



Traditionele bevoeiing als beheersmaatregel

Mogelijkheden voor herstel van verzuurde beekdalgraslanden langs de Reest

Stichting het Drentse Landschap

30 november 2004

Eindrapport onderzoek 2000-2003

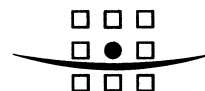
24351



ROYAL HASKONING

thinking in
all dimensions

A COMPANY OF



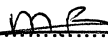
ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND BV
RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

Chopinlaan 12
Postbus 8064
9702 KB Groningen
+31 (0)50 521 42 14 Telefoon
+31 (0)50 526 14 53 Fax
info@groningen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Traditionele bevoeiing als beheersmaatregel
Mogelijkheden voor herstel van verzuurde
beekdalgraslanden langs de Reest
Status Eindrapport onderzoek 2000-2003
Datum 30 november 2004

Projectnummer 24351
Opdrachtgever Stichting het Drentse Landschap
Referentie 24351/R00002/MIBA/Gron

Auteur(s) Mirjam Bakker, Ab Grootjans, Anneke Boerwinkel,
Alex Verschoor
Collegiale toets Willem Molenaar
Vrijgegeven door Mirjam Bakker
Datum/paraaf 30-11-04 

VOORWOORD

Ondanks de beheersinspanning van het Drentse Landschap gaan de Dotterbloemhooilanden met Noordse zegge in het Reestdal achteruit. Door het hydrologische systeem zoveel mogelijk te herstellen, probeert het Landschap de waardevolle graslanden te behouden. Grondaankopen vormen vaak een voorwaarde voor het uitvoeren van hydrologische maatregelen. De tijd die daar voor nodig is, is vaak te lang om de waardevolle vegetaties te behouden. Gezocht wordt nu naar een tussentijdse oplossing om zo de kritieke periode te overbruggen. Stichting het Drentse Landschap heeft samen met IWACO/Royal Haskoning en de RUG een proef uitgezet om te onderzoeken of bevoeiing met beekwater al dan niet in combinatie met plaggen en bemesten een oplossing is.

In het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur is een vierjarig onderzoek opgestart naar de effecten van bevoeiing op de vegetatie. Om inzicht te krijgen in de sturende factoren en processen is zowel in een bevoeid perceel als in een onbevoeid referentieperceel een bemestingsproef uitgezet. Gedurende vier jaar zijn in dit onderzoek de vegetatie-ontwikkeling, bodemchemische processen en de kwaliteit en standen van het grondwater gevolgd. Mocht blijken dat bevoeiing inderdaad tot de gewenste vegetatie-ontwikkeling leidt, dan biedt deze maatregel perspectief voor hooilandherstel in een groter deel van het beekdal en mogelijk ook in andere beekdalen.

Het onderzoek vond plaats in de periode 2000 –2003. In de tussenliggende periode zijn de volgende rapporten verschenen met tussentijdse resultaten:

- Boerwinkel et al., 2001, Traditionele bevoeiing als beheersmaatregel, mogelijkheden voor herstel van verzuurde beekdalgraslanden langs de Reest. Afstudeerverslag RUG/IWACO.
- Kemmers en Van Delft, 2001. Bodemkundige aspecten van de uitgangstoestand in het Reestdal en de Westbroekse zode bij bevoeiing als herstelmaatregel voor verzuurde beekdalgraslanden. Alterra-rapport 196.
- Grootjans et al., 2001. Bevoeiing als beheersmaatregel, mogelijkheden voor herstel van verzuurde en verdroogde graslanden. Rapport EC-LNV nr. 2001/052 OBN.
- Baaijens et al., 2001. Traditionele bevoeiing van grasland; een studie naar vroegere bevoeiing van reservaten in Pleistoceen Nederland, alsmede enkele boezemlanden. EC-LNV nr 2001/018 OBN.

De onderste drie verschenen in het kader van een breder OBN-onderzoek naar de effecten van bevoeiing in verschillende natuurgebieden binnen Nederland, waar de Reest onderdeel van uitmaakt.

Dit rapport vormt het eindverslag van het vier jaar durende onderzoek langs de Reest, uitgevoerd door IWACO/Royal Haskoning en de RUG. Naast de door de auteurs verzamelde gegevens is in dit rapport gebruik gemaakt van gegevens verzameld door: Peter Vrielink, Steven Verbeek, Erwin Adema en Bert van Berkum.

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Gebiedsbeschrijving en probleemstelling	1
1.2 Mogelijke maatregelen voor herstel	3
1.3 Vraagstelling	4
2 ONDERZOEKSMETHODE	5
2.1 Inrichting bevoeiingsveld	5
2.2 Vegetatiekartering	6
2.3 Grondwaterstanden en –kwaliteit	7
2.4 EGV-metingen, pH-metingen en temperatuurmetingen	8
2.5 Micro-elektrodemetingen	8
2.6 Bemestingsexperiment	9
2.7 Introductie-experiment	10
3 RESULTATEN 2000-2003	11
3.1 Vegetatie-ontwikkeling	11
3.2 Grondwaterstanden en –kwaliteit	13
3.3 EGV-metingen en temperatuurmetingen	16
3.4 Micro-elektrodemetingen	17
3.5 Bemestingsexperiment	18
3.6 Introductie-experiment	20
4 INTERPRETATIE	23
4.1 Vegetatie en standplaatscondities	23
4.2 Effecten van herstelmaatregelen	24
4.3 Conclusies	25
4.4 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	27
5 LITERATUUR	28

BIJLAGEN

1. Bemestingsschema
2. Vegetatie ontwikkeling in permanente quadraten (syntaxonomische tabel)
3. Verspreidingskaarten van indicatorsoorten
4. Grondwaterkwaliteit
5. EGV-metingen
6. Metingen micro-elektroden
7. Overzicht biomassa kwaliteit

1 INLEIDING

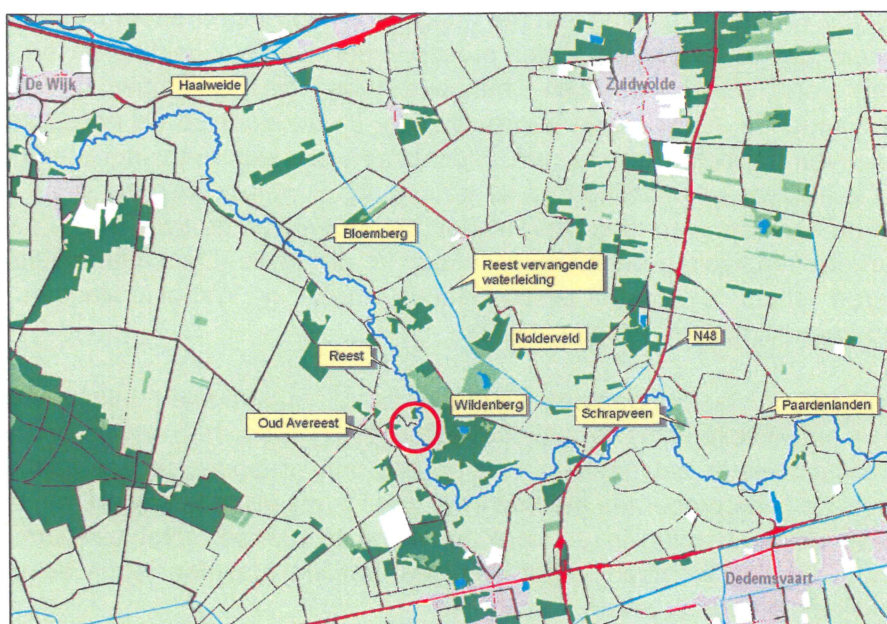
1.1 Gebiedsbeschrijving en probleemstelling

Gebiedsbeschrijving

Op de grens van Drenthe en Overijssel ligt het fraaie beekdal van de Reest. De Reest, oorspronkelijk een hoogveenbeek, meandert hier door een kleinschalig landschap met plaatselijk goed ontwikkelde natte beekdalgraslanden.

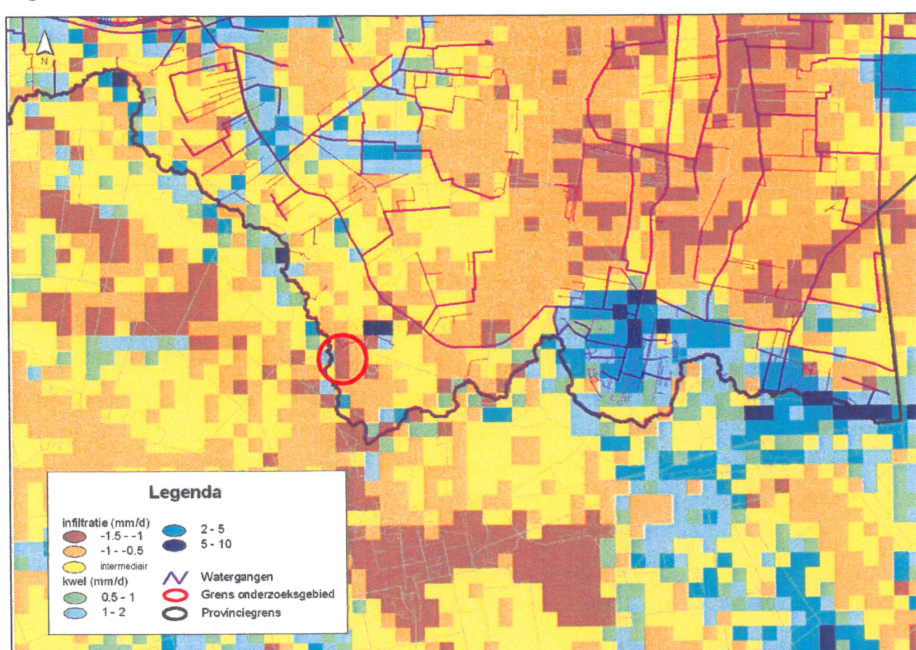
Van bovenloop tot benedenloop verschuiven langzaam de accenten in de vegetatie en het landschap. Vanaf de oorsprong in het hoogveenontginningsgebied, ten noordoosten van Dedemsvaart, loopt de bovenloop door een relatief vlak ontginningslandschap (figuur 1). Pas ter hoogte van de rug van Zuidwolde worden hoogteverschillen duidelijker. Het dal van de middenloop is duidelijk begrensd door steilkanten en stuifduinen als de Wildenberg en varieert in breedte van circa 100 tot 500 meter afhankelijk van de ligging van dekzandruggen. Meer naar het westen (voorbij Bloemberg) neemt het reliëf weer af. De zandige beekdalflanken maken plaats voor het breder uitlopende laagveengebied. In dit deel van het beekdal vinden nog regelmatig inundaties plaats, wat terug te zien is in de vegetatie van grote zeggen als Blaaszegge (*Carex vesicaria*), Scherpe zegge (*Carex acuta*) en Noordse zegge (*Carex aquatilis*), of op drogere plaatsen met Rietgras (*Phalaris arundinacea*). Algemeen voorkomend in het beekdal zijn de Dotterbloemhooilanden met naast Dotterbloem (*Caltha palustris*) en Waterkruiskruid (*Senecio aquaticus*) soorten als Echte Koekoeksbloem (*Lychnis flos-cuculi*) en Noordse zegge. Het van oudsher relatief zure en voedselarme karakter van de hoogveenbeek is nog af te lezen uit de voor de Reest karakteristieke soortensamenstelling van het Dotterbloemhooiland met soorten als Draadrus (*Juncus filiformis*), Moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*) en Schildereprijs (*Veronica scutellata*). Meer bovenstrooms verschuift het Dotterbloemhooiland steeds meer richting Kleine zeggengemeenschappen met soorten als Snavelzegge (*Carex rostrata*), Draadzegge (*Carex lasiocarpa*), Zwarte zegge (*Carex nigra*), Wateraardbei (*Potentilla palustris*) en Moerasviool (*Viola palustris*).

Figuur 1. Locatie onderzoeksgebied



De verspreiding van Dotterbloemhooilanden in het Reestdal hangt nauw samen met het voorkomen van inundaties en het voorkomen van kwel. Vanuit het Drents plateau vindt op regionaal niveau toestroming van grondwater plaats. Deze regionale kwel komt slechts lokaal in het beekdal tot uitdrukking (figuur 2). Vooral in het relatief bovenstrooms gelegen deel (Paardelanden/Schrapveen) en benedenstrooms van Bloemberg is het voorkomen van kwel af te lezen aan de goed ontwikkelde Dotterbloemhooilanden. In de overige delen, waaronder een groot deel van de middenloop, is de kwel geringer of van meer lokale oorsprong (TNO, 2002, Vegter, 1992; Bakker et al., 2003). Dit komt tot uitdrukking in duidelijke overgangen tussen Dotterbloemhooiland en de Kleine zeggengemeenschappen.

Figuur 2. Kwel en infiltratie (NAGROM-modellering)



Probleemstelling

Ten gevolge van de ontginning van het hoogveen rond Slagharen en Dedemsvaart nam de hoeveelheid af te voeren water steeds meer toe, wat leidde tot het veelvuldig optreden van inundaties. Ten behoeve van de landbouw is daarom de Reestvervangende Waterleiding gegraven, een brede sloot op de noordflank, die een groot deel van het beekwater afvoert. Slechts een deel van het water stroomt nog door de beek zelf. Deze afkoppeling had tot gevolg dat er weinig stroming in de beek plaats vond en de waterstanden laag bleven. Een groot deel van de kwel kwam daardoor niet meer in het maaiveld terecht maar direct in de beek. De Dotterbloemhooilanden veranderde sinds de jaren zestig steeds meer in Witbolhooilanden of Kleine zeggengemeenschappen (Vegter, 1992).

Na uitgebreid systeemonderzoek zijn een aantal maatregelen uitgevoerd om deze negatieve ontwikkeling stop te zetten (Vegter, 1997). Door het verwerven van gronden op de flanken en in het beekdal, het graven van greppels en het aanbrengen van voordenen in de beek probeerde men de kwel weer in maaiveld te krijgen, regenwater af te voeren en meer stroming in de beek tot stand te brengen. Het peil kon echter niet voldoende opgezet worden, omdat een deel van de percelen langs de beek nog in landbouwkundig gebruik waren.

Inmiddels is een groot deel van het beekdal begrensd als natuurreserveaat of beheersgebied en wordt in de herinrichting Zuidwolde-zuid gewerkt aan de planvorming voor aanvullende maatregelen en verwerving van gronden. De eigendomssituatie of functie van laaggelegen percelen blijft de komende jaren echter een probleem voor het doorvoeren van verdergaande maatregelen. Om de tussenliggende periode te kunnen overbruggen en verdere achteruitgang van de beekdalgraslanden tegen te gaan is Stichting het Drentse Landschap op zoek naar tussentijdse en alternatieve structurele maatregelen.

1.2 Mogelijke maatregelen voor herstel

Mogelijke maatregelen voor het behoud van de karakteristieke graslanden zijn gezocht in het oorspronkelijke beheer van de beekdalgraslanden.

De beekdalhooilanden overstroomden in vroeger tijden regelmatig met beekwater, wat vermoedelijk een stimulerende invloed heeft gehad op de vegetatie van Noordse zegge, Dotterbloem en Waterkruiskruid. Van Noordse zegge is bekend dat zij zich vegetatief goed kan handhaven, mits een frequente overstroming met matig kalkrijk beekwater plaatsvindt (Grootjans, 1985). Volgens Baaijens (2000) werden de graslanden langs de Reest daarnaast bewust bevoeid ter bevordering van de grasproductie en het voorkomen van vorstschade (Baaijens et al., 2001).

Het oppervlaktewater in de Reest is relatief basenrijk en rijk aan ijzer- en kaliumhoudend slib. Oppervlaktewater bevat in sommige gevallen echter veel sulfaat, dat in ontijzerde bodems bij langdurige inundatie aanleiding kan geven tot hoge sulfide productie (Lamers et al., 1998). Overstroming met oppervlaktewater is dus niet altijd een vanzelfsprekende maatregel; bij een verkeerde combinatie van maatregelen kan aan de bestaande vegetatie extra schade aangericht worden. In het beekwater van de Reest komen lage sulfaatgehalten voor, zodat bevoeiing hier wel een mogelijke maatregel is. Het kaliumhoudend slib kan daarnaast bijdragen aan herstel van het Dotterbloemhooiland. Kaliumgebrek door uitspoeling en door verschrallend maaibeheer staat bekend als een mogelijk mechanisme voor degradatie van het Dotterbloemhooiland (Pegtel et al., 1996, Van Duren, 2000).

Naast bevoeiing brachten de boeren kalk en stalmest op het land ter bevordering van de productie. Dit heeft vermoedelijk een direct effect gehad op de bodem-pH en basenverzadiging van de bodem. Stalmest zou indirect een verhogend effect op de pH kunnen hebben. In een met water verzadigde bodem treden alleen dan reducerende (en zuurconsumerende) processen op als er gemakkelijk reduceerbare producten voor handen zijn, zoals bijvoorbeeld mest. Bij gebrek aan gemakkelijk afbreekbare producten kan de redoxpotentiaal niet dalen en blijft de pH op een laag niveau (Van Delft & Kemmers, 1998).

1.3 Vraagstelling

In de periode 2000-2003 is onderzocht of de maatregelen bevoeien met beekwater en bemesten met stalmest en kalk een geschikte oplossing zijn voor het behoud en herstel van de Dotterbloemhooilanden langs de Reest. Vragen die hierbij gesteld zijn, zijn:

- Wat zijn de ecohydrologische kenmerken van het gebied?
- Wat zijn groeibeperkende factoren voor de doelvegetatie?
- Verandert de soortensamenstelling in de graslanden?
- Verandert de bodemchemische samenstelling?
- Wat is het effect van bevoeiing met beekwater?
- Is dit een langdurig, effectief effect?
- Leiden toevoegen van stalmest, ijzer of kalk tot gewenste verhoging van de basenverzadiging en herstel van doelsoorten uit het Dotterbloemhooiland?
- Wat betekent dit voor de beheerder en wat is de optimale combinatie van maatregelen?

2 ONDERZOEKSMETHODE

2.1 Inrichting bevoeiingsveld

Opzet

Het experimentele bevoeiingsveld ligt ten noorden van het Kerkvonderpad op een locatie langs de middenloop, waar het Dotterbloemhooiland in de loop der tijd is overgaan in de gemeenschap van Moerasstruisgras en Zompzegge (*Carici curtae-Agrostietum caninae*) en een rompgemeenschap van Snavelzegge (figuur 3). De onderzoekslocatie ligt tegen het stuifzandgebied Wildenberg aan en bestaat uit een 1 tot 2 m dik veenpakket op zand. Het veen bestaat uit broekveen en rietzeggeveen en is tot een diepte van ongeveer 20-40 cm veraard.

Figuur 3. Locatie proefveld



Het proefgebied bestaat uit twee percelen, die van elkaar gescheiden zijn door een greppel en een dijkje aan de kant van het niet bevoeide perceel. Een windmolen, en later een pomp, maalt het beekwater in de maanden oktober tot en met maart in een sloot langs het Kerkvonderpad. Vanuit de randsloot loopt het opgepompte beekwater over het perceel richting de beek, waar het tegen gehouden wordt door de oeverwal. Het overtollige water kan vervolgens via een (afdambare) greppel, op de scheiding van de twee percelen, terugstromen naar de Reest.

Figuur 4. Bevloeiing in de winter. Via de sloot rechts op de foto wordt het water aangevoerd. Aan de sneeuw is te zien hoe het water over de rand van de sloot het grasland in stroomt



Uiteindelijke bevloeiing

Het proefgebied is in de herfst van 1999 ingericht, waarna er in de maand december 10 à 12 dagen is bevoeid. De bevoeiing wilde echter niet goed op gang komen, omdat de molen vanwege de lage waterstanden in de Reest het beekwater niet goed op kon malen. Vanaf oktober 2000 is daarom gewerkt met een pomp aangedreven door een tractor. Aan einde van 2002 is de bevoeiing structureel ingezet na in gebruik name van een pomp met generator.

2.2

Vegetatiekartering

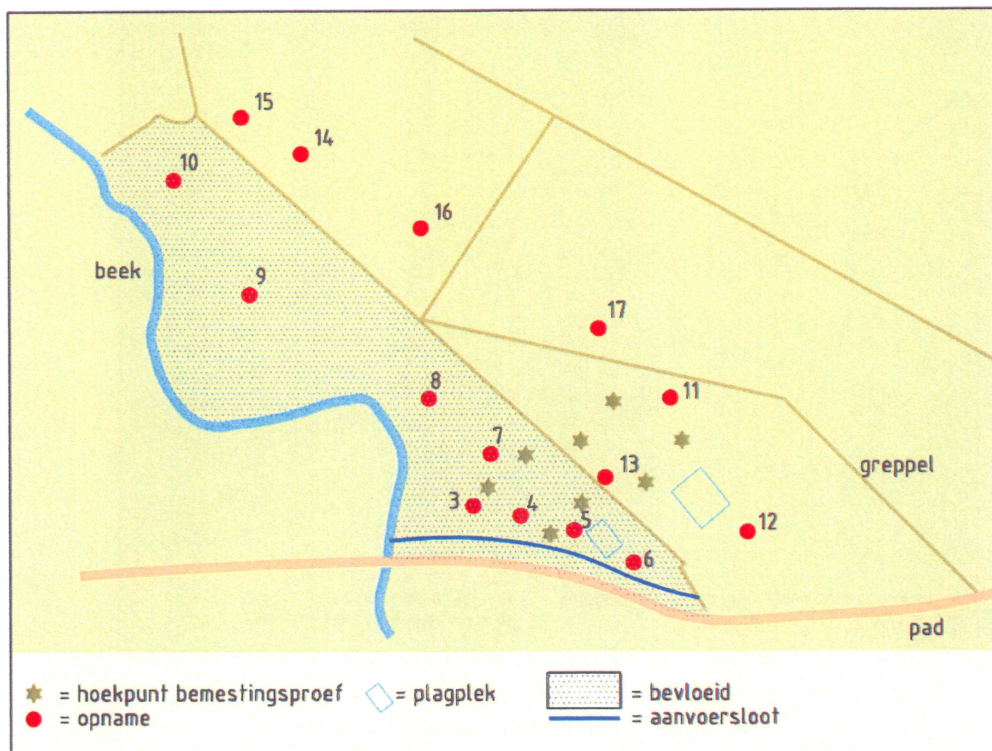
Ter beoordeling van de effecten van bevoeiing is de vegetatie-ontwikkeling in de afgelopen vier jaar gevolgd. Hiervoor zijn jaarlijks een aantal vaste permanente quadraten (pq's) opgenomen met de schaal van Londo. De 8 pq's in het bevoeide deel en de 7 pq's in het onbevoeide deel liggen verspreid over de percelen in zowel Kleine zeggenvetaties als in vegetaties waar duidelijk een inslag van het Dotterbloemhooiland is terug te vinden. De locatie van de pq's is vastgelegd met behulp van foto's en schetsen. De hoekpunten zijn met een metaaldetector terug te vinden. In figuur 5 is de locatie van de pq's weergegeven. Naast de pq's in het proefgebied zijn jaarlijks twee pq's opgenomen in de Haalweide, een goed ontwikkelt Dotterbloemhooiland wat meer benedenstrooms.

Ter ondersteuning van de vegetatie-opnamen is jaarlijks de verspreiding van enkele indicatorsoorten geïnventariseerd. De verspreiding in het bevoeide en onbevoeide perceel werd met behulp van de schaal van Tansley vastgelegd.

Gegevensverwerking

De vegetatie-opnamen zijn ingevoerd in het programma Turboveg en daarna in een syntaxonomische tabel geordend volgens de indeling van Schaminée (1995, 1996). Voor het opstellen van een indicatorsoortenlijst is gebruik gemaakt van 'Grondwaterafhankelijke plantensoorten als hydrologische indicator in Drenthe' (Vegter, 1991).

Figuur 5. Locaties permanente kwadraten (pq's)

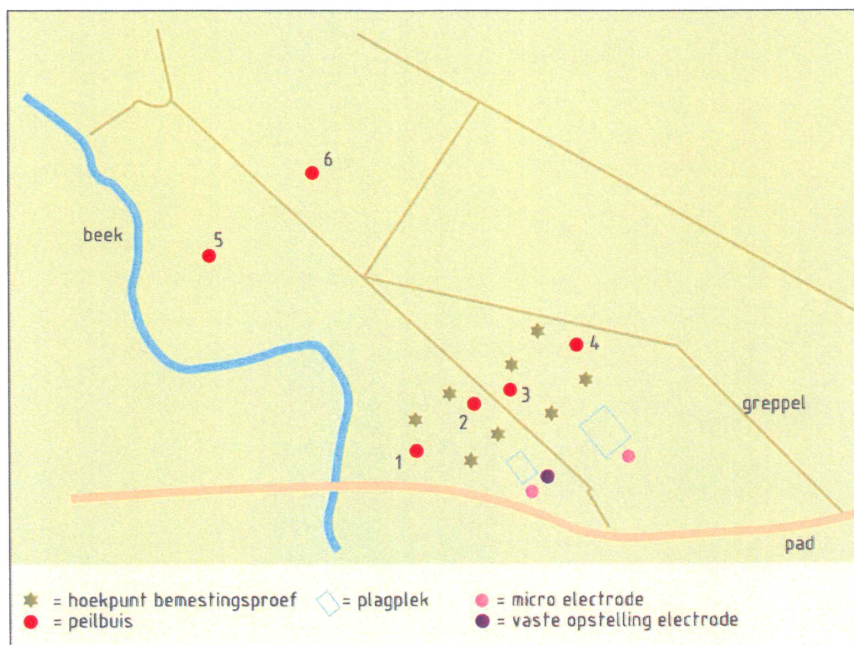


2.3 Grondwaterstanden en -kwaliteit

Om tijdens het proefproject de lokale waterhuishoudkundige situatie te kunnen volgen, zijn op een aantal locaties (figuur 6) peilbuizen geplaatst. De buizen met filters op (30, 60, 100, 150 cm diepte) zijn geplaatst in twee raaien van de flank naar de beek. In de periode juli 2000 tot en met oktober 2003 is de grondwaterstand 2-maandelijks gemeten door een vrijwilliger van het Drentse Landschap. Daarnaast zijn de buizen gebruikt voor bemonstering van de grondwatersamenstelling in mei 2000 en juni 2003.

Aanvullend hierop zijn begin oktober 2000 door Boerwinkel een aantal extra buizen geplaatst. De buizen met ondiepe filters zijn zowel voor de bevoeiing als vlak na de inzet van bevoeiing bemonsterd (Boerwinkel et al., 2001).

Figuur 6. Locaties peilbuizen, bemestingsproef en micro-electrode metingen



2.4 EGV-metingen, pH-metingen en temperatuurmetingen

In beide percelen zijn jaarlijks in een raai het elektrisch geleidingsvermogen en het temperatuurverloop in de bodem gemeten met behulp van een prikstok. Daarnaast is in 2000 en 2002 op dezelfde locaties als de egv-metingen het temperatuurverloop in de bodem gemeten. Het elektrisch geleidingsvermogen van de bodem is een maat voor de hoeveelheid opgeloste stof in het bodemwater. Samen met het temperatuurverloop en de pH geven zij een indicatie voor de aanwezigheid van grondwater, regenwater of beekwater. Door op verschillende tijdstippen te meten, ontstaat inzicht in de duurzaamheid van bevloeiing, de invloed van kwel en ontwikkeling van regenwaterlenzen. Metingen werden verricht in juni 2000, april 2001 en mei 2003.

2.5 Micro-elektrode metingen

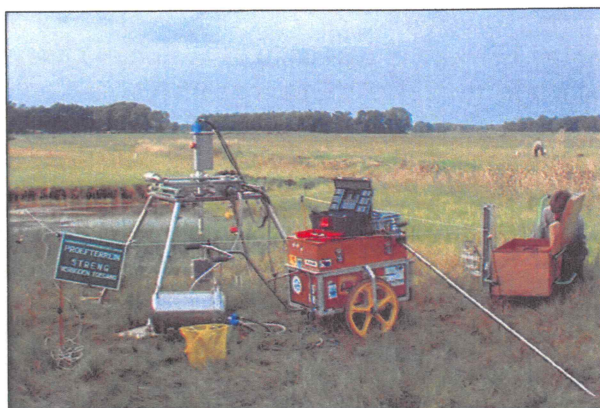
In oktober 2000 en april 2001 zijn twee opstellingen opgezet in de proefvelden om het effect van bevloeiing op bodemprocessen te meten (figuur 6). De eerste opstelling bestaat uit een meetkastje met daaraan negen elektrodes, drie voor zuurstof-, drie voor redox- en drie voor sulfidemetingen. Deze elektrodes zijn op drie dieptes (1, 5 en 10 cm) geplaatst, zodat op elke gekozen diepte drie parameters gemeten konden worden. Deze opstelling schreef voor en tijdens bevloeiing, gedurende drie dagen, elke twee minuten de gemiddelde meetwaarde weg naar een datalogger. De tweede opstelling (Lander) bestaat ook uit een meetkast met elektrodes (voor zuurstof, redox, sulfide en temperatuur). Het verschil met de vorige opstelling is dat de Lander steeds met vier elektrodes van dezelfde soort meet en dat de elektrodes bewogen kunnen worden in een driedimensionale ruimte.

De Lander heeft gedurende 24 uur vóór en gedurende 24 uur tijdens het bevloeien gemeten in zowel het bevloeiende als het onbevloeiende perceel.

De elektrodes aan de beide opstellingen meten geen werkelijke waarden of concentraties, maar spanningsverschillen ten opzichte van een referentie. De gemeten

spanningsverschillen worden vervolgens met behulp van ijkreeksen omgerekend naar werkelijke hoeveelheden of concentraties.

De Lander (links) en de vaste opstelling (rechts)



2.6 Bemestingsexperiment

Om inzicht te krijgen in de sturende factoren en processen bij bevoeiing is zowel in het bevoeide als in het niet bevoeide proefveld een bemestingsexperiment uitgevoerd (zie figuur 6). Voor het aantonen van eventuele nutriëntenlimitaties is het effect van bemesting gemeten in een Full factorial design (Van Duren, 2000). In april 2000 zijn proefvlakken ingericht in beide proefvelden. De vlakken waren $0,36 \text{ m}^2$ groot en gescheiden door een strook van $0,3 \text{ m}$.

Stikstof, kalium en fosfaat zijn zowel afzonderlijk als in combinatie opgebracht. Controle vlakken en bemeste proefvlakken zijn random verdeeld over de proefvelden. Daarnaast werd kalk, stalmest, ijzer en chloride opgebracht in vlakken van 1 m^2 met een tussenruimte van $0,5 \text{ m}$. Alle behandelingen zijn drie tot zes keer uitgevoerd in twee duplo's (schema is bijgevoegd in bijlage 1).

Stikstof en andere verbindingen zijn opgebracht in april. Kalium en fosfaat zijn opgebracht in drie porties, de eerste in april, de tweede en derde in mei. Voor de gebruikte verbindingen en hoeveelheden zie tabel 1.

Tabel 1. Hoeveelheid opgebrachte elementen en gebruikte verbinding

Element	Verbinding	Hoeveelheid (kg/ha/jr)
N	Osmocote ©	200
P	NaH_2PO_4	80
K	KCl	200
Ca	Emkal ©	2.000 (CaCO_3)
Fe	FeCl_2	1.867
Fe	Slib	1.867
Chloride	NaCl	3.885
Mest	Verse koemest	10.000

De gebruikte hoeveelheid ijzer is berekend uitgaande van een volledig ontijzerde bodem die weer op een normaal peil gebracht moet worden. IJzer is in twee vormen opgebracht: in een chemische vloeibare vorm (FeCl_2 , Smolders et al., 1995) en in slibvorm. Als controle voor de toegevoegde chloride in de behandeling met FeCl_2 is

NaCl gebruikt. Het slib is een neerslag die ontstaat bij de beluchting in het drinkwaterwinningproces. Dit is een zeer ijzerrijke slibvorm (40 massa%).

De gebruikte hoeveelheid mest is historisch gezien, een in dit soort graslanden algemeen toegepaste hoeveelheid (mond. med. Baaijens).

Naast een bemestingsexperiment in het veld is een laboratoriumproef uitgevoerd. Met de laboratoriumproef is onderzocht hoe de doelsoort Dotterbloem reageert op bevloeiing als er geen competitie is van grassen en zeggen. Door op de proeflocatie plaggen te steken en deze in te planten met kiemplanten van de Dotterbloem is de veldsituatie zonder competitie nagebootst. Bevloeiing vond in twee herhalingen plaats met sulfaat verrijkt kraanwater, kraanwater met toegevoegd ijzerchloride, demiwater en demiwater verrijkt met kalk. De bevloeiing vond gedurende één maand plaats. Voor de start van de kunstmatige bevloeiing en na de bevloeiing is zowel de biomassa van de wortels als de bovengrondse biomassa bepaald (Vrielink, in voorbereiding).

De laboratoriumopstelling



2.7 Introductie-experiment

In het bemestingsexperiment komen kenmerkende soorten van het Dotterbloemhooiland nog maar spaarzaam of niet meer voor. Ten behoeve van de effectbepaling van bemesting, bekalking, beijzering en bevloeiing op de overleving en voltooiing van de levenscyclus van doelsoorten is daarom binnen de bemestingsproef een introductie-experiment ingezet. In mei 2002 zijn per proefvlak drie kiemplanten van Echte koekoeksbloem en drie kiemplanten van Waterkruiskruid ingebracht. In bijlage 1 is met grijs aangegeven in welke bemestingsproefvlakken dit heeft plaatsgevonden. Van de kiemplanten is de overleving gevolgd in de tijd en hoeveel planten tot bloei kwamen in de periode mei 2002-juni 2003.

3 RESULTATEN 2000-2003

3.1 Vegetatie-ontwikkeling

De graslanden in de bevoeiingsproef bestaan uit rompgemeenschappen van het Dotterverbond (*Calthion*), die zover gedegenereerd zijn dat ze niet verder dan op verbondsniveau zijn in te delen. Op de droge plaatsen in het proefgebied overheersen grassen als Reukgras (*Anthoxanthum odoratum*), Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*), Ruwe smele (*Deschampsia cespitosa*), Moerasstruisgras (*Agrostis canina*) en Fioringras (*Agrostis stolonifera*). Op de nattere plaatsen zijn meer kensoorten van het Dotterbloemverbond te vinden. De vegetatie op deze plekken gaat over in kleine zeggengemeenschappen, die gerekend kunnen worden tot de gemeenschap van Moerasstruisgras en Zompzegge (*Carici curtae-Agrostietum caninae*) en afgewisseld worden door grote vlakken, waarin Snavelzegge (*Carex rostrata*) dominant is. Naarmate de afstand tot de beek groter wordt, wordt de vegetatie graziger en Pitrusrijker.

In het bevoeide perceel vormt de vegetatie een afwisselend patroon met plaatselijk vrijwel geen kensoorten van het Dotterbloemverbond en vrijwel alleen soorten van het Zwarte zeggenverbond (*Caricion nigrae*) als Zompzegge (*Carex curta*), Zwarte zegge (*Carex nigra*), Draadrus (*Juncus filiformis*) en Moerasviool (*Viola palustris*). In het noordelijke deel van het bevoeide perceel zijn meer soorten van het Dotterbloemhooiland te vinden. Hier groeien naast Dotterbloemen (*Caltha palustris*), Echte koekoeksbloem (*Lychnis flos-cuculi*), Zenegroen (*Ajuga reptans*), Kruipende boterbloem (*Ranunculus repens*), Holpijp (*Equisetum fluviatile*), Witte klaver (*Trifolium repens*) en Boompjesmos (*Climacium dendroides*). Verspreid in het bevoeide perceel zijn grote vlakken Snavelzegge te vinden, die afgewisseld worden door kleine plekkjes Noordse zegge (*Carex aquatilis*).

In het onbevoeide perceel is het noordelijke deel duidelijk natter dan het zuidelijke deel. Hier komen Mannagras (*Glyceria fluitans*) en Egelboterbloem (*Ranunculus flammula*) regelmatig voor, net als Dotterbloem en Holpijp. Deze laatste soort komt hier in grotere aantallen en steviger planten voor dan in het bevoeide perceel. In het zuidelijke deel, rond de bemestingsproef, komen net als in het bevoeide perceel grote vlakken Snavelzegge voor. De vegetatie is in dit deel soortenarmer door het ontbreken of minder voorkomen van kenmerkende soorten van het Dotterbloemverbond en/of Zwarte zeggeverbond.

De referentievegetatie voor de bevoeiingsproef (Haalweide) is een voorbeeld van voor de Reest karakteristieke Dotterbloemhooilanden. De vegetatie bestaat hier uit een goed ontwikkelde gemeenschap van Boterbloemen en Waterkruiskruid (*Ranunculo-Senicionetum aquatici*) met in tegenstelling tot de bevoeiingsproef veel 'rijkere' soorten van de Klasse der matig voedselrijke graslanden. Kenmerkend voor de Reest is de inslag met soorten van de kleine zeggengemeenschappen als Moeraskartelblad (*Pedicularis palustris*), Zeegroene muur (*Stellaria palustris*) en Schildereprijs (*Veronica scutellata*). Soorten als Zompzegge en Zwarte zeggen komen maar weinig voor.

In de afgelopen vier jaar zijn binnen de permanente kwadraten slechts kleine verschuivingen opgetreden (bijlage 2). In het bevoeide perceel neemt Zwarte zegge licht toe, net als Moeraswalstro (*Galium palustre*). Op de nattere plekken nemen plaatselijk ook Snavelzegge, Zompzegge en Draadrus toe. Noordse zegge, Egelboterbloem, Pitrus, Reukgras en Mannagras schommelen in beide percelen in

aantallen, terwijl Ruwe smele duidelijk afneemt. In beide percelen nemen in het noordelijk deel Dotterbloem en Kruipende boterbloem toe.

De vegetatieontwikkeling in de permanente kwadraten komt min of meer overeen met het ontstane beeld uit de soortkartering in het volledige onderzoeksgebied (bijlage 3). In het gehele gebied nemen Zwarte zegge en Draadrus toe. Voor Dotterbloem geldt hetzelfde, al is de toename sterker in het noordelijke deel van beide percelen. Dit is ook het gebied waar Holpijp sterk toeneemt. De hoge en dikke planten zijn steeds meer in het onbevloeide perceel waar te nemen en verspreiden zich richting het zuiden. Ook Snavelzegge nam in het zuidelijk deel van het onbevloeide perceel sterk toe, maar is het afgelopen jaar terug gezet, doordat vlak langs de Snavelzeggematten extra greppels zijn gegraven om het perceel weer toegankelijk te maken voor de maaimachine. Soorten die in de permanente kwadraten sterk schommelen als Pitrus en Egelboterbloem lijken in het grotere gebied af te nemen. Een soort die niet in de permanente kwadraten voor komt maar wel sterk in opmars is, is de Echte koekoeksbloem. Vanuit de oeverwal direct langs de beek verspreidt deze soort zich in steeds grotere aantallen over een steeds groter gebied. Andere opvallende soorten, die in 2003 verschenen zijn of duidelijk meer voorkomen, zijn Moeraskartelblad en Kale jonker (*Cirsium palustre*) in het bevroede perceel en Wataardaardei (*Potentilla palustris*) in het onbevloeide perceel. Met name op de net bevroede randen van zandkopjes en oeverwallen ontstond in 2003 een (soorten)rijkere vegetatie met soorten als Kale jonker, Pinksterbloem (*Cardamine pratensis*), Veldzuring (*Rumex acetosa*), Vertakte leeuwentand (*Leontodon autumnalis*), Akkermunt (*Mentha arvensis*) en Kruipende boterbloem.

Door de toename en het verschijnen van de 'rijkere' soorten ontwikkelt het bevroede perceel zich meer in de richting van de referentievegetatie van de Haalweide. De toename van de 'natte' soorten vindt zowel in het bevroede en onbevloeide perceel plaats en houdt geen verband met het al dan niet bevroeden. Zowel 'zure' soorten (Zompzegge en Zwarte zegge) als minder zure soorten (Holpijp en Dotterbloem) nemen toe.

Kwel aan maaiveld direct na een regenperiode

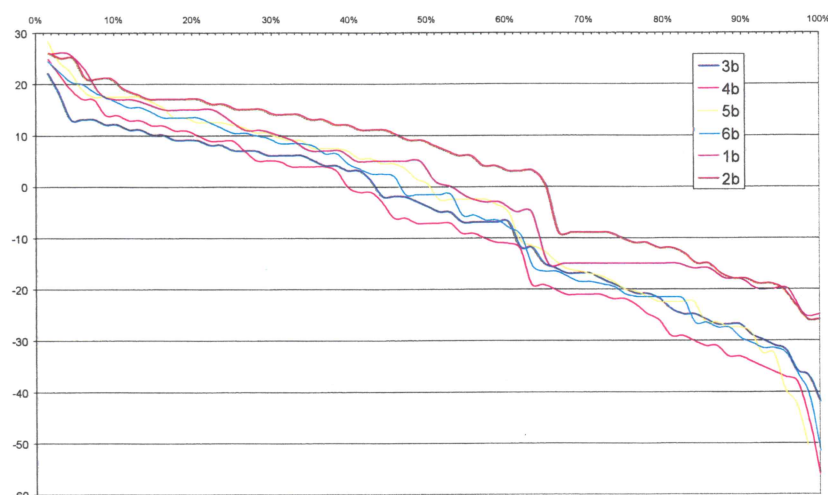


3.2 Grondwaterstanden en –kwaliteit

Grondwaterstanden

Van oktober tot april staat zowel het bevoeide als het onbevoeide perceel onder water (figuur 7). De dikte van de waterlaag varieert van enkele centimeters in het onbevoeide perceel tot ongeveer 20 cm in het bevoeide perceel. In de periode half april – half mei zakt de grondwaterstand onder maaiveld en bereikt tussen juni en half september de laagste stand van maximaal 35 cm min maaiveld. Het jaar 2003 is net als in de rest van Nederland een opvallend droog jaar. De standen zakken half maart al onder maaiveld en bereiken half september het laagste punt van ongeveer 50 cm min maaiveld. Bij de laatste meting half oktober staat het grondwater gemiddeld nog 20 cm onder maaiveld. Verschil in het grondwaterstandsverloop tussen het bevoeide en onbevoeide perceel is niet overtuigend aanwezig. In de buizen 4 en 6 (onbevoeide perceel) lijken de standen iets (5 cm) verder uit te zakken dan in de andere buizen. In beide percelen lijken de grondwaterstanden op het beekpeil te reageren. In onderstaande grafiek staan de duurlijnen gemeten in peilbuizen op 60 cm–mv. De duurlijnen geven aan hoe vaak een bepaalde grondwaterstand wordt overschreden.

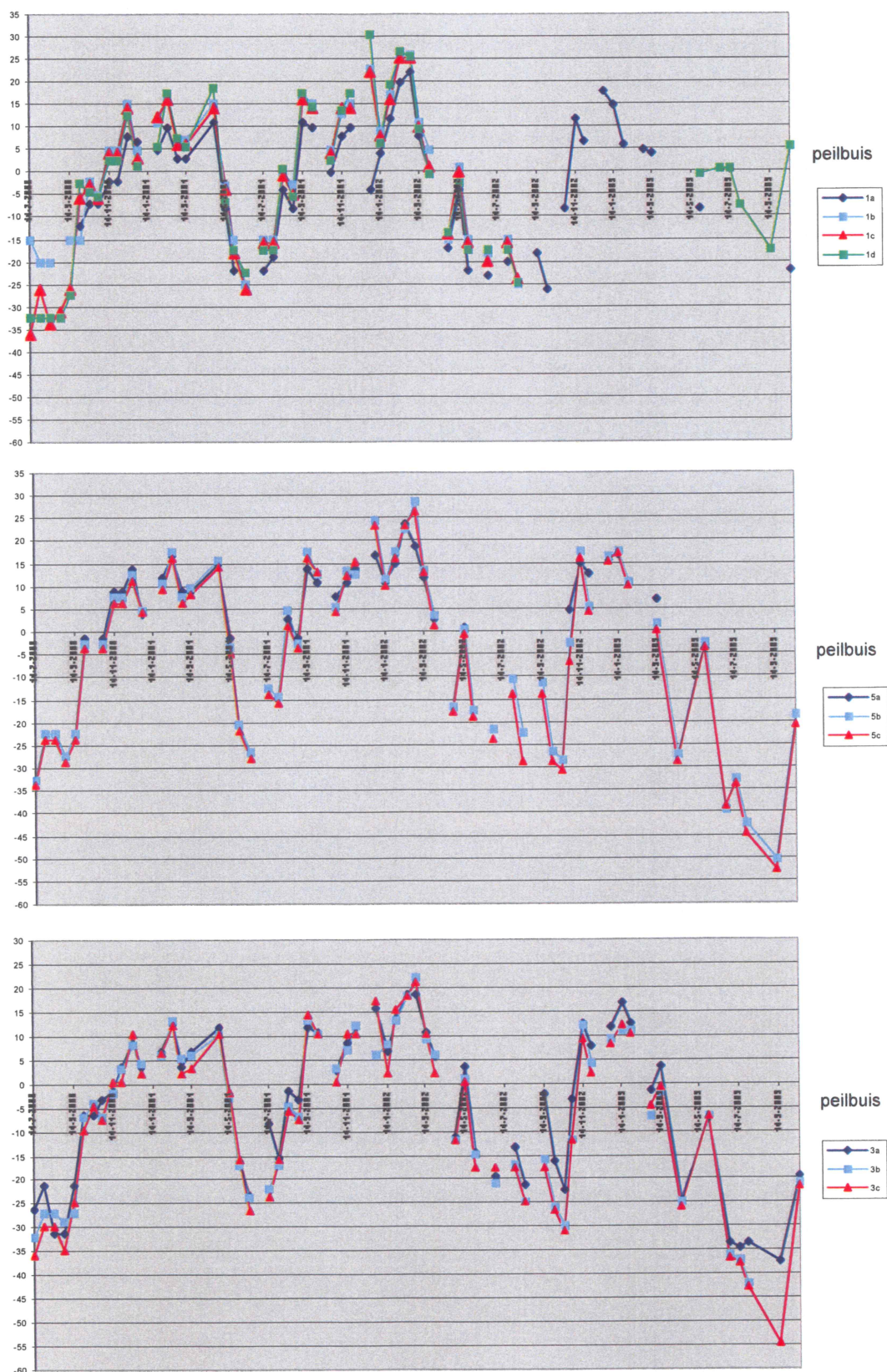
Overschrijdingsduurlijnen van alle buizen op 60 cm–mv



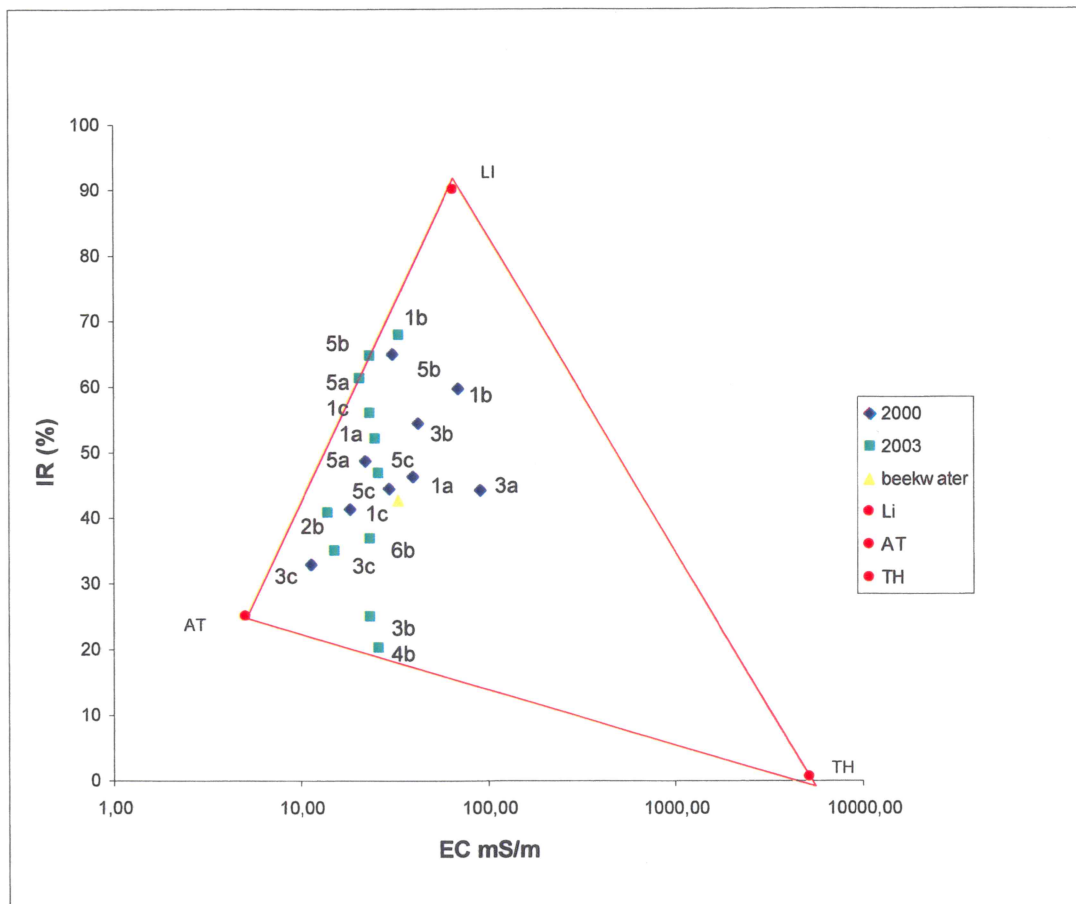
Grondwaterkwaliteit

De aanwezigheid van kwel is in het veld goed waar te nemen direct na een regenperiode in de winter. In het maaiveld verschijnen op verschillende plaatsen kwelplekken, vooral aan de zuidkant van het bevoeide perceel dicht tegen de flank aan. Stijghoogteverschillen in de peilbuizen zijn alleen in buis 1 het gehele jaar door duidelijk waar te nemen (figuur 7). Rond deze buis, in het bevoeide perceel, verschijnen na een natte periode de meeste kwelplekken in het maaiveld. Eveneens in het bevoeide perceel, maar dicht bij de beek (buis 5) zijn stijghoogteverschillen gemeten in de winterperiodes. In het onbevoeide perceel (buis 3) is geen kwel waargenomen. Buis 6, gezien de vegetatie een mogelijke kwelplek, bevatte slechts één filter, waardoor geen stijghoogteverschillen zijn gemeten.

Figuur 7. Tijdstijghoogtelijnen peilbuizen 1, 5 en 3 met filters op 30(a), 60(b), 100(c), 150(d) cm-mv



Figuur 8. Grond- en beekwaterkwaliteit in 2000 en 2003 ten opzichte van referentiewaarden voor regenwater, grondwater en zeewater. Buizen in bevroede (1, 2 en 5) en in onbevroede perceel (3, 4 en 6)



Grondwaterkwaliteit

De gemeten grondwaterkwaliteit is in figuur 8 en bijlage 4 weergegeven. In het Van Wirdumdiagram (figuur 8) is te zien dat binnen het gebied zowel grond- (Li) als regenwaterkwaliteiten (AT) worden gemeten. De buizen 3, 4 en 6 in het onbevroede perceel hebben een laag calciumgehalte en vertonen een grote verwantschap met regenwater. De buizen 1 en 5 (bevroede perceel) daarentegen laten een verwantschap met grondwater zien. In zowel 2000 als 2003 is de grootse verwantschap met grondwater gemeten in het middelste filter (b: 60 cm-mv). Bovenin (a: 30 cm-mv) en met name onderin (c: 100 cm-mv) is de invloed van grondwater in het begin van de zomer minder sterk.

Zoals uit het grondwaterstandsverloop al bleek staat buis 1 op een kwelplek. Dit is in de waterkwaliteit terug te zien aan het harde water van het calciumbicarbonaattype (bijlage 4) en de relatief hoge pH van 6 en hoger. Dichter bij de beek in buis 5, de buis waarin alleen in natte perioden kwel is gemeten, is het grondwater onderin eveneens van het calciumbicarbonaattype, maar slechts matig hard. Bovenin het profiel heeft regenwater een grotere invloed en is het grondwater zacht en van het calciummixtype. De pH ligt hierdoor eveneens iets lager (tussen 5,5 en 6).

In het onbevloeide deel is de invloed van regenwater nog groter. Het matig harde water in de buizen 3 en 6 is wel carbonaatrijk (natriumbicarbonaattypen), maar bevat slechts weinig calcium. Op nog grotere afstand van de beek (buis 4) ontbreekt de grondwaterinvloed geheel. Het grondwater (natriumchloridetype) is zeer zoet en zacht en bevat relatief veel sulfaat en vrij ijzer.

Over het algemeen is het grondwater in beide percelen verder relatief rijk aan Mg en Fe. De voedingsstoffen fosfaat, nitraat en ammonium komen slechts in lage hoeveelheden voor. Sulfaat en Na werden in 2000 plaatselijk in hoge gehalten aangetroffen (Boerwinkel et al., 2001). In 2003 zijn beide echter weer sterk afgenomen en vrijwel niet meer aanwezig in het bemonsterde water (bijlage 4).

De kwaliteit van het grondwater lijkt sterk op de kwaliteit van het beekwater (zie bijlage 4). De Reest wordt gevoed door gebiedseigen water en vangt vanwege het lage beekpeil veel gebufferd grondwater af (Vegter, 1992). Calcium- en bicarbonaatgehalten van het beekwater zijn dan ook vergelijkbaar met de peilbuizen 1 en 5. Voedselrijker is het beekwater slechts in geringe mate. Nitraat, fosfaat en sulfaat komen in iets hogere gehalten voor dan in het grondwater. In verhouding tot het bemonsterde grondwater in het proefveld bevat het beekwater meer K, Mg, Na en iets meer Cl. Het beekwater bevat eveneens relatief veel Fe.

Ten opzichte van 2000 zijn in 2003 duidelijke veranderingen in de waterkwaliteit waar te nemen (figuur 8 en bijlage 4). Opvallende veranderingen zijn de sterke afname van sulfaat en de verschuiving van natriummixtypen naar calcium- of natriumbicarbonaattypen door de afname van natrium en de toename van calcium. Deze verandering treden zowel in het bevoeide als in het onbevloeide deel op. Alleen buis 3 vertoont een tegenovergestelde ontwikkeling. Dit is te verklaren door de ontwikkeling van een regenwaterlens als gevolg van de diepe trekkerspoelen en kade vlak bij de buis. Binnen het bevoeide perceel zijn geen verschillen gemeten in kwaliteit tussen het moment voor bevoeiing en direct na bevoeiing (Grootjans et al., 2001). De korte meetperiode en de grote verwantschap tussen beek- en grondwater beperken de meetbaarheid van eventueel optredende effecten.

3.3 EGV-metingen en temperatuurmetingen

Met behulp van EGV- en temperatuurmetingen is de aanwezigheid van grondwater en regenwater binnen het bodemprofiel bepaald. In bijlage 5 is het temperatuurverloop en het verloop van EGV-waarden in de bovenste 120 cm van de bodem weergegeven. Hierin is te zien dat de waarden in het onbevloeide perceel en het bevoeide perceel in de zelfde orde van grote liggen. In beide percelen wijzen de EGV-waarden op een ionrijkere samenstelling van het bodemvocht in de bovenste decimeters ten opzichte van het diepere profiel.

Lokaal, vooral in het bevoeide perceel, is de grondwaterinvloed af te lezen aan de hogere EGV-waarden, die van onder in het profiel tot boven in het profiel doorlopen. De temperatuurmetingen laten zien dat op deze locaties de temperatuur eveneens hoger ligt, wat wijst op het plaatselijk toestromen van grondwater. Metingen in april 2001, vlak na een natte periode waarin kwel op een aantal plaatsen duidelijk aan maaiveld kwam, laten zien dat de EGV-waarden in het voorjaar hoger zijn dan in de herfst (Grootjans et al., 2001). Hogere temperaturen en hogere EGV-waarden zijn in de periode 2000-2003

met name dicht tegen de flank aan (in bevroede perceel), dicht bij de beek en op lokale kwelplekken gemeten.

Om een eventueel effect van het beekwater op de EGV in de bodem te meten zijn in oktober 2000 voor en na het bevroeden EGV-metingen verricht. Uit deze metingen komt binnen de korte gemeten periode (24 uur) geen duidelijk effect naar voren (Boerwinkel et al., 2001). De EGV-waarden voor en tijdens bevroeden liggen op vrijwel hetzelfde niveau en laten geen trend zien. Dit komt overeen met de waterkwaliteitsmetingen in de ondiepe filters voor en na het bevroeden (Boerwinkel et al., 2001).

Een opvallende trend in de metingen is de toename van de EGV in de periode 2000-2003. De toename vindt zowel in het bevroede als onbevroede deel plaats. Dit komt overeen met de trend in de waterkwaliteitsmetingen en de vegetatie-ontwikkeling, die beide wijzen op een natter en richting de beek meer grondwatergevoed gebied. Waarom het proefgebied natter is geworden is niet bekend.

3.4 Micro-elektrode metingen

De micro-elektrode metingen laten zien wat er in de bovenste laag van de bodem verandert op het moment van bevroeden, gemeten in oktober en in april. De resultaten van de micro-elektrode metingen zijn reeds beschreven in Boerwinkel et al. (2001) en Grootjans et al. (2001). Deze paragraaf geeft een samenvatting van deze resultaten.

Metingen aan het temperatuurverloop in de bodem (bijlage 6) laten zien dat de bodem geïsoleerd wordt door het laagje water. De temperatuur bij een geïnundeerd perceel blijft zowel 's nachts als overdag gelijk, terwijl in een niet geïnundeerd perceel de temperatuur 's nachts daalt.

Naast effecten op de temperatuur heeft bevroeden effect op het zuurstofgehalte in de bodem en de redoxpotentiaal, een indicatie voor de verhouding tussen geoxideerd en gereduceerd materiaal. In de bovenste centimeter neemt het zuurstofgehalte sterk af naar een redelijk stabiel niveau van 25% verzadiging (bijlage 6). De redoxpotentiaal neemt al na 1 dag bevroeden flink af naar een niveau van 200-300 mV (bijlage 6). Wat dieper in de bodem (op 5 cm) neemt het zuurstofgehalte na de start van de bevroeding toe, maar op 10 cm diepte is de invloed al niet meer te meten. Zowel voor als na de bevroeding is op deze diepte vrijwel geen zuurstof meer gemeten. Zuurstof lijkt door het bevroedingswater te worden ingesloten, omdat in het bevroede perceel op 5 cm diepte het zuurstofgehalte stijgt in vergelijking met voor de bevroeding en hoger is dan in het onbevroede perceel en het goed ontwikkelde Dotterbloemhooiland aan de overzijde van de Reest. De redoxpotentiaal blijft zowel voor als na de bevroeding laag en is vergelijkbaar met de redoxpotentiaal in het goed ontwikkelde Dotterbloemhooiland aan de overzijde van de Reest.

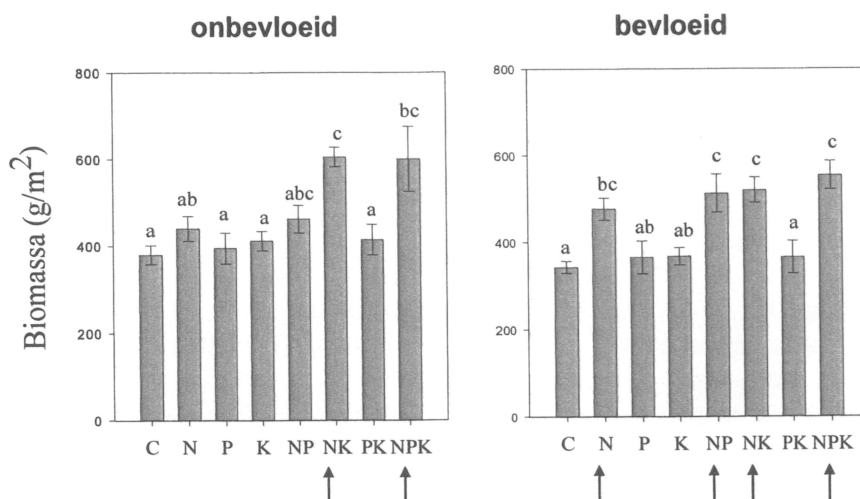
De metingen hebben geen sulfide-vorming aangetoond tijdens de bevroeding. Dit kan te maken hebben met de periode waarover gemeten is. Sulfidevorming vindt pas plaats als eerst zuurstof, nitraat, mangaan en ijzer is gereduceerd. Gezien de grote hoeveelheden ijzer in de bodem en het feit dat op 10 cm diepte, in een al lange tijd zuurstofloze zone geen sulfide is waargenomen, zal sulfide-vorming in het bevroede perceel voor langere tijd uitblijven.

3.5 Bemestingsexperiment

Veldexperiment

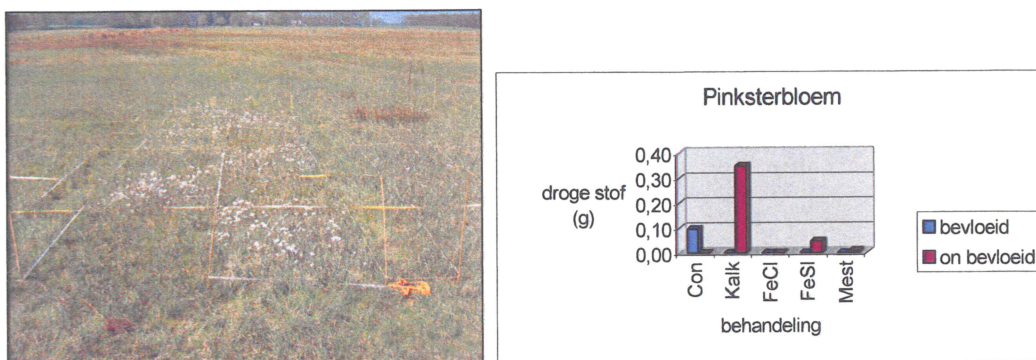
Na het eerste jaar bevoeien is binnen het bemestingsexperiment de biomassa van de vegetatie bepaald. Door per behandeling te kijken hoe de biomassa is veranderd ten opzichte van de controle ontstaat inzicht in de groei limiterende stoffen. In het onbevloeide veld bleken stikstof en kalium limiterend voor de totale vegetatie. In het bevoeide veld is uitsluitend stikstof limiterend. In figuur 9 zijn de resultaten weergegeven. Toevoeging van fosfaat, ijzerslib, stalmest of kalk had in het eerste jaar geen significant effect op de biomassaproductie. Het opbrengen van ijzerchloride had een negatief effect op de vegetatie. De bodem-pH daalde hierdoor drastisch. Slechts enkele zeggen overleefden de behandeling. De andere behandelingen hadden geen duidelijke invloed op de bodem-pH. In bijlage 7 is de verandering in biomassa per soortgroep weergegeven. Hieruit blijkt dat de limitatie van kalium en stikstof met name invloed heeft op de grassen (Boerwinkel et al., 2001).

Figuur 9. Het effect van bemesting met de macronutriënten N, P of K, combinaties daarvan en een controlegroep (C), op de totale bovengrondse biomassa (g/m^2). Staven met dezelfde letter verschillen niet significant ($p < 0.05$), getest met Tukey test



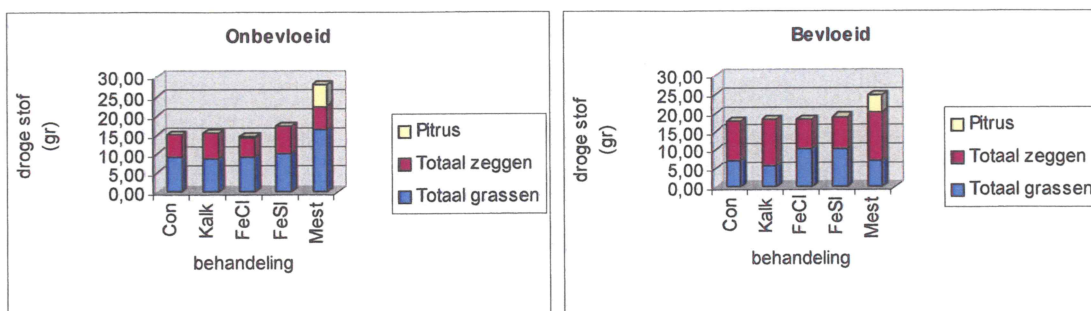
In het laatste onderzoeksjaar is de behandeling herhaald. De invloed van bemesting met kalk is nu wel waarneembaar, vooral in het onbevloeide perceel. De foto laat zien dat de Pinksterbloem duidelijk gestimuleerd wordt door bekalking. Een significant verschil is alleen in het onbevloeide perceel aangetoond, zie figuur 10.

Figuur 10. Verspreiding van Pinksterbloem over de proefvlakken en verandering van biomassa ten opzichte van de controle na behandeling met kalk, FeCl, Feslib en stalmest bij Pinksterbloem



Op grassen, zeggen en pitrus hebben de behandelingen weinig effect. Alleen het toevoegen van stalmest laat in het onbevoeide perceel een extra toename van de biomassa zien (figuur 11).

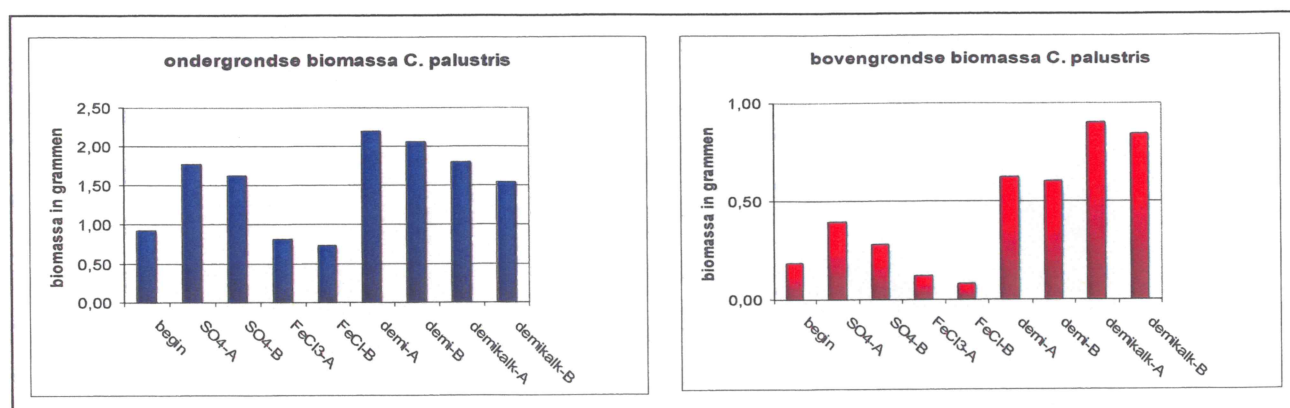
Figuur 11. Verandering van biomassa ten opzichte van de controle na behandeling met kalk, FeCl, Feslib en stalmest



Laboratoriumexperiment

De effecten van bevoeiing op de doelsoort Dotterbloem (zonder concurrentie van andere planten) is onderzocht door de verandering in biomassa van de wortels en de bovengrondse biomassa te meten. Figuur 12 laat de verandering van de biomassa ten opzichte van voor de bevoeiing zien. De linkergrafiek toont de verandering van de wortelbiomassa. Hierin is te zien dat bij bevoeiing met sulfaatrijk water de plant wel groeit, maar minder goed dan bij inundatie met schoon water. Bij toevoeging van FeCl gaan de Dotterbloemen zelfs achteruit. Bovengronds (rechter grafiek) reageren de planten op dezelfde manier op het met sulfaat of FeCl verrijkte water. Toevoeging van kalk heeft een duidelijk positief effect op de planten. Bij bevoeiing heeft dus de bufferende samenstelling van het water een positief effect op de doelsoort Dotterbloem.

Figuur 12. Verandering in biomassa bij Dotterbloem na kunstmatige bevoeiing in een laboratorium



3.6 Introductie-experiment

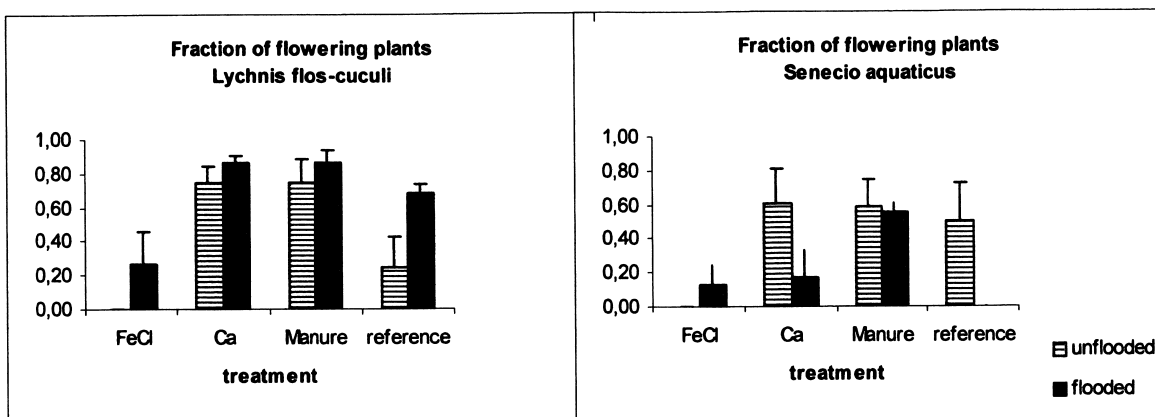
Overleving

De resultaten van het introductie-experiment zijn weergegeven in figuur 14. Als eerste valt hierin op dat bij toevoeging van extra ijzer in de vorm van FeCl het aantal overlevende planten sterk daalt. Dit komt overeen met de in de bovenstaande paragrafen beschreven effecten van FeCl. Verder valt op dat Waterkruiskruid een relatief laag overlevingscijfer heeft ten opzichte van Echte koekoeksbloem. Bekalking maar vooral bemesting met stalmest vergroot de overlevingskansen van Waterkruiskruid duidelijk en in minder duidelijke mate ook van Echte koekoeksbloem. In het bevoeide perceel lijkt de sterfte minder groot te zijn dan in het onbevoeide perceel. Zeker als kalk wordt toegevoegd. Van Waterkruiskruid is bekend dat zij verdwijnt als bemesting uitblijft (Weeda et al., 1991). Een positief resultaat bij toevoegen van bemesting kan daarom wijzen op een te ver verschaald milieu voor de doelsoort Waterkruiskruid. Daarnaast zal het sterftecijfer bij Waterkruiskruid relatief hoog zijn, vanwege zijn relatief korte levensduur (iets meer dan een jaar, maar vaak ook korter) (Weeda et al., 1991).

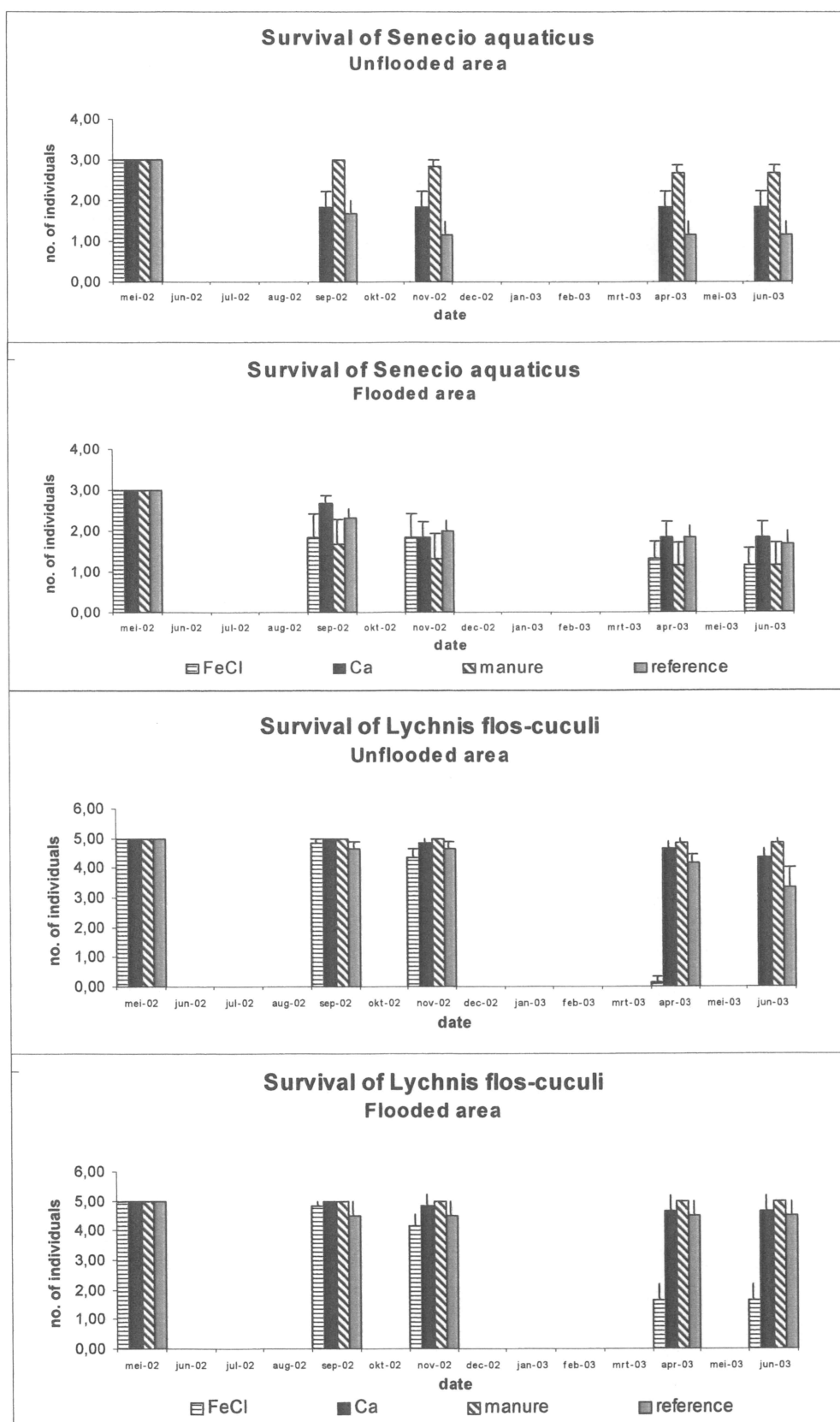
Bloei

In figuur 13 is het aantal bloeiende planten uitgezet als fractie van de overlevende planten in het voorjaar. Bemesten en bekalken leiden in zowel het onbevoeide als bevoeide perceel tot een hoger aantal bloeiende planten Echte koekoeksbloem. Waterkruiskruid vertoont een vergelijkbare (niet significante) reactie op bemesten en bekalken in het onbevoeide perceel en een significante reactie in het bevoeide perceel. Het aantal bloeiende planten Waterkruiskruid ligt in het bevoeide perceel lager dan in het onbevoeide perceel. In de referentie bloeide op de laatste teldatum nog geen enkele Waterkruiskruid. Mogelijk is de bloei vertraagd door de bevoeiing. Bij Echte Koekoeksbloem is door de inundatie geen vertraging opgetreden. Bevoeiing lijkt zelfs een positief effect te hebben op het aandeel bloeiende planten.

Figuur 13. Fractie bloeiende planten van overlevende kiemplanten van Echte koekoeksbloem en Waterkruiskruid (*Lychnis flos-cuculi* en *Senecio aquaticus*)



Figuur 14. Overleving van Echte koekoeksbloem en Waterkruiskruid (*Lychnis flos-cuculi* en *Senecio aquaticus*)



4 INTERPRETATIE

4.1 Vegetatie en standplaatscondities

De Dotterbloemhooilanden langs de Reest zijn te rekenen tot de associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid (*Ranunculo-Senicionetum aquatici*). Deze voor middenlopen karakteristieke gemeenschap met 's winters natte en 's zomers vochtige en vrij voedselrijke bodem is nog op diverse plaatsen langs de Reest te vinden. De gemeenschap wordt gekenmerkt door de combinatie van kensoorten van het Dotterverbond met soorten van het Glanshaververbond, het Zilver schoonverbond en het Zwarte zeggenverbond (Weeda et al., 2002). De referentievegetatie op de Haalweide is hier een mooi voorbeeld van. Op deze locatie met regionale kwel groeien veel 'rijkere' soorten van het Glanshaververbond en op de nattere plaatsen, voor de Reest kenmerkende soorten als Moeraskartelblad, Draadrus en Schildereprijs.

Op het proefgebied is jarenlang (sinds 1965) verschrallingsbeheer toegepast. De 'rijkere' soorten en de kensoorten van het dotterbloemhooiland zijn hier in de loop der jaren grotendeels verdwenen. De verschralling heeft geleid tot een N- en K-limitatie.

Daarnaast wordt het proefgebied in tegenstelling tot de Haalweide en de overzijde van de Reest gevoed door lokale kwel uit de Wildenberg (TNO, 2002; Vegter, 1991; Bakker et al., 2003) en niet door regionale kwel. In het veld is de aanwezigheid van lokale kwel te zien aan de snelle reactie van het grondwater op een regenperiode. Kwel aan maaiveld treedt vooral op in de winter en het voorjaar en na een flinke regenperiode. Metingen in het voorjaar laten een duidelijk hogere EGV en een lage redoxpotentiaal zien en op kwelplekken een hogere temperatuur. 's Winters 'laadt' het systeem zich weer op. Uit onderzoek van Kemmers en Van Delft (2001) naar de bodemopbouw blijkt dat alleen de kleiige horizonten voldoende redoxcapaciteit hebben om de basenverzadiging tot op hoog niveau te kunnen opladen. Afzetting van slib in het verleden is dus een belangrijk proces geweest.

De kwelplekken zijn verder te herkennen aan de stijghoogteverschillen en waterkwaliteit in de peilbuizen. Op deze plaatsen, vlak bij de flank en dicht bij de beek, zijn nog enkele elementen van het Dotterbloemhooiland terug te vinden. In het grootste deel van het gebied komt het grondwater echter niet voldoende aan maaiveld. De bodem is hier nat en zuur of verder van de flank af zuur en relatief droog, al blijft de GLG in het gehele gebied (max. 35 cm–mv) binnen de van Dotterbloemhooiland bekende range (max. 60 cm–mv; Waternoodinstrumentarium).

Het Dotterbloemhooiland heeft zich hier ontwikkeld tot gemeenschappen van het Zwarte zeggenverbond en tot soortenarme graslanden gedomineerd door Gestreepte witbol en Gewoon reukgras. Op de overgang tussen de 'kwelplekken' en de Zwarte zeggengemeenschappen groeit Draadrus veelvuldig. Dit komt overeen met de door Weeda (1994) beschreven standplaats van Draadrus: een regenwaterlens op gebufferd water. Een belangrijk deel van het toestromende grondwater wordt door de beek afgevangen (Vegter, 1992)

Naast vorming van regenwaterlenzen wordt het zure milieu veroorzaakt door oxidatie van pyriet bij uitzakkende grondwaterstanden. In het eerste onderzoeksjaar zijn hoge sulfaatwaarden gemeten (Boerwinkel, 2001). Kemmers en Van Delft (2001) constateerden eveneens hoge pyrietgehalten in het Reestdal. Zij wijten de accumulatie van zwavel aan de hoge atmosferische zwaveldepositie. Verdroging leidt in het proefgebied daarom tot sterke verzuring. Gedurende de afgelopen onderzoeksjaren is

het proefgebied echter natter geworden. Vooral in het onbevloede perceel is dit duidelijk te zien aan de uitbreiding van Holpijp en Snavelzegge. Het perceel werd zelfs zo nat dat de beheerder extra greppels heeft gegraven om het perceel toegankelijk te maken voor de trekker. In de waterkwaliteitsmetingen is de vernatting terug te zien aan de verschuiving van het natriummixtype naar het natrium- of calciumbicarbonaatype en de sterke afname van sulfaat. De EGV-metingen laten eveneens een duidelijke verschuiving zien naar een meer grondwatergevoed systeem. Alleen buis 4, een buis dicht bij een greppel en ver van de flank af blijft hoge sulfaatgehalten en relatief lage pH houden. Dit betekent dat het systeem erg gevoelig is voor verdroging in droge jaren en de uitzakkende grondwaterstanden in de zomer.

4.2 Effecten van herstelmaatregelen

Effect van bemesten met stalmest en kalk

In de loop der jaren zijn veel van de 'rijkere soorten' van het Dotterbloemhooiland verdwenen uit het proefveld. Waterkruiskruid, een soort waarvan bekend is dat zij verdwijnt bij het verschralen van de bodem, komt in het proefveld van nature niet meer voor. Terwijl zij in omliggende percelen nog wel te vinden is. Door het jarenlang afvoeren van maaisel zijn N en K limiterend geworden en groeien er voornamelijk nog zeggen en grassen, die goed met de beperkte beschikbaarheid om kunnen gaan.

Opheffen van deze limitatie door het toevoegen van stalmest heeft een positief effect op de vegetatie-ontwikkeling. Het toevoegen van kalk heeft een vergelijkbaar effect en is vooral in het onbevloede perceel goed te zien aan de massale toename van Pinksterbloem. Daarnaast blijkt uit de herintroductieproef, dat bemesting of bekalking de overlevingskans en bloei van Dotterbloem en Waterkruiskruid sterk vergroot.

Gezien de toename van biomassa in de behandelde proefvlakken speelt bemesting of bekalking vooral een rol bij het aanleveren van extra voedingsstoffen en extra mineralisatie van het veen en minder op buffering van de bodem. Het gemeten effect van bemesting of bekalking is minder groot in het bevloede perceel.

IJzer is in ruime mate beschikbaar in het proefveld. Toevoegen van extra ijzer in de vorm van FeCl leidt in verschillende proefopstellingen tot verminderde groei of zelfs sterfte en een sterke daling van de pH.

Effect van bevloeiing

In het laatste onderzoeksjaar verschenen op de randen van de oeverwallekes verschillende nieuwe soorten, voornamelijk begeleiders van het Dotterbloemhooiland. Met het verschijnen van deze soorten lijkt de vegetatie van de oeverwallen al meer op de referentievegetatie in de Haalweide. Daarnaast zaait Echte koekoeksbloem zich steeds verder uit en heeft Moeraskartelblad zich gevestigd in het proefveld. Bevloeiing lijkt daarmee een positief effect te hebben op de vegetatie-ontwikkeling, ondanks de voor vegetatie korte onderzoeksperiode. Zeker omdat uitbreiding van storingssoorten als Liesgras en Pitrus niet plaatsvindt.

Het positieve effect op de vegetatie is eveneens terug te vinden in de bemestings- en herintroductieproef. Zo blijkt in het bevloede perceel alleen N beperkend te zijn, terwijl in het onbevloede perceel N en K beperkend zijn voor de groei. Kaliumgebrek, een bekend degradatie mechanisme van Dotterbloemhooiland, speelt in het bevloede perceel dus geen rol. De hoeveelheid stikstof die door het beekwater wordt aangevoerd heeft tot nu toe nog geen invloed gehad op de stikstoflimitatie van de vegetatie. Bij de herintroductie overleven meer Dotterbloemen en Waterkruiskruid in het bevloede dan in

het onbevloeide perceel. Het positieve effect van bekalking en bemesting is in het bevoeide perceel geringer dan in het onbevloeide perceel. Dit lijkt er op te wijzen dat door bevoeiing een deel van de voedingsstoffen wordt aangevoerd.

Naast het effect op de vegetatie is het effect van bevoeien op de bodem onderzocht (Boerwinkel et al., 2001). Bij het vernatten van verdroogde bodems kunnen een aantal negatieve processen optreden, waardoor bevoeiing op langere termijn negatief uit zou kunnen pakken. Een belangrijke oorzaak bij het uitblijven van herstel is het mogelijke gebrek aan ijzeroxiden. Bij een tekort aan ijzer kan de pyrietrijke bodem sterk verzuren door het reduceren van sulfaat. De micro-elektrodenmetingen voor, tijdens en na het bevoeien laten zien dat de redoxpotentiaal in het ijzer-traject blijft hangen. Zelfs in de langdurig natte bodems in het proefveld is nog voldoende ijzer beschikbaar. Kemmers, Sival en Jansen (2003) namen in hun laboratoriumopstelling en modelberekeningen pyrietoxidatie waar als gevolg van zuurstofinsluiting bij inundatie. In deze bevoeiingsproef is wel een geringe insluiting van zuurstof waargenomen in de bovenste 5 cm, maar deze leidde in de veldsituatie niet tot sulfidevorming en daarmee tot extra verzuring.

Negatieve effecten door toevoer van sulfaat via het beekwater en daarmee vrijkomen van fosfaat is in dit onderzoek niet gemeten. Wel hebben Kemmers, Sival en Jansen (2003) hier in een laboratoriumopstelling onderzoek naar gedaan. Zij hebben geen verhoogde fosfaatgehalten gemeten na toedienen van met sulfaat verrijkt water op plaggen uit het proefveld.

Of het beekwater een positief effect heeft op de basenverzadiging is in het veld niet aangetoond. In het laboratorium hebben Kemmers, Sival en Jansen (2003) geen effect op de basenverzadiging gemeten. De vegetatie laat echter wel een voorzichtige positieve ontwikkeling zien. Of deze positieve ontwikkeling in het veld alleen gestuurd wordt door toevoer van voedingsstoffen of ook door verbetering van de buffercapaciteit is nog niet bekend. De goede buffercapaciteit van de slibrijke horizonten doet vermoeden dat naast toevoer van voedingsstoffen de aanvoer van slib een belangrijke rol speelt bij herstel van de hooilandvegetatie. De verspreiding van (begeleidende) soorten langs de randen van oeverwallen en in de kommen dicht bij de beek lijkt hier eveneens op te wijzen. Ook Hommel et al. (1994) beschrijven de belangrijke rol van sedimentatie op het behoud van stroomdalvegetaties.

4.3 Conclusies

Voorafgaand aan het onderzoek naar de herstelmaatregelen voor de verzuurde beekdalgraslanden is een aantal vragen gesteld (paragraaf 1.3). Naar aanleiding van het onderzoek kunnen de volgende antwoorden en conclusies gegeven worden.

Wat zijn de eco-hydrologische kenmerken van het gebied?

Het proefgebied bestaat uit verschraalde beekdalpercelen, liggend tegen een stuifzandrug. De deels onder invloed van lokale kwel staande graslanden zijn verdroogd door de geringe kweldruk en het lage beekpeil. Kwel komt slechts plaatselijk aan maaiveld. De percelen met een beter ontwikkeld Dotterbloemhooiland liggen alle op geïnundeerde of (deels) door regionale kwel gevoede plaatsen. Tijdens de onderzoeksjaren is het proefgebied natter geworden en lijkt het grondwater een iets grotere invloed te krijgen. Mogelijk is dit een resultaat van de eerste herstelmaatregelen op de flank (Takkenhoogte).

Wat zijn groeibeperkende factoren voor de doelvegetatie?

Dankzij de jarenlange verschraling zijn N en K limiterend geworden voor de vegetatie. In het bevoeide perceel is alleen N limiterend. N-limitatie is normaal in Dotterbloemhooiland, maar k-limitatie levert wel groeiproblemen op. Daarnaast is de bodem lokaal verzuurd door de aanwezigheid van pyriet. Pyriet oxideert onder droge omstandigheden, waarbij zuren en sulfaat vrijkomen. De grondwaterstanden zakken in de zomer echter niet verder uit dan ongeveer 35 cm–mv. Dit is ruim binnen de voor Dotterbloemhooilanden bekende range (max. 60 cm–mv; Waternood). Naast verzuring door oxidatie van pyriet, speelt verzuring door een te geringe buffercapaciteit. De lokale kwel komt te weinig in het maaiveld, waardoor regenwater in de bovenste centimeters relatief veel invloed heeft. Samengevat zijn de groeibeperkende factoren het gebrek aan nutriënten, in het bijzonder K en de lage zuurgraad door een gebrek aan buffercapaciteit.

Verandert de soortensamenstelling in de graslanden?

In de loop van het onderzoek verschenen nieuwe begeleiders van het Dotterbloemhooiland in het bevoeide perceel. Herintroductie van doelsoorten verloopt in het bevoeide perceel beter dan in het onbevoeide. Bevloeien lijkt daarmee ondanks de voor vegetatie korte onderzoeksperiode een positief effect te hebben op de vegetatieontwikkeling. Uitbreiding van storingssoorten als Pitrus en Liesgras heeft niet plaats gevonden.

Verandert de bodemchemische samenstelling?

In de korte onderzoeksperiode zijn geen verschillen in grondwaterkwaliteit gemeten als gevolg van bevloeiing.

Tijdens de bevloeiing wordt in een dunne laag tijdelijk zuurstof ingesloten. De redoxpotentiaal daalt tijdens bevloeiing en blijft in het ijzertraject. Er is voldoende ijzer beschikbaar, waardoor in de gemeten veldsituatie geen sulfide vrijkomt.

Wat is het effect van bevloeiing met beekwater?

Door het gebied 's winters te bevoeien komt er op grondwater lijkend water op het land te staan. De K-limitatie wordt opgeheven en waarschijnlijk ook deels N. In het onderzoeksgebied is nog geen uitgebreid onderzoek naar slibafzetting gedaan, maar er zijn duidelijke aanwijzingen uit de bodemopbouw en de verspreiding van doelsoorten langs de randen van oeverwallen en in de kommen tegen de beek aan, dat sedimentatie van slib tijdens de bevloeiing een positief effect heeft op de buffercapaciteit. Er zijn geen negatieve effecten van bevloeiing gemeten.

Is dit een langdurig, effectief effect?

Het proefveld is nog weinig effectief bevoeid door technische problemen. De vegetatieontwikkeling lijkt op een positief effect te wijzen. Effecten op de lange termijn zijn in de korte onderzoeksperiode nog niet voldoende bekend. Mogelijk heeft de toevoer van slib wel een langdurig effect door verbetering van buffercapaciteit en aanvoer van N en K.

Leiden toevoegen van stalmest, ijzer of kalk tot gewenste verhoging van de basenverzadiging en herstel van doelsoorten uit het Dotterbloemhooiland?

Toevoeging van ijzer in de vorm van FeCl leidt tot sterke verzuring de bodem. Toevoeging van stalmest en kalk lijken vooral effect te hebben op de beschikbaarheid van voedingsstoffen, waar een aantal doelsoorten van profiteert. Een verhoging van de basenverzadiging is nog niet gemeten.

Wat betekent dit voor de beheerder en wat is de optimale combinatie van maatregelen?

Inzetten op vernatting en kwelherstel is heel belangrijk voor het behoud en herstel van Dotterbloemhooiland. Op korte termijn kan in 'te' sterk verschraalde percelen met nog enkele doelsoorten een lichte bemesting met stalmest er voor zorgen, dat een deel van de soorten tijdelijk behouden blijft. Deze maatregel heft het tekort aan N en K op, maar verbetert niet de buffercapaciteit.

De vegetatieontwikkeling lijkt positief te reageren op bevloeiing. In bodems met voldoende ijzer vormt de aanvoer van extra nutriënten geen probleem. Met het oppervlakte water wordt juist extra K en N aangevoerd. Bevloeien verbetert vermoedelijk de buffercapaciteit door de toevoer van slib. Dit dient echter nog verder geverifieerd te worden. In het huidige veldonderzoek zijn geen negatieve effecten van bevloeien waargenomen.

In verzuurde beekdalgraslanden met ijzerrijke bodems lijkt bevloeien met beekwater in combinatie met een lichte bemesting met stalmest een goede maatregel te zijn. Zeker als de beek veel kwelwater afvangt en daardoor qua waterkwaliteit redelijk op grondwater lijkt. Daarnaast blijven afvoer van regenwater door middel van greppels en het opzetten van het beekpeil (meer kwel in maaiveld) belangrijke maatregelen in het beekdal van de Reest.

4.4 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Zoals in de voorgaande paragraaf reeds is geconcludeerd, lijkt bevloeiing een positief effect te hebben op de ontwikkeling van het Dotterbloemhooiland. Structurele bevloeiing vindt echter pas over een korte periode plaats, waardoor de effecten op de bodemchemie en vegetatie nog nauwelijks meetbaar zijn. Of de positieve ontwikkeling zich daadwerkelijk doorzet is niet bekend. Het is daarom van belang de bevloeiing voort te zetten en de vegetatie-ontwikkeling te blijven volgen. Daarnaast biedt monitoring van de grondwaterstanden en periodieke analyse van de grondwaterkwaliteit inzicht in de abiotische ontwikkelingen in het onbevloeide en bevloeide perceel. Voor een beter begrip van het effect van bevloeien op herstel van de buffercapaciteit dient de rol van slibafzettingen onderzocht te worden.

Tot slot is het daadwerkelijke effect van het beekpeil op de grondwaterstanden en dus de waterkwaliteit in het proefgebied niet bekend. De ervaring is dat bij lage beekpeilen zeer veel kwel wordt afgevangen. Dit zou een belangrijke reden kunnen zijn dat kwel niet voldoende aan maaiveld komt waardoor verzuring optreedt. Om dit effect beter te kunnen monitoren, is het aan te bevelen een peilschaal in de beek te plaatsen ter hoogte van het proefveld. Zeker als in de toekomst het beekpeil wordt aangepast.

5

LITERATUUR

Baaijens, G.J., F.H.Everts & A.P. Grootjans, 2001. *Traditionele bevoeiing van grasland; een studie naar vroegere bevoeiing van reservaten in Pleistoceen Nederland, alsmede enkele boezemlanden*. Eindrapport fase 1. OBN-rapport nr. 18.

Bakker, M. & A.Kikkert, 2000. *Bevoeiing van verzuurde beekdalgraslanden langs de Reest*. Vakblad voor Natuurbeheer; mei 2001.

Bakker, M., B. Hendriks en J.S. Rus, 2003. *Aanvullend systeemonderzoek ten behoeve van VOP-MER herinrichting Zuidwolde-Zuid*. Royal Haskoning, Groningen.

Boerwinkel A., S. Verbeek, M. Bakker, A.P. Grootjans, W.J. Molenaar, 2001. *Traditionele bevoeiing als beheersmaatregel, tussenrapportage*. IWACO, Groningen, Rijksuniversiteit Groningen.

Grootjans, A.P., 1985. *Changes in waterregime in wet meadows*. Dissertatie Rijksuniversiteit Groningen.

Grootjans A.P., S.K. Verbeek, E.B. Adema, A.C.J. Boerwinkel, P. Vrielink, G.J. Baaijens, M. Bakker, B. Beltman, A.C. Zuidhoff, R.H. Kemmers, 2001. *Bevoeiing als beheersmaatregel, Mogelijkheden voor herstel van verzuurde en verdroogde graslanden*. Eindrapport fase 2. Rapport EC-LNV nr. 2001/052 OBN. Ede/Wageningen.

Hommel, P.W.F.M., G.H.P. Dirkx, A.H. Prins, H.P. Wolfert en J.G. Vrielink, 1994. *Natuurbehoud en natuurontwikkeling langs Bloemenbeek en Boven-Dinkel; gevolgen van ingrepen in de waterhuishouding van het Dinkelsysteem voor enkele karakteristiek vegetatietypen*. Rapport 304, DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Jalink, M. & A.J.M.Jansen, 1997. *Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwater afhankelijke beekdal gemeenschappen*. Kiwa Nieuwegein.

Kemmers, R.H. & S.P.J. van Delft, 2001. *Bodemkundige aspecten van de uitgangstoestand in het Reestdal en de Westbroekse zodde bij bevoeiing als herstelmaatregel voor verzuurde beekdalgraslanden*. Rapport 196 (ISSN/1566-7197) Alterra, Wageningen.

Kemmers, R.H., F.P. Sival & P.C. Jansen, 2003. *Effecten van bevoeiing op de basentoestand en nutriëntenbeschikbaarheid van natte schraalgraslanden op klei-, zand- en veengronden, Veldwaarnemingen en laboratoriumexperimenten*. Rapport 534 (ISSN/1566-7197) Alterra, Wageningen.

Lamers, L.P.M., M.E.van Roosendaal & Roelofs, 1998. *Acidification of Freshwater Wetlands combined effects of non-airborn sulfur pollution and desiccation*. Water Air Soil Pollution 105: 95-106.

Pegtel, D.M., J.Bakker. L.Geurt & F.M.Fresco, 1996. *N, K and P deficiency in chromosequential cut summer-dry grassland on gley podzol after the cessation of fertilizer application*. Plant and Soil 178: 121-131.

Schaminée, J.H.J., E.J.Weeda & V. Westhoff, 1995. *De vegetatie van Nederland Deel 2, Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden*. Opulus press, Upsala, Leiden.

Schaminée, J.H.J., A.H.F.Stortelder & E.J.Weeda, 1996. *De vegetatie van Nederland Deel 3, Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden*. Opulus press, Upsala, Leiden.

Smolders A.J.P., R.C. Nijboer & J.G.M. Roelofs, 1995. *Prevention of sulfide accumulation and phosphate mobilization by the addition of iron (III) chloride to a reduced sediment: an enclosure experiment*. Freshwater Biology 34: 559-568.

TNO, 2002. *Nationaal grondwatermodel NAGROM*.

Van Delft, S.P.J. & R.H. Kemmers, 1998. *Regulatie van de basentoestand door effect gerichte maatregelen in schraallanden en laagveenmoerassen*. Rapport SC-DLO.

Van Duren, I.C., 2000. *Nutrient limitation in drained and rewetted fen meadows*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.

Vegter, U., 1991. *Grondwaterafhankelijke plantensoorten als hydrologische indicatoren in Drenthe*. Dienst Ruimte en Groen Provincie Drenthe, Assen.

Vegter, U, 1991. *Hydro-ecologie van het Reestdal*. Stichting het Drentse Landschap.

Vegter, U., 1992. *Systeemonderzoek Reestdal: Aanbevelingen voor water en natuurbeheer*. Stichting het Drentse Landschap, Assen.

Vegter, U., 1997. *Beheersplan Reestdal*, IWACO vestiging noord in opdracht van Stichting het Drentse Landschap.

Vrielink, P. in voorbereiding. *Effecten van bevoeiing op de Dotterbloem*. Rijksuniversiteit Groningen.

Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra, T. Westra, 1991. *Nederlandse oecologische flora, Wilde planten en hun relaties deel 4*. IVN, VARA, VEWIN en KNNV.

Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra, T. Westra, 1994. *Nederlandse oecologische flora, Wilde planten en hun relaties deel 5*. IVN, VARA, VEWIN en KNNV.

Weeda, E.J., J.H.J. Schaminée en L. van Duuren m.m.v. S.M. Hennekens, A.C. Hoegen en A.J.M. Jansen, 2002. *Atlas van Plantengemeenschappen in Nederland. Deel 2 Graslanden, zomen en droge heiden*. KNNV uitgeverij, Utrecht.

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 1 Bemestingsschema

Onbevloeid Veld

NaCl

C		NPK		N		KP
K		P		NP		NK
NP		C		NPK		P
N		K		NK		KP
KP		C		P		K
NK		NPK		NP		N

FeCl			Ca			Mest
	FeCl			Ca		Mest
FeCl			Ca			Mest
	Feslib			Ca		Mest
Feslib			Ca			Mest
	Feslib			Ca		Mest

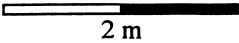
NaCl

NaCl

FeCl			Ca			Mest
	FeCl			Ca		Mest
FeCl			Ca			Mest
	Feslib			Ca		Mest
Feslib			Ca			Mest
	Feslib			Ca		Mest

NaCl

C		NPK		N		KP
K		P		NP		NK
NP		C		NPK		P
N		K		NK		KP
KP		C		P		K
NK		NPK		NP		N



PLAGPROEF

Bevloeid Veld

NaCl

NaCl

C		NPK		N		KP
K		P		NP		NK
NP		C		NP K		P
N		K		NK		KP
KP		C		P		K
NK		NPK		NP		N

FeCl			Ca			Mest
	FeCl			Ca		Mest
FeCl			Ca			Mest
	Feslib			Ca		Mest
Feslib			Ca			Mest
	Feslib			Ca		Mest

FeCl			Ca			Mest
	FeCl			Ca		Mest
FeCl			Ca			Mest
	Feslib			Ca		Mest
Feslib			Ca			Mest
	Feslib			Ca		Mest

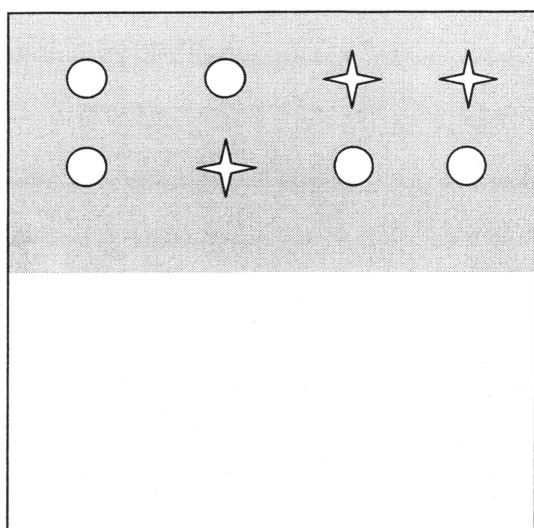
NaCl

C		NPK		N		KP
K		P		NP		NK
NP		C		NPK		P
N		K		NK		KP
KP		C		P		K
NK		NPK		NP		N

2 m

↓
PLAGPROEF

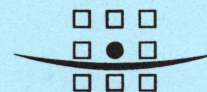
NaCl



★ *Senecio aquaticus*

○ *Lychnis flos-cuculi*

Plaatsing kiemplanten binnen bemestingsproefvlak. Het grijze vlak komt overeen met de grijze vlakken in bovenstaande bemestingsschema's.

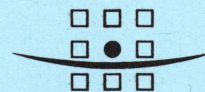


Bijlage 2

Vegetatieontwikkeling in permanente quadraten (syntaxonomische tabel)

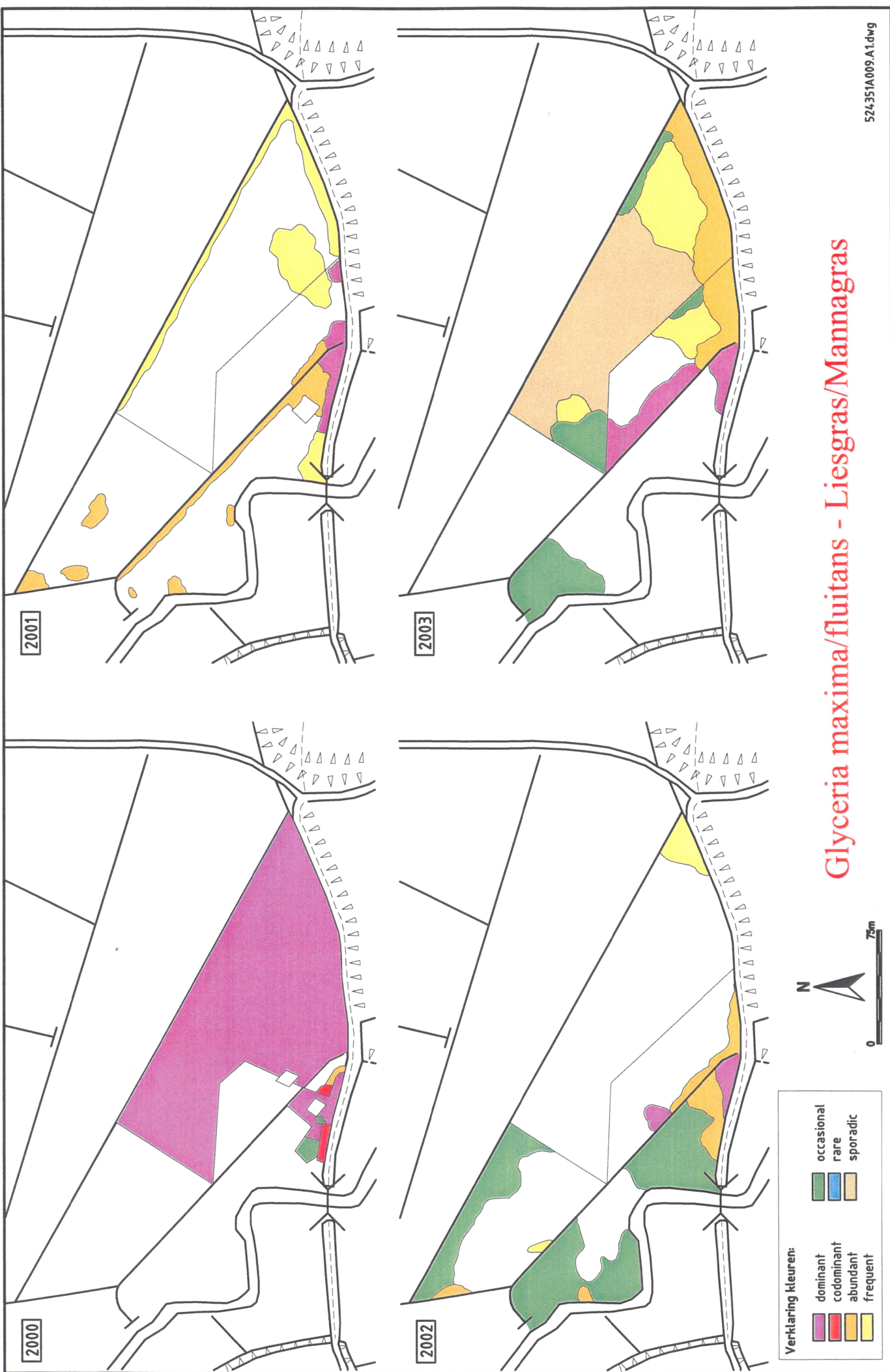
[illegible]

d = differentiërende soort

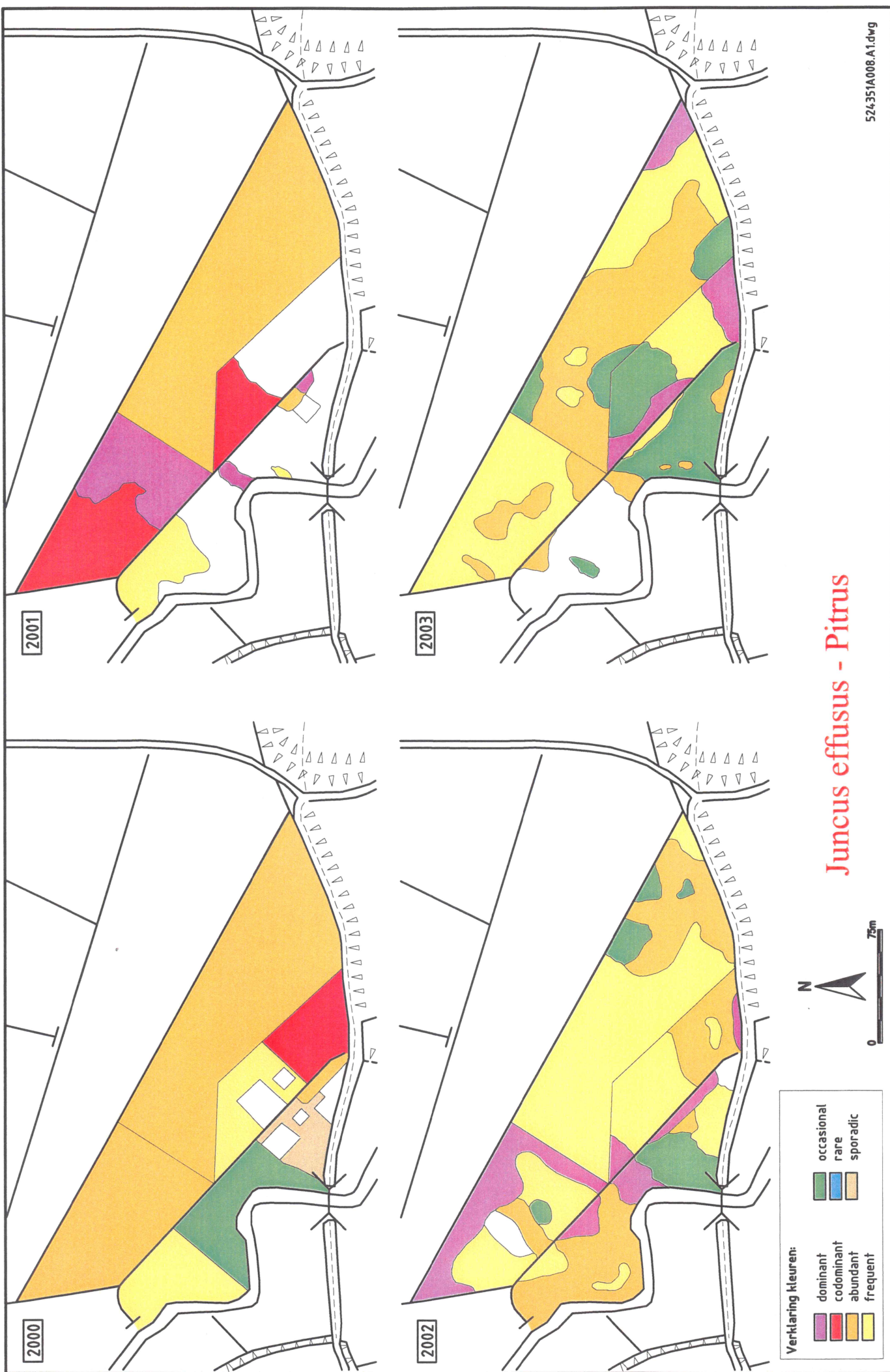


Bijlage 3

Verspreidingskaarten van indicatorsoorten



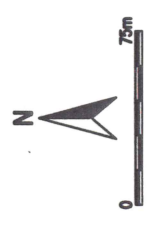
Glyceria maxima/fluitans - Liesgras/Mannagras

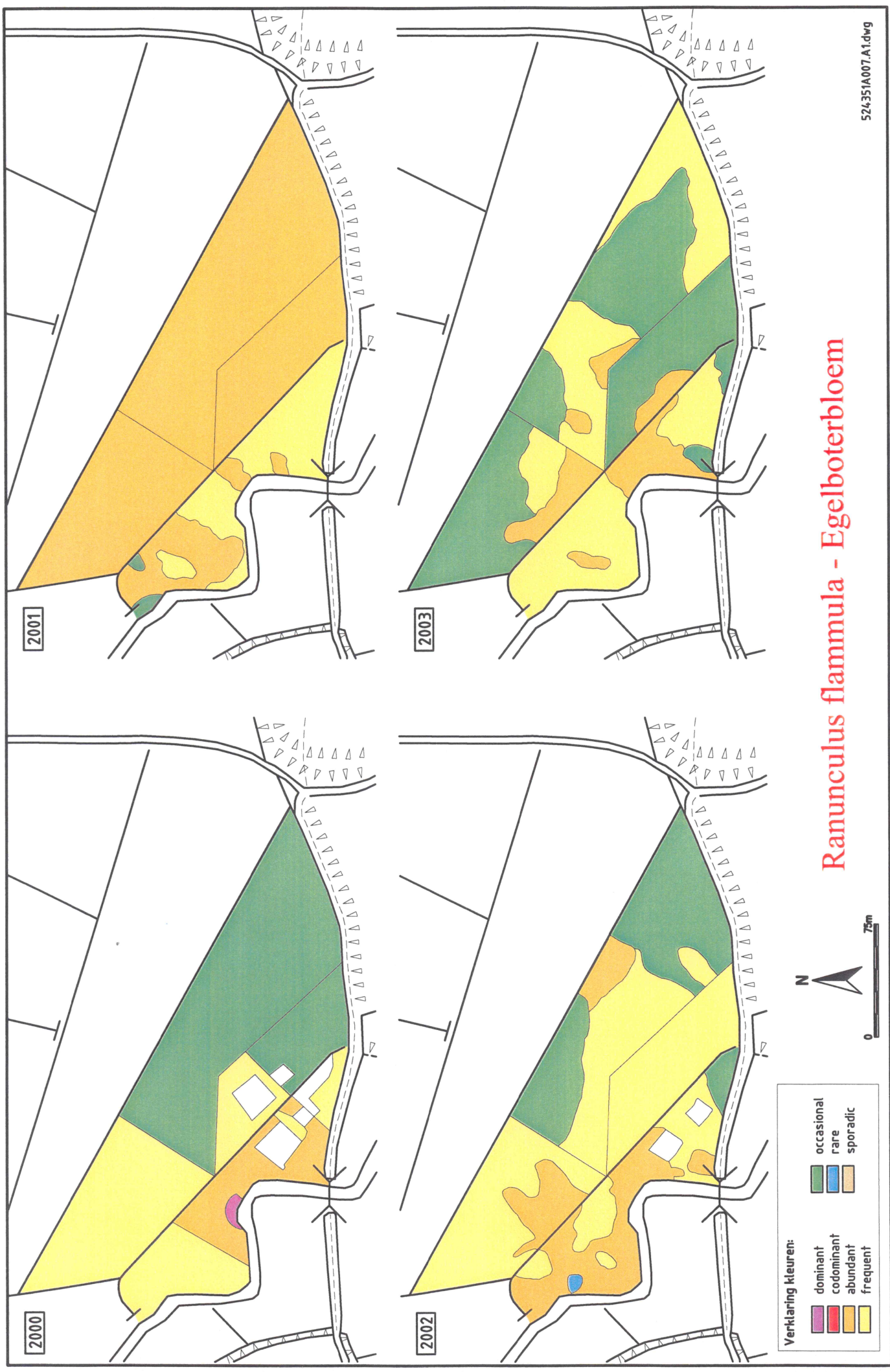


Juncus effusus - Pitrus

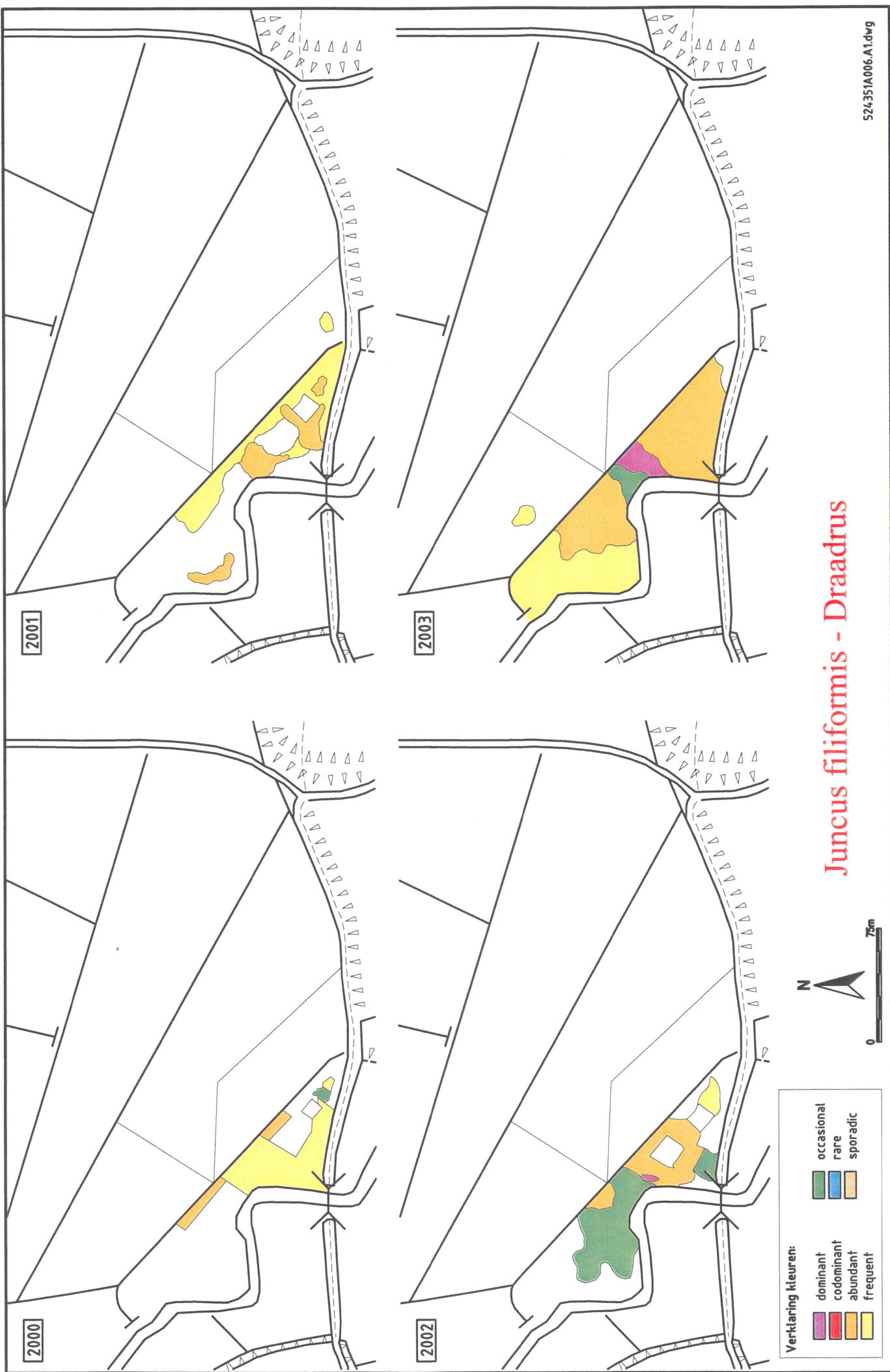
Verklaring kleuren:

dominant	occasional
codominant	rare
abundant	sporadic
frequent	

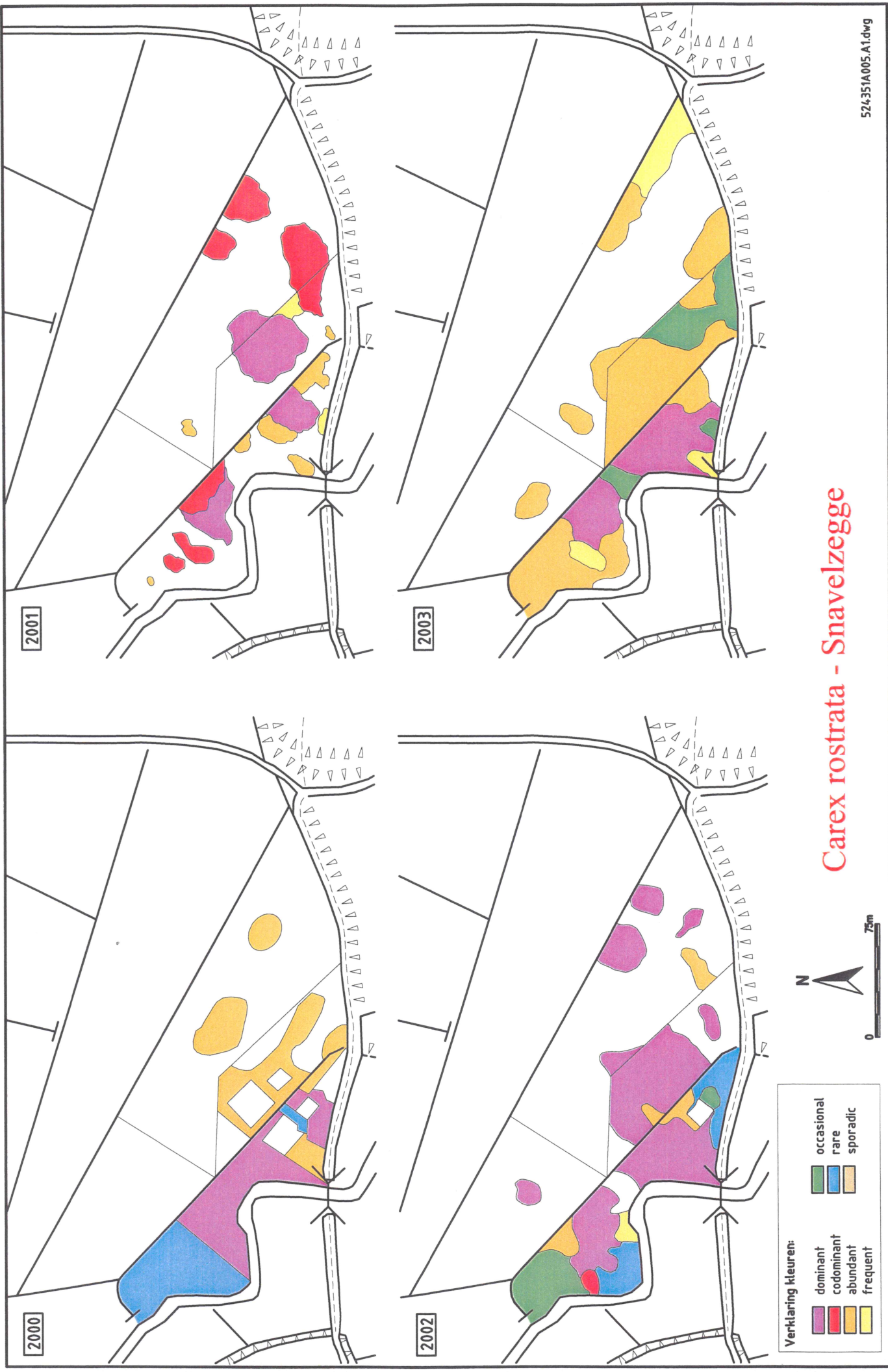


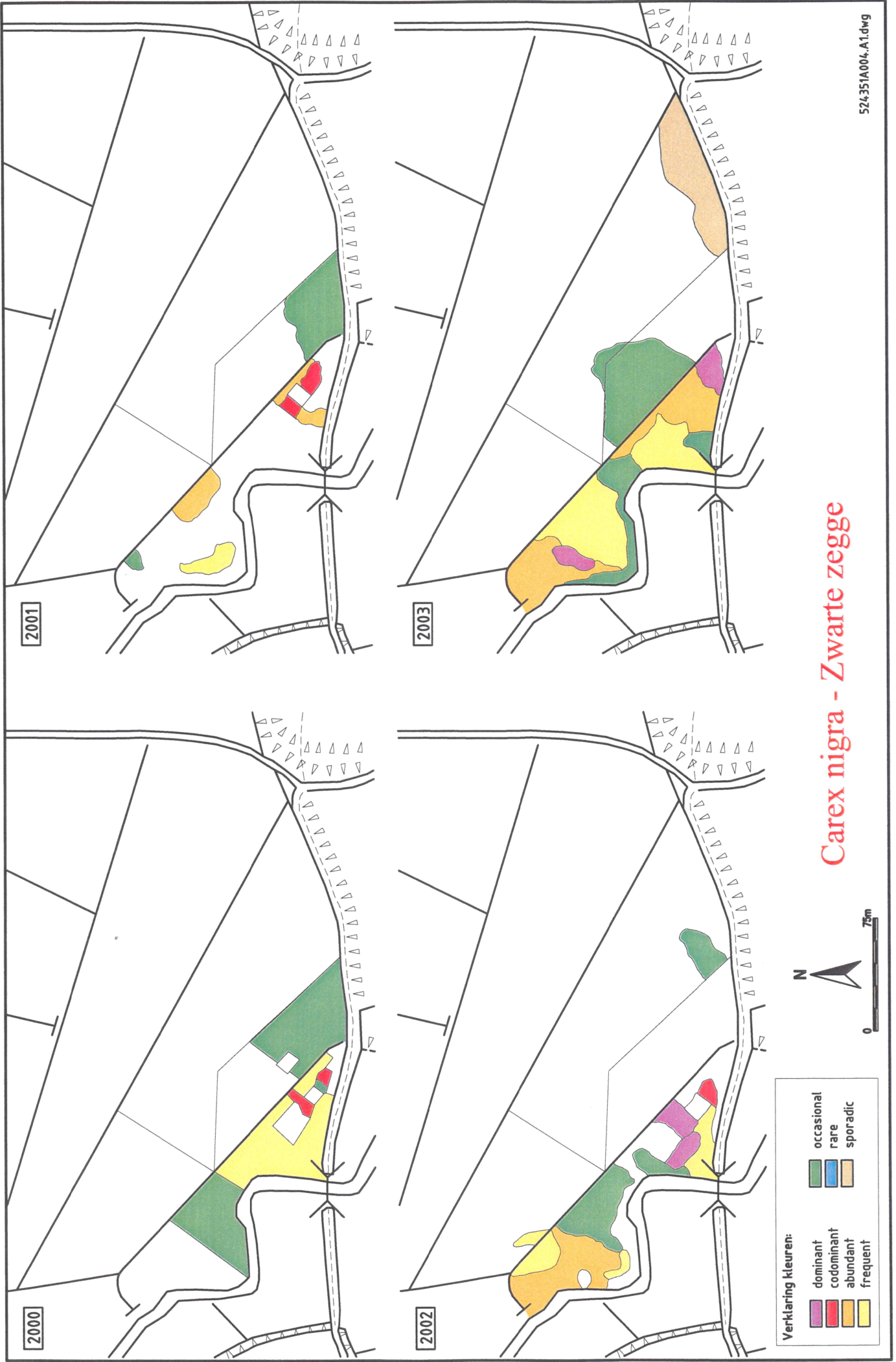


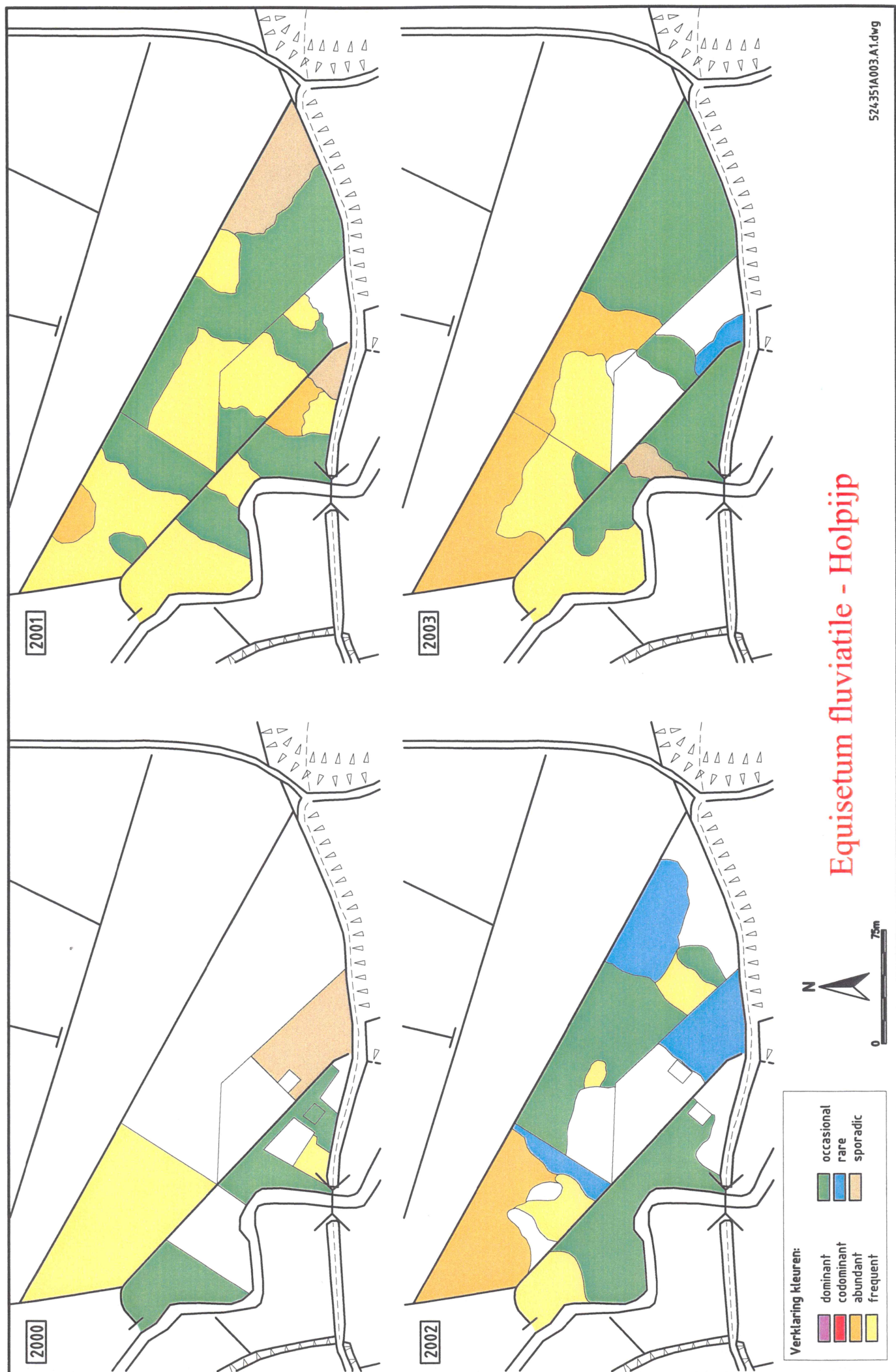
Ranunculus flammula - Egelboterbloem



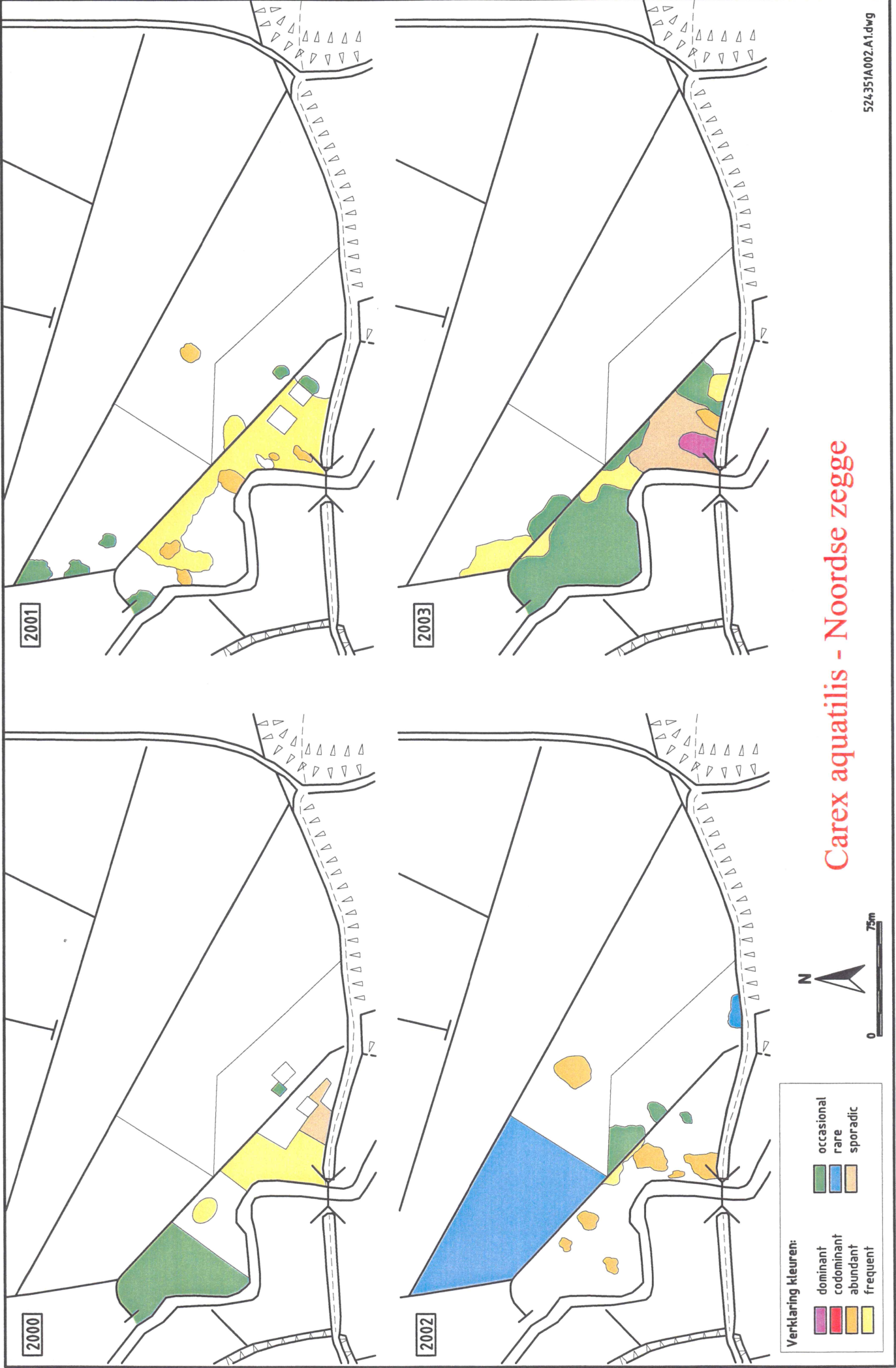
Juncus filiformis - Draadrus

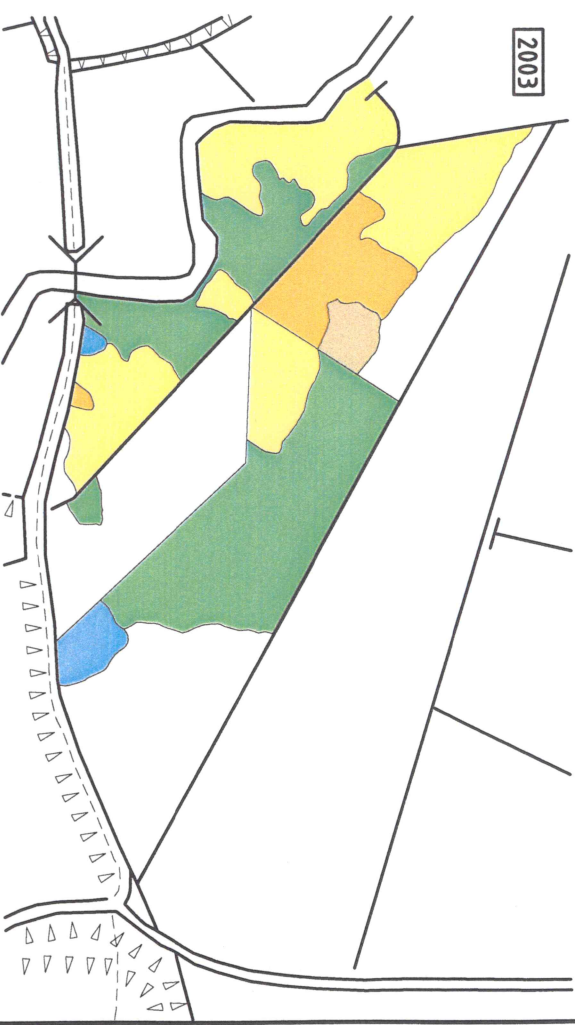
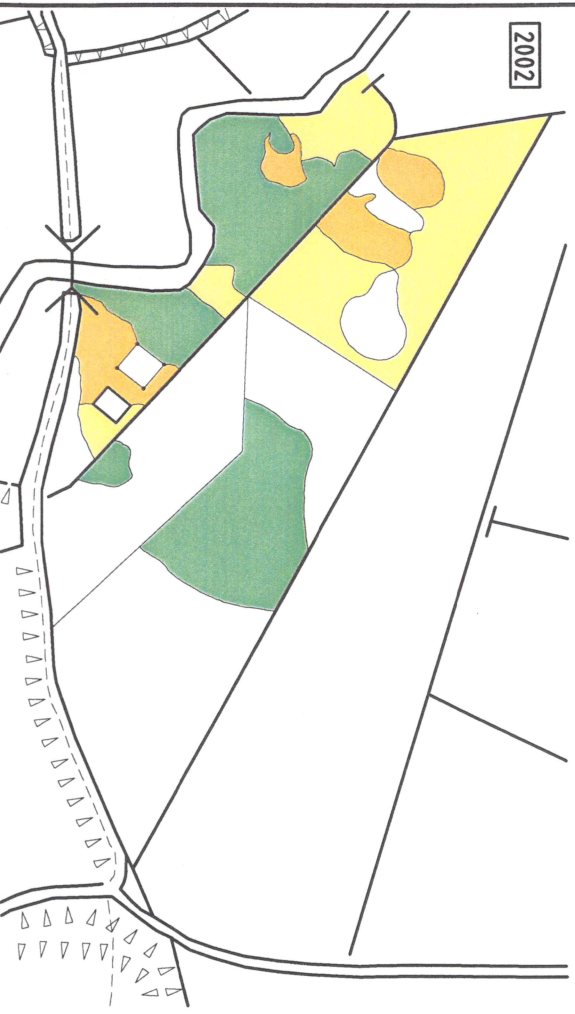
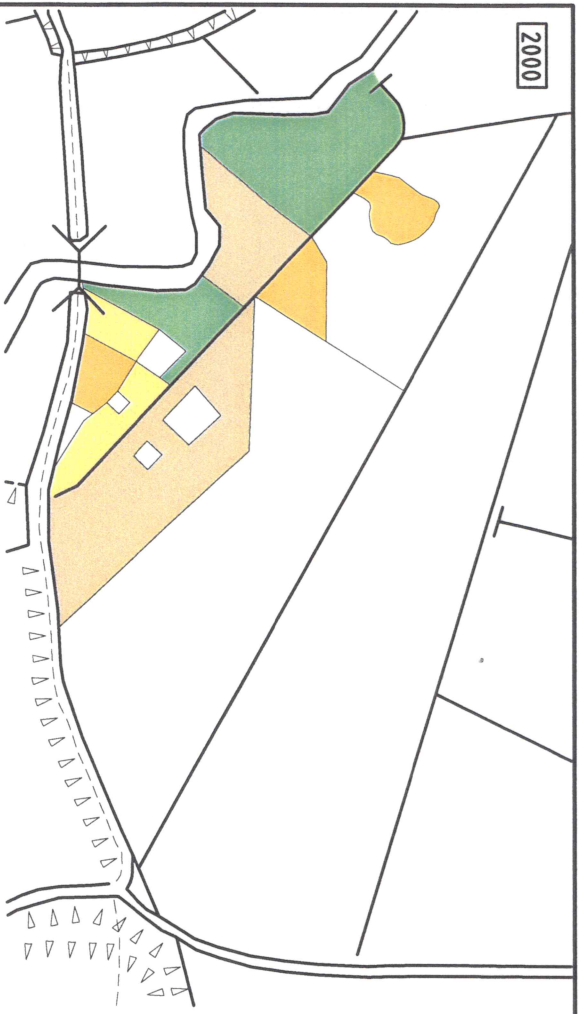






Equisetum fluviatile - Holpijp



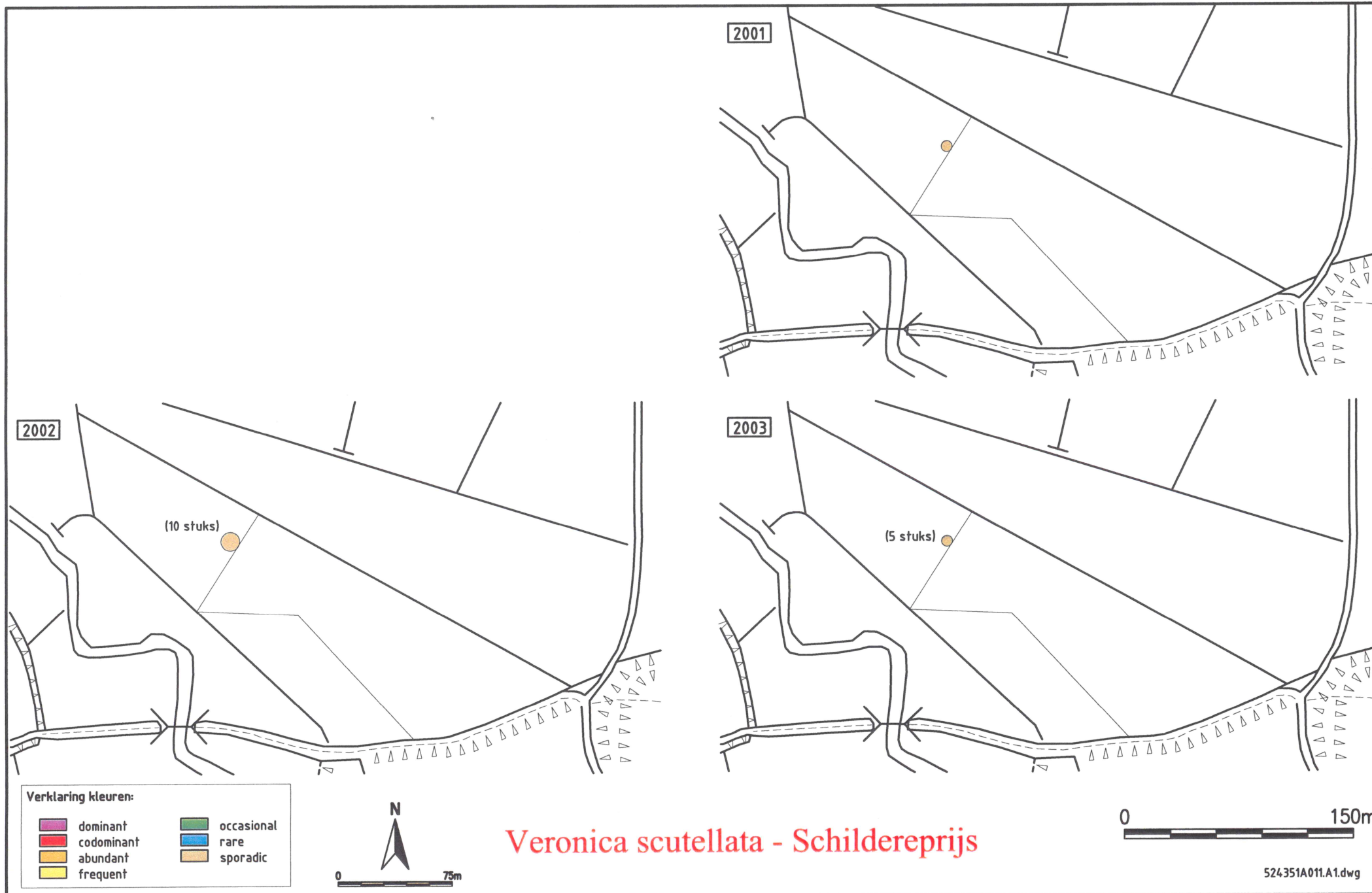


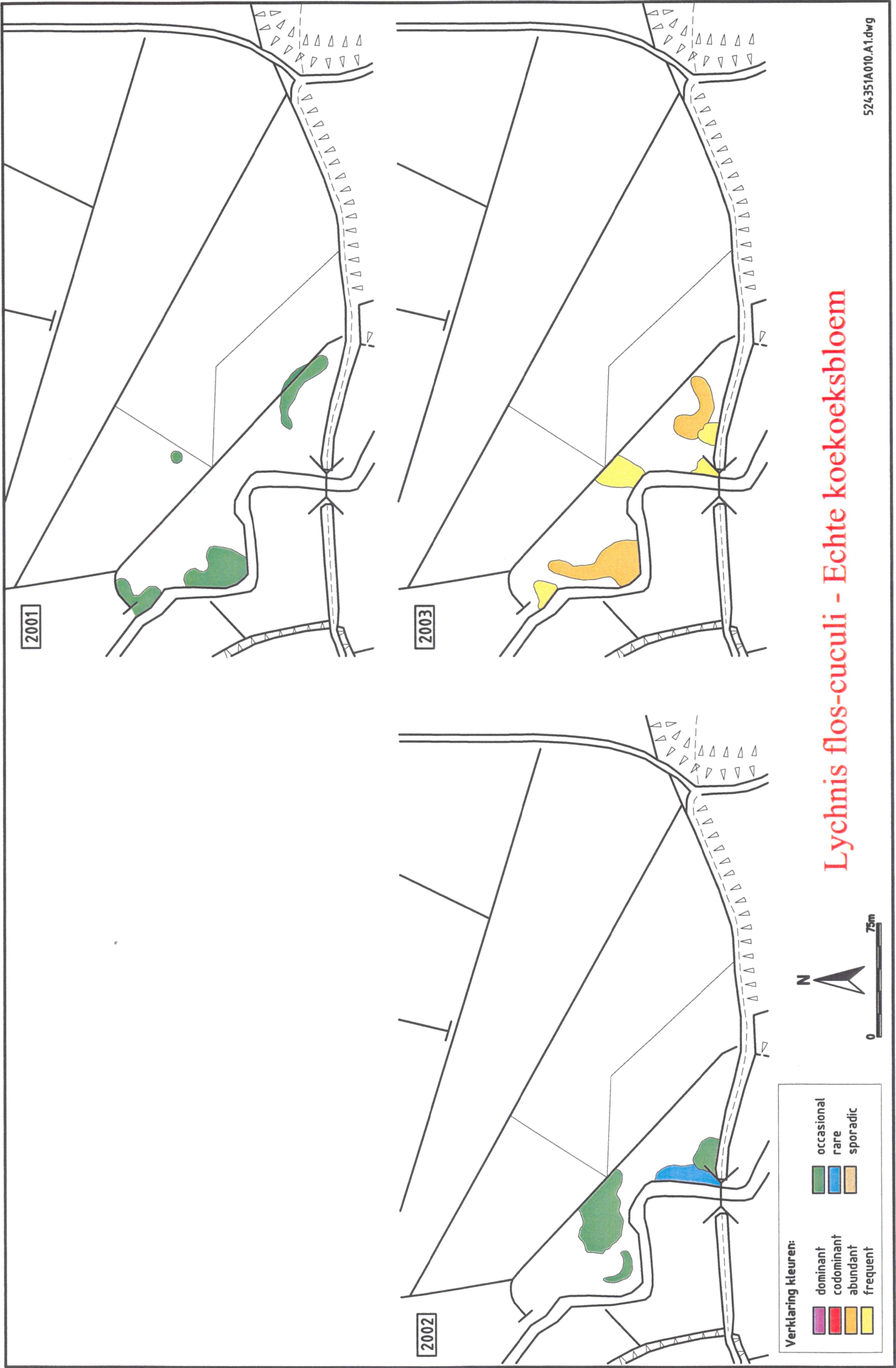
Verklaring kleuren:

dominant	occasional
codominant	rare
abundant	sporadic
frequent	



Caltha palustris - Dotterbloem

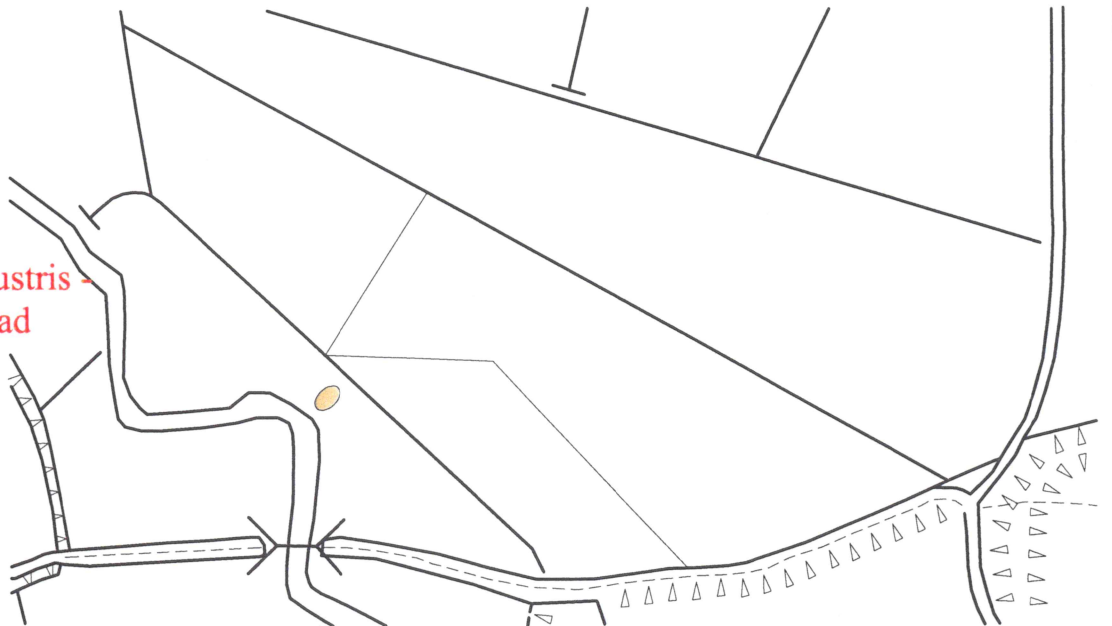






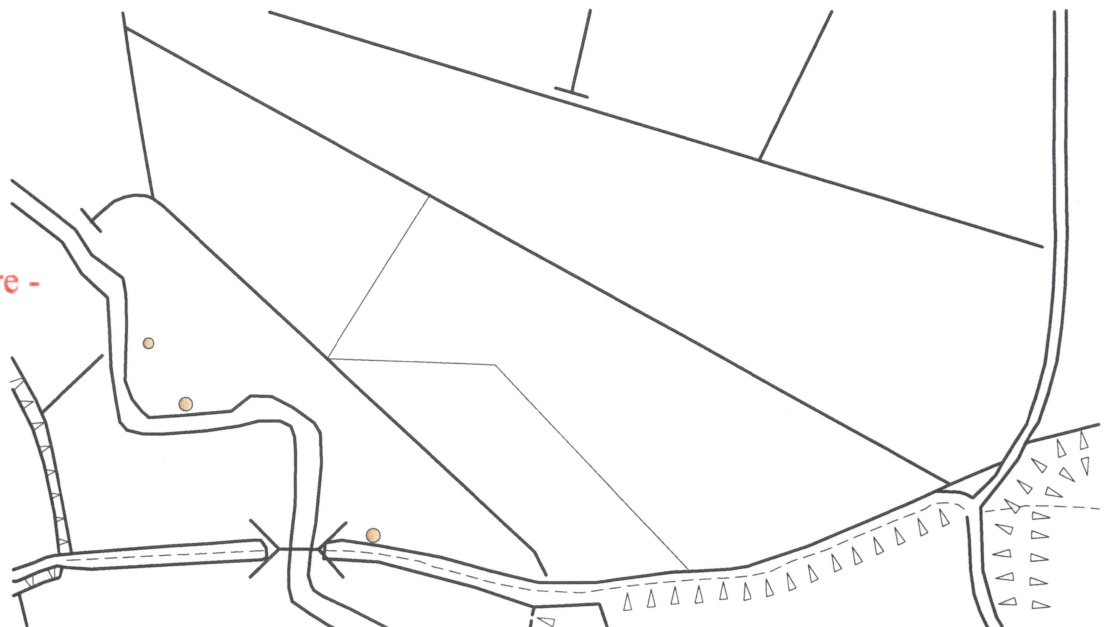
Pedicularis palustris -
Moeraskartelblad

2003



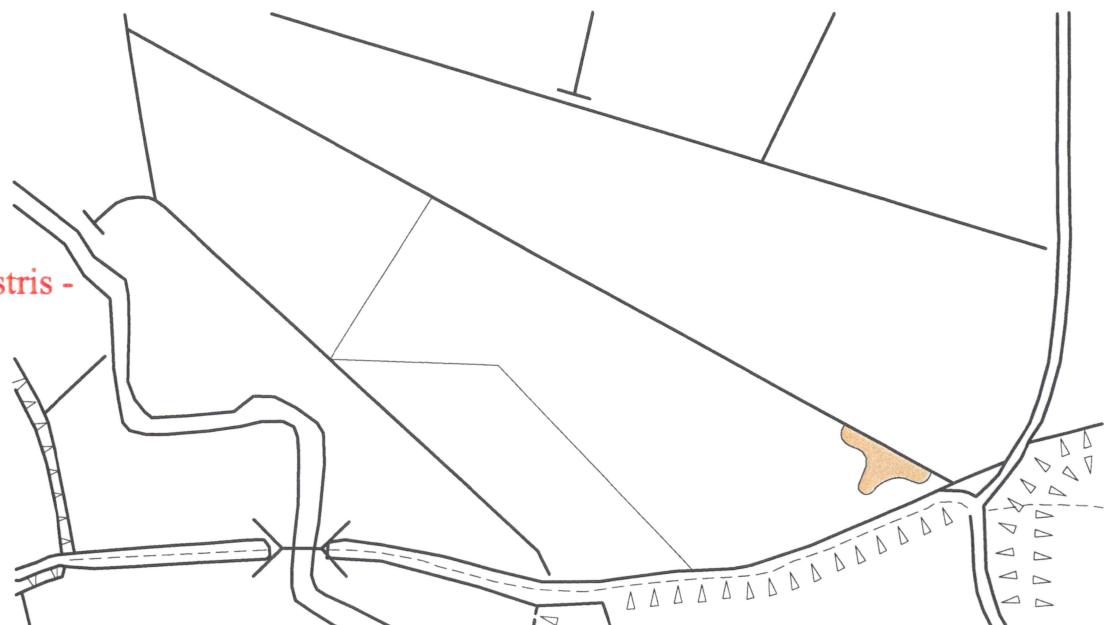
Cirsium palustre -
Kale jonker

2003



Potentilla palustris -
WATERAARDBEI

2003



Verklaring kleuren:

- | | |
|--|------------|
| | dominant |
| | codominant |
| | abundant |
| | frequent |
| | occasional |
| | rare |
| | sporadic |
| | niet |

0 150m

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

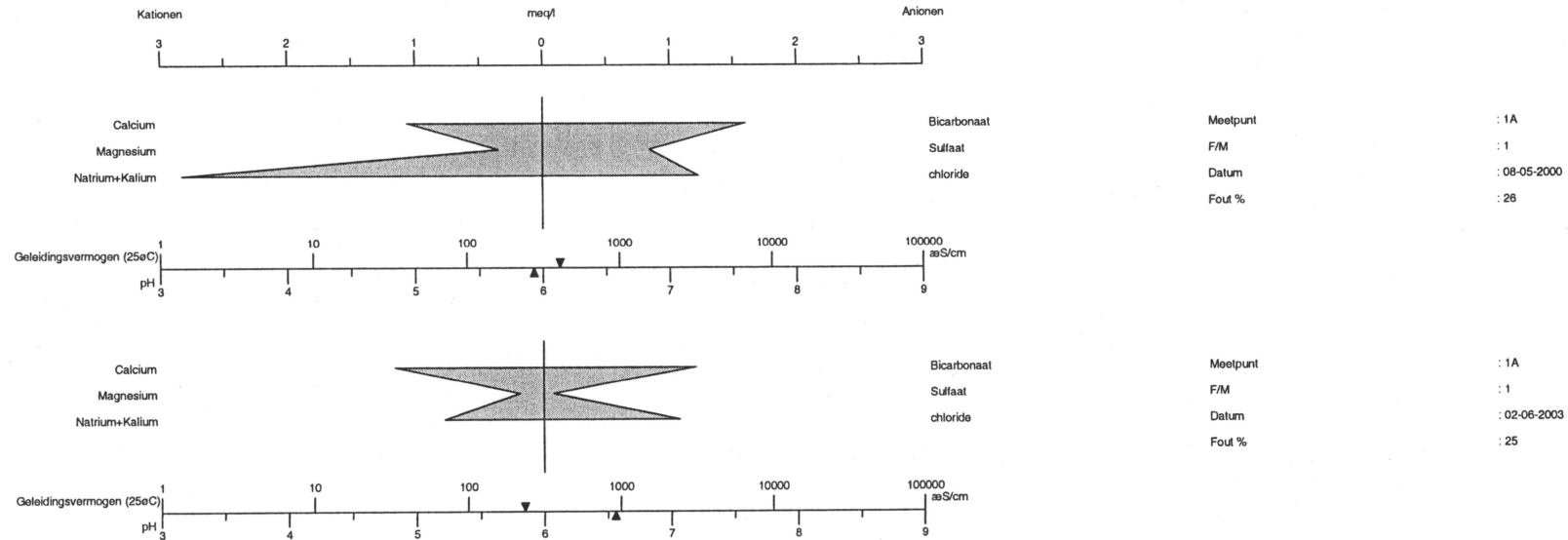
Bijlage 4

Grondwaterkwaliteit

Haskoning nr.	Datum	EGV	pH	Ca	Mg	K	Na	Fe	NH4-N	SO4	Cl	HCO3	PO4-P	NO3-N	Stuyfzand watertype
		mS/m		mg/l								mmol/l	mg/l		
1A	2-6-2003	23,6	6,56	23,379	2,275	2,098	16,740	1,749	0,62	3,84	37,95	1,20	0,134	0,01	F1CaHCO3.
1B	2-6-2003	31,5	6,29	35,440	3,789	0,468	19,495	0,097	0,13	12,24	29,55	2,10	0,010	0,02	g2CaHCO3
1C	2-6-2003	22,3	5,99	19,819	2,820	1,004	14,452	0,371	0,25	13,80	27,60	1,10	0,064	0,02	g1CaHCO3.
2B	2-6-2003	13,8	5,86	10,538	2,200	0,473	11,062	3,460	0,17	0,69	27,10	0,75	0,074	0,00	g0CaMix .
3B	2-6-2003	24,2	5,74	8,340	2,530	0,432	40,184	9,568	0,13	1,72	44,45	1,90	0,191	0,01	F1NaHCO3+
3C	2-6-2003	14,8	5,69	6,830	3,001	0,648	16,386	2,243	0,36	0,00	22,50	0,90	0,049	0,02	g0NaHCO3
4B	2-6-2003	24,6	5,74	5,354	3,356	0,373	13,644	15,315	0,22	26,52	37,50	0,50	0,036	0,01	F*NaCl
5A	2-6-2003	21,6	5,75	25,370	1,214	0,428	12,183	3,944	0,13	14,34	28,35	0,90	0,078	0,00	g0CaMix .
5B	2-6-2003	22,6	5,76	26,370	2,944	0,805	18,203	4,873	0,10	3,54	25,55	1,75	0,038	0,00	g1CaHCO3
5C	2-6-2003	25,6	5,63	10,922	3,033	0,376	11,273	11,227	0,14	3,46	22,00	1,26	0,075	0,00	g1CaHCO3
6B	2-6-2003	23,0	5,93	7,170	0,652	0,929	16,877	7,127	0,60	0,02	21,70	1,10	0,059	0,00	g1NaHCO3
Beekwater	2-6-2003	32,4	6,31	23,552	5,083	7,223	26,727	6,215	0,55	25,68	56,05	1,30	0,087	0,39	F1CaMix

IWACO nr.	datum	EGV	pH	Ca	Mg	K	Na	Fe	NH4-N	SO4	Cl	HCO3	PO4-P	NO3-N	Stuyfzand
		mS/m		mg/l								mmol/l	mg/l		watertype
1A	08.05.2000	40,9	5,93	21,33	4,23	1,53	64,18	18,35	0,52	40,44	43,6	1,60	0,027	0,000	F1NaMix +
1B	08.05.2000	70,9	6,10	47,83	4,29	2,89	88,55	16,65	0,47	154,36	56,8	3,30	0,034	0,000	F2NaMix +
1C	08.05.2000	19,5	5,67	9,86	2,24	0,25	20,69	9,70	0,14	18,20	24,9	0,70	0,041	0,000	g0NaMix
3A	08.05.2000	ng	ng	22,40	5,71	2,02	186,62	15,59	ng	371,40	50,1	ng	0,040	ng	(F*NaSO4 +)
3B	08.05.2000	39,8	5,44	28,20	3,65	1,23	53,44	6,45	0,16	84,76	41,7	1,23	0,025	0,010	F1NaMix +
3C	08.05.2000	12,4	5,46	4,49	3,15	1,50	12,35	6,54	0,58	7,96	16,1	0,40	0,043	0,030	g*NaMix .
5A	08.05.2000	22,4	5,82	13,74	2,00	0,57	24,18	14,35	0,17	26,58	25,5	0,98	0,025	0,000	g0NaMix
5B	08.05.2000	31,9	5,68	24,64	3,04	0,37	31,43	12,35	0,12	52,12	23,5	1,55	0,036	0,010	g1CaMix +
5C	08.05.2000	30,9	5,85	14,76	3,30	1,30	39,50	10,79	0,13	35,76	32,7	1,33	0,042	0,010	F1NaMix +

Stiff-diagram 1

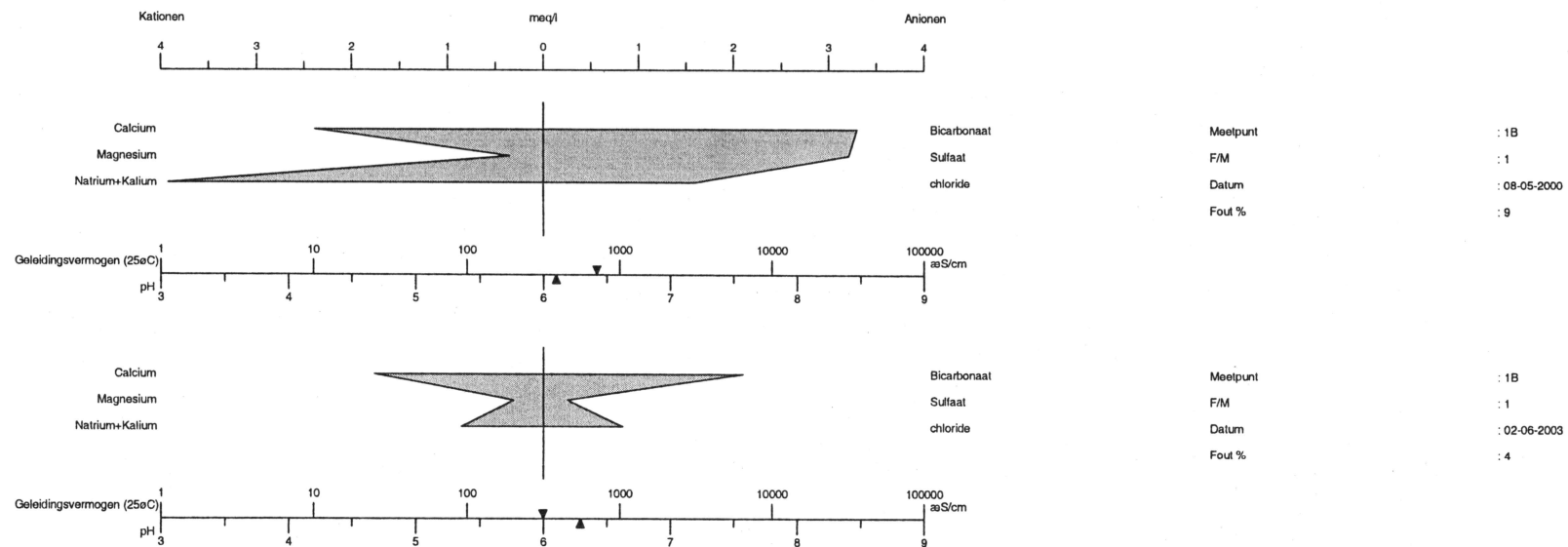


Royal Haskoning
Selecties:

Datum: 31-07-2003

Figuur:

Stiff-diagram 1

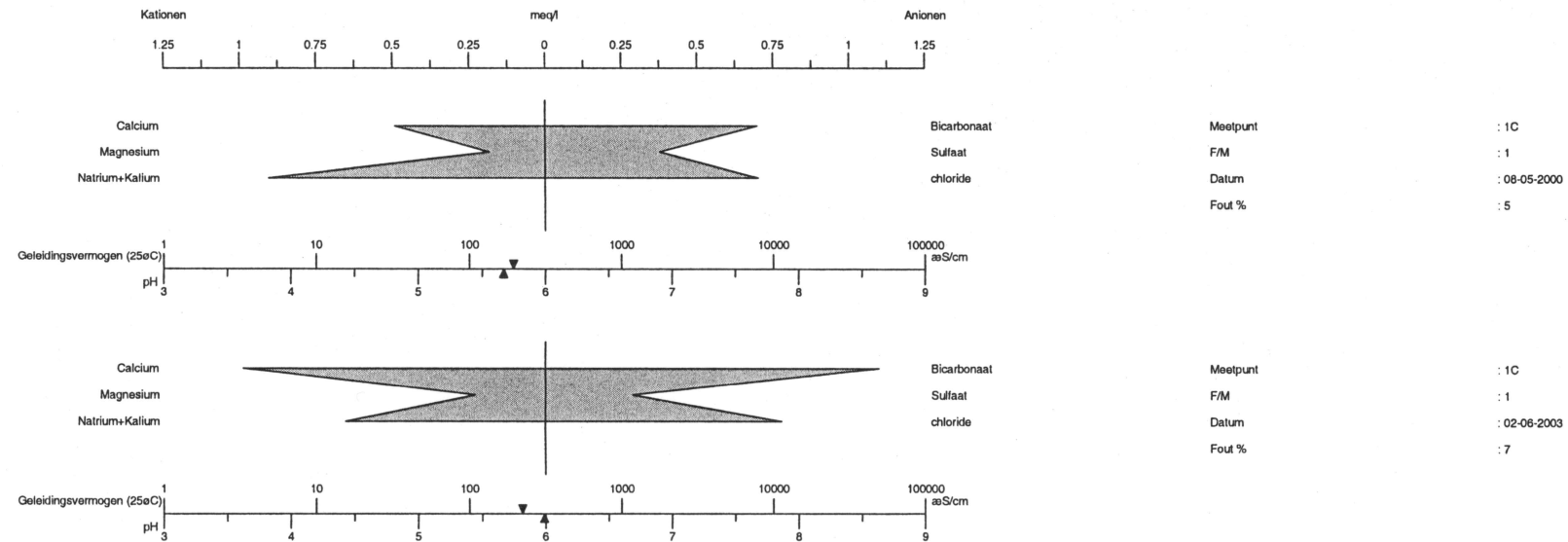


Royal Haskoning
Selecties:

Datum: 31-07-2003

Figuur:

Stiff-diagram 1

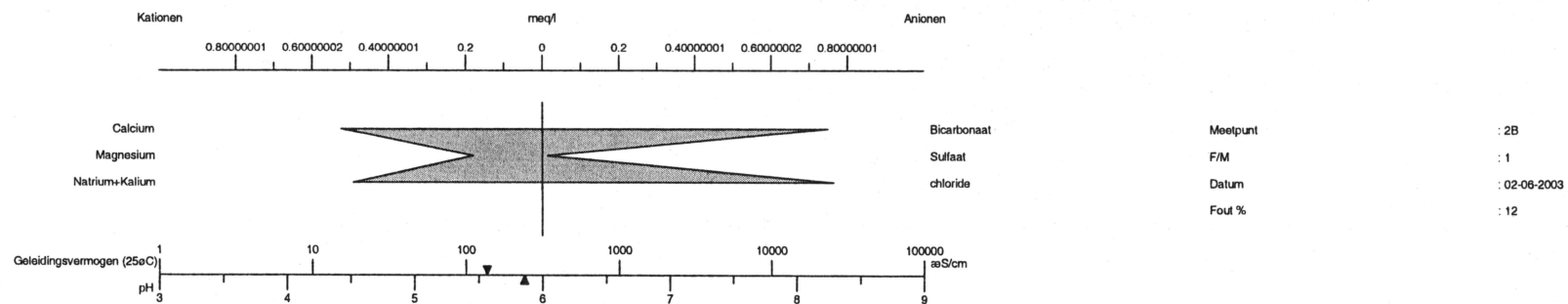


Royal Haskoning
Selecties:

Datum: 31-07-2003

Figuur:

Stiff-diagram 1

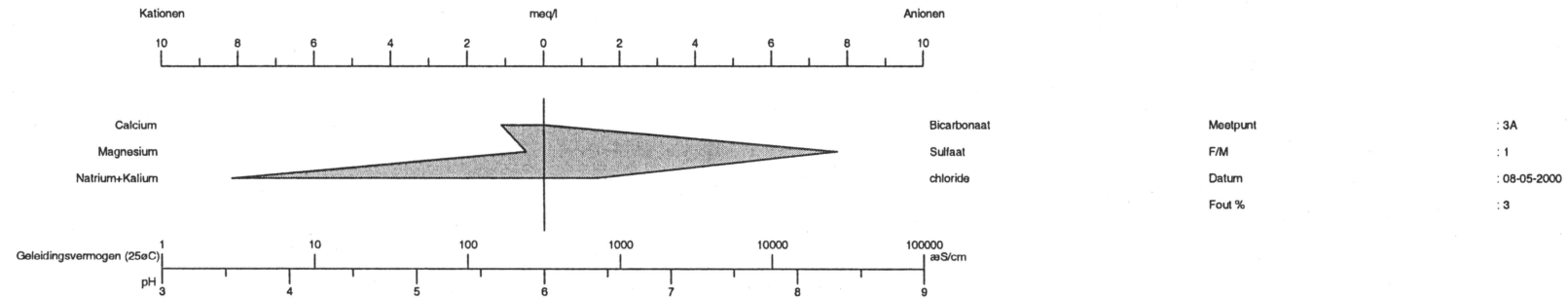


Royal Haskoning
Selecties:

Datum: 31-07-2003

Figuur:

Stiff-diagram 1

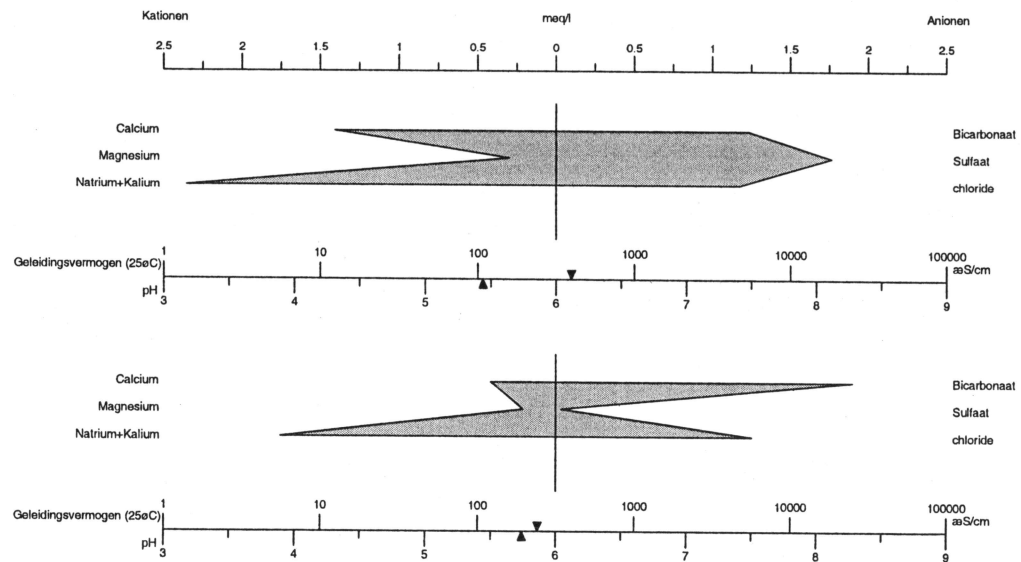


Royal Haskoning
Selecties:

Datum: 31-07-2003

Figuur:

Stiff-diagram 1



Meetpunt : 3B
F/M : 1
Datum : 08-05-2000
Fout % : 1

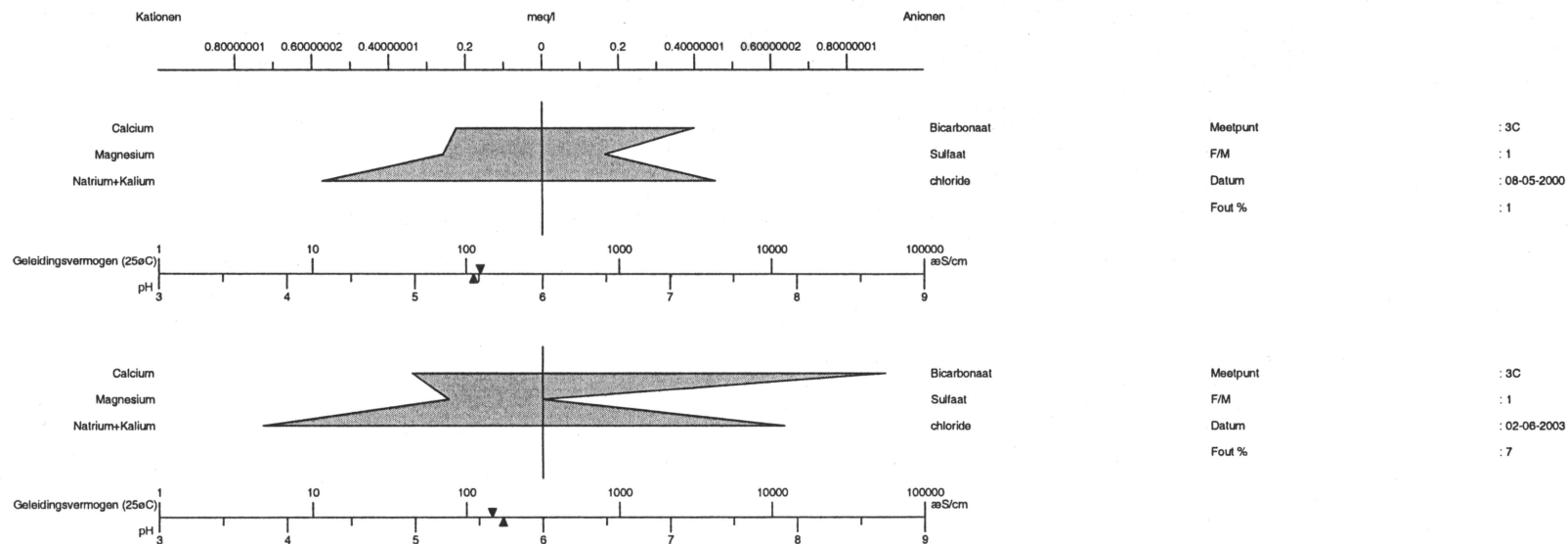
Meetpunt : 3B
F/M : 1
Datum : 02-06-2003
Fout % : 14

Royal Haskoning
Selecties:

Datum: 31-07-2003

Figuur:

Stiff-diagram 1

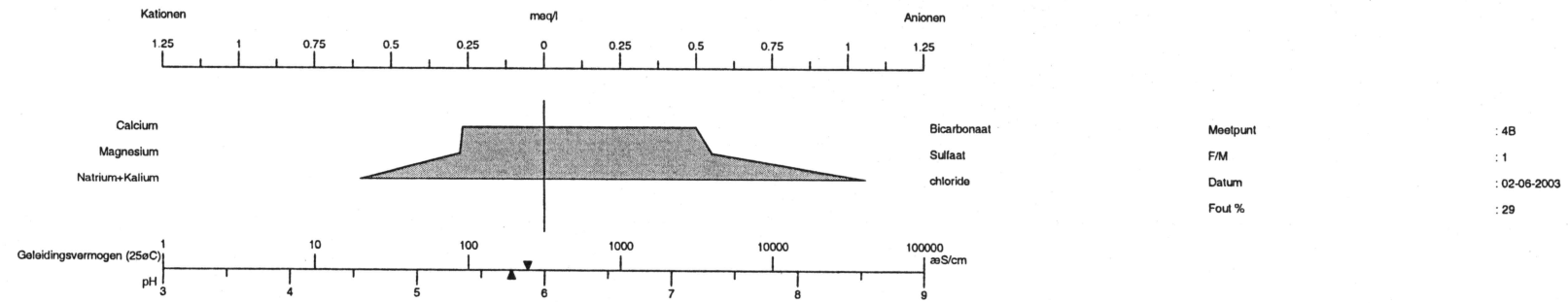


Royal Haskoning
Selecties:

Datum: 31-07-2003

Figuur:

Stiff-diagram 1

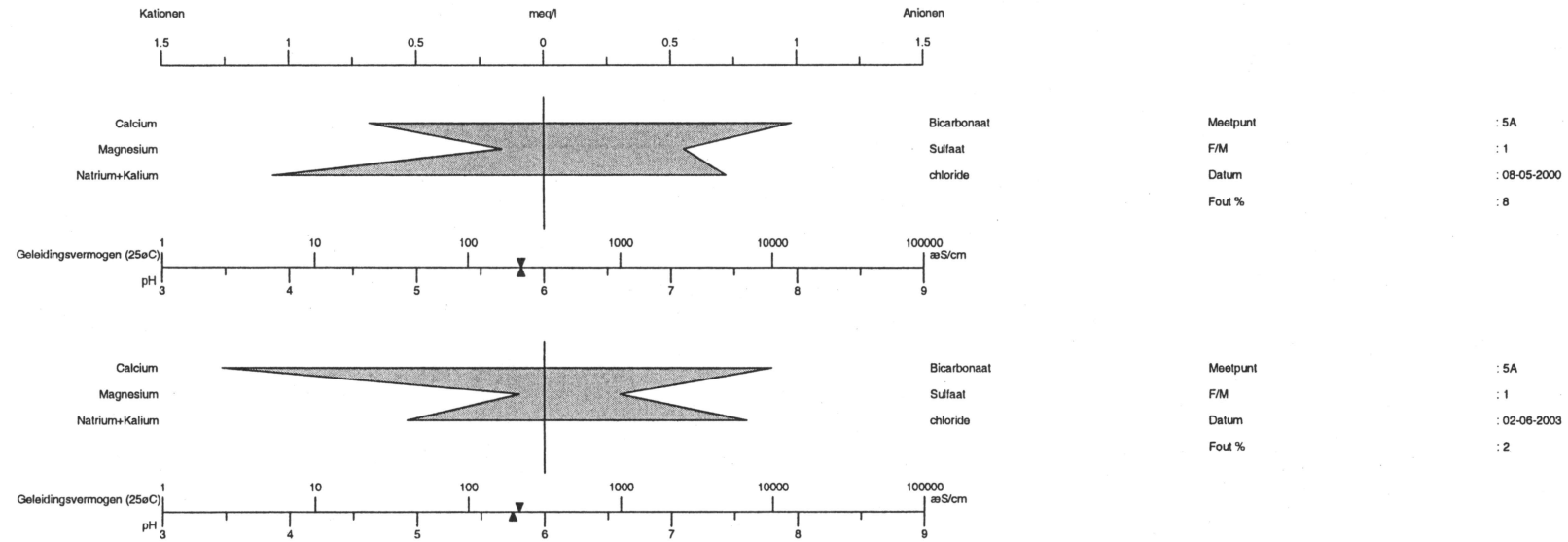


Royal Haskoning
Selecties:

Datum: 31-07-2003

Figuur:

Stiff-diagram 1

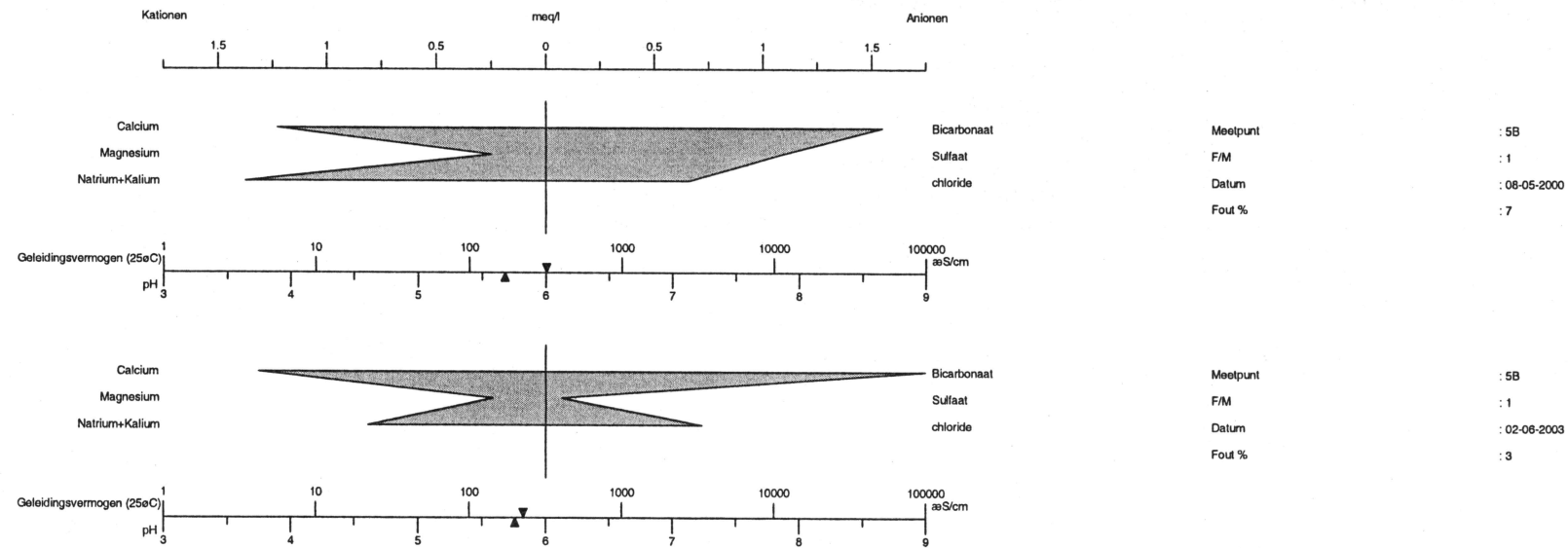


Royal Haskoning
Selecties:

Datum: 31-07-2003

Figuur:

Stiff-diagram 1

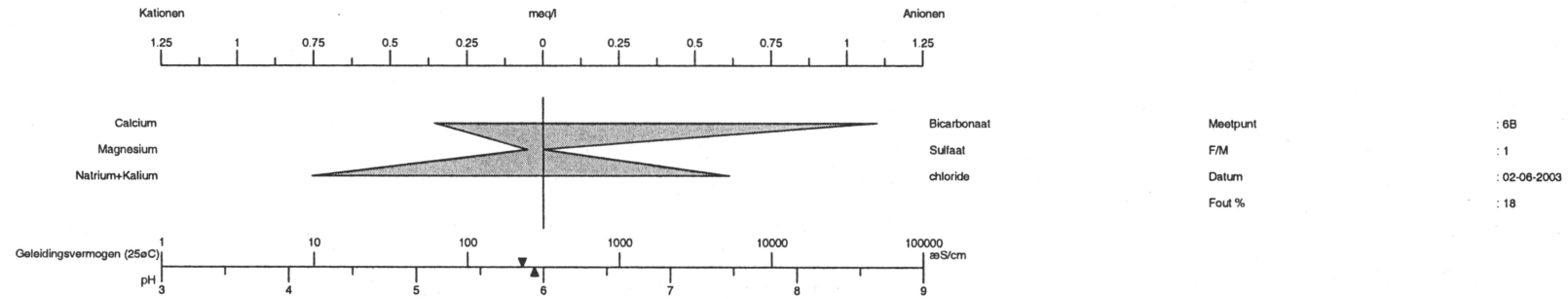


Royal Haskoning
Selecties:

Datum: 31-07-2003

Figuur:

Stiff-diagram 1



Royal Haskoning
Selecties:

Datum: 31-07-2003

Figuur:

A COMPANY OF



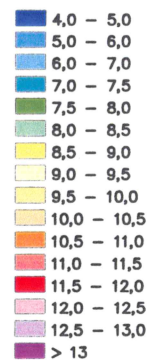
ROYAL HASKONING

Bijlage 5 EGV-metingen



Raai in bevroren veld

Temperatuur

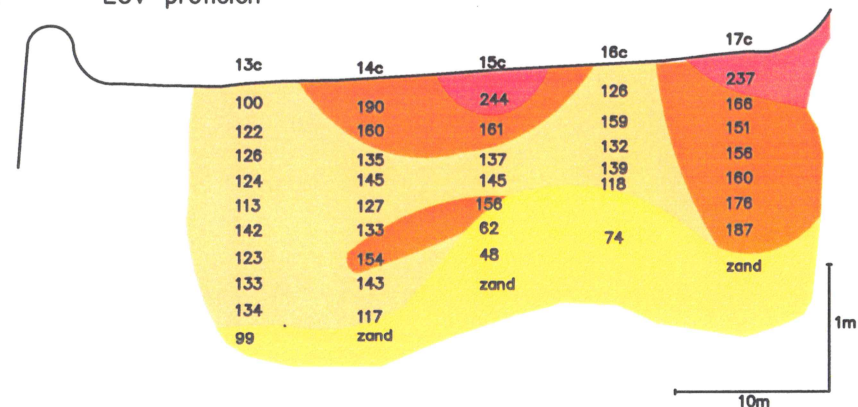


EGV (μ S) en ionen-concentraties (meq/l)

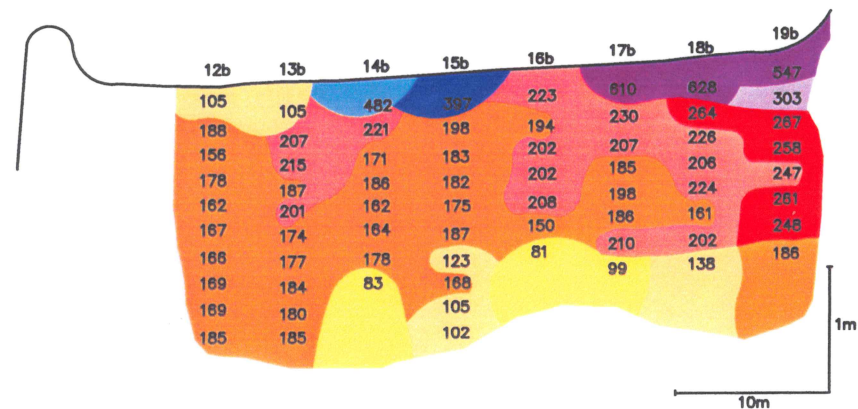


2000

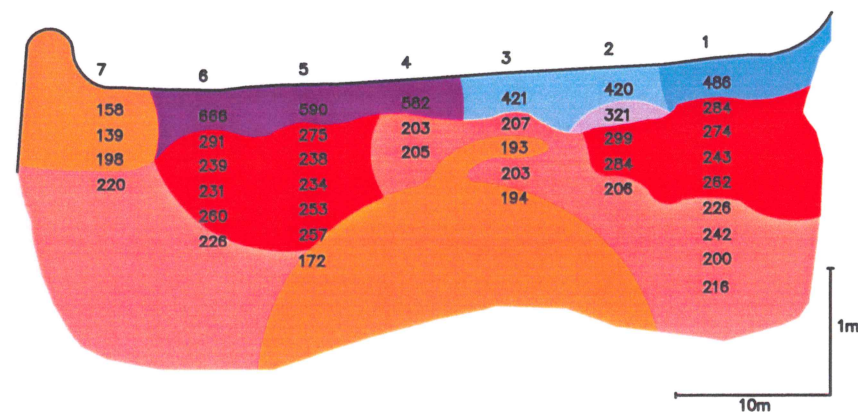
EGV-profielen



2001

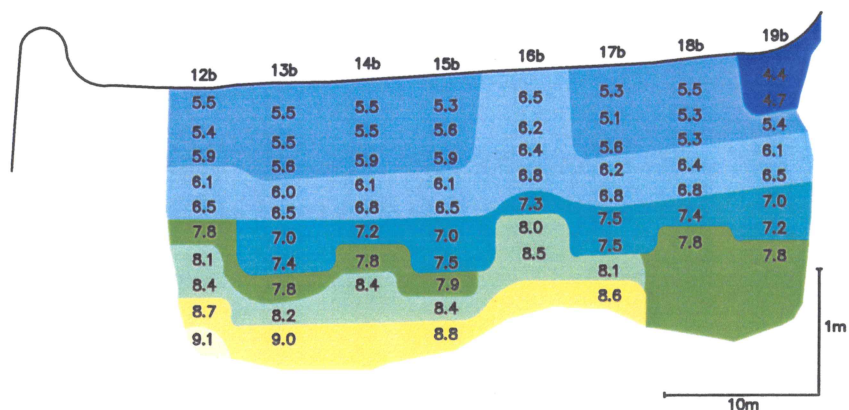


2003

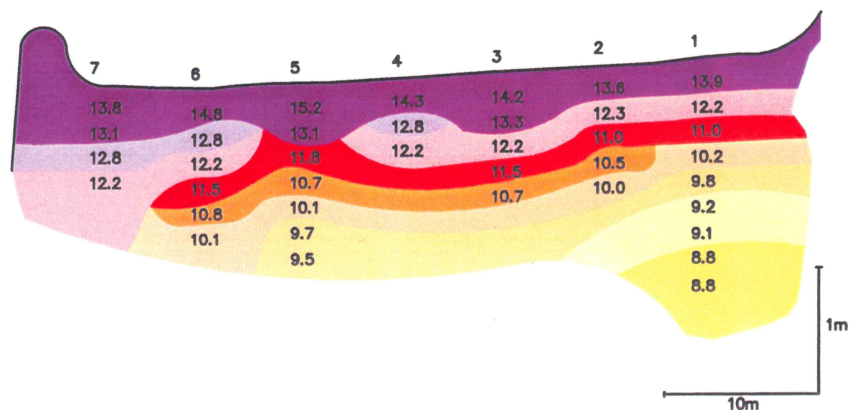


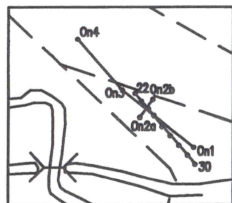
2001

Temperatuur



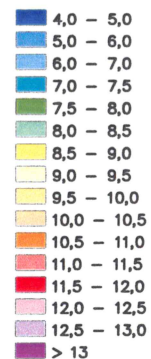
2003





Raai in onbevloeiende veld

Temperatuur

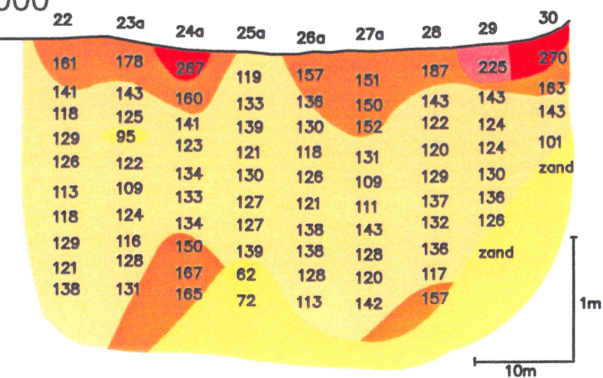


EGV (μS) en ionen-
concentraties (meq/l)



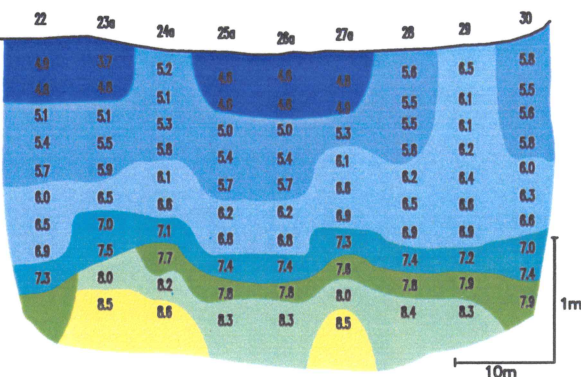
EGV-profielen

2000

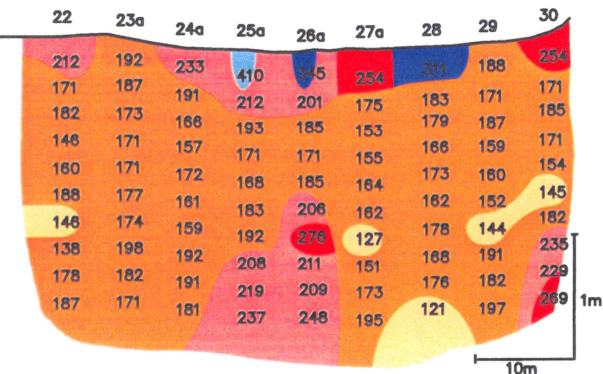


Temperatuur

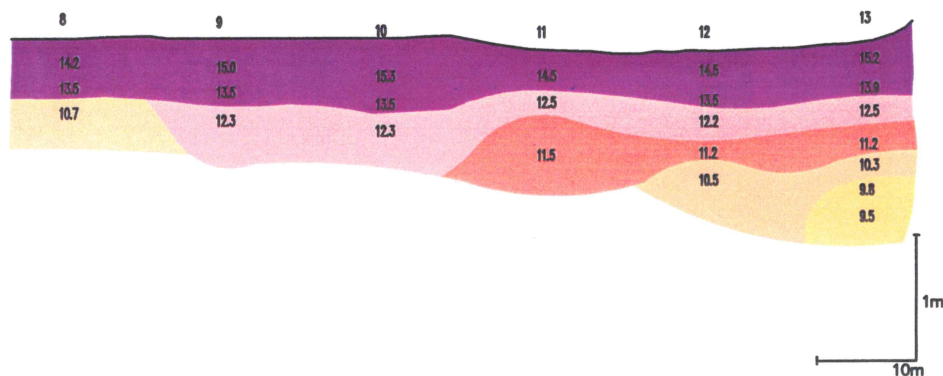
2001



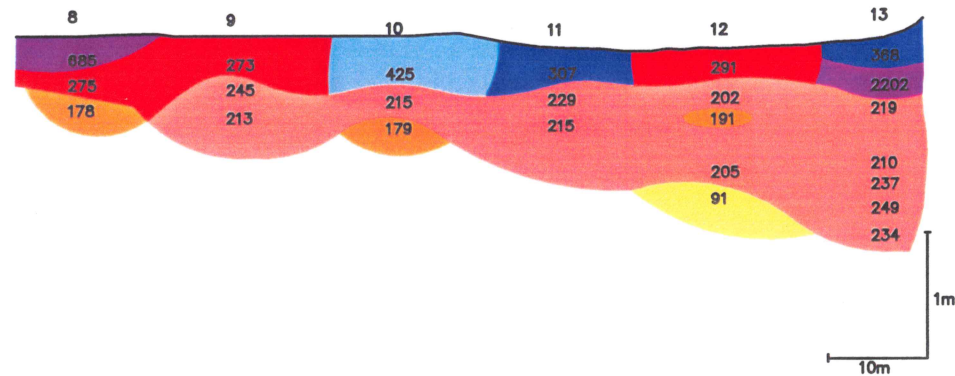
2001

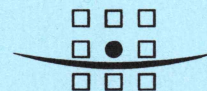


2003



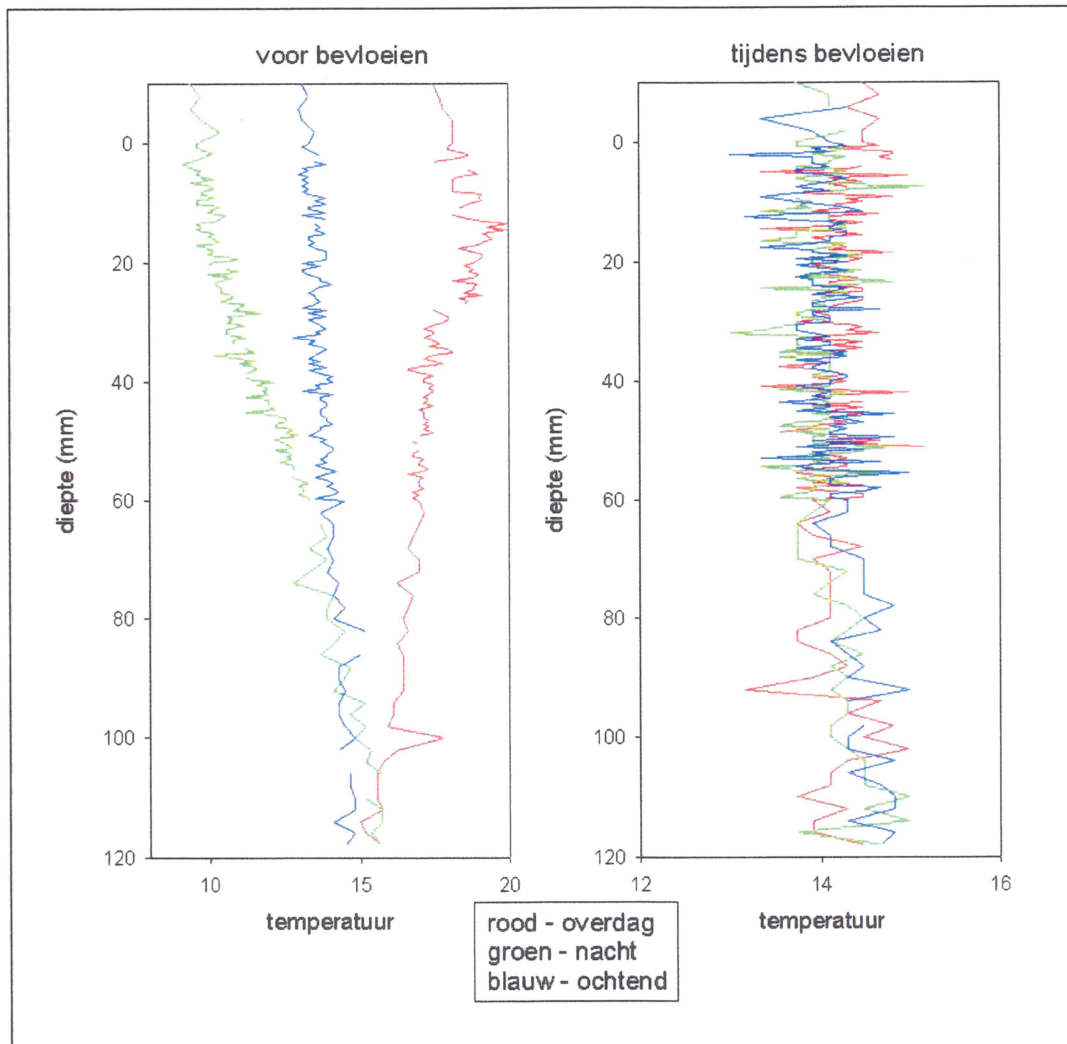
2003



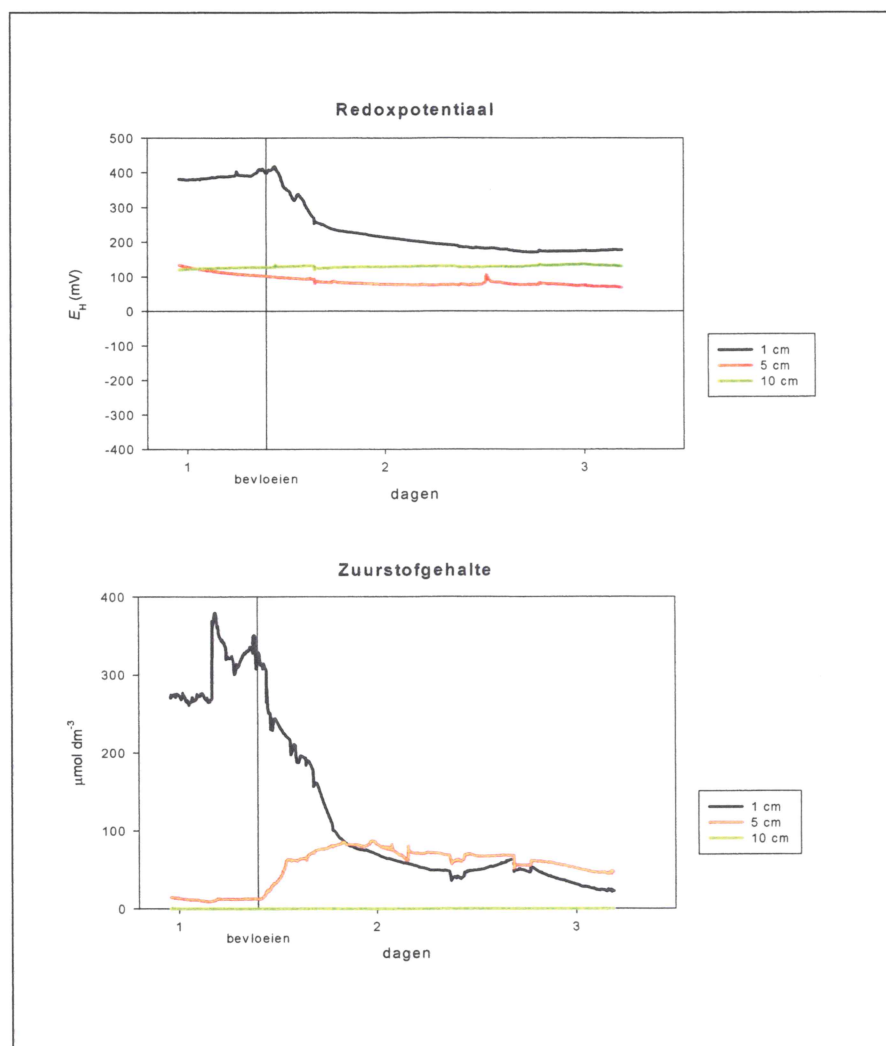


Bijlage 6

Metingen micro-elektroden



Profielen van de bodemtemperatuur (°C) overdag, 's nachts en 's ochtends, gemeten in oktober, vóór en tijdens bevoeien (Boerwinkel et al, 2001).



Verloop van de redoxpotentiaal en het zuurstofgehalte in de bodem op 3 verschillende dieptes tijdens bevloeien (Boerwinkel et al, 2001).



Bijlage 7

Overzicht biomassa kwaliteit

	N	totaal		zegge		gras		mos		rus		pitrus		kruid		rest									
onbevoeld																									
controle	12	379,7	± 76,4		162,0	± 67,9		183,1	± 75,0		3,6	± 7,0		0,0	± 0,0		0,0	± 0,0		1,3	± 1,7		29,8	± 25,1	
N	6	440,5	± 71,3	n.s.	144,2	± 25,3	n.s.	289,1	± 57,0	n.s.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	2,3	± 5,6	n.h.	0,3	± 0,5	n.h.	4,7	± 11,4	n.h
P	6	394,5	± 87,9	n.s.	158,1	± 37,9	n.s.	212,3	± 55,5	n.s.	7,9	± 19,4	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	4,3	± 6,0	n.h.	11,9	± 19,2	n.h
K	6	411,8	± 54,8	n.s.	172,2	± 37,6	n.s.	230,4	± 69,0	n.s.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	1,2	± 1,4	n.h.	8,0	± 19,6	n.h
NK	6	604,8	± 55,6	*	131,1	± 45,4	n.s.	466,2	± 82,0	*	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,5	± 0,8	n.h.	7,0	± 10,9	n.h
NP	6	462,4	± 78,9	n.s.	147,0	± 44,4	n.s.	308,7	± 101,8	n.s.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,9	± 1,4	n.h.	5,7	± 14,1	n.h
NPK	6	600,0	± 183,9	*	163,3	± 36,9	n.s.	411,7	± 193,1	*	1,5	± 3,7	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	6,5	± 16,0	n.h.	0,7	± 1,7	n.h.	16,2	± 25,6	n.h
PK	6	414,2	± 72,7	n.s.	181,2	± 47,2	n.s.	224,3	± 65,7	n.s.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	4,2	± 4,3	n.h.	4,5	± 11,1	n.h
mest	12	396,5	± 77,1	n.s.	119,6	± 29,1	n.s.	232,8	± 62,8	n.s.	0,4	± 0,8	n.h.	7,7	± 26,5	n.h.	0,7	± 2,5	n.h.	4,8	± 9,8	n.h.	30,7	± 29,0	n.h
Ca	12	394,0	± 72,2	n.s.	133,2	± 33,8	n.s.	221,3	± 77,3	n.s.	4,8	± 7,8	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,3	± 1,0	n.h.	34,5	± 33,9	n.h
Feslib	6	357,0	± 63,1	n.s.	131,5	± 42,5	n.s.	210,3	± 64,1	n.s.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	15,2	± 28,1	n.h
FeCl	6	45,8	± 28,5	*	45,8	± 28,5	*	0,0	± 0,0	*	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h
NaCl	4	126,9	± 80,4	*	126,9	± 80,4	n.s.	0,0	± 0,0	*	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h.	0,0	± 0,0	n.h

bevoeid

controle	10	342,5 ± 42,9		171,0 ± 27,6	n.s.	111,5 ± 36,5		15,9 ± 13,7		14,7 ± 19,7		0,0 ± 0,0		2,9 ± 3,5		26,6 ± 33,5	
N	6	476,7 ± 62,2	*	140,3 ± 28,7	n.s.	239,5 ± 47,9	*	17,3 ± 29,4	n.h.	48,8 ± 70,5	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	2,8 ± 2,4	n.h.	28,1 ± 32,5	n.h.
P	6	365,1 ± 93,0	n.s.	172,8 ± 57,4	n.s.	122,0 ± 80,0	n.s.	3,2 ± 3,9	n.h.	26,0 ± 30,1	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	3,7 ± 5,3	n.h.	37,3 ± 35,3	n.h.
K	6	367,5 ± 48,6	n.s.	191,0 ± 46,3	n.s.	143,3 ± 57,8	n.s.	2,4 ± 4,2	n.h.	3,3 ± 6,4	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	1,0 ± 0,8	n.h.	26,6 ± 17,8	n.h.
NK	5	520,1 ± 65,4	*	216,6 ± 55,9	n.s.	255,0 ± 62,0	*	1,1 ± 2,5	n.h.	7,6 ± 12,9	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	1,5 ± 2,7	n.h.	38,4 ± 18,9	n.h.
NP	5	512,8 ± 98,3	*	147,5 ± 47,7	n.s.	310,8 ± 117,5	*	10,0 ± 16,7	n.h.	10,1 ± 11,3	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	4,9 ± 4,5	n.h.	29,4 ± 21,4	n.h.
NPK	5	554,1 ± 73,5	*	178,5 ± 50,9	n.s.	354,0 ± 56,6	*	0,8 ± 1,7	n.h.	10,7 ± 19,2	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	2,2 ± 3,7	n.h.	7,9 ± 10,8	n.h.
PK	6	318,1 ± 60,9	n.s.	141,5 ± 46,8	n.s.	138,2 ± 52,1	n.s.	2,5 ± 5,2	n.h.	5,2 ± 10,0	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	0,7 ± 1,0	n.h.	30,1 ± 29,3	n.h.
mest	8	367,1 ± 54,6	n.s.	145,5 ± 39,6	n.s.	138,9 ± 59,3	n.s.	6,6 ± 8,0	n.h.	19,4 ± 16,1	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	3,6 ± 4,6	n.h.	53,1 ± 24,8	n.h.
Ca	12	398,4 ± 66,6	n.s.	166,5 ± 33,1	n.s.	149,0 ± 47,8	n.s.	23,3 ± 28,0	n.h.	15,8 ± 16,8	n.h.	3,4 ± 11,7	n.h.	3,3 ± 4,0	n.h.	37,2 ± 25,7	n.h.
Feslib	6	348,0 ± 70,7	n.s.	146,6 ± 42,3	n.s.	136,0 ± 36,8	n.s.	16,7 ± 25,6	n.h.	10,9 ± 26,7	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	0,4 ± 1,1	n.h.	37,3 ± 38,4	n.h.
FeCl	6	43,1 ± 40,4	*	43,1 ± 40,4	*	0,0 ± 0,0	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.
NaCl	4	107,0 ± 53,0	*	105,8 ± 52,9	n.s.	0,3 ± 0,6	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	1,0 ± 1,9	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.	0,0 ± 0,0	n.h.

Significantie niveau volgens one-way ANOVA:

* significant verschillend van de controle ($p < 0.05$)

n.s. niet significant

n.h. geen homogeneity of variance

Invloed bemesting op biomassa 2000 (Boerwinkel et al, 2001)

		Onbevloeid		Bevloeid	
		gem	SD	gem	SD
Controle (C)	Holcus (H)	1,24	1,41	1,62	2,02
	Totaal grassen	9,18	4,70	7,20	3,80
	pinksterbloem (P)	0,10	0,53	0,00	0,00
	Zegges (Z)	5,78	3,23	10,63	4,15
Bekalkt (Ca)	Holcus (H)	2,38	1,64	1,41	1,75
	Totaal grassen	8,70	5,34	5,61	2,62
	pinksterbloem (P)	0,35	0,45	0,00	0,00
	Zegges (Z)	6,79	3,60	12,63	4,33
FeCl	Holcus (H)	1,32	1,33	1,07	1,18
	Totaal grassen	9,25	4,27	10,18	6,23
	pinksterbloem (P)	0,00	0,00	0,00	0,00
	Zegges (Z)	4,93	1,44	7,95	2,74
Fe-slib	Holcus (H)	0,92	0,96	3,25	2,06
	Totaal grassen	10,20	3,56	10,22	4,79
	pinksterbloem (P)	0,05	0,11	0,00	0,00
	Zegges (Z)	7,12	2,61	8,76	1,56
Mest	Holcus (H)	4,69	3,23	4,69	2,46
	Totaal grassen	16,34	7,26	7,13	4,86
	pinksterbloem (P)	0,01	0,02	0,00	0,00
	Zegges (Z)	6,10	2,98	13,00	4,83

Invloed bemesting op biomassa in 2003