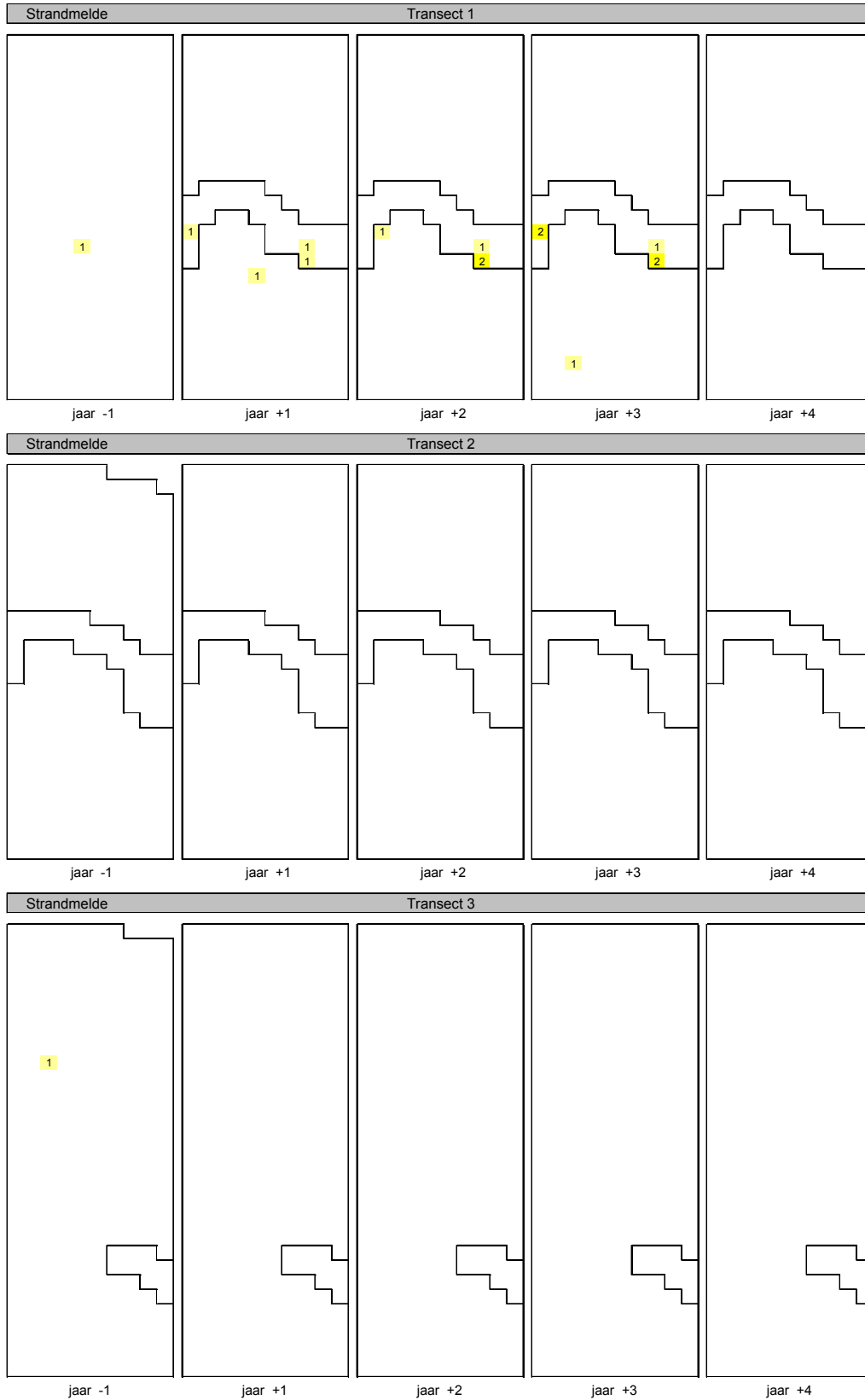
50 100 m

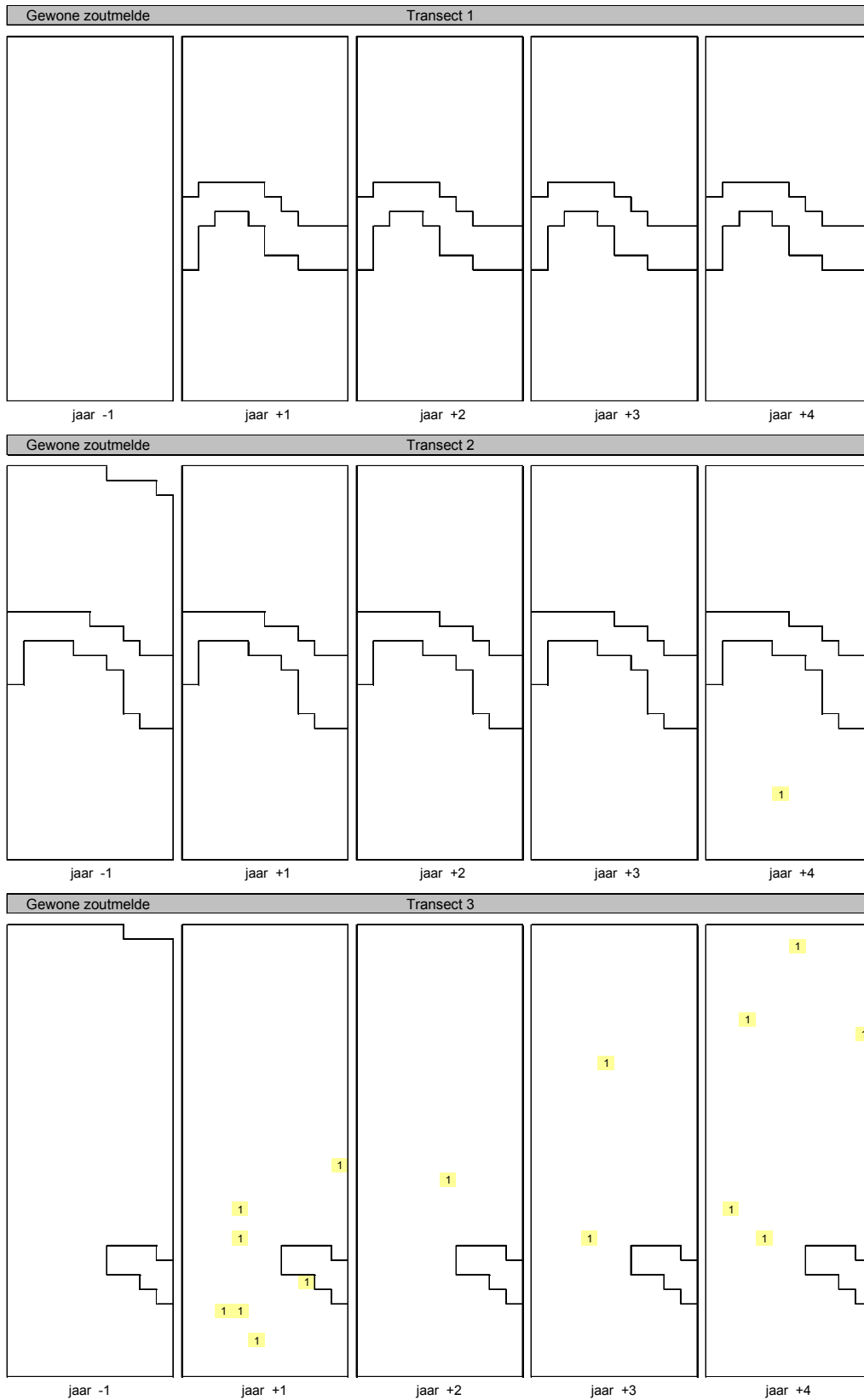




Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

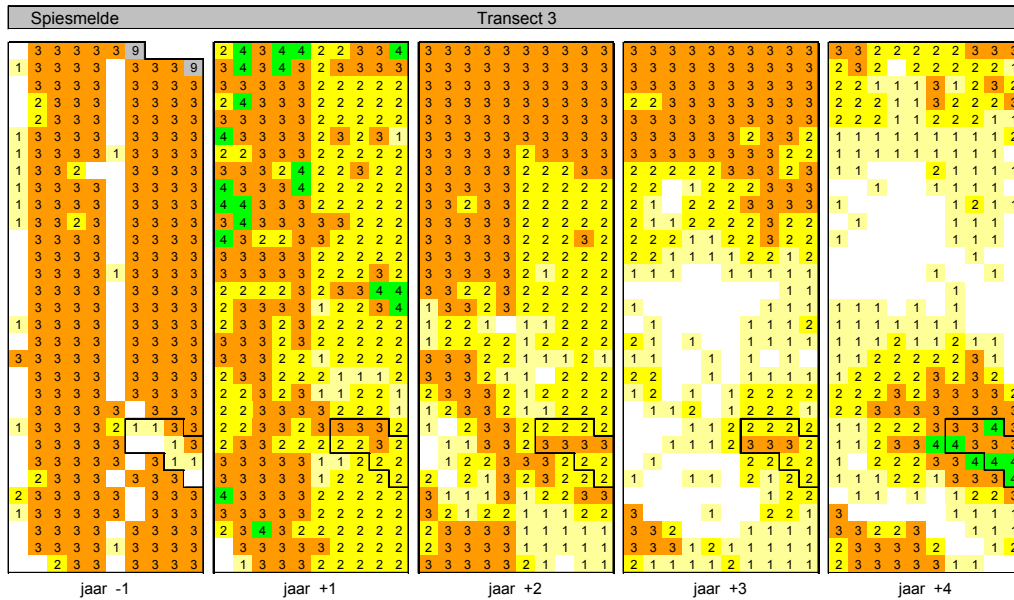
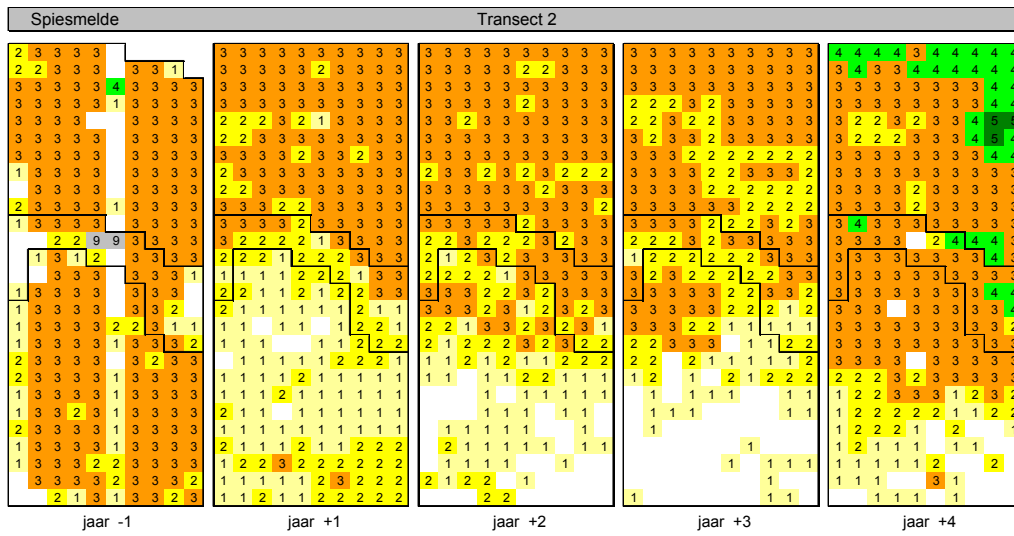
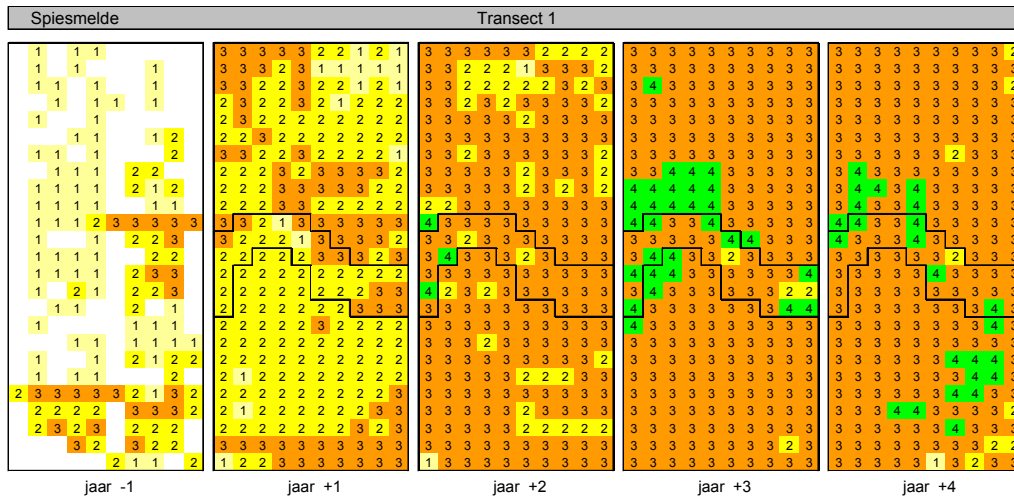
50 100 m



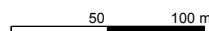


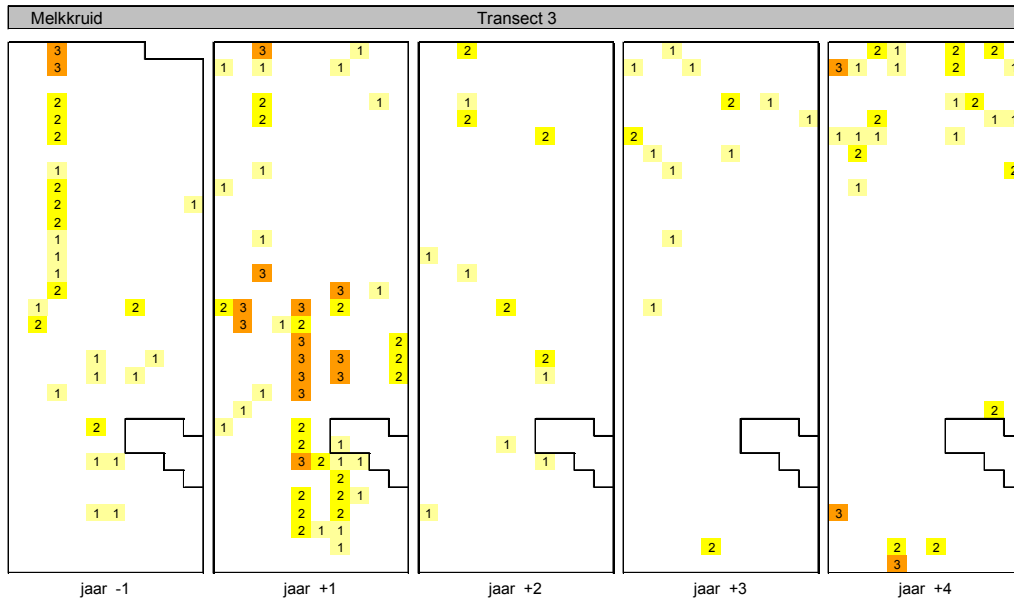
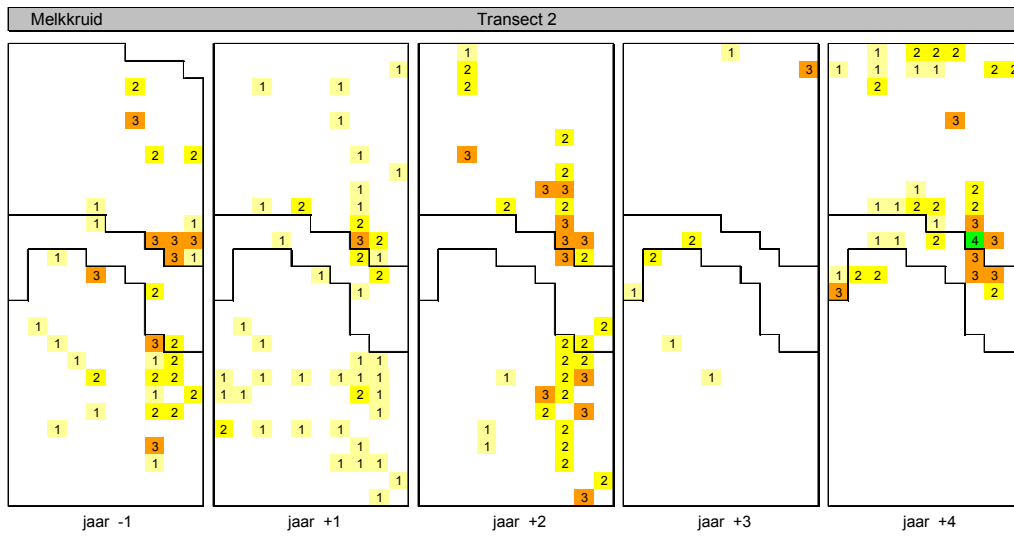
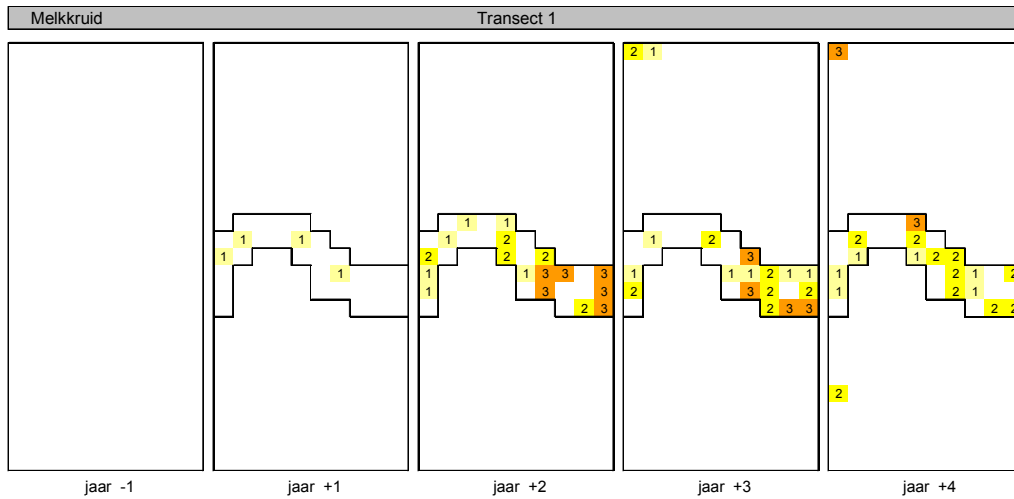
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

50 100 m

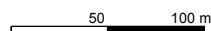


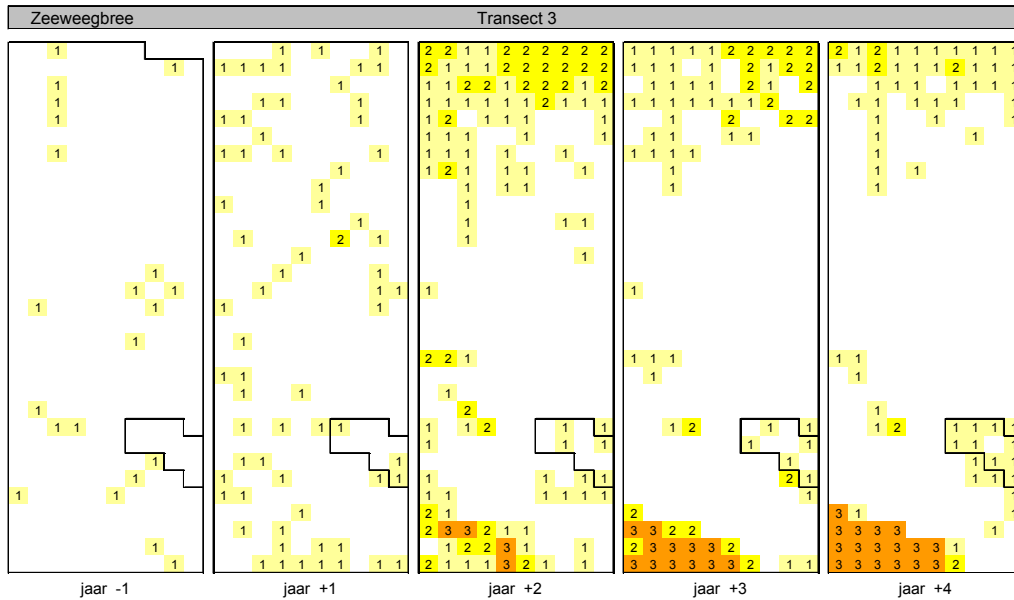
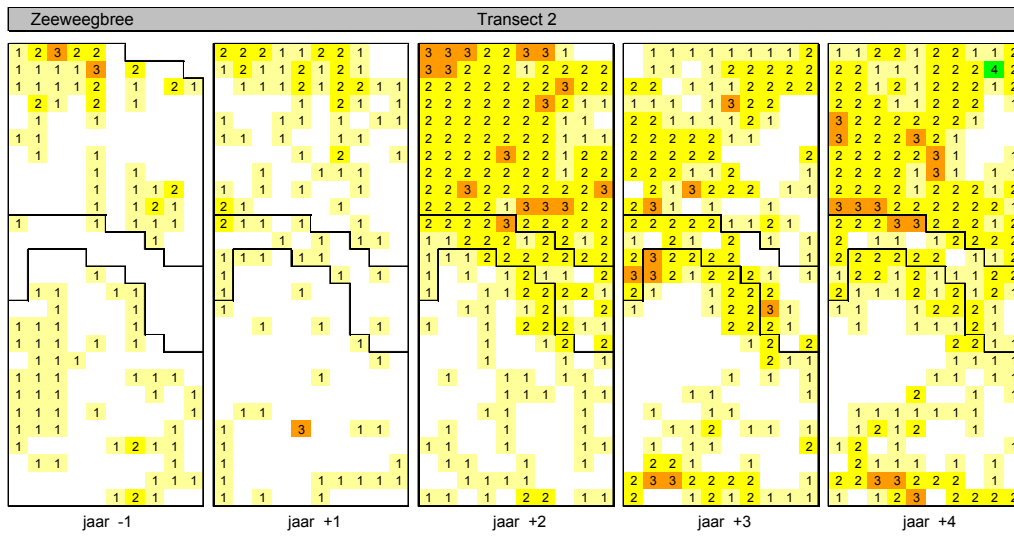
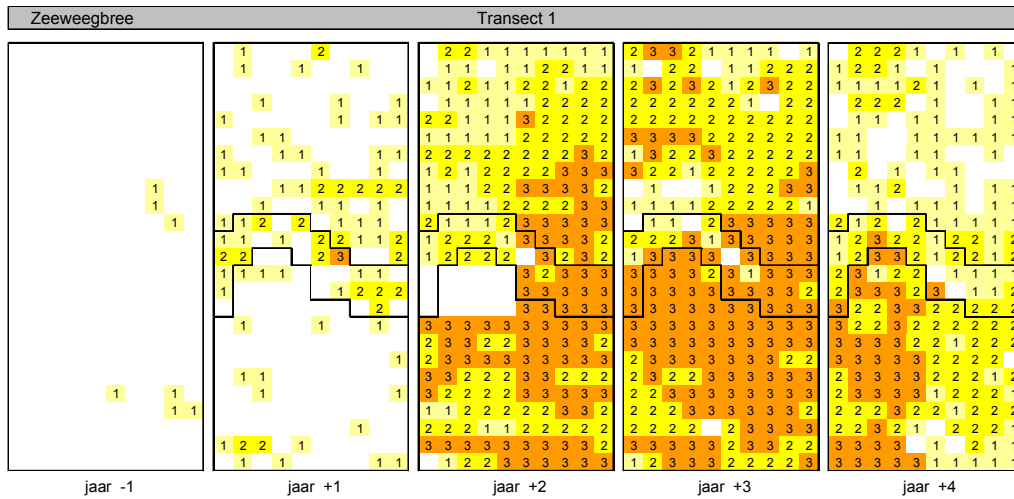
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %



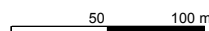


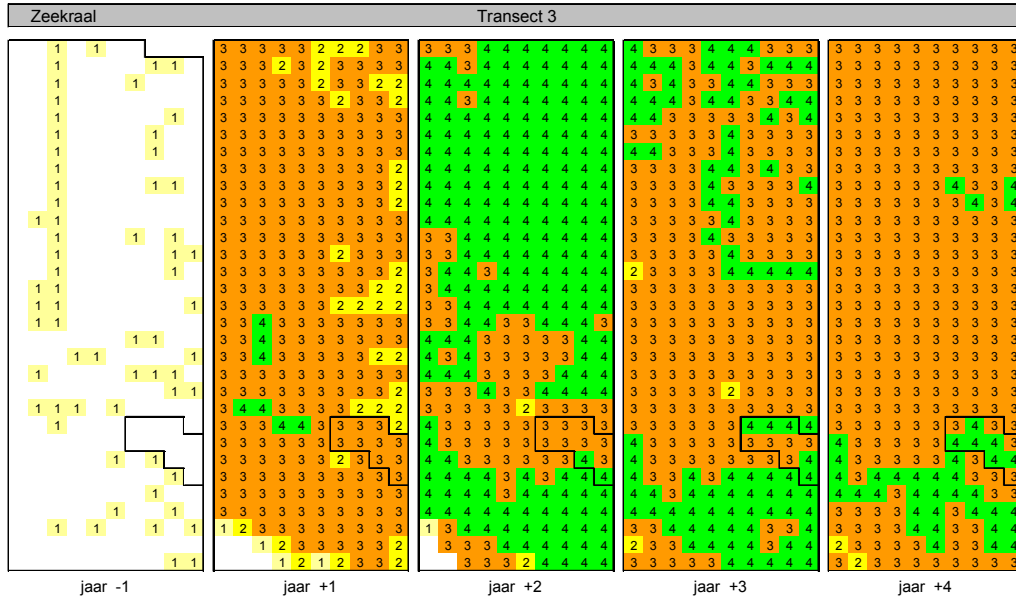
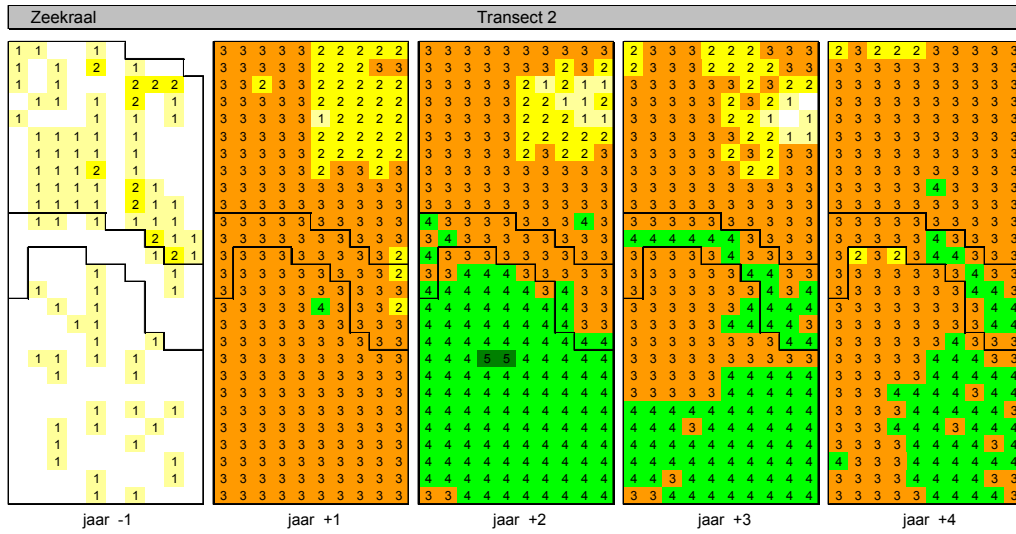
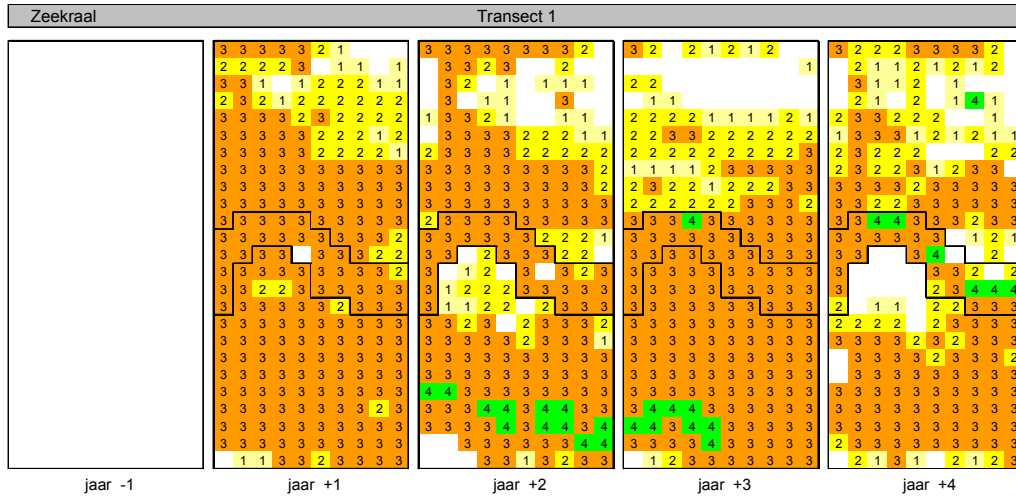
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %



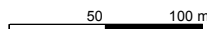


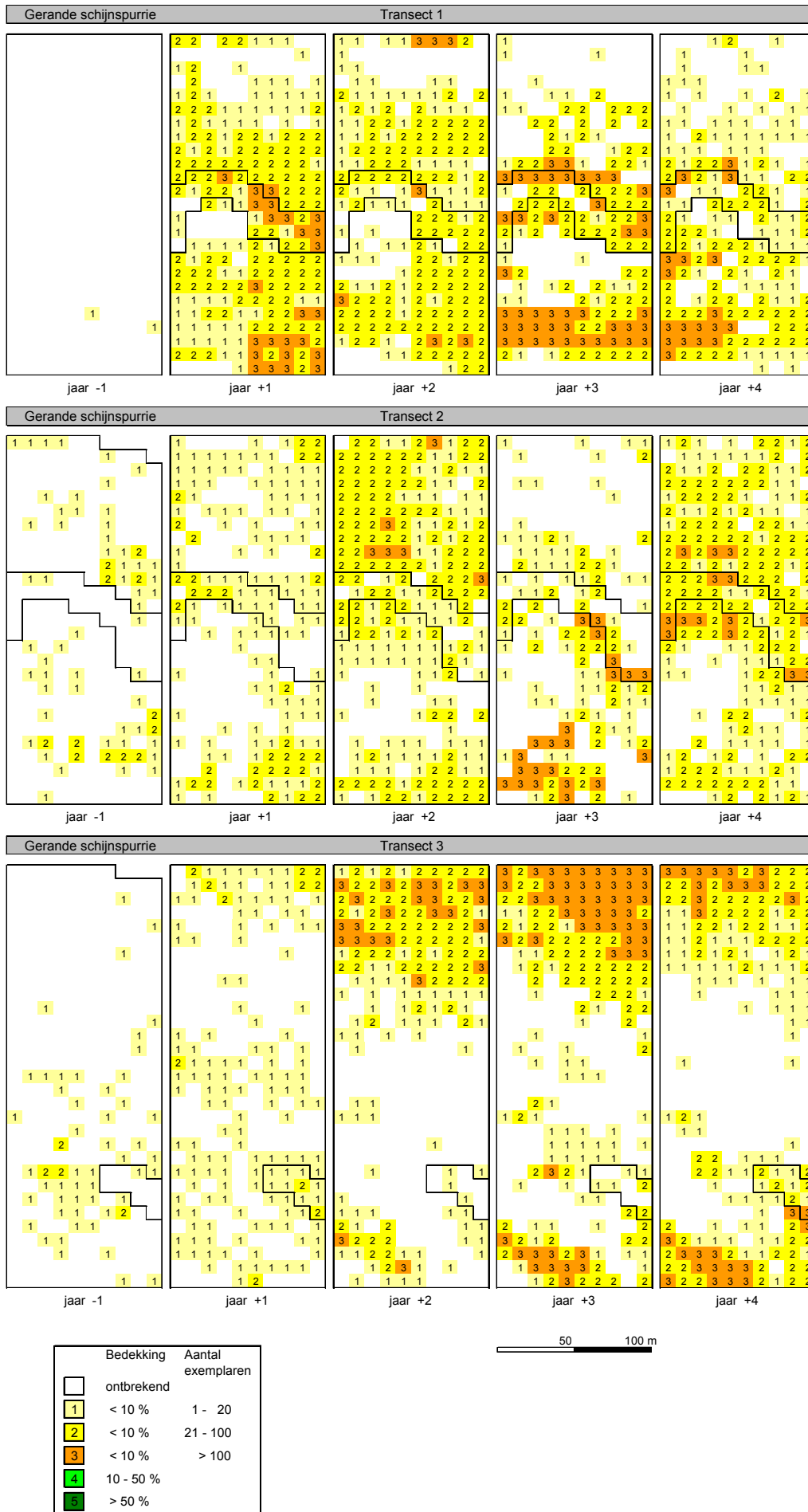
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

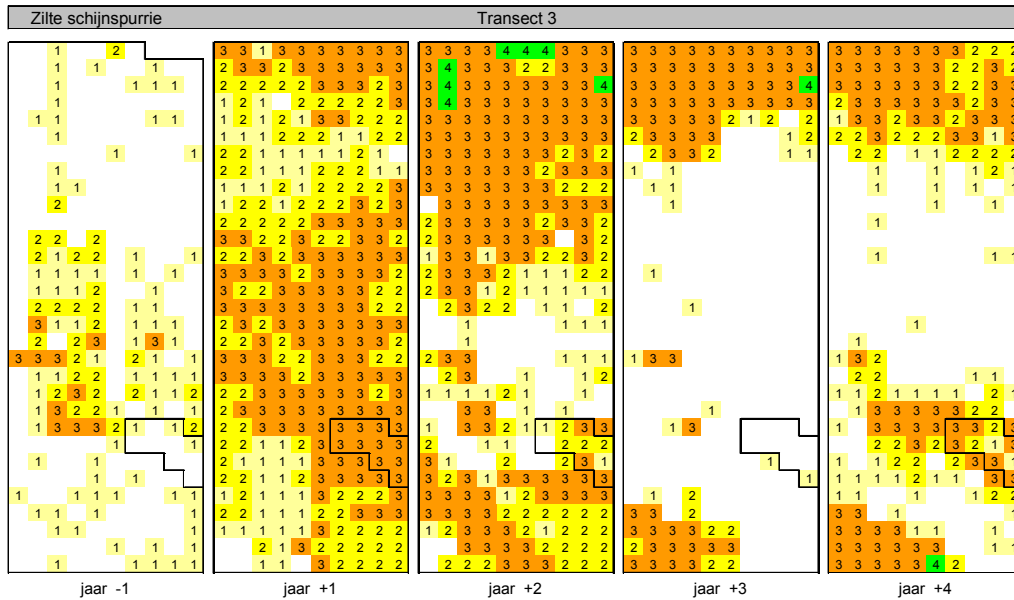
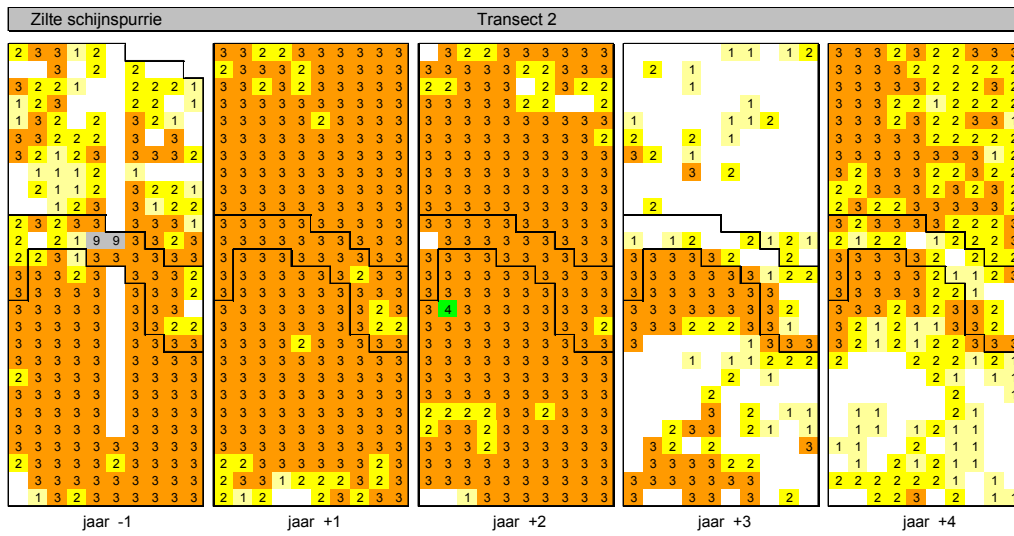
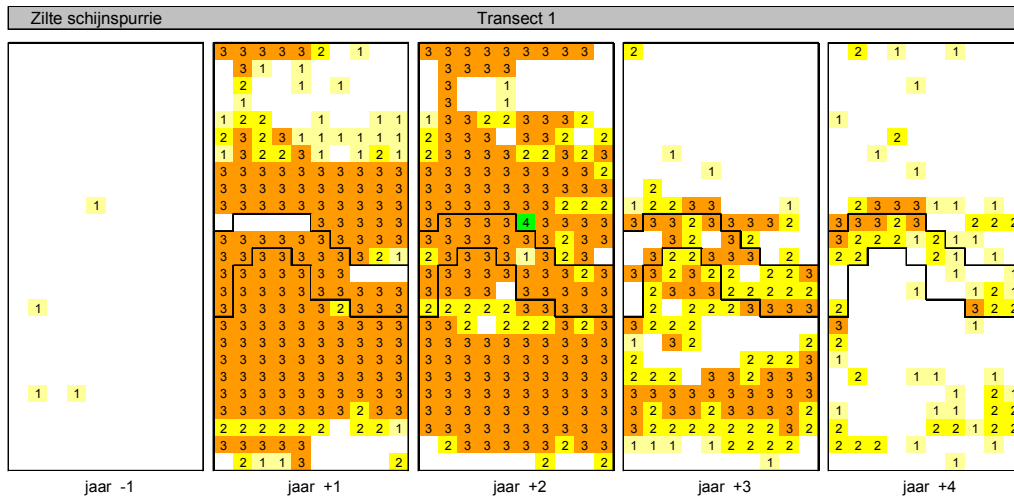




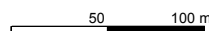
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

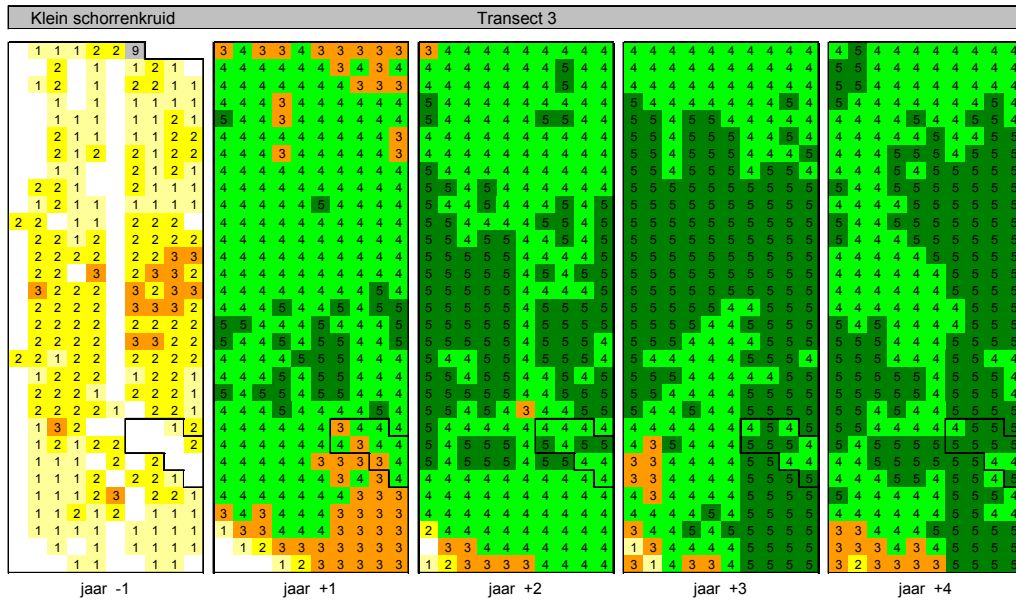
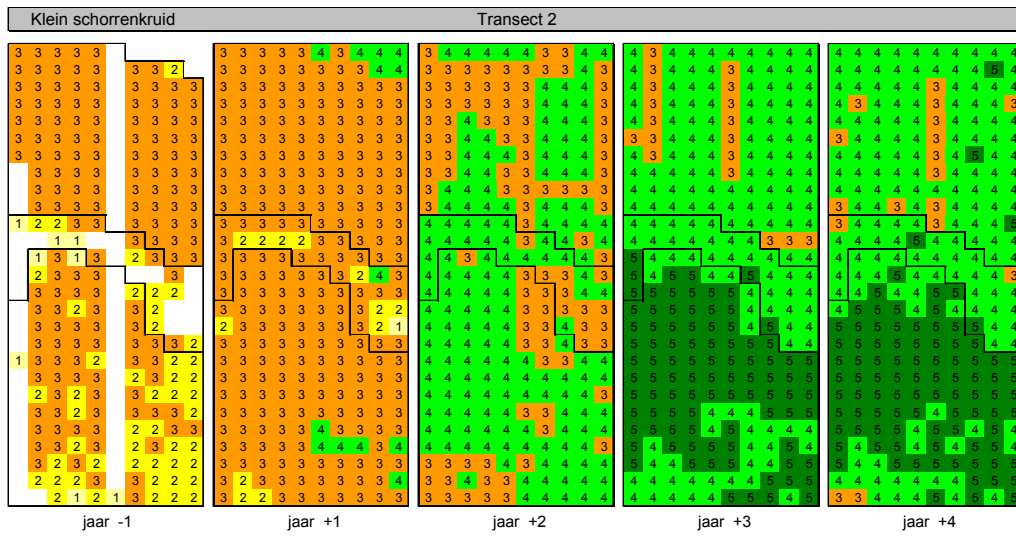
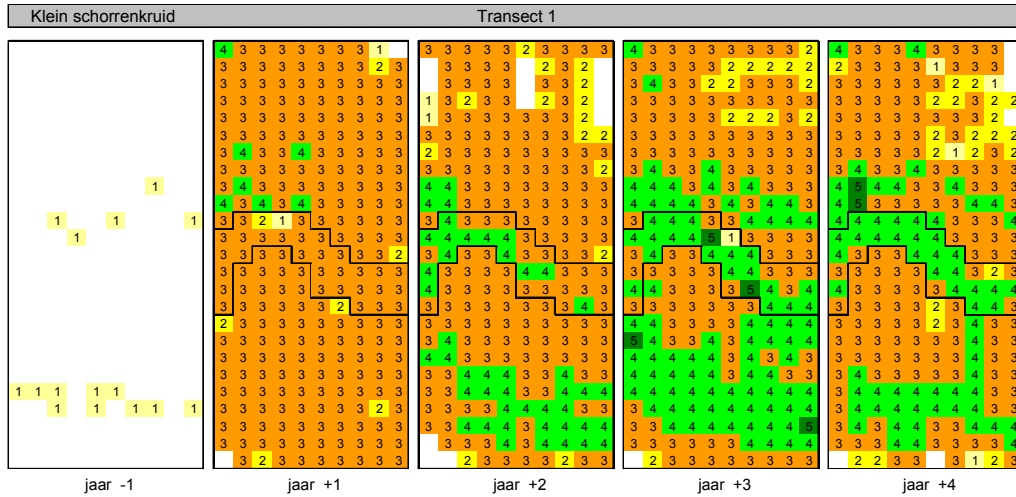




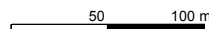


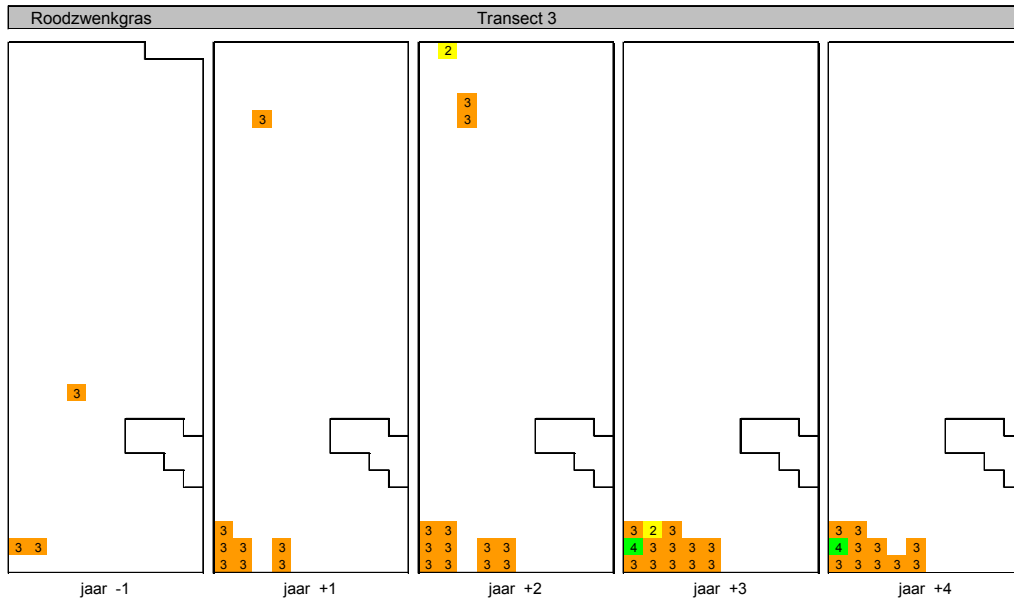
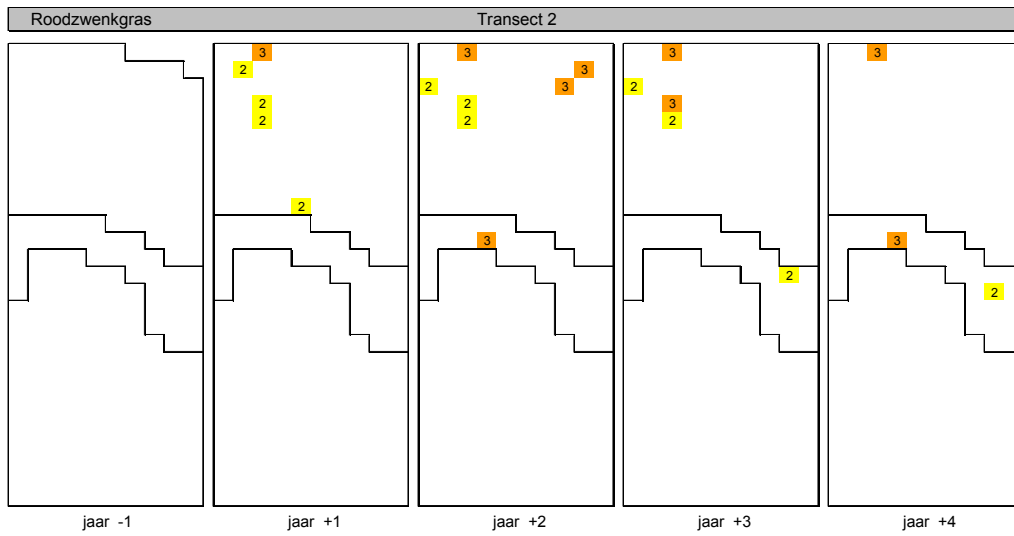
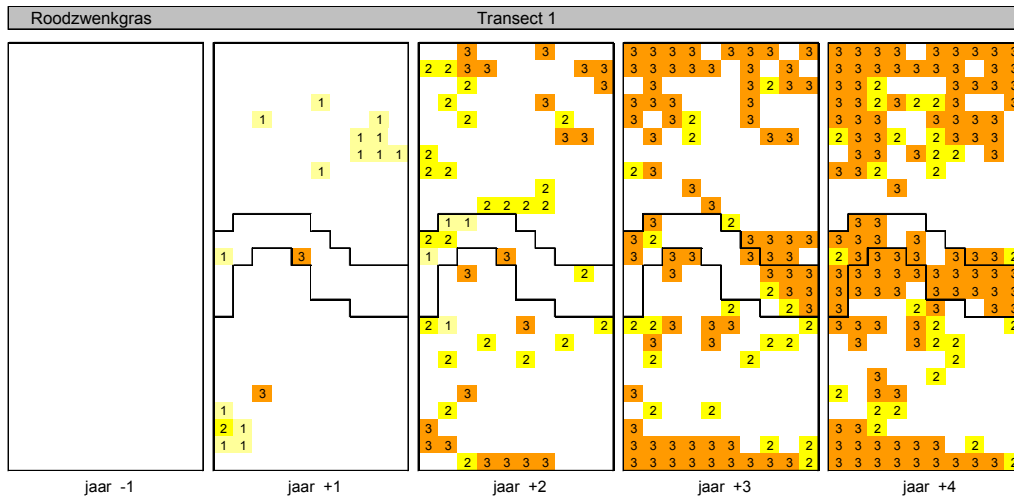
Bedekking	Aantal exemplaren
□ ontbrekend	
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %



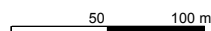


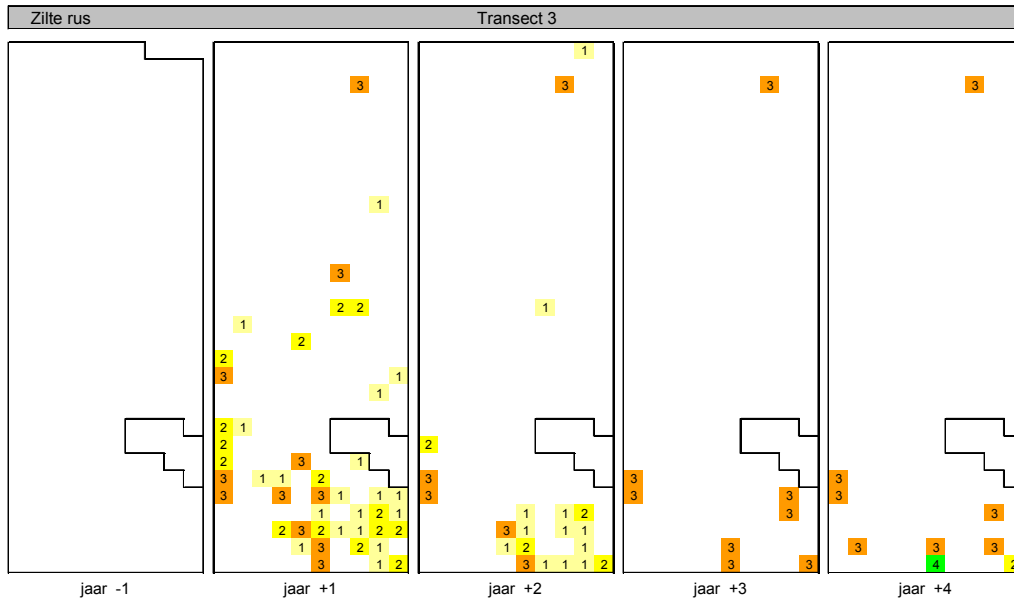
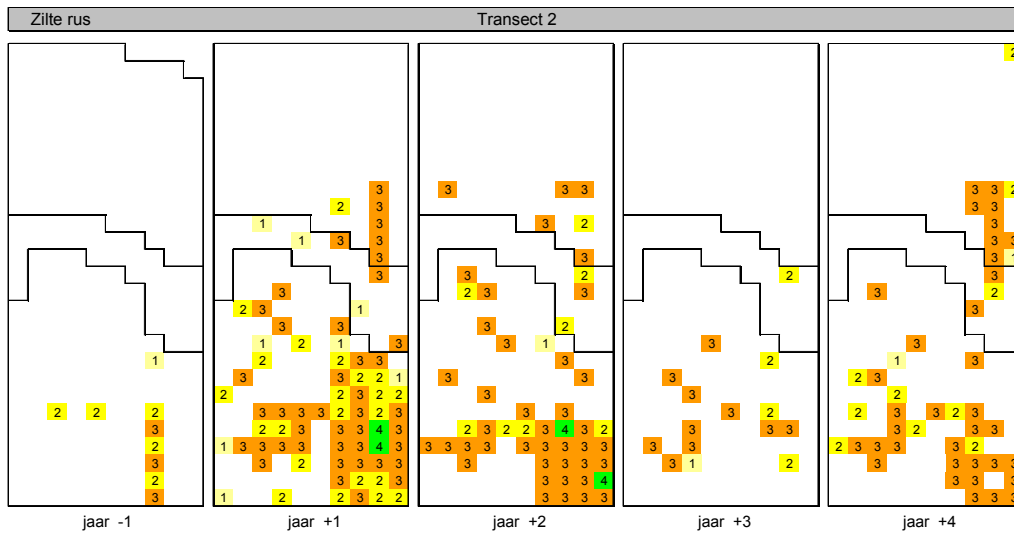
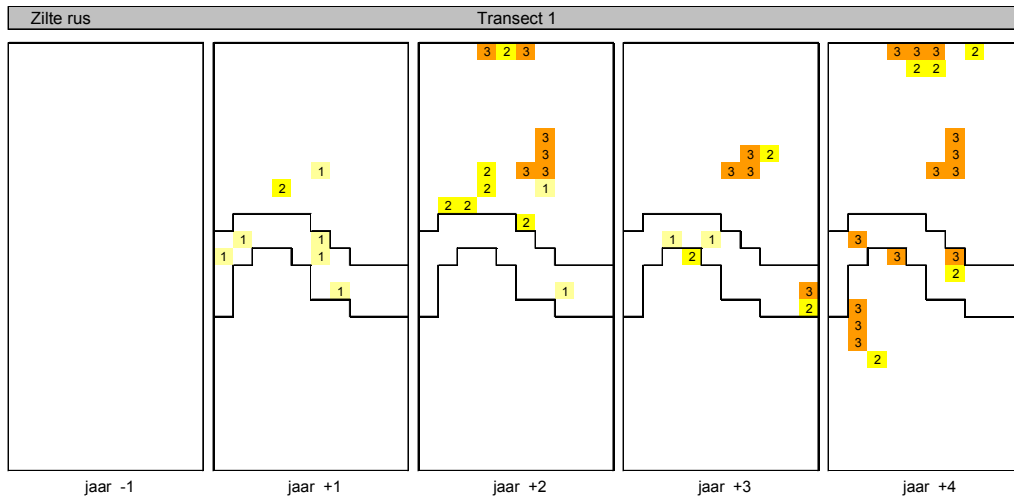
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %



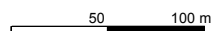


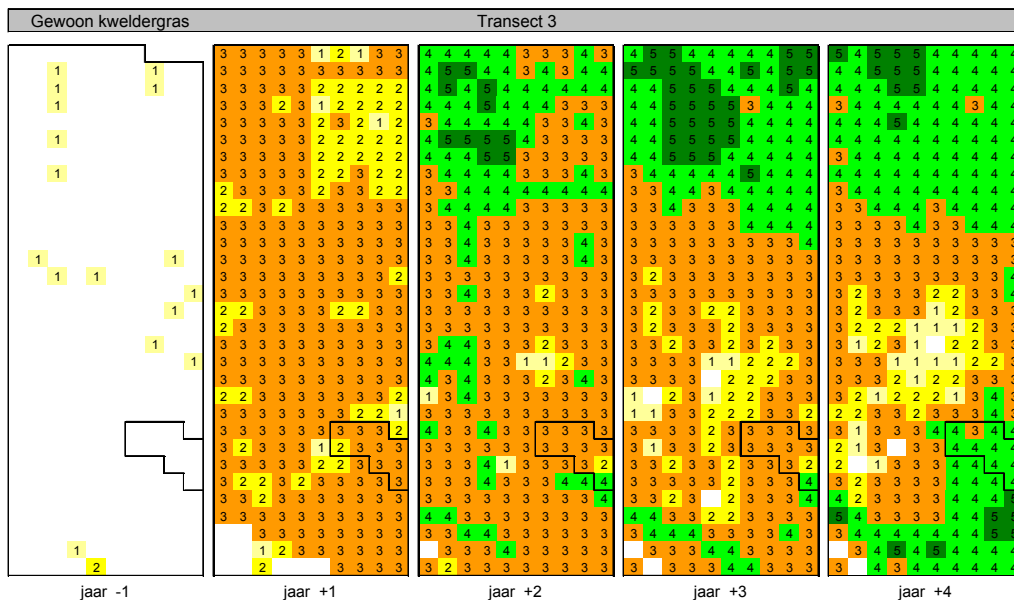
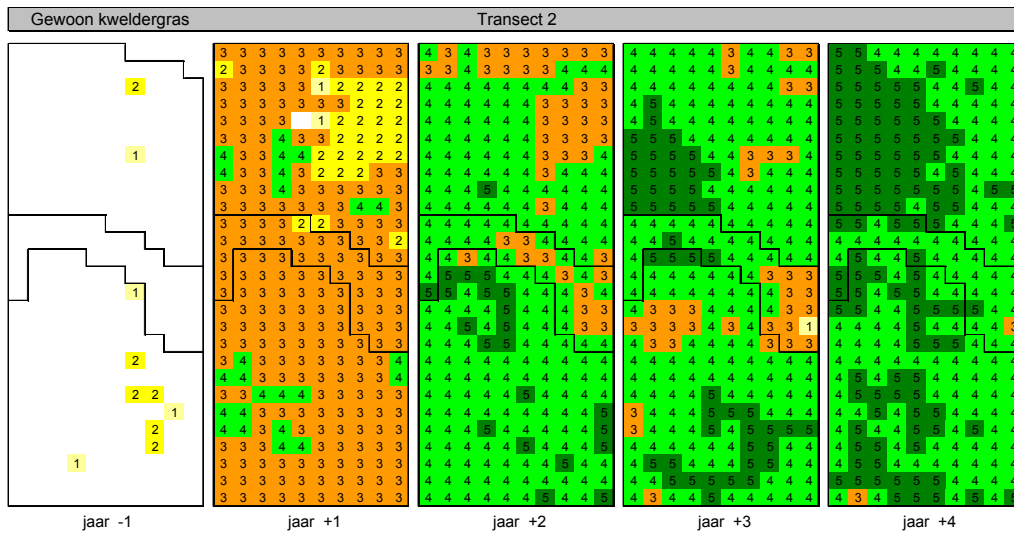
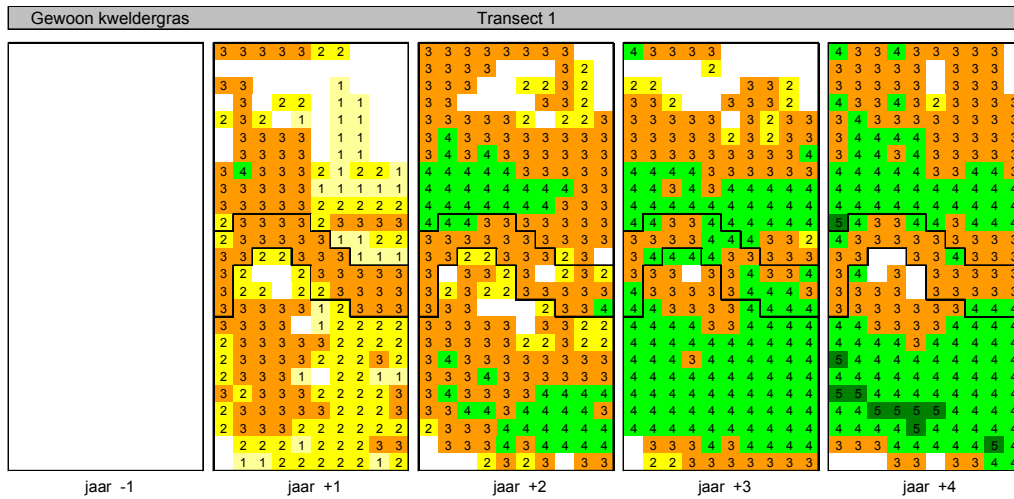
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %





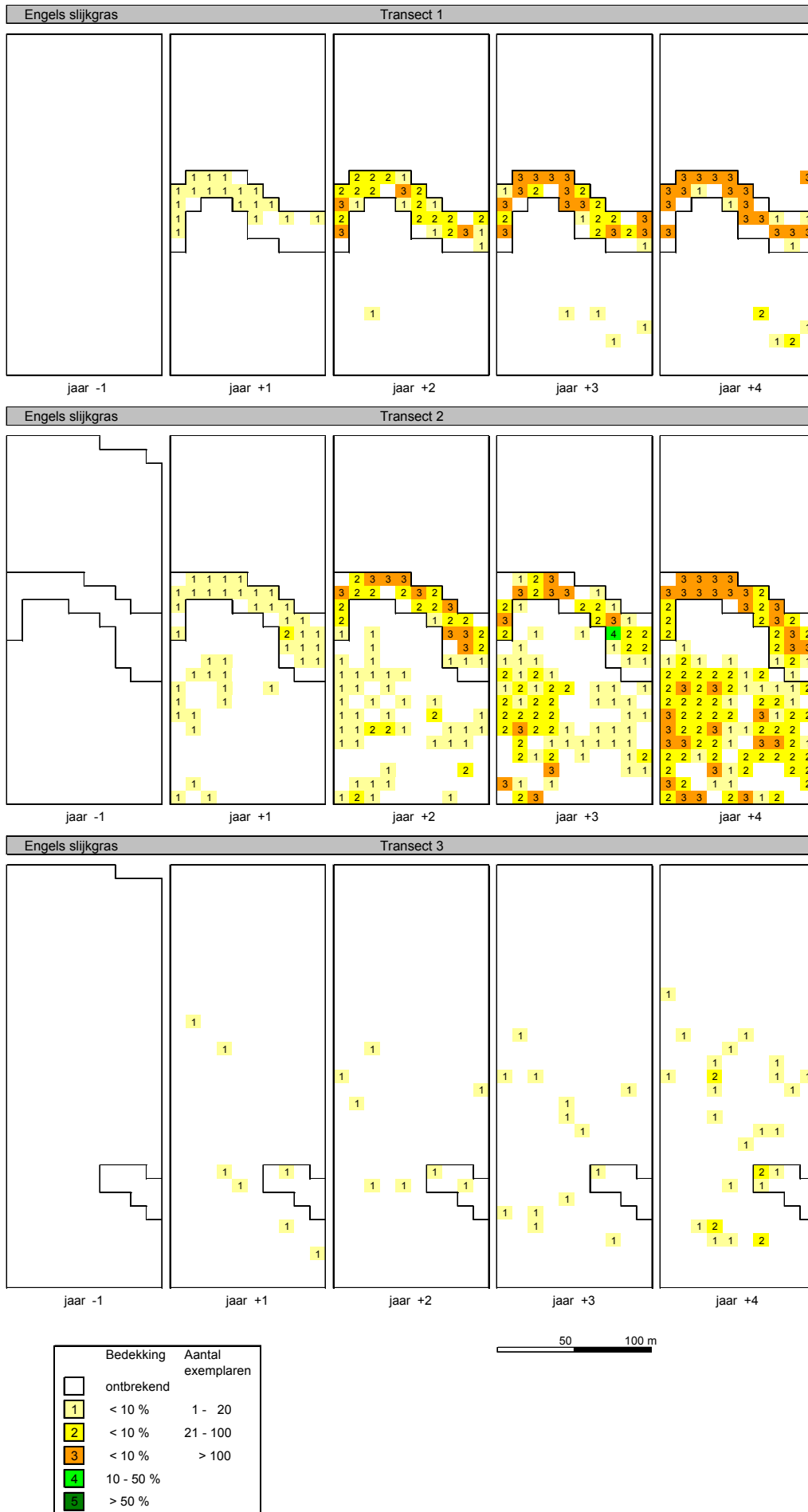
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

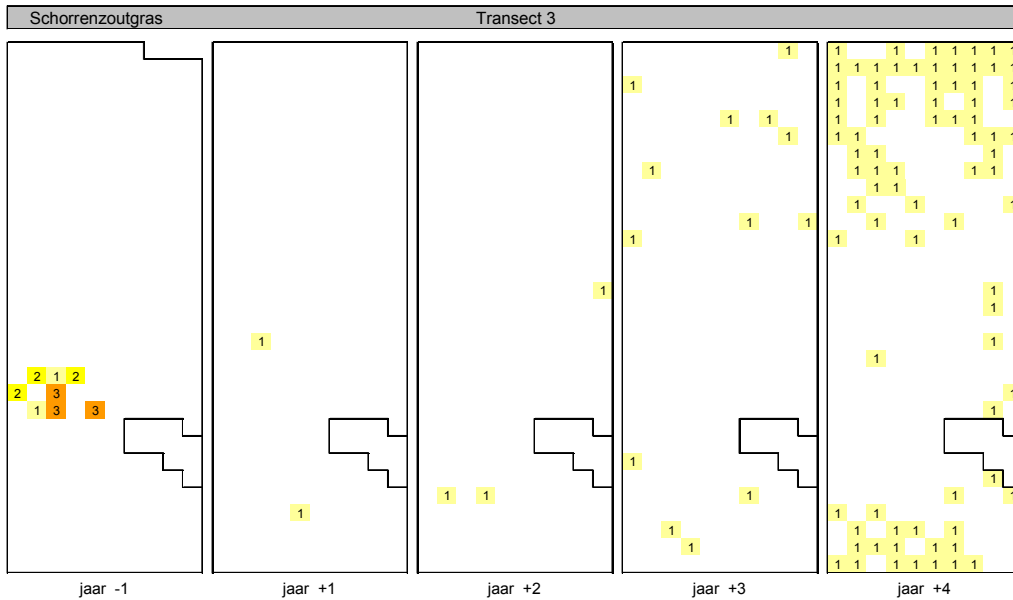
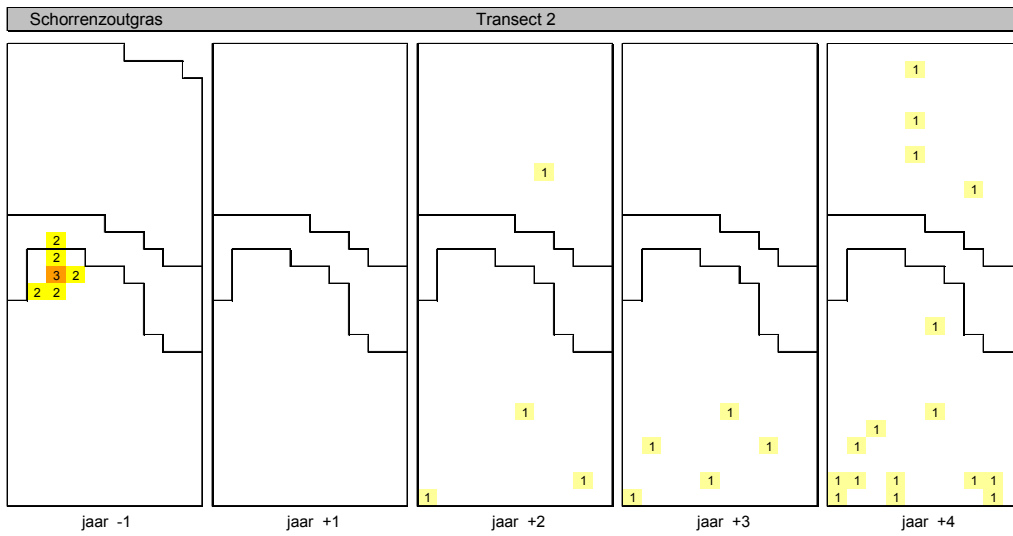
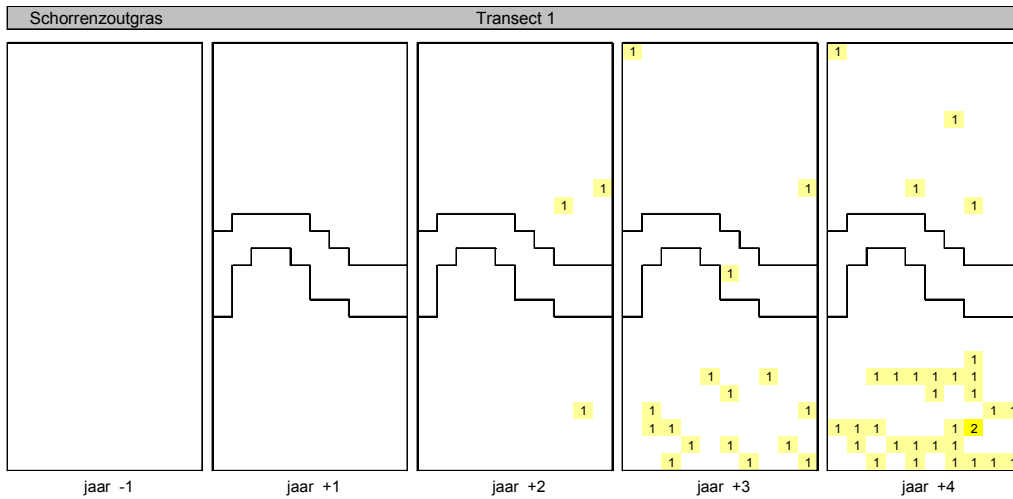




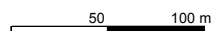
Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

50 100 m



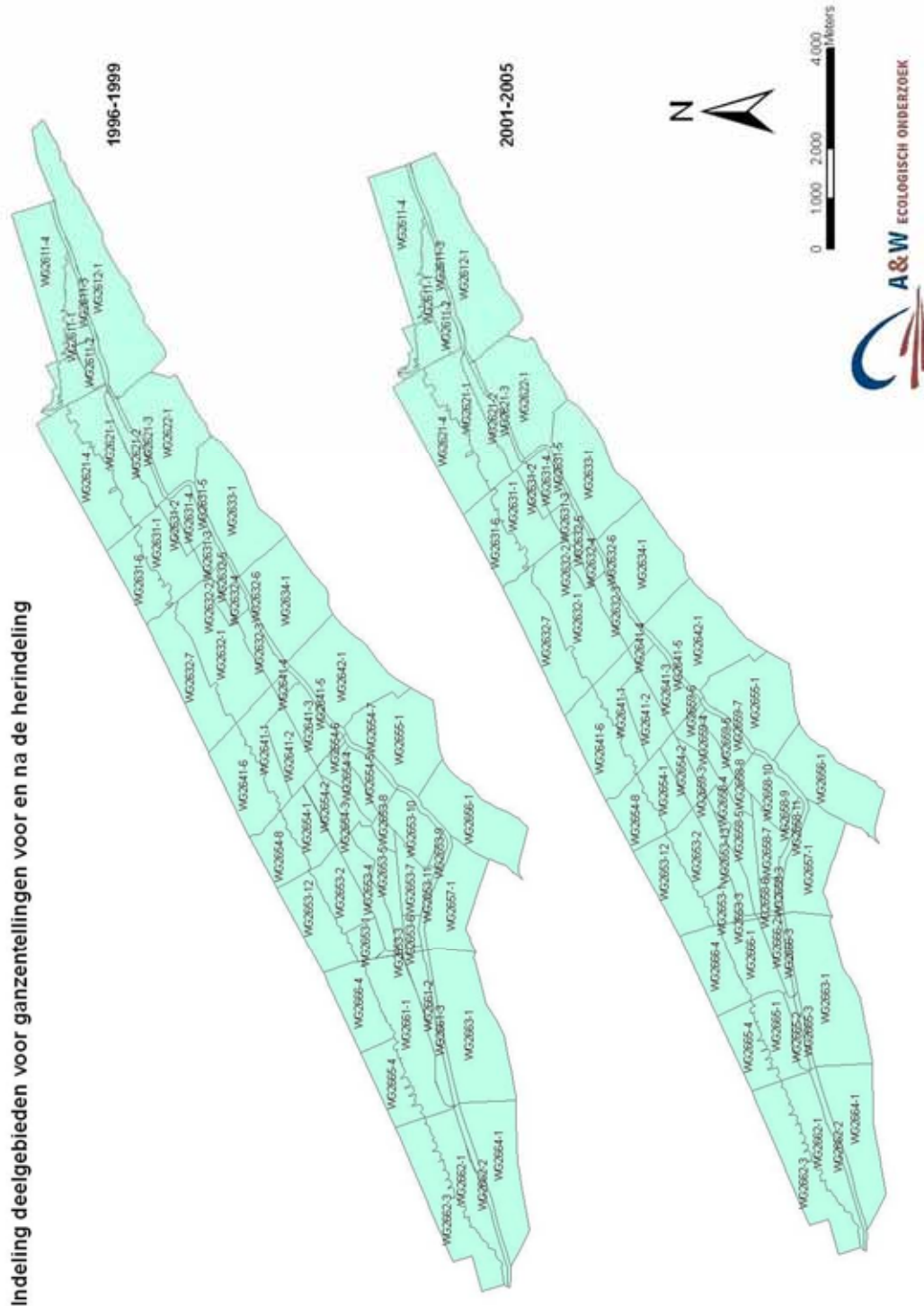


Bedekking	Aantal exemplaren
□	ontbrekend
1	< 10 % 1 - 20
2	< 10 % 21 - 100
3	< 10 % > 100
4	10 - 50 %
5	> 50 %

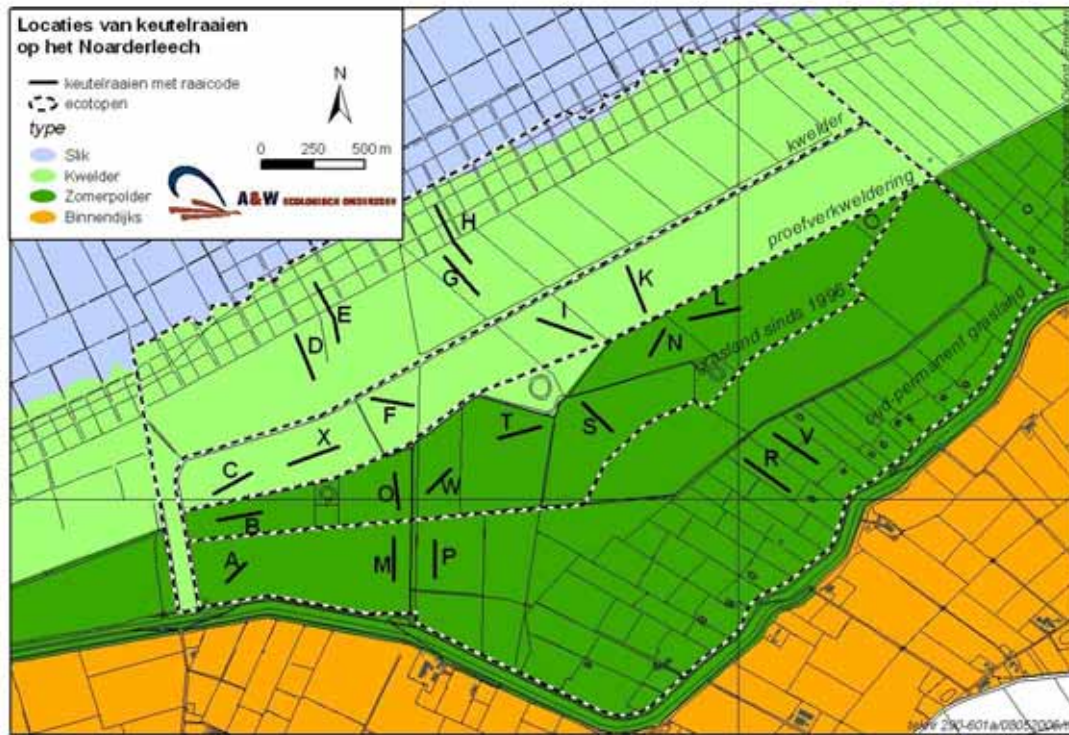


BIJLAGE X Meetlocaties ganzen

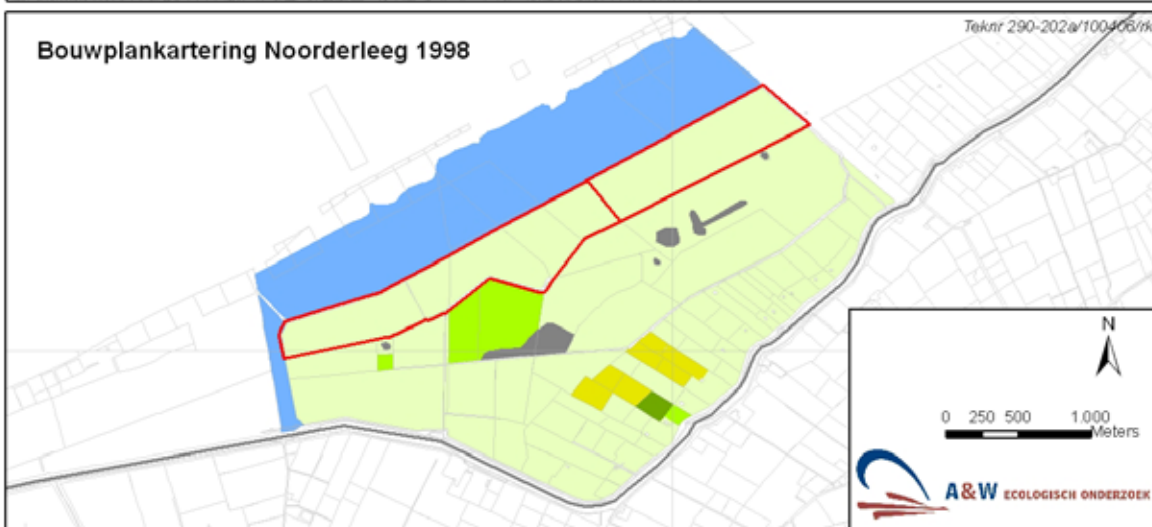
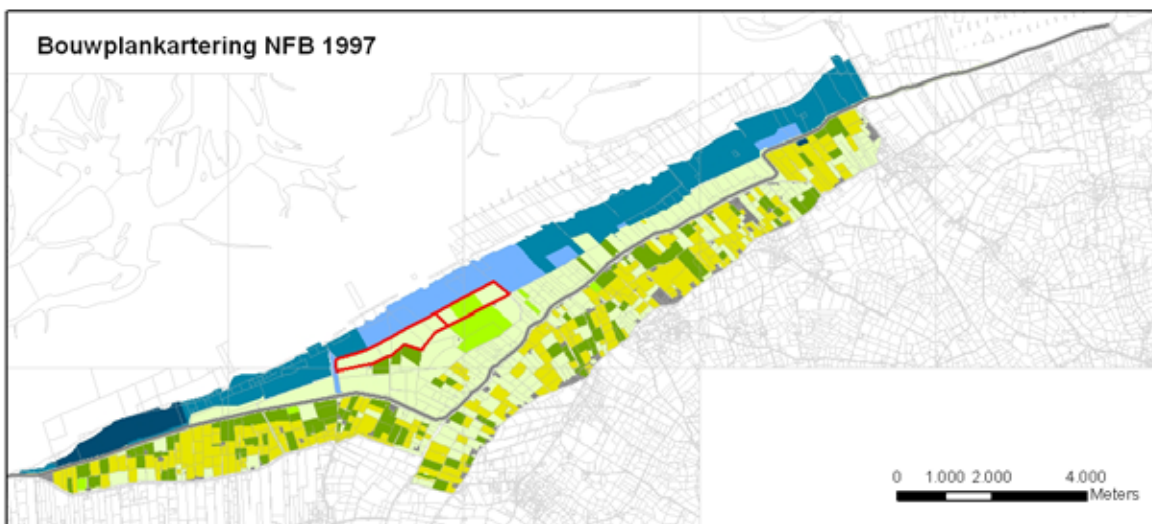
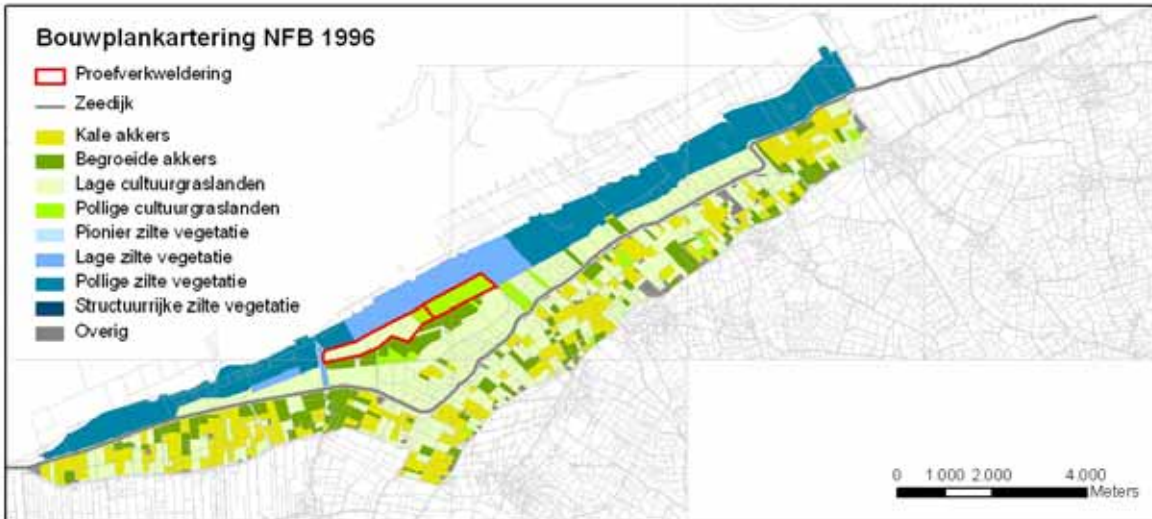
Figuur X.1 Deelgebieden voor ganzentellingen van 1996-1999 en van 2001-2005



Figuur X.2 Locaties van Keutelraaien op het Noarderleech

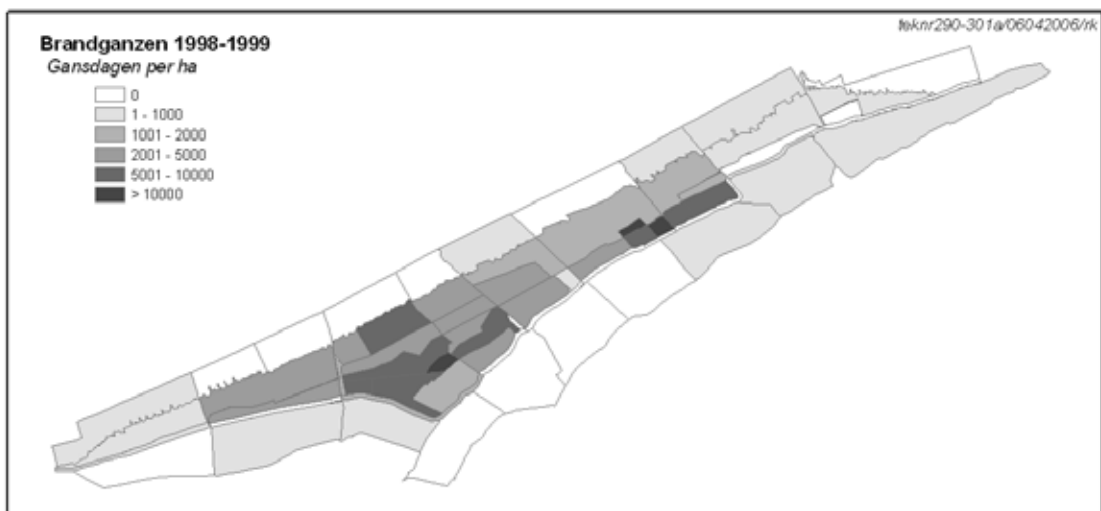
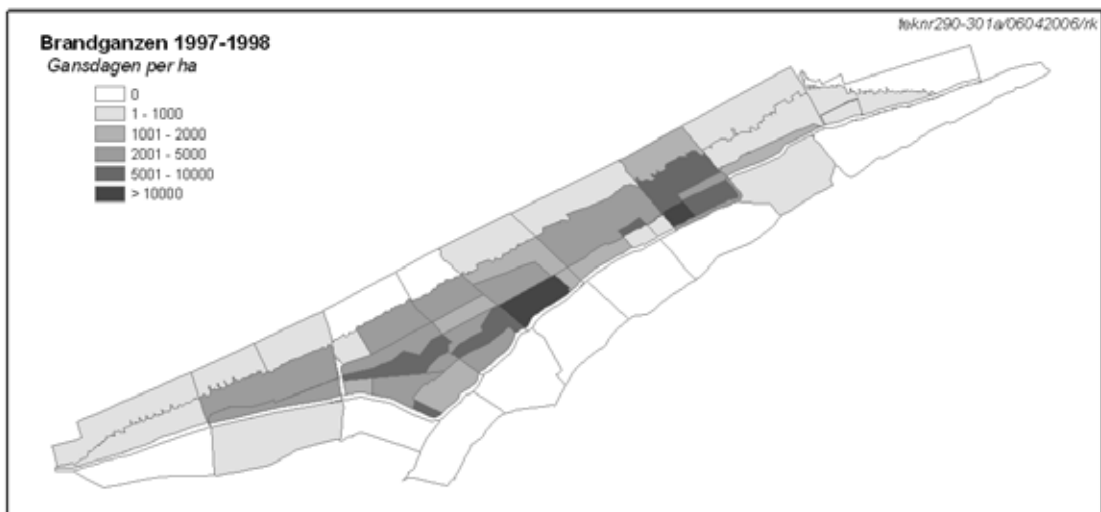
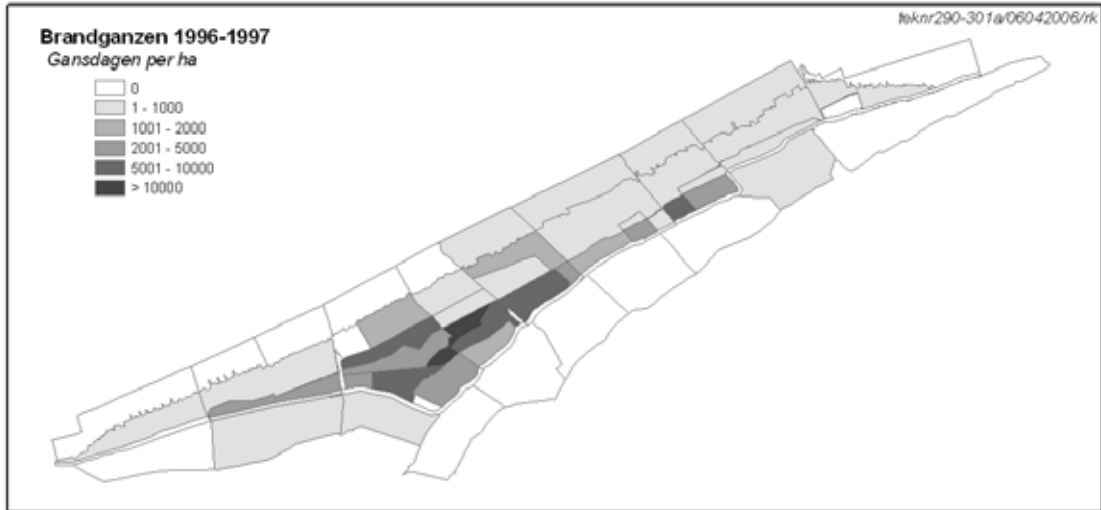


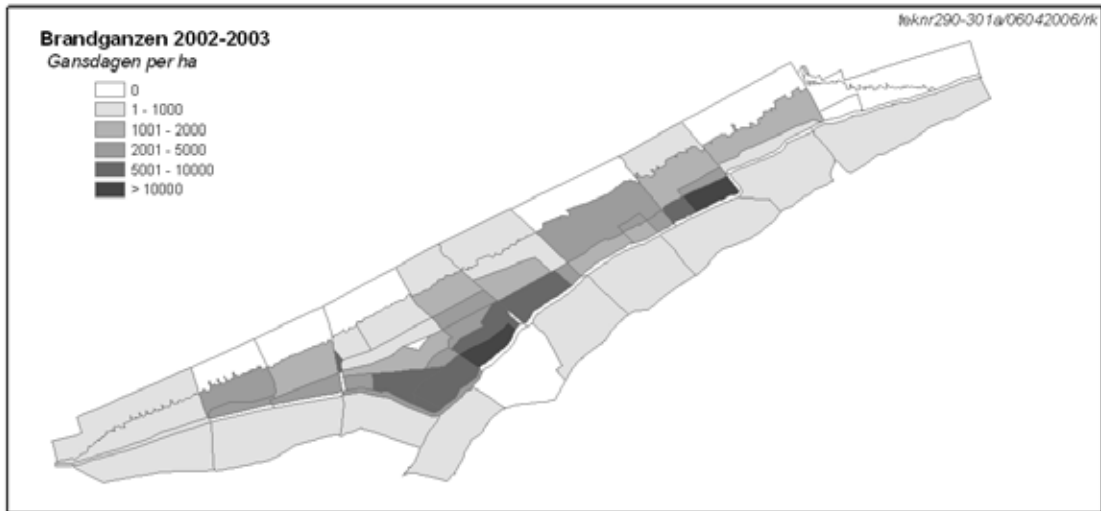
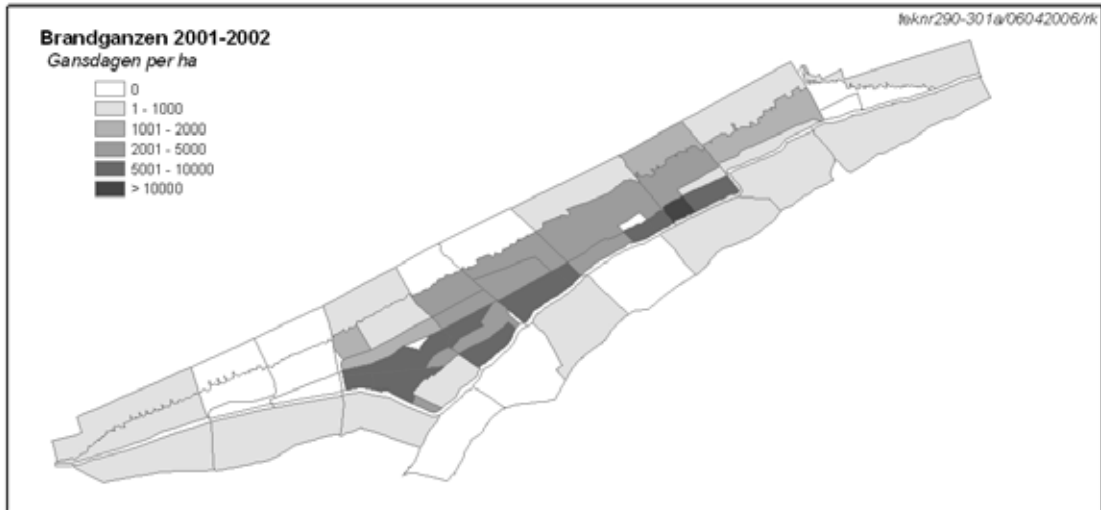
BIJLAGE XI Bouwplankarteringen Noard-Fryslân Bûtendyks en Noarderleech

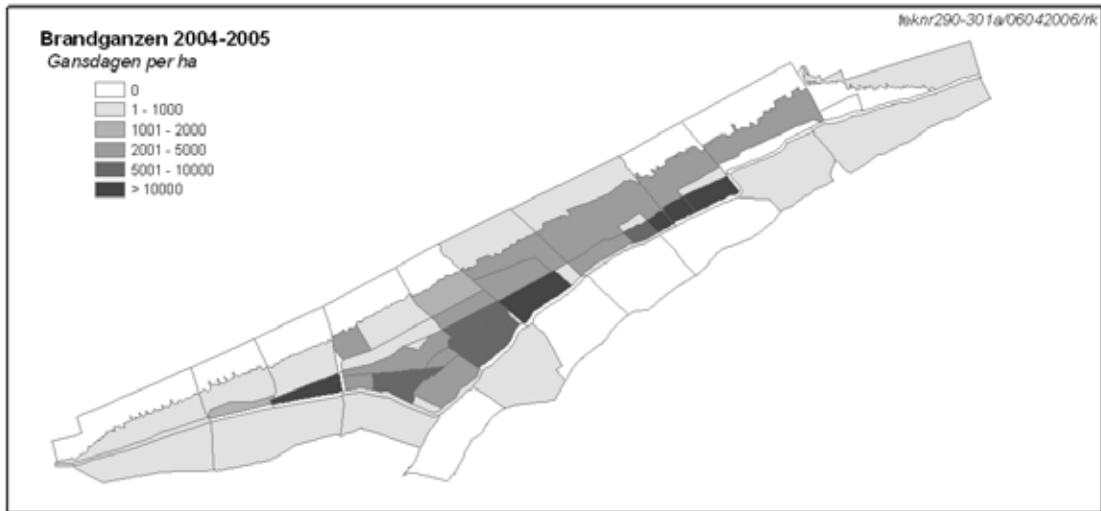


BIJLAGE XII Brand- en Rotganzen op Noard-Fryslân Bûtendyks

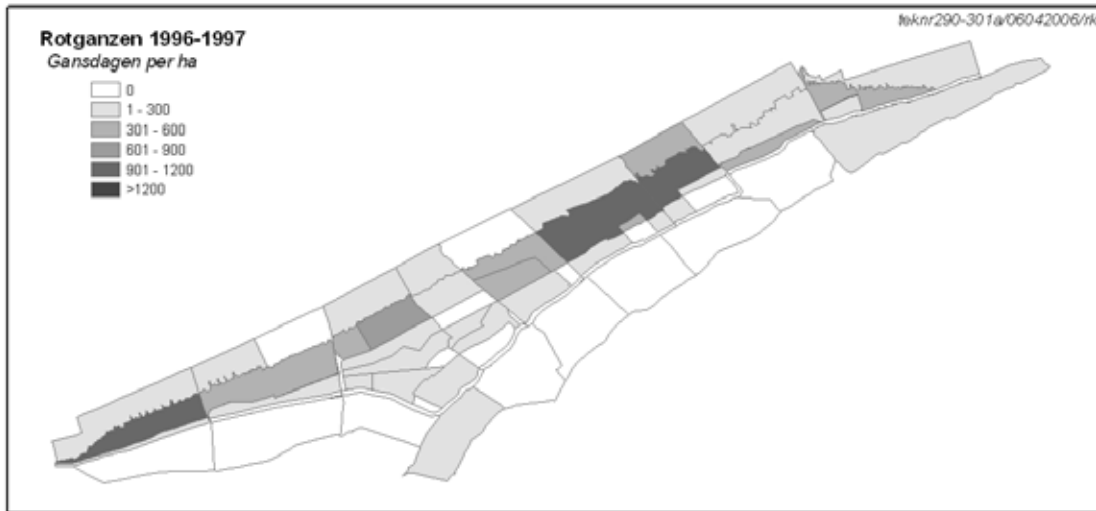
Figuur XII.1. Verspreiding van Brandganzen over NFB

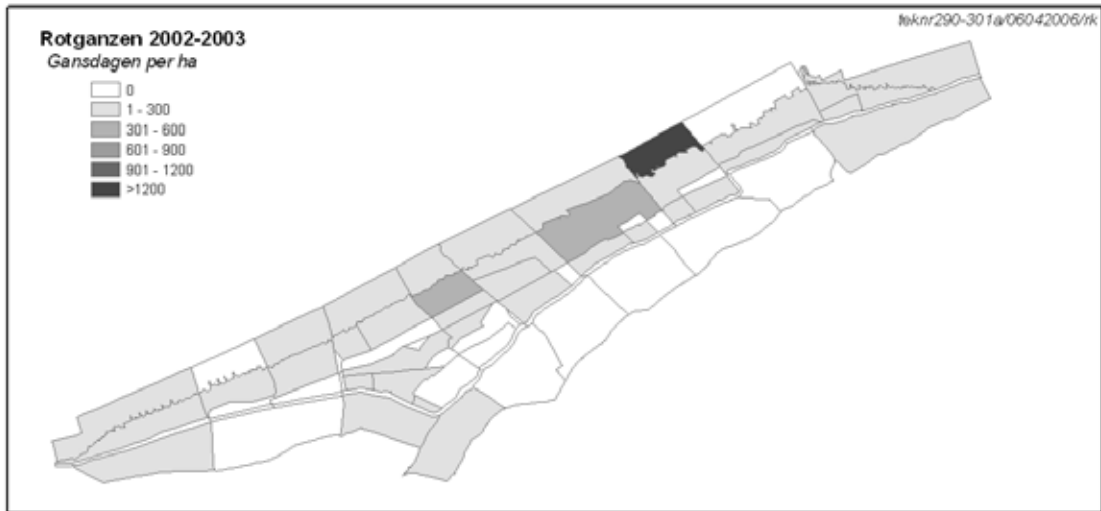






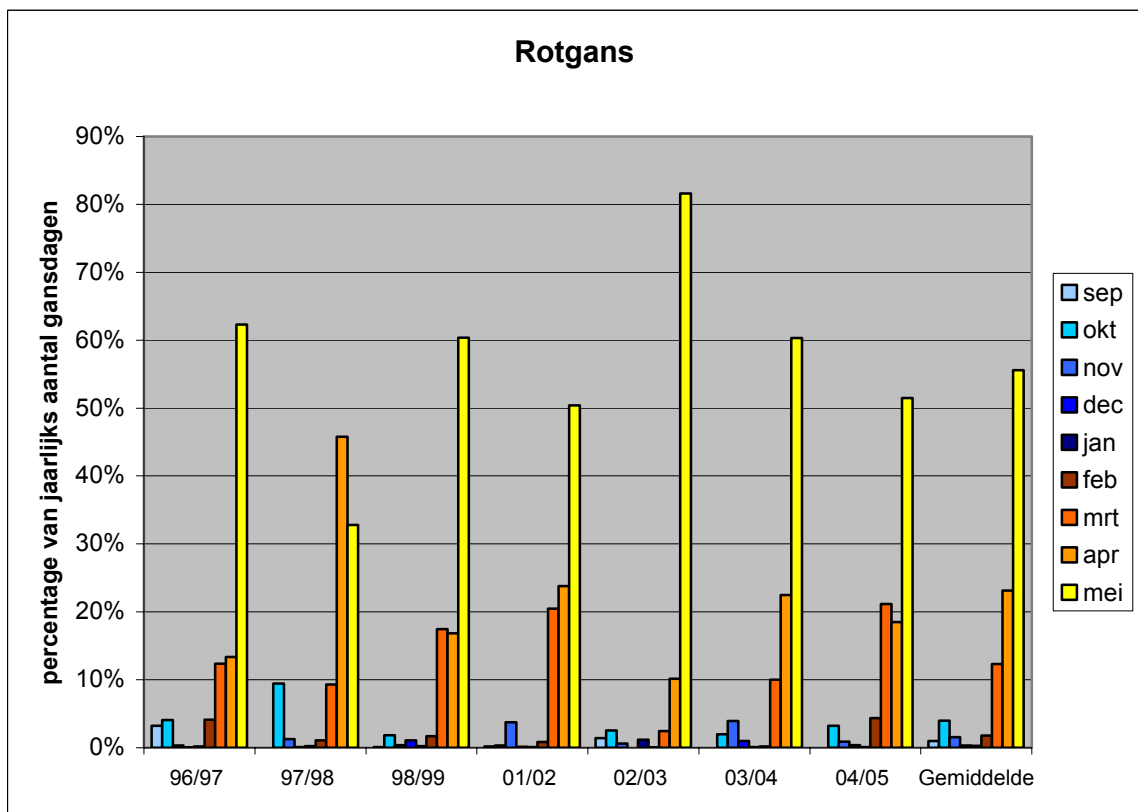
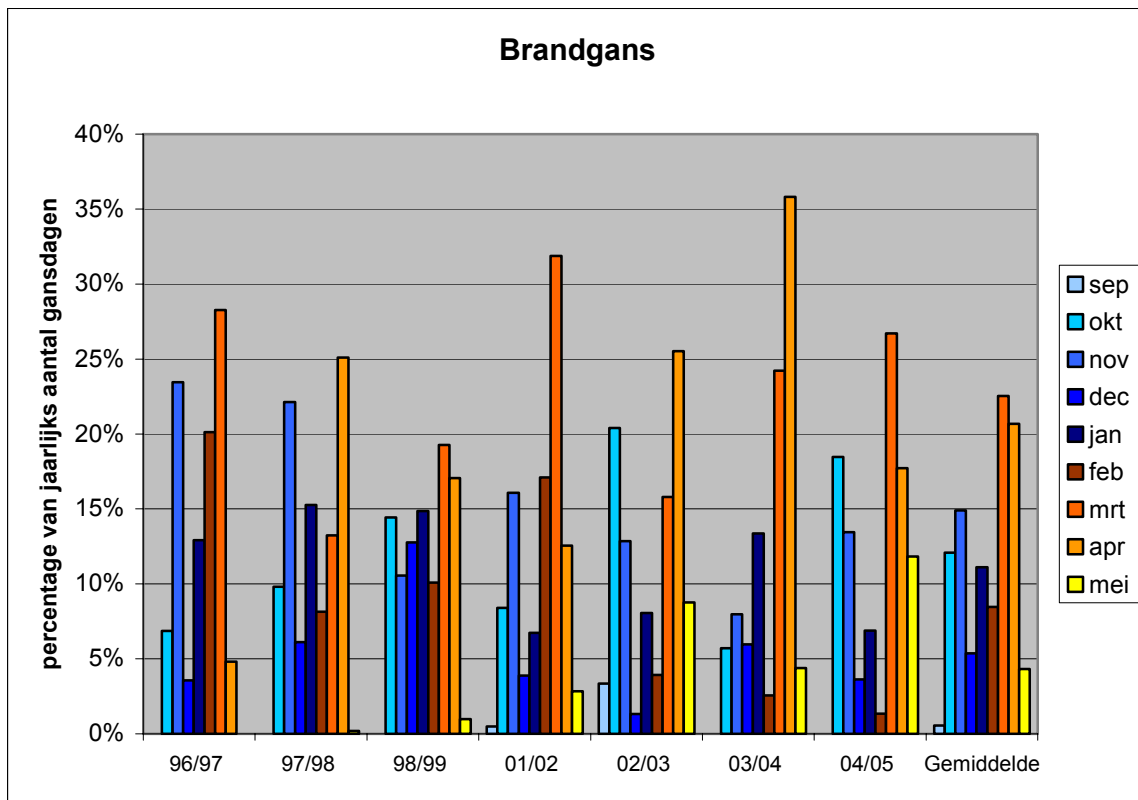
Figuur XII.2 Verspreiding van Rotganzen over NFB







Figuur XII.3. Verspreiding van gansdagen over de verschillende maanden van het jaar.



BIJLAGE XIII Broedvogels op het Noarderleech

Locatie	Kwelder West + Oost (202 ha)					Proefkwelder Oost (101 ha)					Zomerpolder Oost (195 ha) Incl. Flif (70 ha)					Totaal					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Scholekster	63	73	100	88	77	98	91	49	51	65	47	60	60	56	132	134	158	151	153	165	172
Kluis	113	236	98	58	61	66	182	25	15	48	39	100	19	75	315	395	388	339	407	214	410
Kievit	2	2	1		5	5	15	16	29	28	10	16	20	25	145	161	164	238	224	240	322
Gruut					2		1	9	9	7	2	3	6	3	58	58	52	67	65	61	67
Tureluur	4	4	3	5	11	16	79	10	10	17	5	11	13	19	43	53	65	85	69	78	60
Kokmeeuw	2	169	285	59	52	10	113		102	12					2	227	218	295	113	116	
Visdief	39	153	203	98	33	12	32	12	3	4			1			3			14	23	5
Noordse Stern	5	7	8	80	51	35	34														
Veldleeuwrik				5	17	20	30	13	12	15	11	20	16	14	29	42	29	37	38	34	34
Graspieper	1	2		13	12	13	7	7	9	10	12	9	13	10	26	22	14	15	16	18	16
Bergeend	1	1	1		2	1	9	6	7	11	3	1		2	17	2	4	3	4	2	1
Boerenzwaluw	1				2																
Bontbekplevier												1			1	1	1			1	2
Dodaars																					
Eidereend	1	1				1	2														
Gele kwikstaart						2				1					1				1	2	1
Holenduif						1		4	3	1					1	2					
Kemphaan																		1			
Kl. mantelmeeuw	2	1	2												1						1
Kleine karekiet																					
Kneu										1											
Krakeend															4	2	4	5	5	7	
Kuifeend	1									5					8	9	10	12	13	6	14
Kwartel																					
Kwartelkoning																					
Meerkoet								3	2												
Pijlstaart																					
Rietgors							1								2						1
Slobeend										2					1	15	7	7	13	7	14
Smient															3	1	1	1	1	1	1
Tapuit						1				1	1						1	2	1		
Velduil						1															
Waterhoen																					
Watersnip																					
Wilde eend	1	1						6	3	4	1		1								1
Wintertaling										3											
Witte kwikstaart							1	4	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	5	2	3
Zilvermeeuw	229	147	263	122	148	48	31						1		2	3	1	1	2		3
Zomertaling															2	3	1	1	2		
N Soorten	14	13	10	9	15	15	15	14	13	19	12	10	12	10	18	22	20	22	21	20	23



Het project was mogelijk door financiële bijdragen van:



landbouw, natuur en
voedselkwaliteit

Prins Bernhard



Cultuurfonds geeft cultuur de kans



RijksUniversiteit
Groningen



provinsje fryslân
provincie fryslân



It
Fryske
Gea