



# **Onderzoek slotenuitdijning Kogjes- en Lakerpolder**

**Jelte Pieter Dijkstra en Rudy van Diggelen**

**Rapportnummer: ECOBE 010-R133**

Opdrachtgever:

Staatsbosbeheer Hollands Duin, Noordwijk.



*Dit onderzoek is gefinancierd met Kennisbon project Doelgericht Natuurbeheer, Ministerie van LNV.*

## **Colofon**

Rapport Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer ECOBE 010-R133.

*(Opmerking: dit rapport is naar de opdrachtgevers verstuurd onder het nummer ECOBE 10-R002JD en kan dus ook onder het laatstgenoemde nummer voorkomen. Beide versies zijn echter identiek).*

Wijze van refereren:

Dijkstra, J.P. en Van Diggelen, R., 2010. Onderzoek slotenuitdijing Kogjes- en Lakerpolder. In opdracht van Staatsbosbeheer Hollands Duin. Rapport Universiteit Antwerpen, Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer, ECOBE 010-R133.

18 juni 2010

Universiteit Antwerpen

Prof. Dr. R. van Diggelen

e-mail: [ruurd.vandiggelen@ua.ac.be](mailto:ruurd.vandiggelen@ua.ac.be)

Departement Biologie

Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer

Universiteitsplein 1

BE-2610 Antwerpen (Wilrijk)

Tel.+32 3 265 22 68

Fax+32 3 265 22 71

<http://www.ua.ac.be/ecobe>

Contactpersoon: Drs. Jelte Pieter Dijkstra

e-mail: [jeltepieter.dijkstra@ua.ac.be](mailto:jeltepieter.dijkstra@ua.ac.be)

<http://www.ua.ac.be/ecobe>

# **INHOUD**

<b>1. Inleiding</b> .....	<b>7</b>
1.1. Hypotheses .....	7
<b>2. Ligging</b> .....	<b>9</b>
2.1. Studiegebied .....	9
2.2. Methodiek .....	10
2.2.1. Veldbezoek 1: snelle kenschets bodem .....	10
2.2.2. Bodemchemie .....	10
2.2.3. Veldbezoek 2: penetratieweerstand en pH bodem .....	11
2.2.4. Waterstanden .....	11
<b>3. Resultaten en Conclusies</b> .....	<b>12</b>
3.1. Bodem fysische en chemische eigenschappen .....	12
3.2. pH .....	19
3.3. Penetratieweerstand .....	19
3.4. Bodemprofielen .....	21
3.5. pH per vegetatietype .....	23
3.6. Reductieprocessen als verklaring van de opgetreden fenomenen .....	24
3.6.1. Hogere basiciteit .....	25
3.6.2. Sulfide-toxiciteit .....	25
3.7. Invloed ganzen .....	26
<b>4. Mogelijke oplossingen</b> .....	<b>27</b>
4.1. Flexibel peilbeheer .....	27
4.2. Opsporen en stoppen van 'lekkage' .....	32
4.3. Ganzen .....	32
4.4. Aanplant (sulfide-tolerante) soorten .....	33
<b>5. Conclusies en aanbevelingen</b> .....	<b>35</b>
<b>6. Referentielijst</b> .....	<b>37</b>
<b>7. Bijlages</b> .....	<b>38</b>

**Figuren**

Figuur 1 Ligging van Kagerplassen nabij Teylingen met daarin de Kogjes- of Tuinderpolder, Lakerpolder en Waterloospolder.....	9
Figuur 2 De gemiddelde penetratieweerstand van het bodemprofiel (diepte tot 80 cm) per polder.....	20
Figuur 3 De gemiddelde penetratie weerstand van het bodemprofiel (diepte 80 cm) per vegetatietype op 1 m, 7.5 m en 15 m vanuit de slootkant.....	21
Figuur 4 De gemiddelde pH ( $\pm 1$ SE) van de bovenste 5 cm bodem per vegetatietype op 1 m, 7.5 m en 15 m vanuit de slootkant gemeten in beide polders.....	23
Figuur 5 Vegetatiekartering uit 2004.....	42

**Tabellen**

Tabel 1 Omrekeningen die gebruikt zijn om de bodemdata met elkaar te kunnen vergelijken.....	10
Tabel 2 Resultaten van metingen (pH en EGV) tijdens het eerste veldbezoek (03-03-2010).....	12
Tabel 3 Dichtheid van de grondmonsters genomen in elke polder.....	13
Tabel 4 Percentage (gecorrigeerd) organische stof (OS) en pH gemeten in de Kogjes- en Lakerpolder.....	13
Tabel 5 Fracties van de verschillende korrelgroottes voor elke polder.....	14
Tabel 6 Testresultaten (Multivariate GLM) van de verschillende bodem parameters a) tussen de twee polders: Kogjes- en Lakerpolder en b) jaren: 2002 en 2010.....	16
Tabel 7 Testresultaten (Multivariate GLM) van de verschillende bodem parameters tussen de twee polders: Kogjes- en Lakerpolder in 2010.....	18
Tabel 8 Bodemprofielen voor de drie verschillende vegetatietypes op 1, 7.5 en 15 meter vanuit de slootkant gemeten.....	22
Tabel 9 Gemiddelde en gecorrigeerde maaiveldhoogtes Kogjes- en Lakerpolder sinds 1962.....	27
Tabel 10 Streef- en gehanteerde peilen in de Kogjespolder, gecorrigeerd voor daling in maaiveldhoogte.....	27
Tabel 11 Streef- en gehanteerde peilen in de Lakerpolder, gecorrigeerd voor daling in maaiveldhoogte.....	28
Tabel 12 Minimum en maximale waterstanden voor de periode 2009-2010 in Lakerpolder.....	29
Tabel 13 Ph en waterstanden voor de verschillende vegetatietypes.....	31

**Foto's**

Foto 1 Bodemprofiel Kogjespolder.....	38
Foto 2 Bodemprofiel Kogjespolder.....	38
Foto 3 Uitgespreid materiaal bodemprofiel Kogjespolder.....	39

Foto 4 Bodemprofiel Lakerpolder.....	39
Foto 5 Rietveen met stukjes riet, Lakerpolder.....	39
Foto 6 Zelfregistrerende penetrograaf, meting in Kogjespolder, Overstromingsgrasland. ....	40
Foto 7 Riet ontwikkeling ca. 3 jaar naar aanplant (polder, De Groeve, Groningen). ....	40
Foto 8 Geotextiel (kokos).....	41

# **1. INLEIDING**

Het hier gepresenteerde onderzoek komt voort uit de aanvraag Kennisbon OBN slotenuitdijing Kogjes- en Lakerpolder. De beheersvraag gaat om het afkalven van de slootranden op twee eilanden in de Kagerplassen: de Kogjes- en de Lakerpolder. Beide polders hebben als beheerdoel Dotterbloemhooiland en hebben een oppervlakte doelstelling. Deze doelstelling wordt niet gehaald omdat de sloten op de eilanden (almaar) verder uitdijen en de typische vegetaties verdwijnen. Staatsbosbeheer wil weten wat zij hier tegen kunnen doen en stelt de volgende vragen:

1. Wat is de oorzaak van het uitdijen? Zijn er andere processen die een belangrijke rol spelen anders dan (slechte) bemaling en schade door ganzen?
2. Hoe stoppen we de ontwikkeling?
  - a. Zijn er aanpassingen in het watersysteem noodzakelijk?
  - b. Is ganzenbeheer noodzakelijk om de uitdijning te stoppen?
3. Zijn er ecologisch verantwoorde (en betaalbare) oplossingen om de uitgedijde sloten weer smaller te maken?
4. Is het goed om weer winterinundatie toe te passen, zo ja hoe lang en hoe pak je dit praktisch aan?

## **1.1. Hypotheses**

Op basis van alle informatie en 2 veldbezoeken zijn de volgende hypothesen opgesteld (en mogelijk getoetst):

- 1) Beide polders hebben een venige ondergrond. De oorzaak van de slootuitdijning ligt in de afbraak van organisch materiaal door bodemchemische (reductie-) processen bij afwezigheid van zuurstof;
- 2) Nutriëntenrijk (vooral sulfaat) water stroomt de polders in en initieert dergelijke bodemchemische processen, vooral langs de slootkanten. Hierbij komt voor planten het toxische sulfide vrij;
- 3) Hoe minder organisch materiaal in de bodem des te 'slapper' of 'drabbig' de bodem;
- 4) Dicht bij de slootkant (op een afstand van 1 m) is de bodem zachter (zeker bij afgekalfde sloten), en dus is hier de penetratieweerstand lager dan die op 7.5 m, terwijl op 7.5 m de penetratieweerstand weer lager is dan van op 15 meter;
- 5) Bij de bodemchemische processen komt een base vrij ( $\text{HCO}_3^-$ ). Het effect van afstand op pH is dat deze afneemt verder van de slootkant af: dus  $\text{pH op 1 m} > \text{pH op 7.5 m} > \text{pH op 15 m}$ ;
- 6) De penetratieweerstand in goed ontwikkelde Dotterbloemhooilanden is op alle drie afstanden groter dan die van fragmentaire Dotterbloemhooi-

landen, terwijl de penetratieweerstand van fragmentaire Dotterbloemhooilanden weer hoger is dan die van Overstromingsgraslanden.

- 7) Een aantal weken winterinundatie mag geen probleem zijn voor goed ontwikkelde Dotterbloemhooilanden; in de zomer daarentegen kan de grondwaterstand flink dalen, tot 80 cm beneden maaiveld.
- 8) Karakteristieke soorten uit goed ontwikkelde Dotterbloemhooilanden verdwijnen vanwege sulfide-toxiciteit.
- 9) Betreding en consumptie van plantenwortels in een slappe bodem door ganzen leidt tot een (nog) slechtere bodemstructuur. Een te hoge dichtheid aan ganzen faciliteert daarmee de slotenuitdijing.

Het voorgestelde onderzoek is uitgevoerd in het voorjaar van 2010 en bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Een overleg ter plaatse met de beheerder voor het verzamelen van informatie: rapporten, evt. databestanden, ideeën en waarnemingen van de beheerder, e.d.. Op deze dag is ook een bezoek aan de terreinen gepland om de situatie ter plekke te bekijken. De datum is in overleg met de beheerder bepaald.
2. Tijdens dit bezoek is intensief met de beheerder gebrainstormd over bovengestelde vragen.
3. Mogelijke antwoorden is door een junior ecooloog verder uitgewerkt aan de hand van literatuur en expertenkennis. Hierbij is ook een inschatting gegeven van de waarschijnlijkheid van bepaalde antwoorden cq. oplossingen.
4. Het geheel is opgeleverd in de vorm van een korte schriftelijke rapportage.



## 2. LIGGING

### 2.1. Studiegebied

De Kogjes- en Lakerpolder zijn twee eilanden (beide ca. 30 ha) gelegen in de Kagerplassen ten zuidoosten van Sassenheim. De bodem bestaat volgens de bodemkaart 1:50000 uit Weideveengronden en heeft een grondwatertrap van II. Er komen soortenrijke dotterbloemhooilanden en overstromingsgraslanden voor. Een indruk van de aanwezige flora: Gewone dotterbloem, Scherpe zegge, Tweerijige zegge, Zwarte zegge, Blauwe zegge, Biezenknoppen, Egelboterbloem, Pinksterbloem, Waterkruiskruid, Grote ratelaar, Echte koekoeksbloem, Brede orchis, Holpijp, Moeraskartelblad, Kleine valeriaan, Kleine waterrepe, etc. Wat de fauna betreft zijn de eilanden van belang voor weidevogels; rietoevers van de eilanden zijn belangrijk voor de Noordse woelmuis. Daarnaast is het aantal broedende ganzen de afgelopen jaren toegenomen tot gemiddeld ca. 200 per eiland (soms uitschieters tot 750 ganzen in de Kogjespolder). Een deel van de ganzen blijft het gehele jaar in de polder, dit gaat tevens ten koste van de botanische waarden omdat vertrapping plaatsvindt (mede-oorzaak aan uitbreiding sloten) (Fijten & Franssen 2009).



Figuur 1 Ligging van Kagerplassen nabij Teylingen met daarin de Kogjes- of Tuinderpolder, Lakerpolder en Waterlooospolder.

## 2.2. Methodiek

### 2.2.1. Veldbezoek 1: snelle kenschets bodem

Op 3 maart 2010 heeft er een bezoek aan de Kogjes- en Lakerpolder plaats gevonden door prof. R. van Diggelen en drs. J.P. Dijkstra. Tijdens dit bezoek hebben zij de in de inleiding benoemde ecologische problemen nader bestudeerd; tevens is er met medewerkers van Staatsbosbeheer een uitgebreide uitwisseling van informatie geweest met betrekking op (historische) veranderingen in beheer. Tijdens het veldbezoek zijn er verspreid EGV en pH (Sentron pH-meter) metingen gedaan in zowel het oppervlakte water rond de twee polders, het water in de sloten van beide polders als ook in de bovenste grondlaag van percelen.

Om inzicht te krijgen in de bodemeigenschappen van beide polders is er in elke polder op een willekeurig perceel een gat gegraven van plus minus 80 cm diep (zie Foto 1 tot en met Foto 5). Van de vrijgekomen grond in de onderste wortelzone is er een monster genomen (ca. 125 cm<sup>3</sup>). Bij aankomst in het lab zijn de monsters direct ingevroren op -15°C in afwachting op verdere analyse. Deze analyse is grotendeels gebeurd op 16 maart. Bepaald zijn: pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> en pH<sub>KCL</sub>, dichtheid (of schijnbaar soortelijk gewicht) inclusief organische stof en de korrelgrote van verschillende fracties. Droge stof in deze monsters is bepaald op de volgende manier: in triplo (n=3) is materiaal (ca. 3 tot 4 g.) gedroogd (overnacht bij 105°C). Na afkoelen in exsiccator is het gewicht gemeten. Vervolgens is een deelmonster van de gedroogde monsters afgewogen in porseleinen kroesjes en gegloeid bij 550°C gedurende vier uur. Na afkoeling in een exsiccator is opnieuw het gewicht gemeten. Na fijnmalen van het veraste product heeft er een tweede verassing (550 °C, 4 uur) plaats gevonden. Dit indien bij de eerste verassing nog organische stof (binnenin de monsters) was achtergebleven. De metingen na de eerste verassing zijn vervolgens procentueel gecorrigeerd indien er een gewichtsafname bij de laatste verassing gemeten is.

### 2.2.2. Bodemchemie

De door Staatsbosbeheer aangeleverde data van de bodemchemie (BLLG) zijn ingevoerd in een spreadsheet en vervolgens geanalyseerd op trends. Niet alle units en gemeten parameters waren gestandaardiseerd en dus was standaardisatie noodzakelijk. In Tabel 1 staan opgesomd welke standaardisaties doorgevoerd zijn.

De perceelsnummering in 2002 en 2010 is identiek. Echter, in 1984 werden andere perceelsnummers gehanteerd. Daarom zijn perceelsnummer 90 en 107 uit 1984 van de Kogjespolder omgenummerd naar die van 17 en 22 in 2010. Voor de Waterloospolder geldt: 47 en 74 uit 1984 zijn 6 en 2 in 2010. Vervelend hierbij is dat de namen van beide polders in 1984 zeer vermoedelijk door elkaar zijn gehaald. Daarom zijn we er van uitgegaan dat de bijbehorende perceelsnummering op de kaartjes uit 1984 de exacte is.

Tabel 1 Omrekeningen die gebruikt zijn om de bodemdata met elkaar te kunnen vergelijken.

Jaar	Om te rekenen element/eenheid	Te wensen element/eenheid	Omrekening
2002 en 1984	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g	mg P/kg	$(2 \cdot 30.97 / 141.94) \cdot 10$
2002 en 1984	mg Na <sub>2</sub> O/100g	mg Na/kg	$(2 \cdot 22.99 / 61.98) \cdot 10$
2002 en 1984	mg K <sub>2</sub> O/100 g	mg K/kg	$2 \cdot 39.10 / 94.2 \cdot 10$

### 2.2.3. Veldbezoek 2: penetratieweerstand en pH bodem

Aanvullend op het veldbezoek van 03 maart 2010 heeft er op 28 april 2010 een tweede veldbezoek plaats gevonden, wederom door prof. R. Van Diggelen en drs. J.P. Dijkstra. Om beter inzicht te krijgen hoe zowel de bodem als de vegetatie in beide polders worden beïnvloed bij het proces van slotenuitdijning, is toen de pH van de bodem (bovenste 5cm ) en de penetratieweerstand van het bodemprofiel (diepte: 80 cm) gemeten op 1 m, 7.5 m en 15 m vanuit de slootkant in respectievelijk drie vegetatietypes: 1) goed ontwikkelde Dotterbloemhooilanden, 2) fragmentaire Dotterbloemhooilanden en 3) Overstromingsgraslanden. Deze vegetatietypes vertegenwoordigen de volgende gradient: weinig of niet gedegradeerd, matig gedegradeerd en sterk gedegradeerd. De penetratieweerstand is gemeten met een zelfregistrerende penetrograaf (firma Eijckelenkamp, Giesbeek) (zie Foto 6).

Tevens op 28-04-2010 zijn er 4 bodemprofielen (3 Kogjespolder; 1 Lakerpolder) van ca. 1 m lengte gestoken (in alle drie vegetatietypes) om verschillen in penetratieweerstanden te kunnen relateren aan mogelijke verschillen in bodemstructuur.

### 2.2.4. Waterstanden

Uit bestaande literatuur is er een overzicht samengesteld van de karakteristieke waterstanden en andere hydrochemische parameters voor de doelvegetatietypes op de twee eilanden. Deze waterstanden zijn vergeleken met de huidige gehanteerde streefpeilen. Op basis van dit vergelijk zijn aanbevelingen tot stand m.b.t. tot de toekomstige te voeren streefpeilen.

### **3. RESULTATEN EN CONCLUSIES**

#### **3.1. Bodem fysische en chemische eigenschappen**

In Tabel 2 staan de resultaten van pH en EGV die verspreid over beide polders gemeten zijn tijdens het eerste veldbezoek (03-03-2010). Uit deze snelle kenschets blijkt dat er verschil is in pH tussen de twee polders: de Kogjespolder heeft gemiddeld een hogere pH dan de Lakerpolder. Logischerwijs heeft het oppervlakte water een veel hogere pH en EGV dan het slootwater, terwijl het slootwater weer een hogere pH heeft dan die van in het perceel. De range in pH en EGV van het slootwater in beide polders is min of meer hetzelfde. Hogere waarden van pH en EGV in het slootwater (zie maxima) zijn afkomstig van de uiteindes van enkele hoofdsloten (bij Kogjespolder o.a. direct achter de molen), terwijl de lagere waarden (zie minima) in zijsloten, verder af van de hoofdsloten, gemeten zijn.

Uit de twee bodemprofielen (eerste veldbezoek; Foto's 1 t/m 5) kan worden geconstateerd dat in beide polders sprake is van klei op (riet- en elzenbroek)veen. Dit type bodem is algemeen voor West-Nederland. Een duidelijke overgang van de kleiige laag naar het veenpakket is er pas na ca. 60 cm. Uit de metingen van de genomen bodemmonsters blijkt dat de bodem in de Kogjespolder (1.46) een veel hogere dichtheid (pb) bezit dan de bodem in de Lakerpolder (0.97). Met andere woorden, de bodem in de Kogjespolder heeft een hoger gewicht per volume eenheid.

Tabel 2 Resultaten van metingen (pH en EGV) tijdens het eerste veldbezoek (03-03-2010).

*Temperatuur van het slootwater was 5.6 °C. Gemiddeldes staan vetgedrukt.*

	<i>Oppervlakte water</i>	<i>Slootwater</i>	<i>Perceel</i>	
Kogjespolder	Aantal metingen PH	1	3	4
	Gemiddelde pH	<b>7,8</b>	<b>6,8</b>	<b>6,6</b>
	Minimum pH	7,8	6,5	6,1
	Maximum pH	7,8	7,2	6,9
	Aantal metingen EGV	3	4	
	Gemiddelde EGV	<b>1121</b>	<b>579</b>	
	Minimum EGV	1014	430	
	Maximum EGV	1290	760	
Lakerpolder	Aantal metingen PH	1	2	9
	Gemiddelde pH	<b>7,6</b>	<b>6,8</b>	<b>6,1</b>
	Minimum pH	7,6	6,1	5,5
	Maximum pH	7,6	7,5	6,8
	Aantal metingen EGV	1	4	
	Gemiddelde EGV	<b>1028</b>	<b>496</b>	
	Minimum EGV	1028	402	
	Maximum EGV	1028	560	
Totaal	Aantal metingen PH	2	5	13
	Gemiddelde pH	<b>7,7</b>	<b>6,8</b>	<b>6,3</b>
	Minimum pH	7,6	6,1	5,5
	Maximum pH	7,8	7,5	6,9

Aantal metingen EGV	4	8
Gemiddelde EGV	<b>1098</b>	<b>538</b>
Minimum EGV	1014	402
Maximum EGV	1290	760

Tabel 3 Dichtheid van de grondmonsters genomen in elke polder.

<b>Polder</b>	<b>Gewicht</b>	<b>Volume</b>	<b>Dichtheid</b>
	(g)	(ml)	(g/ml)
1 Kogjespolder Datum: 03/03/2010	237.7	163.0	<b>1.46</b>
2 Lakerpolder Datum: 03/03/2010	649.4	669.2	<b>0.97</b>

Tabel 4 Percentage (gecorrigeerd) organische stof (OS) en pH gemeten in de Kogjes- en Lakerpolder.

<b>Polder</b>	<b>Meting</b>	<b>%OS*</b>	<b>Gecorrigeerd %OS</b>	<b>pH<sub>H2O</sub></b>	<b>pH<sub>KCL</sub></b>
		(3/17/2010)	(3/18/2010)	(1/2.5)	(1/2.5)
				H2O	1M KCL
Kogjespolder	2	11.3	11.9		
	2	11.5	12.2		
	2	11.7	12.4		
<b>Gemiddelde</b>		<b>11.5</b>	<b>12.2</b>	<b>7.24</b>	<b>6.75</b>
Standaard fout		0.1	0.1		
Lakerpolder	1	18.0	18.6		
	1	17.3	17.9		
	1	18.2	18.8		
<b>Gemiddelde</b>		<b>17.8</b>	<b>18.4</b>	<b>5.95</b>	<b>5.25</b>
Standaard fout		0.2	0.2		

\* De meting van organische stof is in drievoud (n=3) uitgevoerd en pH in enkelvoud (n=1).

Tijdens het nemen van het bodemprofiel leek het erop dat het bovenste gedeelte van de bodem in de Kogjes- veel slapper en minder samenhangend was dan dat van in de Lakerpolder. In het bovenste gedeelte van de bodem in de Kogjespolder zat gemiddeld 6% minder organische stof vergeleken met die van de Lakerpolder (Tabel 4). De lagere dichtheid en een hoger organische stofgehalte wijzen er mogelijk op dat de bodem van de Lakerpolder een betere textuur heeft en daardoor minder slap zal zijn. Dit beeld wordt nog eens versterkt door het verschil in de fracties van korrelgroottes: de Kogjespolder heeft een twee keer zo hoge kleinere korrelfractie (klei), terwijl De Lakerpolder veel zandiger is (bezit hoger percentage van grotere korrelfracties) (zie Tabel

5). Indien de bodem erg nat is, zal een dergelijke 'kleibodem' veel minder stevig zijn dan een dergelijke 'zandbodem'. Overigens gaat het natuurlijk om slechts één puntmeting per polder (in ruimte en tijd) en dus is dit resultaat slechts een indicatie.

Tabel 5 Fracties van de verschillende korrelgroottes voor elke polder.

Grootte ( $\mu\text{m}$ )	Cumulatief Volume <sup>1</sup>				Afslibbaarheid (lutum * 1.43)	
	Kogjespolder		Lakerpolder		Kogjespolder	Lakerpolder
	Gem.	SE	Gem.	SE		
< 2	16.1%	1.0	8.1%	1.5	23.1	11.6
< 4	30.6%	1.5	16.1%	3.5		
< 8	51.5%	2.6	29.7%	7.0		
< 16	69.4%	4.5	45.2%	11.1		
< 31	81.0%	5.6	56.2%	14.2		
< 63	89.0%	5.8	64.4%	14.9		
< 125	91.9%	5.1	70.2%	13.6		
< 250	97.3%	2.3	78.8%	10.5		
< 500	100.0%	0.0	92.6%	3.7		
< 1000	100.0%	0.0	100.0%	0.0		

<sup>1</sup>Lutum = < 2  $\mu\text{m}$ .

Lutumfractie > 25% → klei

Lutumfractie 8% tot 12% → lichte zavel

Lutumfractie 12% tot 17.5% → matig lichte zavel

Lutumgehalte 17.5 tot 25% → zware zavel.

Uit de bodemanalyses van Bilg Oosterbeek komt het volgende beeld naar voren wat betreft het gehalte aan organische stof: er is geen interactie-effect gemeten tussen 'jaar' en 'polder', net zoals er geen verschil is gemeten tussen de beide polders (zie Tabel 6a). Hierbij is 1984 niet meegerekend omdat dit jaar maar twee meetpunten kent; alle twee punten in Kogjespolder. Wel is er een verschil tussen de jaren 2002 en 2010 gemeten (Tabel 6b). Het gemiddelde gehalte aan organische stof in de toplaag (0-10 cm) van de bodems is, over beide polders gerekend, duidelijk afgenomen (Tabel 6b): van  $26 \pm 1.3$  in 2002 naar  $20 \pm 1.3$  in 2010. Procentueel gezien is deze afname iets sterker in de Lakerpolder: 24% tegen 20% in Kogjespolder.

In 1984 is er in de percelen 17 en 22 van de Kogjespolder organische stof gemeten. Binnen deze percelen geven de twee meetpunten uit 1984 geen duidelijke trend aan. Niettemin liggen de twee punten (23.8% in perceel 22 en 28.8% in perceel 17) eerder in de range van 2002 (23-29) dan die van 2010 (18-23).

Indien de dataset van de Waterloospolder 2010 wordt vergeleken met 1984 (let op: máár twee meetpunten in 1984) valt er geen duidelijke afname in organische stof waar te nemen. Hoewel de Waterloospolder een lagere hoeveelheid organische stof kent (gemiddeld ca. 14% in 2010) dan de Kogjes- en Lakerpolder, suggereert de trend dat in deze polder de organische stof nauwe-

lijks of minder snel verdwijnt. De situatie m.b.t. de slotenuitdijing in de Waterloospolder is ons niet bekend en deze polder valt ook buiten de opdracht van dit onderzoek. Echter, indien de Waterloospolder werkelijk minder problemen kent met het verdwijnen van organische stof, zou deze polder als 'vergelijkingsmateriaal' voor de twee andere polders kunnen dienen.

Tabel 6 Testresultaten (Multivariate GLM) van de verschillende bodem parameters a) tussen de twee polders: Kogjes- en Lakerpolder en b) jaren: 2002 en 2010.

Alle interactie-effecten (Polder \* Jaren) bleken niet significant. Het jaar 1984 is gegeven ter vergelijking, maar niet opgenomen in de test. Significantie niveaus: \*\*\*  $P < 0.001$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*  $P < 0.05$

<b>a</b>									
Variable	Eenheid	Polder	n	Gemiddelde	Std. Error	95% Betrouwbaarheids interval		Sig.	
						Minimum	Maximum		
N-leverend vermogen	kg N/ha	Kogjes	16	240	2	235	245	.326	ns
		Laker	16	237	2	232	241		
P-AL	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g	Kogjes	16	10	1	9	11	.000	***
		Laker	16	6	1	5	7		
P	mg P/kg	Kogjes	16	44	3	39	50	.000	***
		Laker	16	26	3	20	32		
Kalium	mg K/kg	Kogjes	16	164	9	146	181	.001	***
		Laker	16	119	9	101	136		
K-getal		Kogjes	16	11.1	.4	10.4	11.9	.000	***
		Laker	16	8.6	.4	7.8	9.3		
Zuurgraad (pH)		Kogjes	16	4.9	.05	4.8	5.0	.022	*
		Laker	16	4.7	.05	4.6	4.8		
Organische stof	%	Kogjes	16	24	1	21	26	.584	ns
		Laker	16	23	1	20	25		
Lutum	%	Kogjes	16	14	1	12	15	.756	ns
		Laker	16	13	1	12	15		
Afslibbaar (berekend)	%	Kogjes	16	21	1	19	23	.841	ns
		Laker	16	21	1	18	23		
<b>b</b>									
Variable	Eenheid	Jaar	n	Gemiddelde	Std. Error	95% Betrouwbaarheids interval		Sig.	
						Minimum	Maximum		
N-leverend vermogen	kg N/ha	2002	16	230	2.3	225	235	.000	***
		2010	16	247	2.3	242	251		
P-AL	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g	1984	2	26	1				
		2002	16	9	.6	8	11	.005	**
		2010	16	7	.6	5	8		



17 Onderzoek slotenuitdijing Kogjes- en Lakerpolder

		1984	2	113	4				
P	mg P/kg	2002	16	41	2.8	36	47	.005	**
		2010	16	29	2.8	24	35		
Kalium	mg K/kg	1984	2	274	66				
		2002	16	209	8.5	191	226	.000	***
		2010	16	74	8.5	57	92		
K-getal		1984	2	15	3				
		2002	16	11	.4	11	12	.000	***
		2010	16	8	.4	8	9		
Zuurgraad (pH)		2002	16	4.6	.1	4.5	4.7	.000	***
		2010	16	5.0	.1	4.9	5.1		
Organische stof	%	1984	2	26	3				
		2002	16	26	1.3	23	29	.006	**
		2010	16	20	1.3	18	23		
Lutum	%	2002	16	13	.7	11	14	.161	ns
		2010	16	14	.7	13	16		
Afslibbaar (berekend)	%	1984	2	23	1				
		2002	16	20	1.1	17	22	.155	ns
		2010	16	22	1.1	20	24		

Tabel 7 Testresultaten (Multivariate GLM) van de verschillende bodem parameters tussen de twee polders: Kogjes- en Lakerpolder in 2010.

Significantie niveaus: \*\*\*  $P < 0.001$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*  $P < 0.05$ 

Variable	Eenheid	Polder naam	n	Gemiddelde	Std. Error	95% Betrouwbaarheids interval		Sig.	
						Minimum	Maximum		
Stikstof-totaal	mg N/kg	Kogjes	8	9359	628	8012	10706	.3166	ns
		Laker	8	8436	628	7089	9783		
C/N-ratio		Kogjes	8	10		10	11	.6446	ns
		Laker	8	11		10	11		
N-leverend vermogen	kg N/ha	Kogjes	8	250	5	240	260	.3343	ns
		Laker	8	244	5	234	253		
P-AL	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g	Kogjes	8	9	1	7	11	.0013	**
		Laker	8	4	1	2	6		
P	mg P/kg	Kogjes	8	41	4	32	50	.0013	**
		Laker	8	17	4	9	26		
Kalium	mg K/kg	Kogjes	8	91	7	77	106	.0036	**
		Laker	8	57	7	42	72		
K-getal		Kogjes	8	10	1	9	11	.0032	**
		Laker	8	7	1	6	8		
Magnesium	mg Mg/kg	Kogjes	8	519	34	445	592	.0055	**
		Laker	8	360	34	287	434		
K/Mg-ratio		Kogjes	8	4		3	5	.0651	ns
		Laker	8	3		2	4		
Zuurgraad	(pH)	Kogjes	8	5.1	.08	4.9	5.3	.1307	ns
		Laker	8	4.9	.08	4.7	5.1		
Organische stof	%	Kogjes	8	21	2	17	25	.5518	ns
		Laker	8	20	2	16	23		
Lutum	%	Kogjes	8	14	1	12	17	.9351	ns
		Laker	8	14	1	12	17		
Afslibbaar (berekend)	%	Kogjes	8	22	2	18	25	.9581	ns
		Laker	8	22	2	18	25		
Fosfor (P-PAE)	mg P/kg	Kogjes	5	.36	.04	.26	.46	.125	ns
		Laker	4	.25	.05	.14	.36		
Pw	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l	Kogjes	5	10	1	8	13	.011	*
		Laker	4	5	1	2	8		
Zwavel-totaal	mg S/kg	Kogjes	5	2198	280	1535	2861	.502	ns
		Laker	4	1900	314	1159	2641		
S-leverend vermogen	kg S/ha	Kogjes	5	32	3	26	39	.635	ns
		Laker	4	30	3	23	38		
S-aanvoer (incl. SLV)	kg S/ha	Kogjes	5	42	4	33	51	.554	ns
		Laker	4	38	4	28	48		
Natrium mg Na/kg	mg Na/kg	Kogjes	5	538	85	336	739	.936	ns
		Laker	4	548	95	323	773		
Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	Kogjes	5	284	26	224	345	.449	ns
		Laker	4	254	29	186	321		
Bodemleven	mg N/kg	Kogjes	5	292	25	234	351	.244	ns
		Laker	4	245	28	180	310		

### 3.2. pH

Voor pH is er een significant verschil gevonden: zowel binnen de polders als tussen de jaren 2002 en 2010 (Tabel 6). De pH is toegenomen in 2010 t.o.v. 2002: van 4.6 naar 5.0. Echter in 2010 was het verschil in pH gemiddeld 0,2 eenheden en niet significant (Tabel 7). Het basischer worden van de bodem in de laatste 8 jaar lijkt op een toename in reductie te duiden (waarbij organische stof wordt omgezet en het basische bicarbonaat  $\text{HCO}_3^-$  vrijkomt).

De pH metingen van het eerste veldbezoek (Tabel 2) geven een gelijkaardige trend aan: hogere pH in de Kogjes- en lagere pH in de Lakerpolder. Ook de twee puntmetingen uit Tabel 4 (eerste veldbezoek) hebben deze trend.

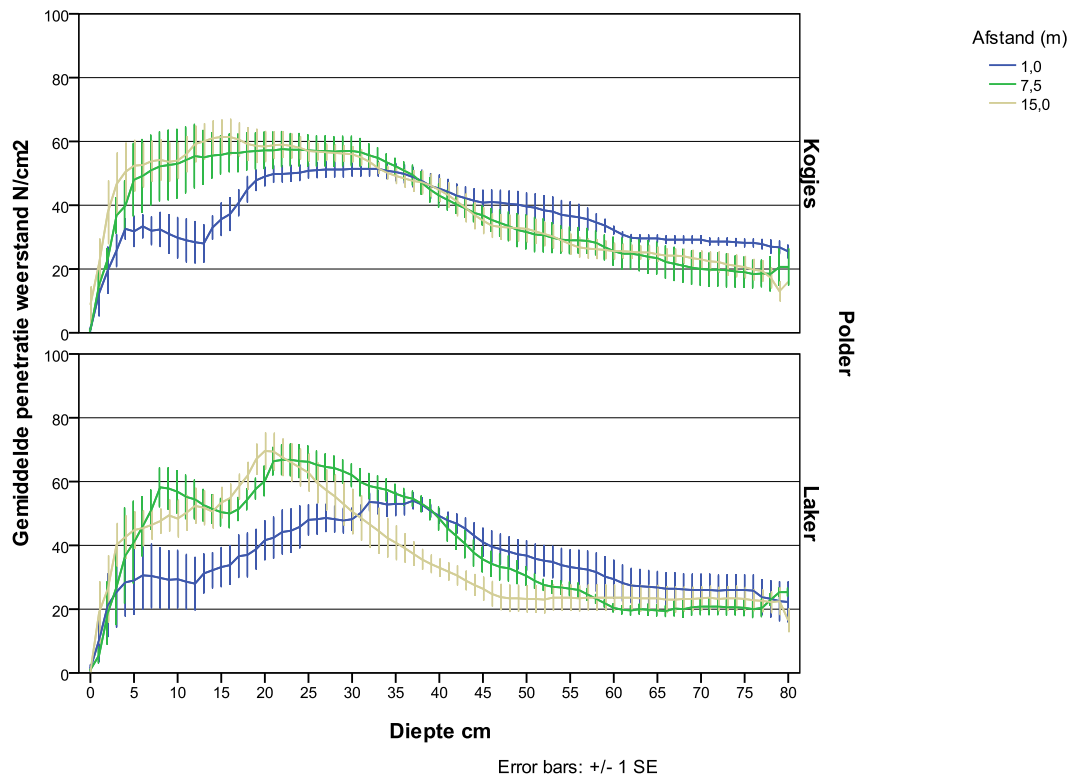
#### Conclusies:

- Slotenuitdijing wordt waarschijnlijk veroorzaakt door reductie van organische stof aangezien hierin een duidelijke afname gemeten is;
- Uit alle metingen blijkt dat de Kogjes- gemiddeld een hogere pH heeft dan de Lakerpolder. Er is in beide polders een toename in pH gemeten (verhoging basiciteit) wat duidt op het optreden van reductieprocessen;
- De bodem in de Kogjes- heeft vergeleken met de Lakerpolder een hogere dichtheid aangezien het minder organische stof bevat en een hogere fractie van de kleinste minerale deeltjes en een kleinere fractie van de grotere deeltjes. Indien een dergelijke kleibodem met minder textuur zeer nat wordt, is deze in het algemeen slapper;
- Bij de afbraak van organische stof wordt vermoedelijk sulfaat gereduceerd tot (toxisch) sulfide waardoor karakteristieke planten van goed ontwikkelde Dotterbloemhooilanden niet goed meer kunnen groeien.

### 3.3. Penetratieweerstand

Figuur 2 geeft de penetratieweerstand weer gemeten op verschillende afstanden vanuit de slootkant per polder. Hieruit valt duidelijk af te lijden dat de penetratieweerstand tussen ca.  $\pm 5$  en  $\pm 25$  cm op 1 m duidelijk verschillend is met de andere twee afstanden.

Op de afstanden 7.5 en 15 meter verschilt de maximale weerstand tussen polders: deze ligt hoger in de Lakerpolder, nl. boven de  $60 \text{ Newton/cm}^2$ , dan in de Kogjespolder. Typisch voor de Lakerpolder is de kleine vermindering in penetratieweerstand tussen ca. 7 en 22 cm. Dat de maximale weerstand dus hoger ligt in de Lakerpolder, komt ook overeen met het gevonden resultaat dat de bodem in de Lakerpolder minder slap is vergeleken met die van de Kogjespolder.

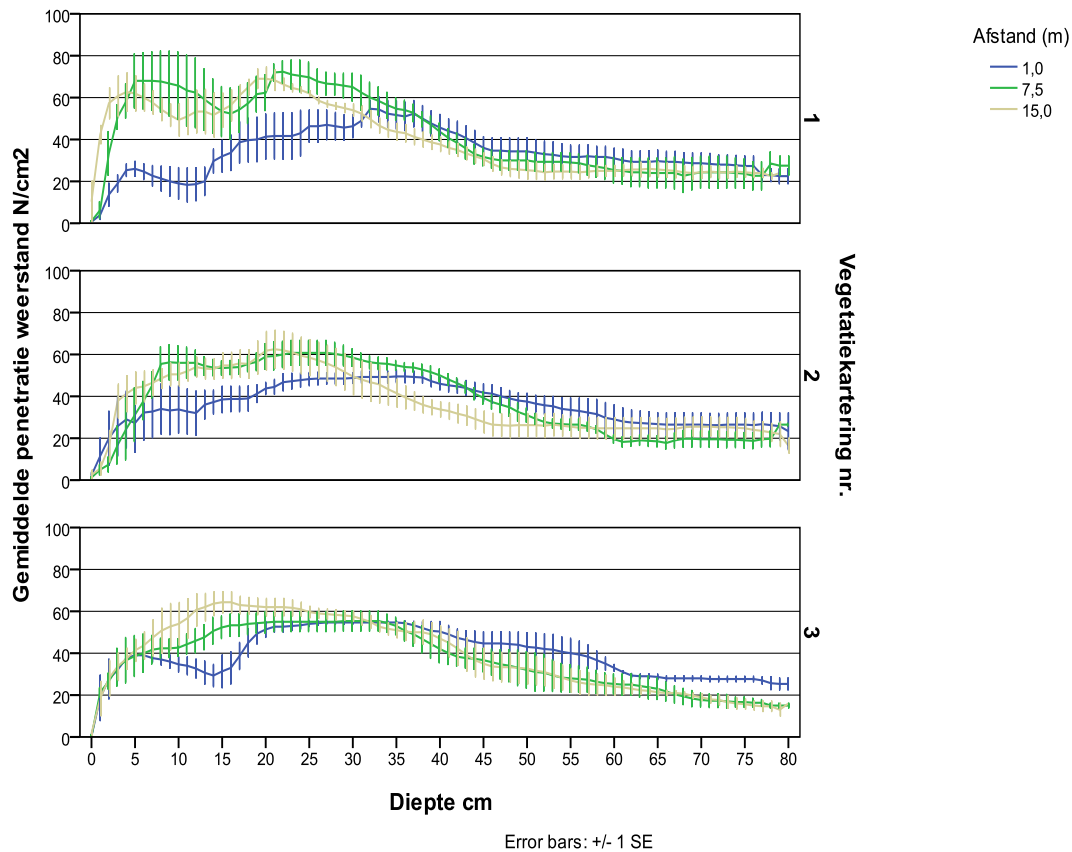


Figuur 2 De gemiddelde penetratieweerstand van het bodemprofiel (diepte tot 80 cm) per polder.

*De gemiddelde penetratieweerstand op 1 m, 7.5 m en 15 m vanuit de slootkant gemeten voor de Kogjes- en Lakerpolder. Per afstand en per polder:  $n = 5$ . Er is een duidelijk significant 'afstandseffect' zichtbaar: op 1m vanuit de slootkant, heeft het bodemprofiel in de bovenste laag (tussen  $\pm 5$  en  $\pm 25$  cm) minder weerstand dan bij de andere twee afstanden. De 'staarten' in de grafiek (vanaf  $\pm 40$  cm) hebben bijna dezelfde weerstand die stabiliseert rond de 20 Newton/cm<sup>2</sup>. Dit is de weerstand van de laag met riet- en elzenbroekbosveen die zich op deze hoogte bevindt.*

In Figuur 3 staat de penetratieweerstand voor de verschillende vegetatietypes. Bij alle drie vegetatietypes is er opnieuw het 'afstandseffect' te zien: op 1m heeft het bodemprofiel in de bovenste laag minder weerstand dan bij de andere twee afstanden. Echter, verschil tussen 1 meter en de ander twee afstanden is het duidelijkst te zien bij het goed ontwikkelde Dotterbloemhooiland aangezien hier de maximale weerstand op 7.5 m en 15 m het hoogst is (boven de 60N/cm<sup>2</sup>).

Het lijkt er dus op dat bij de twee andere vegetatietypes (meer gedegradeerd) de penetratieweerstanden op 7.5 en 15 meter verschuiven naar die van 1 m. De staarten van de lijn (vanaf 40 cm) hebben opnieuw een gelijke penetratieweerstand.



Figuur 3 De gemiddelde penetratie weerstand van het bodemprofiel (diepte 80 cm) per vegetatietype op 1 m, 7.5 m en 15 m vanuit de slootkant.

*Vegetatietypes: 1) goed ontwikkeld Dotterbloemhooilanden, 2) fragmentaire Dotterbloemhooilanden en 3) Overstromingsgraslanden tredsoortenrijk. Totale steekproefgrootte: 30.*

### 3.4. Bodemprofielen

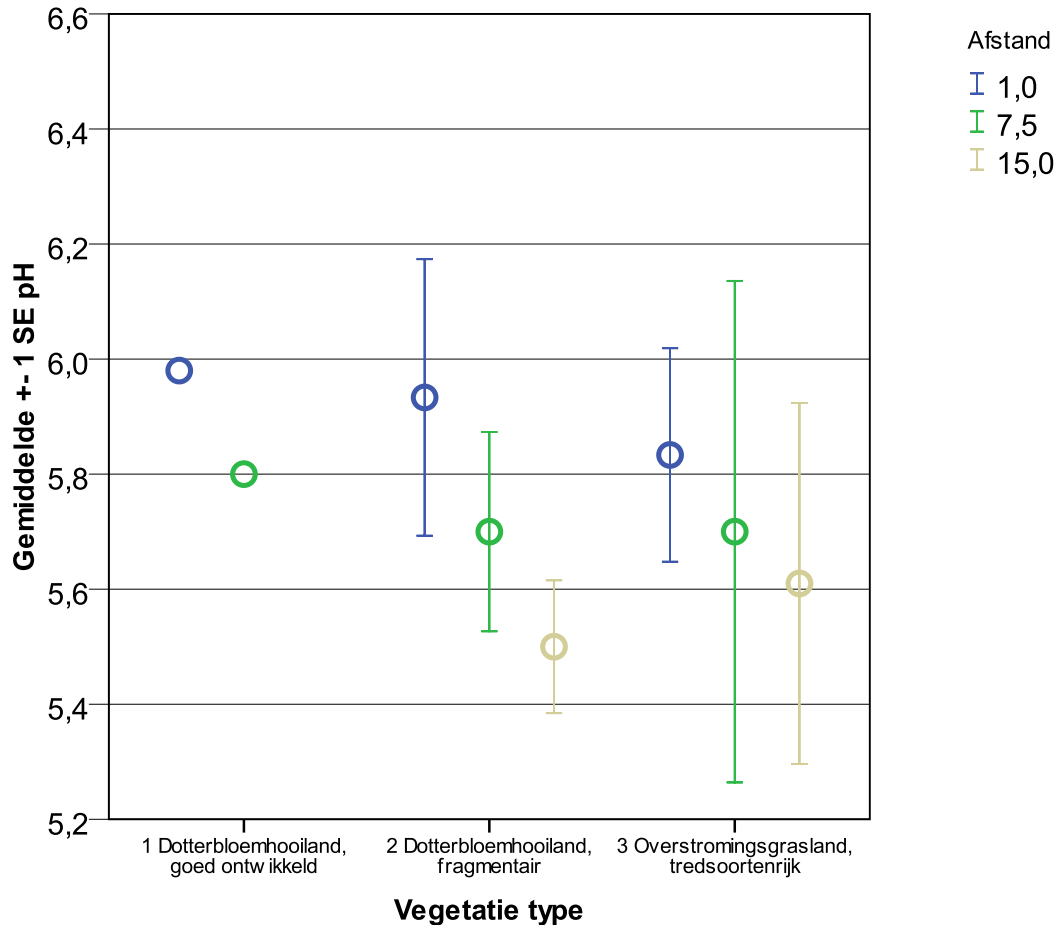
In Tabel 8 staan de beschrijvingen van drie bodemprofielen, elk in een verschillend vegetatietype. De bodemprofielen kunnen helpen om de gemeten penetratieweerstanden in de vegetatietypes beter te interpreteren. Verder valt het op dat in de Lakerpolder de klei (14-45 cm diep) en het veraard veen (in de bovenlaag) duidelijke sporen van ijzer bevatten wat kan wijzen op invloed van ijzerrijk kwel (in het verleden). In de Kogjespolder, op 1 meter afstand vanuit de sloot, zit een tweede laag veen op 25-35 cm diepte die tevens veraard is. Het lijkt erop dat de veenbodems (vanaf ca. 50 cm) van beide polders een verschillende ontstaansgeschiedenis hebben, aangezien in de Lakerpolder er duidelijk sprake is van riet- of grote zeggeveen, terwijl in de Kogjespolder elzenbroekbosveen is aangetroffen.

Tabel 8 Bodemprofielen voor de drie verschillende vegetatietypes op 1, 7.5 en 15 meter vanuit de slootkant gemeten.

<b><i>Kogjepolder</i></b>		<b><i>Lakerpolder</i></b>		<b><i>Kogjespolder</i></b>	
Datum	28-04-2010	Datum	28-04-2010	Datum	28-04-2010
Vegetatie-type	Goed ontwikkeld Dotterbloemhooiland	Vegetatie-type	Fragmentair Dotterbloemhooiland	Vegetatie-type	Overstromingsgrasland
Afstand vanaf sloot	7.5 meter	Afstand vanaf sloot	15 meter	Afstand vanaf sloot	1 meter
Diepte (cm)	Beschrijving	Diepte (cm)	Beschrijving	Diepte (cm)	Beschrijving
0 - 20	Bezand/veraard veen	0 - 15	IJzerrijk veraard veen met lutum en zand	0 - 15	Bezand/veraard veen
20 - 30	IJzerhoudende klei	15 - 17	Laagje zand	15 - 25	Humeuze klei
30 - 50	Klei met organische stof	17 - 45	Klei met ijzer en humus	25 - 35	Veraard veen
50 -	Elzenbroekbos-/rietveen (H6/H7)	45 - 95	Grote zeggeveen met indicenteel rietveen (H6-H7)	35 - 55	Klei
				55 -	Elzenbroekbos-/rietveen (H6/H7)
(boring zelfde punt)					
0 - 20	Bezand/veraard veen				
20 - 30	Humeuze klei				
30 -	Klei met organische stof/veen				

### 3.5. pH per vegetatietype en afstand

In Figuur 4 staat de pH weergegeven per vegetatie type. De pH metingen bij goed ontwikkeld Dotterbloemhooiland zijn maar op basis van 1 meting, terwijl de meting op 15 meter hier ontbreekt (defecte pH meter). Overigens liggen alle metingen nog steeds in de range 5-7; de optimale pH range van een goed ontwikkeld Dotterbloemhooiland (Everts & De Vries 1991).



Figuur 4 De gemiddelde pH ( $\pm 1$  SE) van de bovenste 5 cm bodem per vegetatietype op 1 m, 7.5 m en 15 m vanuit de slootkant gemeten in beide polders.

Vegetatietypes: 1) goed ontwikkelde Dotterbloemhooilanden, 2) Fragmentaire Dotterbloemhooilanden en 3) Overstromingsgraslanden. Hoewel de marges redelijk klein zijn, is er voor vegetatietypes 2 en 3 een 'afstandseffect' zichtbaar: op 1 m heeft de bodem de hoogste pH, terwijl de andere twee afstanden een lagere pH vertonen. N per vegetatietype per afstand: 1 = 1; 2 = 3 en 3 = 3. Totale steekproefgrootte: 20.

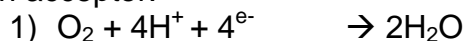
**Conclusies:**

- De maximale penetratieweerstand in de Laker- is hoger dan in de Kogjespolder. Dit komt overeen met het resultaat dat de bodem in de Kogjespolder minder organische stof en zand en juist meer klei bevat, en hierdoor slapper is;
- De gemiddelde penetratieweerstand in de bovenste bodemlaag (tot ca. 25 cm) in beide polders is het laagst aan de slootkant en hoger verderop in het perceel: aan de slootkant is de bodem dus beduidend 'slapper' en hier bevat de bodem veelal 'veraard veen';
- De onderlaag van de bodem (dus vanaf ca. 60 cm en dieper) bestaat uit een veenlaag met een gelijke (veel lagere) penetratieweerstand, ongeacht de plaats;
- De bodem in de Lakerpolder vertoont duidelijke sporen van ijzer;
- Goed ontwikkelde Dotterbloemhooilanden hebben een hogere penetratieweerstand dan die van (gedegradeerde) Overstromingsgraslanden. De penetratieweerstand op 7.5 m en 15.0 m bij fragmentaire Dotterbloemhooilanden en Overstromingsgraslanden lijkt te zijn 'verschoven' naar die van 1 m.
- Voor pH is er duidelijk 'afstandseffect' zichtbaar: op 1 m vanaf de slootkant heeft de bodem de hoogste pH, terwijl de andere twee afstanden een lagere pH vertonen.

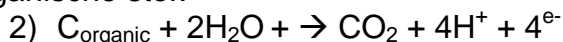
### 3.6. Reductieprocessen als verklaring van de opgetreden fenomenen

Vermindering van organische stof is vaak te wijten aan bodemchemische reductieprocessen waarbij organische stof wordt omgezet (Smolders *et al.* 2006). Hierbij vindt een opeenvolging van chemische reacties plaats (zie de reacties 1 tot en met 5).

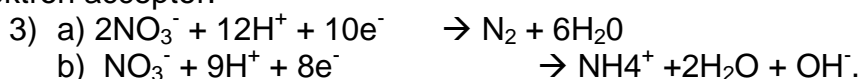
Bij voldoende zuurstof verzadigde systemen, fungeert zuurstof als de primaire elektron acceptor:



Zolang zuurstof beschikbaar is fungeert het als de primaire oxidant in de afbraak van organische stof:

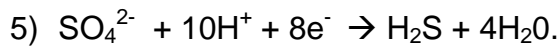
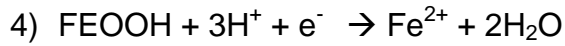


Vervolgens als alle zuurstof geconsumeerd is of als het bij de start al niet aanwezig was, vind afbraak van organische stof plaats via een serie aan reacties bij lagere redoxpotentialen. Indien het voorradig is, wordt nitraat door bacteriën gebruikt als elektron acceptor:



Vervolgens kan ijzer(hydro)oxides en sulfaat betrokken raken bij de volgende chemische reacties:





Vooral de laatste twee reacties spelen vermoedelijk een rol in beide polders. De organische fractie verdwijnt waarschijnlijk door aanvoer van sulfaat- of ijzerrijk water; sulfaat en ijzer kunnen beide optreden als reductor in een proces wat respectievelijke sulfaat- ijzerreductie wordt genoemd.

### 3.6.1. Hogere basiciteit

Bij sulfaatreductie wordt een base ( $\text{HCO}_3^-$ ) gevormd:

$\text{SO}_4^{2-} + 2 \text{CH}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{CO}_2 + \text{HS}^-$ . Daardoor vindt er gedurende het zomerseizoen een verhoging in alkaliniteit (basiciteit) plaats, terwijl er een verlaging optreedt tijdens het winterseizoen (door de koude temperatuur is er geen microbiële activiteit). Mogelijk optreden van sulfaatreductie kan dus waargenomen worden door de pH te monitoren.

Verder kan de reductie van ijzer en sulfaat leiden tot de formatie van  $\text{FeS}_x$  en resulteren in een sterke afname van de P-bindende capaciteit van de bodem, aangezien  $\text{FeS}_x$  minder bindende plaatsen voor P heeft dan ijzer(Hydro)oxides. Op zich hoeft het vrijkomen van extra fosfaat geen probleem te vormen aangezien Dotterbloemhooilanden van nature voedselrijk zijn.

### 3.6.2. Sulfide-toxiciteit

Vrijgekomen sulfide kan zeer toxisch zijn voor water- en oeverplanten (helofyten). Uit de literatuur weten we dat sulfide vergiftiging al optreedt bij concentraties van 10–50  $\text{mg/l}^{-1}$  of zelfs al vanaf 1  $\text{mg/l}^{-1}$  voor zeer gevoelige soorten. Om een indruk te geven: gewoon afvalwater bevat 20–500  $\text{mg/l}^{-1}$  sulfaat (Wiessner *et al.* 2008). Theoretisch kan hieruit 7–167  $\text{mg/l}^{-1}$  sulfide worden gevormd. Het oppervlakte water rondom de polders bevat gemiddeld 155  $\text{mg/l}$   $\text{SO}_4^{2-}$  voor de Lakerpolder en 90  $\text{mg/l}$  voor de Kogjespolder, wat dus zeer sulfaatrijk is te noemen (data afkomstig van Rijnland; gemeten 50 m achter gemaal van beide polders). Respectievelijk is dit 53 en 30  $\text{mg/l}^{-1}$  sulfide. In theorie is dit meer dan genoeg om sulfide-toxiciteit te initiëren.

Sommige planten bezitten (enige) tolerantie voor sulfide toxiciteit: door zuurstof via de wortels uit te scheiden (in Engels: radial oxygen loss; afgekort ROL) is het mogelijk om sulfide 'uit te schakelen'. Met name de bescherming van wortelpunten op deze manier is belangrijk aangezien hier de opname van nutriënten plaats vindt. Vergeleken met *Juncus effusus* (pitrus) heeft *Caltha palustris* (dotterbloem) maar een beperkt vermogen om dit te doen en is daardoor dus veel gevoeliger voor sulfide (Van der Welle *et al.* 2007). De meeste soorten met voldoende aerenchym (luchtkanalen) in het wortelstelsel hebben (een bepaalde) sulfide-tolerantie, maar deze regel geldt niet voor 100%. Over het algemeen is er nog weinig bekend over de exacte ranges voor sulfide-toxiciteit en ROL capaciteit van soorten.

### 3.7. Invloed ganzen

Ganzen consumeren niet alleen bladeren, maar ook wortels. Vermoedelijk leidt de consumptie van planten en vooral wortels tot een verslechtering van de structuur van de bovenste bodemlaag. De volgende cascade aan effecten zou kunnen optreden: verlaging van het gehalte aan organische stof → slappere bodem → gemakkelijkere consumptie wortels voor ganzen → versterking effect uitdijing sloten.

**Conclusies:**

- De slotenuitdijing is zeer waarschijnlijk een probleem dat veroorzaakt wordt door een cascade aan bodemchemische reductieprocessen. Vermoedelijk vooral door sulfaat en/of ijzerreductie. Bij dit proces wordt organische stof verbruikt en sulfaat gereduceerd tot (toxisch) sulfide waarbij karakteristieke planten van het verbond van Dotterbloemhooiland niet goed meer kunnen groeien;
- Voor het optreden van sulfaatreductie moet er een significante input van sulfaat zijn. Aangezien het probleem zich zeer duidelijk voordoet aan de slootkanten is het voor de hand liggend dat binnentredend water (cq. 'lek-kage') te grote hoeveelheden sulfaat bevat;
- Het is mogelijk dat ganzen het probleem van de slotenuitdijing versterken: in een slappere bodem is het gemakkelijker om plantenwortels te consumeren. Betreding en wortelconsumptie kunnen leiden tot een verdere afname van vegetatie;
- Indien er geen plantenwortels meer zijn (afwezig door sulfide-toxiteit en consumptie/vertrapping door ganzen) om de slappere bodem vast te houden, beginnen slootkanten af te kalven en sloten uit te dijen.

## 4. Mogelijke oplossingen

### 4.1. Flexibel peilbeheer

Gecorrigeerde gemiddelde maaiveldhoogtes staan in Tabel 9. Huidige en historische streef en gehanteerde peilen voor de Kogjes- en voor de Lakerpolder staan respectievelijk in

Tabel 10 en Tabel 11. Hierbij is ook de waterstand t.o.v. het maaiveld berekend. Let op: dit is de waterstand in sloten en niet in percelen. Voor beide polders is het zichtbaar geworden dat de waterstanden nogal hebben gewisseld in de loop der tijden, zover we kunnen nagaan. Wel dient opgemerkt te worden dat er weinig historische peilgegevens zijn (ontwerp peilbesluit Tuinder en Kogjespolder uit 1995). Het is dus niet uitgesloten dat er onbekende schommelingen in het verleden zijn geweest met betrekking tot waterstanden.

Tabel 9 Gemiddelde en gecorrigeerde maaiveldhoogtes Kogjes- en Lakerpolder sinds 1962.

*De volgende berekening heeft plaats gevonden: in de Kogjespolder was er in 1991 een gemiddelde daling opgetreden van 7.5 cm t.o.v. 1962. Vervolgens is er gecorrigeerd voor de jaren 1992 tot en met 2010: 19 jaar \* 0.25 cm/jaar = 4,75 cm gemiddelde daling. Voor de Lakerpolder is er gecorrigeerd voor 2004-2010 = 6 jaar \* 0.25cm/jaar = 1,5 cm.*

	<i>Kogjespolder</i>			<i>Lakerpolder</i>
	<b>Noordelijk NAP (cm)</b>	<b>Zuidelijk NAP (cm)</b>	<b>Gemiddeld NAP (cm)</b>	<b>Gemiddeld NAP (cm)</b>
Gemiddelde maaiveldhoogte 1962	-90,0	-85,0	-87,5	
Gemiddelde maaiveldhoogte 1991	-97,5	-92,5	-95,0	
Gemiddelde maaiveldhoogte 2004				-103,0
Berekende gemiddelde maaiveldhoogte 2010	-102,3	-97,3	-99,8	-104,5

Tabel 10 Streef- en gehanteerde peilen in de Kogjespolder, gecorrigeerd voor daling in maaiveldhoogte.

Opgemerkt dient te worden dat er in het ontwerp peilbesluit Tuinder- en Kogjespolder uit 1995 staat dat er weinig historische peilgegevens beschikbaar waren. Momenteel is er wel een logger geplaatst in deze polder, maar waarvan betrouwbare gegevens nog niet beschikbaar zijn.

<b>Periode</b>	<b>Type peil</b>	<b>NAP (cm)</b>	<b>Gemiddeld maaiveld NAP (cm)</b>	<b>cm onder maaiveld</b>	<b>Opmerking</b>
1985 -1990	ZP	-120	-95	-25	Gehanteerd
	WP	-125	-95	-30	
1990-1995	ZP	-120	-95	-25	Vermoedelijk gehanteerd
	WP	-125	-95	-30	
Peilbesluit vanaf 1995	ZP	-100	-95	-5	Ontwerp peilbesluit
	WP	-90	-95	5	
Huidig peil	ZP	-120	-100	-25	Afkomstig Aanvraag kennisbon; correct?
	WP	-125	-100	-30	
Situatie 2009-2010	ZP	-115	-100	-15	Gehanteerd door Moleenaar; geen peildata bekend (mail afkomst van M. Fijten).
	WP	?			

Tabel 11 Streef- en gehanteerde peilen in de Lakerpolder, gecorrigeerd voor daling in maaiveldhoogte.

<b>Periode</b>	<b>Type peil</b>	<b>NAP (cm)</b>	<b>Gemiddeld maaiveld NAP (cm)</b>	<b>cm onder maaiveld</b>	<b>Opmerking</b>
'Vorig' peilbesluit	ZP	-110	-103	-7	Afkomstig peilbesluit 2004; Jaartal vorig peilbesluit onbekend.
	WP	-80	-103	23	
Voorstel peilbesluit 2004	ZP	-110	-103	-7	Afkomstig peilbesluit 2004
	WP	-100	-103	3	
Peil op kennisbon	ZP	-120	-100	-20	Afkomstig aanvraag kennisbon; correct?
	WP	-60	-100	40	
Peil huidig peilbesluit	ZP	-110	-104,5	-6	Afkomstig van peilbeheerder
	WP	-100	-104,5	5	
Situatie 2009-2010	ZP	-113	-104,5	-9	Gemeten met logger; betrouwbaar!
	WP	-100	-104,5	5	

Gegevens van het waterpeil van dit en afgelopen jaar zijn alleen beschikbaar voor de Lakerpolder. Omdat deze waterstanden gemeten zijn met een logger/diver zijn ze meer nauwkeurig. Globaal schommelt het zomerpeil (gemiddelde april tot en met oktober) tussen -107 en -118 cm NAP en het winterpeil tussen -93 en -107 cm NAP

(zie Tabel 12). Het huidige peilbesluit stelt -110 en -100 cm NAP (zomer en winterpeil) en wordt, gemiddeld gezien, gehaald.

Tabel 12 Minimum en maximale waterstanden voor de periode 2009-2010 in Lakerpolder.

*Gegevens zijn afkomstig van de logger in de Lakerpolder (Hoogheemraadschap van Rijnland, aangeleverd door: Albert Mulder, Peilbeheerder Zuid-West).*

<b>Maand/peil</b>	<b>Jaar</b>	<b>Gemiddelde hoogste stand</b>	<b>Gemiddelde laagste stand</b>	<b>Gemiddelde stand</b>	<b>Cm onder maaiveld</b>
		<b>NAP (cm)</b>	<b>-NAP (cm)</b>	<b>NAP (cm)</b>	
April	2009	-106	-118	-112	-7,5
April	2010	-100	-108	-104	0,5
Mei	2009	-104	-116	-110	-5,5
Juni	2009	-110	-122	-116	-11,5
Juli	2009	-114	-122	-118	-13,5
Augustus	2009	-112	-124	-118	-13,5
September	2009	-107	-118	-113	-8
Oktober	2009	-106	-118	-112	-7,5
November	2009	-92	-112	-102	2,5
December	2009	-92	-104	-98	6,5
Januari	2010	-87	-105	-96	8,5
Februari	2010	-87	-98	-93	12
Maart	2010	-92	-107	-100	5
<b>Zomerpeil</b>		<b>107</b>	<b>118</b>	<b>113</b>	<b>-8</b>
<b>Winterpeil</b>		<b>93</b>	<b>104</b>	<b>98</b>	<b>5</b>

In Tabel 13 staan voor de verschillende (doel-) vegetatietypes de verschillende ranges van pH en waterpeil. Tijdens de twee veldwerkbezoeken hebben we de indruk gekregen dat de huidige gevoerde peilen (in de percelen) vermoedelijk te hoog zijn met betrekking tot de gewenste vegetaties. Hoewel er nog uitzakking optreedt, duiden ook de gemeten zomer waterstanden (in sloot) van de periode 2009/2010 in de Lakerpolder hier op: gemiddeld 8 cm onder het maaiveld (Tabel 12).

Vergelijken we de huidige waterstanden van beide polders met die van de gewenste waterstanden uit Tabel 13 dan valt het op dat met name het zomerpeil in de polders aan de hoge kant is; voor Dotterbloemhooilanden (variant *Carex nigra*) schommelt dat gemiddeld tussen -15 en de -50. Voor de iets nattere variant (*Carex nigra* en *Potentilla palustris*) geldt een langere winterbevloeiing (tot twee maanden) en een diepere daling in de zomer (tot -77 cm). Het lijkt erop dat in de periode van voor 1990, de periode van voor de slotenuitdijning, een lager zomerpeil in sloten werd gevoerd van ca. 30 cm onder maaiveld (althans in de Kogjespolder; zie Tabel 10).

Wat betreft de Overstomingsgraslanden geldt dat deze een langere bevloeiingstijd kennen (2 tot 5 maanden) in vergelijking met de Dotterbloemhooilanden, terwijl de waterstanden ook veel meer kunnen uitzakken in de zomer (tot -144 cm; zie Tabel

13.) Bij het eerste veldbezoek (03 maart 2010) stond er nog water op verschillende percelen in de Lakerpolder (ondanks dat er gemaald was omstreeks de derde week van februari). Dit is ook af te leiden uit Tabel 12: in de Lakerpolder heeft afgelopen winter het water maar liefst 6 maanden boven het maaiveld gestaan. Voor een goed ontwikkeld Dotterbloemhooiland is dit te lang. Voor de bodemchemische reductieprocessen is dit overigens niet erg aangezien deze minder optreden in de winter.

Om een beter inzicht te krijgen in de waterstanden op perceelsniveau, bevelen we aan om één of meerdere permanente peilbuizen (met logger) in het midden van percelen in beide polders te plaatsen. Na één jaar monitoren zou er in principe al een beter beeld moeten zijn verkregen.

Tabel 13 Ph en waterstanden voor de verschillende vegetatietypes.

Bron: 1) Everts &amp; De Vries (1991) en 2) Goebel (1996).

Vegetatietype	PH	Gemiddelde fluctuaties grondwaterstand (cm. t.o.v. maaiveld)					Tijd bevoeiing per jaar	Bron
		Waterstand bevoeiing (Winter)			Grondwaterstand (Zomer)			
		Absoluut maximum	Gemiddeld maximum	Gemiddeld Bereik	Gemiddeld minimum	Absoluut minimum		
Dotterbloemhooiland (CALTHION PALUSTRIS) - <i>Senecioni-Brometum caricetosum nigrae</i>	5-7	5	-15	-15 < - > -40	-40	-100	0-8 weken	1
Dotterbloemhooiland (CALTHION PALUSTRIS) - <i>Senecionetum aqautici (Carex nigra)</i>		10	-5	-5 <-> -50	-50	-90	Geen of kort: 1 week in februari	2
Dotterbloemhooiland (CALTHION PALUSTRIS) - <i>Senecionetum aqautici (Carex nigra-Potentilla palustris)</i>		23	16	16 <-> -77	-77	-90	1 tot 2 maanden (januari-februari)	2
Overstromingsgraslanden (Lolio-Potentillion) - <i>Ranunculo-Alopecuretum geniculati</i>		30	12	12 <-> -144	-144	-250	2 tot 5 maanden november tot mei, (zelden juni)	2
Overstromingsgrasland (Lolio-Potentillion) - <i>Agrostis stolonifera-gemeenschap</i>		40	8	8 <->85	-85	-95	2 tot 4 maanden november tot maart	2

## 4.2. Opsporen en stoppen van ‘lekkage’

De vragen 2, 3 en 4 uit de inleiding gaan over het stoppen van en (mogelijke) oplossingen voor het probleem van de slotenuitdijning, eventueel door verandering in toegepast beheer. De hier verzamelde gegevens wijzen erop dat de effecten van de slotenuitdijning in de Kogjes- en Lakerpolder vermoedelijk zijn toe te schrijven aan sulfaat- en of ijzerreductie.

Zowel uit gedane metingen (veldbezoek) alsook uit de analyse van grondmonsters (Blgg Oosterbeek) kan worden geconcludeerd dat de twee polders verschillen in belangrijke bodemparameters als pH en organisch stofgehalte. Hoewel zichtbare schadelijke effecten in de Lakerpolder minder aanwezig zijn, spelen de problemen in beide polders gezien de hoeveelheid organische stof in beide polders afneemt.

Voor reductieprocessen is een bron van sulfaat, ijzer of nitraat nodig. Waarschijnlijk leidt het ‘binnensluipen’ van sulfaatrijk water uit de Kagerplassen tot de reductie in organische stof. Een oplossing voor het probleem van de slootuitdijning moet in de eerste plaats dan ook worden gezocht in het stoppen van de reductieprocessen, d.w.z. opsporing en stoppen van de ‘lekkage’. Dit ongewenst binnenkomen van sulfaatrijk (oppervlakte) water kan plaats vinden: via reële lekkage, zoals instromen of insijpelen van water bij in- en uitlaten (bijv. bij de molen) of slechte poreuze stukken van de dijkjes. Gezien de afkalving van de slootkanten is het meest voor de hand liggende dat het water binnenkomt via in- en uitlaten die op de watergangen zijn aangesloten. Opmerking: tijdens het bezoek op 3 maart 2010 werd ook geconstateerd dat er water in de Kogjespolder sijpelde via het waterrad van de oude molen.

Een nader onderzoek zou moeten uitwijzen of er inderdaad sprake is van ‘lekkage’ aangezien het huidige onderzoek daarvoor niet toereikend is. Te denken valt dan aan een inventariserend onderzoek met een lange EGV prikstok om (vanuit de dijk afkomstige) grondwaterstromen in kaart te brengen of het geregeld monitoren van de waterkwaliteit op bepaalde cruciale punten in de polder. Mocht er eventuele lekkage zijn dan is het zaak om deze afdoende te stoppen.

## 4.3. Ganzen

In dit onderzoek zijn er geen metingen gedaan naar de effecten van ganzen. Niettemin is het zeer waarschijnlijk dat ganzen het probleem van de slootuitdijning faciliteren of doen verergeren. Zeer recentelijk zijn er gelijkaardige problemen beschreven elders, met name het fourageren van oeverbegroeiing, zowel in natuur- als in landbouwgebieden. Exclosures hebben laten zien dat zowel in de winter, als in de zomer ganzen van helofyten eten. Eén en ander kan waarschijnlijk niet los gezien worden van de hoge stijging van het aantal broedende en overwinterde ganzen in Nederland. Effecten van ganzen(begrazing) is tweërlei: ze vreten niet alleen van de zode die daardoor minder bescherming geeft, maar ze (ver)trappen met hun poten ook de oeverwand kapot. Op kleine schaal is dit proces soms zeer duidelijk waar te nemen in kleine stadsvijvers; steile afgekalfde oevers soms tot achter de walbeschoeiing.

Tijdens het veldwerkbezoek werden er ook een behoorlijk aantal (permanente verblijvende) ganzen gesignaleerd. Jaarlijks gezien is de ganzendruk het hoogst in de Kogjespolder. Het is aan te bevelen om het huidige beleid van reproductieonderdrukking (de doorprik- of slaolie methode) door te zetten zodat het aantal permanent verblijvende ganzen niet nog verder stijgt.



Om goed te kunnen beoordelen m.b.t. de noodzaak van actief ganzenbeheer (bijv. verjagen of afschot) is het zeer wenselijk om eerst beter inzicht te krijgen in de effecten van ganzen op de slotenuitdijning. Om deze te kunnen meten zou verder (lange termijn) onderzoek nodig zijn, waarbij exclusures zouden moeten worden geplaatst. Hierin zouden (bodem-)parameters als vegetatiesamenstelling, begrazingsdruk, productie, pH en bemestingsdruk (keutels), etc. kunnen worden gemeten.

Indien via de exclusures blijkt dat de ganzen daadwerkelijk een (groot) effect hebben (o.a. de bodemstructuur verslechteren en plantenwortels opeten) kan zelfs overwogen worden om de meest kwetsbare plaatsen van netten of gaas te voorzien en zo ganzen volledig te weren. Dit is natuurlijk wel een dure oplossing maar adequaat om de vegetatie te laten herstellen en/of nieuwe aanplant aan te laten slaan.

#### **4.4. Aanplant (sulfide-tolerante) soorten**

Vraag 3, 'zijn er ecologisch verantwoorde (en betaalbare) oplossingen om de uitgedijde sloten weer smaller te maken?', gaat specifiek over het aanreiken van ecologische, maar ook betaalbare oplossingen om de slotenuitdijning tegen te gaan. Staatsbosbeheer is inmiddels zelf al een pilot-studie gestart met de aanleg van kunstmatige walbeschoeiing. Tijdens het veldwerkbezoek op 3 maart lagen matten van o.a. wilgentenen en palen hiervoor klaar. Op het veldbezoek van 28 april was 1 sloot inmiddels van twee typen walbeschoeiing voorzien. Ook zijn er matten met planten/zaden besteld/geplaatst om vegetatieloze grond af te dekken. Echter deze zouden wel sulfide-tolerante soorten moeten bevatten. Uit andere studies blijken dat beschoeiingen kunnen werken (Beheerdersnetwerk 2009): ze gaan vooral windafkalving tegen doordat wateropstuwung via harde wind wordt verminderd. Het beste zou zijn om de beschoeiing niet tegen maar een stukje voor de slootkant te plaatsen.

Opvallend is dat in en langs de sloten in de Kogjespolder er nauwelijks rietvegetaties waar vallen te nemen, dit in tegenstelling tot de Lakerpolder. Veel sloten hebben in deze polder wel een smalle rietkraag. Dergelijk rietkragen verstevigen de oeverwand en werken als een natuurlijke beschoeiing (die windafkalving tegengaat). Bovendien worden ganzen gehinderd bij het in en uit de sloot gaan, mits deze breed en dicht genoeg. De aanplant van (gebiedseigen) helofyten en andere typische waterplanten kan niet alleen als goedkope, maar ook als een meer duurzame oplossing worden gezien. We adviseren dan ook de aanplant van riet aangezien dit het makkelijkste uitvoerbaar is, hoewel bij te hoge concentraties sulfide (en te weinig peilfluctuaties) riet ook af kan sterven (Armstrong, Armstrong, & van der Putten 1996). Andere soorten die mogelijk in aanmerking komen (soorten met een hoge tolerantie voor zuurstofloze omstandigheden) zijn: *Iris pseudacorus*, *Juncus effusus*, *Schoenoplectus lacustris*, *Scirpus maritimus* en *Acorus calamus* (Crawford & Braendle 1996). Het beste is om proefondervindelijk na te gaan welke soorten voldoen en welke niet. Bovendien moet met een soort als *J. effusus* worden opgepast aangezien deze plant zeer dominant kan worden onder voedselrijke omstandigheden en zich als probleemsoort kan ontwikkelen.

**Riet** (*Phragmites australis*): de aanleg van riet kan het best gebeuren door rietstekken. De kieming van riet is over het algemeen erg slecht te noemen en zaaien moet dan ook sterk worden afgeraden. In een project hebben we rietbedden aangelegd met stekken die na de winter zijn geplant. Deze aanplant was zeer succesvol; Foto 7 toont de rietontwikkeling ca. drie jaar na aanplant. Om grote hoeveelheden rietstek-

ken te laten aanplanten kan alsnog behoorlijk duur worden en dan kan het zelf nemen en gefaseerd aanplanten van rietstekken een optie zijn.

De plantjes zullen de nodige bescherming moeten hebben tegen vraat. Dit kan misschien het beste met zogenaamde kokosmatten of geotextiel (zie Foto 8). Volgend voorjaar zou een pilot kunnen worden gestart waarin op een aantal plaatsen rietstekken wordt aangeplant. Indien deze aanslaan, kan er op grotere schaal worden aangeplant.

**Lisdodde (kleine en grote) (*Typha sp.*)**. Deze plant wordt hier genoemd omdat het, eventueel in combinatie met riet, minder gauw wordt aangevreten door ganzen, maar is wellicht lastiger aan te planten.

**Krabbenscheer (*Stratiotes aloides*)**. Om tevens het zwemmen in de watergang zoveel mogelijk te beletten zou krabbenscheer kunnen worden uitgezet. Deze plant heeft stekelig bladeren en kan, indien strategisch uitgezet, ganzen in ieder geval sterk beletten om in het water te zwemmen. Het is een soort die sterk is afgenomen en vestiging in die zin zou een win-win situatie kunnen opleveren. Bovendien is krabbenscheer een waardplant voor zeldzame soorten: o.a. groene glazenmaker en de blauwe stern (Alblas & Kes 1998; De Jong *et al.* 2001). De Kagerplassen liggen in het verspreidingsgebied van de soort.

Helaas is deze plant slecht bestand tegen te hoge sulfaat/sulfide concentraties en het aanslaan van uitgezette planten kan hierdoor mislukken (Smolders *et al.* 2003). pH en EGV van het slootwater in de beide polders (zie Tabel 2) liggen in de range die is gemeten in wateren waar krabbenscheer voorkomt (De Jong & Verbeek 2001). Niettemin mag het slootwater niet meer dan ca.  $50 \text{ mg/l}^{-1} \text{ SO}_4^{2-}$  bevatten. De soort zou als indicator kunnen dienen voor de juiste waterkwaliteit.

Voor krabbenscheer geldt dat er zelfs dit jaar nog een pilot kan worden opgezet waarbij op kleine schaal op verschillende plaatsen in de watergangen krabbenscheer wordt uitgeplant. Op zich valt krabbenscheer goed over te zetten. In een dag tijd kan gemakkelijk enige honderden planten worden overgezet. Er zijn een aantal grote populaties in de nabije omgeving (bron: waarneming.nl). Praktisch gezien kunnen de planten het beste in enkele rijen DWARS op de watergang worden uitgezet. Als grote volwassen exemplaren worden uitgezet, waar al kleine vegetatieve uitlopers aan zitten, kan er binnen een jaar al natuurlijke zwembarrières worden gecreëerd.

Uiteindelijk zal uit deze pilotstudy verder moeten blijken of de waterkwaliteit goed genoeg is voor deze plant. Indien de planten aanslaan, kunnen door het simpelweg overzetten ook andere sloten worden beplant. In de bredere sloten kan eventueel een strook krabbenscheer blijven staan.

## **5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN**

### **Conclusies:**

- De bodem in de Kogjespolder is 'slapper' te noemen. Vergeleken met de Lakerpolder heeft het een hogere bodemdichtheid aangezien het minder organische stof bevat; een hogere fractie van de kleinste minerale deeltjes en een lagere fractie van de grotere deeltjes (zand);
- De gemiddelde penetratieweerstand is een maat voor stevigheid van de bodem en is gemiddeld lager in de Kogjes- dan in de Lakerpolder. In beide polders is in de bovenste bodemlaag (tot ca. 25 cm) de penetratieweerstand het laagst aan de slootkant (1 m) en hoger verderop in het perceel: aan de slootkant is de bodem dus beduidend 'slapper' en hier bevat de bodem veelal 'verzand veen';
- Vergeleken met fragmentaire Dotterbloemhooilanden en Overstromingsgraslanden (sterk gedegradeerd) is de penetratieweerstand op 7.5 m en 15 m het hoogst bij goed ontwikkelde Dotterbloemhooilanden;
- De onderlaag van de bodem (dus vanaf ca. 6 cm en dieper) bestaat uit een veenlaag met gelijke (veel lagere) penetratieweerstand, ongeacht de plaats;
- Er is in beide polders een afname in organische stof en een toename in pH gemeten wat duidt op het optreden van sulfaat- en of ijzerreductie;
- Het lijkt dus zeer aannemelijk dat de slotenuitdijing mede wordt veroorzaakt door sulfaat en/of ijzerreductie. Bij dit proces wordt organische stof verbruikt en sulfaat gereduceerd tot (toxisch) sulfide waarbij karakteristieke planten van het verbond van Dotterbloemhooiland niet goed meer kunnen groeien;
- Voor het optreden van sulfaatreductie moet er een significante input van sulfaat zijn. Aangezien het probleem zich zeer duidelijk voordoet aan de slootkanten is het voor de hand liggend dat binnentredend water (cq. 'lekkage') te grote hoeveelheden sulfaat bevat;
- Indien er geen plantenwortels (afwezig door sulfide-toxiciteit en consumptie door ganzen) meer zijn om de slappere bodem vast te houden, beginnen slootkanten af te kalven en sloten uit te dijen;
- Waarschijnlijk verergeren ganzen door consumptie van wortels en betreding de structuur van de bodem en faciliteren de slootuitdijing. Echter, hiernaar zou nader onderzoek moeten worden gedaan alvorens er tot ganzen beheersmaatregelen kan worden over gegaan;
- Er bestaan verschillende streefpeilen voor beide polders; alleen van de Lakerpolder is er momenteel een gemeten datareeks die behoorlijk goed met het peilbesluit overeenkomt. Niettemin is het huidige gevoerde zomerpeil vermoedelijk te hoog voor de instandhouding van Dotterbloemhooilanden, terwijl de pH waarden min of meer in de juiste range liggen.

**Aanbevelingen:**

- Flexibeler peilbeheer: streven naar een natuurlijke uitzakking van de waterstand (na winterinundatie); temeer een lager gemiddeld zomerpeil (ca. -5 tot -50-77 cm beneden maaiveld) beter overeenkomt met die van Dotterbloemhoilanden gevonden in de literatuur;
- Beëindiging van het inlaten van (sulfaatrijk) water uit de Kagerplassen zoals nu jaarlijks schijnt te gebeuren indien de waterstanden te laag bevonden worden;
- Winterinundatie (tot 5 cm boven maaiveld) is op zich geen probleem en is juist goed om de basenvoorraad op peil te houden. IJzer of sulfaat-reductie vindt veel minder plaats in de winter door lage temperatuur. Niettemin geldt voor Dotterbloemhoilanden dat winterinundatie niet langer mag duren dan 1 tot 8 weken;
- Monitoring van de waterstand niet alleen in de poldersloot maar ook middenin percelen aangezien hier het waterpeil totaal anders kan zijn dan in de sloot. Hiervoor zou het best een permanente peilbuis met diver kunnen worden geplaatst;
- Afbraak van organische stof is een irreversibel proces: uitgedijde sloten groeien niet meer aan. Reductie dient dus zo snel mogelijk afgeremd te worden. Bij een lager peil is er meer zuurstof in de bodem en zullen reductieprocessen minder plaats vinden.
- Opsporing van mogelijke lekkage/gaten waardoor ijzer- of sulfaatrijk water de polders in kan komen;
- Het afstemmen van streefpeilen door de verschillende betrokkenen;
- Indien blijkt dat de juiste waterstanden niet overal worden gehaald, kunnen de polders worden opgedeeld in twee a drie op zich zelf staande compartimenten met bijbehorende waterstanden (maar wel met flexibel peilbeheer). Te denken valt dan aan het plaatsen van enkele dammen in sloten;
- Het plaatsen van exclosures om de precieze effecten van betreding en begrazing door ganzen te achterhalen;
- Het blijven voortzetten van de reproductiestop bij de ganzenpopulaties (bewerking van eieren) zodat het aantal ganzen niet verder toeneemt;
- Aanplanten van (gebiedseigen) riet en lisdodde (sulfide tolerante soorten) om afkalving van slootkanten tegen te gaan. Ook waterplanten (krabbenscheer) kunnen gemakkelijk worden geïntroduceerd om extra (wind)afkalving tegen te gaan en ganzen te belemmeren in zwemmen;
- Extra aandacht verdient het jaarlijkse schonen; riet in de slootkanten zou zoveel mogelijk gespaard moeten worden.

## **6. REFERENTIELIJST**

1. Alblas, Wilfred and Kes, Cor. De zwarte stern in Rijnwoude. (1998). Rapport.
2. Armstrong, J., Armstrong, W., & Van der Putten, W.H. (1996). Phragmites die-back: Bud and root death, blockages within the aeration and vascular systems and the possible role of phytotoxins. *New Phytologist* 133, 399-414.
3. Beheerdersnetwerk. Helofytenverjonging, verlanding en ganzenvraat in laagveenplassen. (10-11-2009). [www.beheerdersnetwerken.nl](http://www.beheerdersnetwerken.nl).
4. Crawford, R.M.M. & Braendle, R. (1996). Oxygen deprivation stress in a changing environment. *Journal of Experimental Botany* 47, 145-159.
5. De Jong, T. and Verbeek, P. Beschermingsplan groene glazenmaker 2002-2006. (2001). Rapport
6. Everts, F.H. & De Vries, N.P.J. (1991). De vegetatieontwikkeling van beekdal-systemen. Een landschapsoecologische studie van enkele Drentse beekdalen. Historische Uitgeverij Groningen.
7. Fijten, Marina and Fransen, Tim. Aanvraag Kennisbon OBN slotenuitdijning Kogjes- en Lakerpolder. (2009). Rapport
8. Goebel, W. (1996). Klassifikation überwiegend grundwasser-beeinflußter Vegetationstypen. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (Hrsg.).
9. Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M., den Hartog, C., & Roelofs, J.G.M. (2003). Mechanisms involved in the decline of *Stratiotes aloides* L. in The Netherlands: sulphate as a key variable. *Hydrobiologia* 506, 603-610.
10. Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M., Lucassen, E.C.H.E., Van der Velde, G., & Roelofs, J.G.M. (2006). Internal eutrophication: How it works and what to do about it - a review. *Chemistry and Ecology* 22, 93-111.
11. Van der Welle, M.E.W., Niggebrugge, K., Lamers, L.P.M., & Roelofs, J.G.M. (2007). Differential responses of the freshwater wetland species *Juncus effusus* L. and *Caltha palustris* L. to iron supply in sulfidic environments. *Environmental Pollution* 147, 222-230.
12. Wiessner, A., Kusch, P., Jechorek, M., Seidel, H., & Kastner, M. (2008). Sulphur transformation and deposition in the rhizosphere of *Juncus effusus* in a laboratory-scale constructed wetland. *Environmental Pollution* 155, 125-131.

## 7. BIJLAGES

Foto's van de monstername in zowel de Kogjes (foto 1 t/m 3) als de Lakerpolder (foto 4 en 5). Het kleipakket (kleiig veen) is ongeveer 60 cm; uit analyse van het bodemprofiel blijkt dat het gaat om een zogenaamd typisch voorbeeld van klei op veen afzetting. Op foto 3 is goed te zien dat het gaat om zogenaamd rietveen; de stukjes onverteerd stengels is riet (*Phragmites australis*).



Foto 1 Bodemprofiel Kogjespolder



Foto 2 Bodemprofiel Kogjespolder



Veen en donker gekleurde grond uit onderste laag.

Lichter gekleurd materiaal, voornamelijk klei uit bovenste bodemlaag

Foto 3 Uitgespreid materiaal bodemprofiel Kogjespolder



Foto 4 Bodemprofiel Lakerpolder



Foto 5 Rietveen met stukjes riet, Lakerpolder



Foto 6 Zelfregistrerende penetrograaf, meting in Kogjespolder, Overstromingsgrasland.



Foto 7 Riet ontwikkeling ca. 3 jaar naar aanplant (polder, De Groeve, Groningen).





Foto 8 Geotextiel (kokos).

Dit materiaal wordt veel gebruikt in tuinen om het onkruid tegen te houden maar kan misschien dienen om de wortels van jonge aanplant te beschermen tegen foeragerende ganzen en windafkalving.

Figuur 5 Vegetatiekartering uit 2004.

Ligging van Doterbloemhooilanden: goed ontwikkeld (geel en grijsbruin); fragmentair (rood) en overstromingsgraslanden (blauw). Met kleine zwarte balkjes staan de plaatsen aangegeven waar penetratieweerstanden zijn gemeten. Op het eerste veldwerkbezoek (03-03-2010) zijn twee bodemmonsters genomen die staan hier aangeven met een zwart sterretje.

