

**ECOHYDROLOGISCHE SYSTEEMSTUDIE  
GRENSMAAS: DEELGEBIED MAASWINKEL**  
(Offerte GM/EH – 99/01)

**Eindrapport**

**Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer  
Afdeling Natuur**

**J. Severyns, O. Batelaan, F. De Smedt**  
Vakgroep Hydrologie & Waterbouwkunde  
Vrije Universiteit Brussel  
Pleinlaan 2  
1050 Brussel

**J. Fourneau, P. Meire**  
Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer  
Universitaire Instelling Antwerpen  
Universiteitsplein 1  
2610 Antwerpen

september 2003

---

# Inhoudsopgave

<b>Lijst van figuren</b> .....	<b>4</b>
<b>Lijst van tabellen</b> .....	<b>6</b>
<b>Voorwoord</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Gebiedsbeschrijving</b> .....	<b>3</b>
2.1 <i>Situering</i> .....	3
2.2 <i>Hydrogeologie</i> .....	3
2.3 <i>Poelen</i> .....	4
<b>3 Relatie Maaspeil - poelpeil</b> .....	<b>8</b>
3.1 <i>Meetgegevens</i> .....	8
3.2 <i>Grondwatermodel</i> .....	15
3.2.1 <i>Opbouw model</i> .....	15
3.2.2 <i>Tijdsafhankelijke modellering</i> .....	19
3.2.3 <i>Modelcalibratie</i> .....	19
3.2.4 <i>Tijdreeksanalyse</i> .....	20
<b>4 Beschrijving van de vegetatie op de poelranden</b> .....	<b>35</b>
4.1 <i>Vegetatiekarteringen</i> .....	35
4.2 <i>Indeling in vegetatietypes</i> .....	35
4.2.1 <i>Type 1</i> .....	36
4.2.2 <i>Type 2</i> .....	36
4.2.3 <i>Type 3</i> .....	36
4.2.4 <i>Type 4</i> .....	37
4.2.5 <i>Type 5</i> .....	39
4.2.6 <i>Type 6</i> .....	39
4.2.7 <i>Type 7</i> .....	39
4.3 <i>Ellenbergwaarden van de soorten per type</i> .....	39
4.4 <i>Typering van de vegetatie in de poelen in Maaswinkel</i> .....	41
<b>5 Koppeling vegetatieopnames in de poelen in Maaswinkel met de abiotische variabelen</b> .....	<b>45</b>
5.1 <i>Algemeen</i> .....	45
5.2 <i>Bepalen van de sturende abiotische variabelen</i> .....	45
5.2.1 <i>Soorten die sterk met de sturende variabelen gecorreleerd zijn</i> .....	48
5.3 <i>Bespreking resultaten Maaswinkel</i> .....	52
<b>6 Oevergegevens</b> .....	<b>53</b>

---

6.1	<i>Clustering van de vegetatieopnames</i> .....	53
6.2	<i>Bepalen van de sturende abiotische variabelen</i> .....	55
6.2.1	DCA-analyse van de Oever-gegevens .....	56
6.2.2	CCA-analyse van de oevergegevens.....	58
<b>7</b>	<b>Samenvatting en conclusies</b> .....	<b>60</b>
<b>8</b>	<b>Bemerkingen</b> .....	<b>62</b>
	<b>Vergelijking studiegebieden Vijverbroek en Maaswinkel</b> .....	<b>64</b>
	<b>Referenties</b> .....	<b>67</b>
	<b>Bijlagen</b> .....	<b>69</b>
	<i>Bijlage A: Voorkomen en abundantie van soorten per type</i> .....	69
	<i>Bijlage B: Abiotische variabelen per opname-eenheid</i> .....	73

---

## Lijst van figuren

Figuur 2.1: Situering van het studiegebied. ....	6
Figuur 2.2: Ligging van de poelen in Maaswinkel en locatie van de diver in het gebied. ....	7
Figuur 3.1: Verloop van het waterpeil in de poelen (meetgegevens): periode april 2002 – april 2003. ....	11
Figuur 3.2: Verloop van waterdiepte in de poelen (gemeten vanaf diepste punt op bodem): periode april 2002 – april 2003. ....	12
Figuur 3.3: Verloop van het waterpeil in poel 1 (diver) en ter hoogte van peilbuis 6 (diver), tesamen met het Maaspeil ter hoogte van rivierkilometer 32,6 (zesuurlijkse waarden): periode augustus 2002 – januari 2003. ....	13
Figuur 3.4: Grondwaterdiepte onder het maaiveld ter hoogte van peilbuis 6 (diver): periode augustus 2002 – januari 2003. ....	14
Figuur 3.5: Het modelgebied voor de locatie Maaswinkel. ....	17
Figuur 3.6: Gemeten versus gesimuleerd waterpeil in poel 1. ....	20
Figuur 3.7: Verloop van het waterpeil in poel 1 (gesimuleerde waarden), tesamen met het Maaspeil: periode januari 1998 – januari 2003. ....	25
Figuur 3.8: Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden): op 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas (periode januari 1998 – januari 2003). ....	26
Figuur 3.9: Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden), op 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas: periode april 2002 – september 2002 (zomer halfjaar). ....	27
Figuur 3.10: Gemiddelde grondwaterstand in functie van de afstand tot de Maas: periode april 2002 – september 2002 (zomer halfjaar). ....	28
Figuur 3.11: Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden), op 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas: periode oktober 2002 – januari 2003 (~ winter halfjaar). ....	29
Figuur 3.12: Grondwaterisohypsen in de omgeving van de poelen bij laagwater (simulatie 3/11/1998). ....	30
Figuur 3.13: Grondwaterisohypsen in de omgeving van de poelen bij hoogwater (simulatie 28/12/1998). ....	30
Figuur 3.14: Kwel naar of infiltratie vanuit de Maas, tesamen met de Maasafvoer (periode augustus 2002 – januari 2003). ....	31
Figuur 3.15: Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden): op 200 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas (periode januari 1998 – januari 2003): huidige situatie <i>versus</i> situatie met hoogwaternevengeul. ....	32
Figuur 3.16: Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden), op 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas (periode april 2002 – september 2002): huidige situatie <i>versus</i> situatie met hoogwaternevengeul. ....	33
Figuur 3.17: Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden): op 200 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas (periode oktober 2002 – januari 2003) huidige situatie <i>versus</i> situatie met hoogwaternevengeul. ....	34

---

Figuur 4.1: Schematisch overzicht van de verschillende vegetatietypes van de poelen in Maaswinkel. De onderlinge afstanden tussen de poelen is niet in verhouding met de grootte van de poelen .....	38
Figuur 4.2: Verdeling van aantallen soorten over waarden voor ‘grondwatertrap’ .....	40
Figuur 4.3: Verdeling van de aantallen soorten over de waarden voor het ‘vochtindicatorgetal’ .....	41
Figuur 4.4: Clusterdendrogram van de karteergegevens van Maaswinkel. De nummering onderaan komt overeen met de nummering in de typering. ....	42
Figuur 4.5: Clusteranalyse van de karteergegevens van Maaswinkel. De verschillende onderscheiden types werden telkens in een andere kleur weergegeven. ....	43
Figuur 4.6: DCA-output van de karteergegevens in Maaswinkel. De verschillende types werden telkens in een andere kleur weergegeven. ....	44
Figuur 5.1: DCA-output van de vegetatiegegevens van de poelen in Maaswinkel. ....	47
Figuur 5.2: CCA-output van de gegevens van de poelen van Maaswinkel. De belangrijkheid van de kwantitatieve variabelen is weergegeven door de rode pijlen, de categorische variabele die van betekenis is, wordt weergegeven aan de hand van verschillende kleuren waarin de perceelsnummers zijn afgebeeld. ....	49
Figuur 5.3: CCA-output van de gegevens van de poelen van Maaswinkel. Hier weergegeven de soorten binnen de assen van CCA.....	50
Figuur 6.1: Clusteranalyse van de Oevergegevens. De verschillende onderscheiden groepen werden telkens in een andere kleur weergegeven. ....	54
Figuur 6.2: DCA-output van de gegevensset ‘Oevers’. De verschillende onderscheiden groepen worden telkens in een andere kleur weergegeven.....	55
Figuur 6.3: DCA-output van de gegevensset ‘oevers’: soorten .....	57
Figuur 6.4: CCA-output van de dataset ‘oevers’: percelen.....	58
Figuur 6.5: CCA-output van de dataset ‘oevers’: soorten. ....	59

---

## Lijst van tabellen

Tabel 3.1: Hoogste jaarlijkse Maaspiek over de periode januari 1998 – januari 2003, tesamen met de reactietijd ('dode tijd') ter hoogte van poel 1. ....	21
Tabel 5.1: Variantie verklaard door de assen van de DCA-analyse. ....	46
Tabel 5.2: Correlaties tussen abiotische variabelen en assen van DCA-output.....	46
Tabel 5.3: Percentage van de variantie die verklaard wordt door de assen van de CCA-output.....	48
Tabel 5.4: Correlatie tussen 'hoogte' en 'afstand' en de assen van de CCA-analyse. ....	48
Tabel 6.1: Correlaties tussen de waarden van de percelen op de DCA-assen en de abiotische parameters.....	56
Tabel A0.1: Overzicht van de soorten per type. ....	69
Tabel B0.2: Verklarende tabel van de gebruikte klassen van abiotische parameters. .	73

---

## Voorwoord

De hier voor U liggende studie is het eindrapport van het “Systeemonderzoek Grensmaasvallei – Deelgebied Maaswinkel”. De studie werd uitgevoerd in een samenwerkingsverband tussen de Vrije Universiteit Brussel, Vakgroep Hydrologie & Waterbouwkunde en de Universitaire Instelling Antwerpen, Departement Biologie, Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer. Het project ging van start in februari 2002 en werd afgerond in september 2003.

Het gebied Maaswinkel strekt zich uit van de Maas tot aan de Zuid-Willemsvaart. De poelen in het gebied vormen een belangrijke habitat voor amfibieën (vnl. voor de Boomkikker). Het waterpeil in de poelen is sterk afhankelijk van het Maaspeil en voor de boomkikkerpopulatie is het van groot belang dat de poelen niet droogvallen. Het opzet van de studie was de relatie tussen het Maaspeil en het waterpeil in de poelen in het gebied te onderzoeken, en hieraan gekoppeld de potenties voor vegetatieontwikkeling op de randen van poelen na te gaan. In het kader van het Grensmaasproject wordt de heraantakking voorzien van een voormalige nevengeul aan de Maas alsook het herstel van de beekmonding van de Kikbeek. De invloed van de geplande heraantakking van de hoogwaternevengeul op het peil in de poelen werd onderzocht.

We zouden bij deze Kris Van Looy van het Instituut van Natuurbehoud willen bedanken voor de nuttige tips en hulp, en ook de mensen van de Natuurpunt-afdeling “Maasland-Zuid”, meer bepaald Bertie Vanderlee, Marcel Bex en Werner Yzermans, voor het op de hoogte houden van de gebeurtenissen in Maaswinkel en het wekelijks noteren van het waterpeil in de poelen.

# 1 Inleiding

In het gebied Maaswinkel zijn acht poelen aanwezig. De poelen vormen een belangrijke habitat voor amfibieën, vooral voor de Boomkikker, en zijn van groot belang voor grondwaterafhankelijke vegetatiesoorten.

Het waterpeil in de poelen is sterk afhankelijk van het Maaspeil en vertoont grote fluctuaties. In de winter is het waterpeil over het algemeen hoog, in de zomer daarentegen kunnen sommige poelen droogvallen. Indien dit gebeurt in de vroege zomer komt de ontwikkeling van larven in gedrang. Om het droogvallen te beletten, werden in de voorbije jaren graafwerken uitgevoerd. Sommige poelen werden uitgediept en de flanken werden minder steil gemaakt. Om de Boomkikker maximale kansen te geven werden ook drie nieuwe poelen aangelegd, ten zuiden van de Kikbeek. Er wordt gestreefd naar een gemiddeld zomerwaterpeil van ongeveer 40 cm in alle poelen.

Het doel van de studie is de relatie na te gaan tussen het Maaspeil en het waterpeil in de poelen. Door de sterke oppervlaktewater (Maas) - grondwater interactie in het gebied en de geringe afstand van de poelen tot de Maas kan een belangrijke interactie tussen de Maas en de poelen verwacht worden, wat bevestigd wordt door de meetgegevens (Maaspeil, poelpeil). Verwacht wordt dat bij de aanleg van de hoogwaternevengeul ter hoogte van Maaswinkel, de invloed van de Maas nog groter zal zijn aangezien de Maas nog dichterbij de poelen komt te liggen. Er werd ook nagegaan in welke mate het Maaspeil doorwerkt landinwaarts (westwaarts) in functie van de afstand tot de Maas.

De abiotische variabelen die de vegetatie in een riviervallei bepalen kunnen zeer uiteenlopend van aard zijn, afhankelijk van de locatie en de mate van de invloed van de rivier. In het Vijverbroek blijken de grondwaterstand en –aanvoer de belangrijkste factoren te zijn. Voor locaties dichterbij de rivier gelegen, zoals Maaswinkel, spelen andere factoren als ‘afstand tot de rivier’, ‘overstromingsfrequentie’, ‘het al dan niet rechtstreeks overstroomd met rivierwater’ en ‘isolatie’ een belangrijke rol in de verspreiding van soorten (Van Looy et al., 2003).

De vegetatie op de randen van de poelen werd gekarteerd, en de vegetatiegegevens werden gerelateerd aan de waterpeilgegevens van de poelen. Op de steile randen kan een sterke gradiënt in de vegetatieontwikkeling worden verwacht. Om een meer algemeen beeld te krijgen van de sturende factoren voor de ontwikkeling van oevervegetatie voor de gehele Maasvallei werden bijkomende opnames van oevervegetaties in de Maasvallei verwerkt in de analyse. Deze opnames werden gemaakt door K. Van Looy (IN) in het kader van eerder uitgevoerde studies.

In Hoofdstuk 2 wordt een algemene beschrijving gegeven van het gebied Maaswinkel. In Hoofdstuk 3 worden de meetgegevens besproken en wordt de opbouw van het grondwatermodel uiteengezet. Daarna volgt een bespreking van de modelresultaten en van de tijdreeksanalyse, waarbij met behulp van het gekalibreerde grondwatermodel een simulatie werd uitgevoerd voor de periode januari 1998 - januari 2003. In Hoofdstuk 4 worden de vegetatiegegevens besproken. In Hoofdstuk 5 worden de sturende abiotische variabelen voor de vegetatie in Maaswinkel bepaald. In Hoofdstuk 6 volgt een bondige samenvatting van enkele gelijkaardige analyses van een ruimere gegevensset van oeveropnames in de ganse Maasvallei. Tenslotte volgen Hoofdstuk 7 en 8 met respectievelijk de samenvatting en de conclusies en enkele bemerkingen.

---

## 2 Gebiedsbeschrijving

### 2.1 Situering

Het gebied Maaswinkel is gelegen ten oosten van Maasmechelen, tussen de Maas en de Zuid-Willemsvaart, aan de monding van de Kikbeek. Meerbepaald is het de uiterwaard tussen Geneuth en Mazenhoven. Het gebied beslaat ongeveer 280 ha, waarvan ongeveer 45 ha eigendom is van Natuurpunt. De Kikbeek loopt door het zuidelijk deel van Maaswinkel; ze ontspringt ter hoogte van de zandwinningsplas ten westen van Opgrimbie en stroomt naar de Maas toe. Figuur 2.1 geeft een situering van het gebied.

Het gebied kan min of meer opgedeeld worden in drie zones:

- een zuidelijk deel met de kleiontginning ten behoeve van de voormalige steenbakkerij. Deze ontginning heeft het ontstaan gegeven aan vijf poelen. Rondom worden doornstruwelen, wilgenbosjes, kruidenrijke ruigten en een hoogstamboomgaard aangetroffen.
- een noordelijk deel met een grotendeels afgewerkte grindgroeve, die het ontstaan heeft gegeven aan een grote ondiepe waterplas. Rond deze plas werd een begrazingsproject met enkele Konik-paarden opgestart. In september 2002 hebben hier herinrichtingswerken plaatsgevonden: de oevers van de poelen werden geherprofileerd en een aantal nieuwe poelen werd gegraven.
- de zone tussen het noordelijk en zuidelijk deel. Hier situeert zich een landschappelijk en ecologisch waardevol landbouwgebied, gekenmerkt door weilanden en hooilanden, hagen, akkers, bosjes en knotbomen.

### 2.2 Hydrogeologie

Het gebied Maaswinkel ligt in de alluviale vlakte van de Maas. Van boven naar onder worden achtereenvolgens de volgende lagen aangetroffen: een Kwartaire laag bestaande uit een deklaag met daaronder een grind-/zandlaag, de Formatie van Eigenbilzen, en de Formatie van Boom.

De deklaag bestaat hoofdzakelijk uit klei en leem en is slecht doorlatend voor grondwaterstroming. In de literatuur worden voor de horizontale doorlatendheid ( $K_H$ ) van de deklaag waarden van 0,5 – 1 m/d gegeven. De dikte van de deklaag in het gebied

bedraagt ongeveer 2 m. De onderliggende Kwartaire grind-/zandlaag is zeer goed doorlatend en wordt beschouwd als het eerste watervoerende pakket. Voor de  $K_H$  van het Maasgrind worden in de literatuur waarden van 50 - 1250 m/d (en zelfs hoger) teruggevonden. Onder deze goed doorlatende laag wordt de Formatie van Eigenbilzen aangetroffen. Deze bestaat uit kleiig fijn zand en heeft een slechte tot zeer slechte doorlatendheid. De dikte in het gebied schommelt tussen de 35 en 45 m. De daaronder liggende Formatie van Boom bestaat hoofdzakelijk uit fijne zandhoudende klei en wordt als vrijwel ondoorlatend beschouwd.

Meer informatie omtrent de geologie kan teruggevonden worden in het toelichtingsrapport bij de geologische kaart (Belgisch Geologische Dienst, 2001) van Rekem (kaartblad 26).

### 2.3 Poelen

In wat volgt wordt een korte beschrijving gegeven van de poelen. De nummering van de poelen komt overeen met die in Figuur 2.2. Poelen 1 tot en met 5 situeren zich op de linkeroever van de Kikbeek, poelen 6 tot en met 8 op de rechteroever.

*Poel 1:* deze poel ligt het verste af van de Maas. Het is hier dat de populatie Boomkickers zich momenteel heeft teruggetrokken. Het water is zeer helder en een weelderige plantengroei wordt aangetroffen. Delen van de poel kunnen in de zomer droog komen te staan. In oktober 2001 werden een eerste maal werken uitgevoerd: een gedeelte werd uitgediept om te beletten dat de poel droog komt te staan in de zomer, en de oevers aan de zuidkant werden minder steil gemaakt. In oktober 2002 werd een tweede herprofilering uitgevoerd: een bijkomend deel werd uitgediept en de oevers werden nog minder steil gemaakt.

*Poel 2:* deze poel werd vroeger voor een groot deel overschaduwd door de omringende bomen, maar het merendeel hiervan is ondertussen verwijderd. Opvallend is de roestrode kleur van het water; de ijzeroxiderende bacteriën vormen als het ware een soort vlies op het wateroppervlak. In oktober 2000 werd deze poel gedeeltelijk uitgediept en ook wat groter gemaakt.

*Poel 3:* het water in deze poel is zeer troebel en volgens leden van de plaatselijke Natuurpunt-afdeling bevat deze poel veel vis. In oktober 2000 en 2001 werden ook hier herprofileringen uitgevoerd: de poel werd groter en ondieper gemaakt en de zuidelijke oever werd minder steil gemaakt.

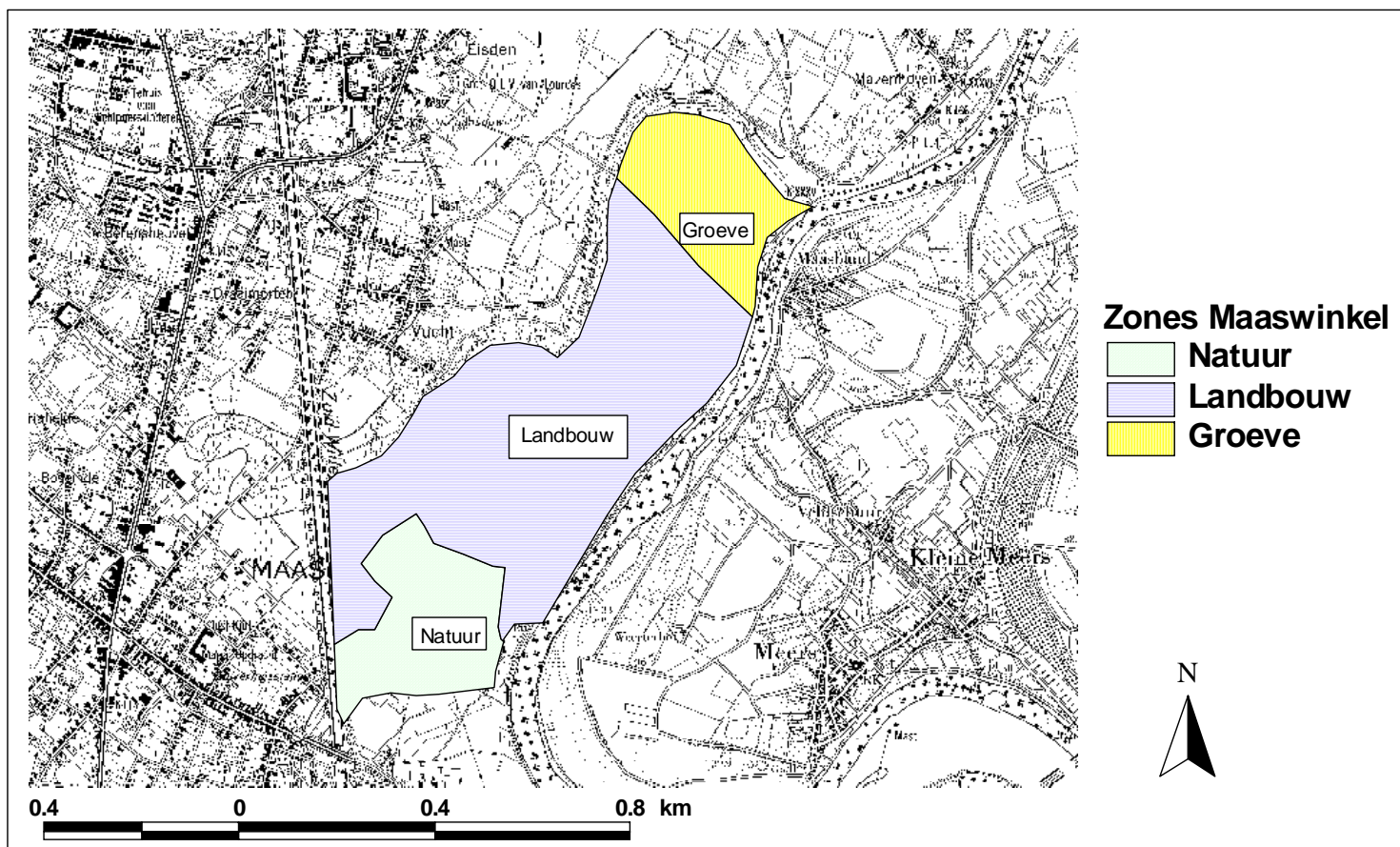
*Poelen 4 en 5:* deze poelen zijn vlak naast elkaar gelegen en bij hoge waterstand vormen ze één grote poel. Bij een plotse stijging van de Maas kan dit deel van het gebied rechtstreeks overstroomd worden. Beide poelen werden in oktober 2000 geherprofileerd: ze werden deels dieper, maar ook deels ondieper gemaakt.

*Poel 6:* deze poel werd aangelegd in oktober 2001 en is het dichtst bij de Maas gelegen. De topografie kende in het verleden ter hoogte van deze locatie een depressie, die dan verder is uitgediept. Aangezien de poel tijdens de zomer van 2002 droog is komen te staan, zijn ook hier in oktober van het zelfde jaar werken uitgevoerd: opnieuw een combinatie van plaatselijke uitdieping en het minder steil maken van de zuidelijke oever. In de poel werd na het hoogwater van januari-februari 2002 de aanwezigheid van vis geconstateerd.

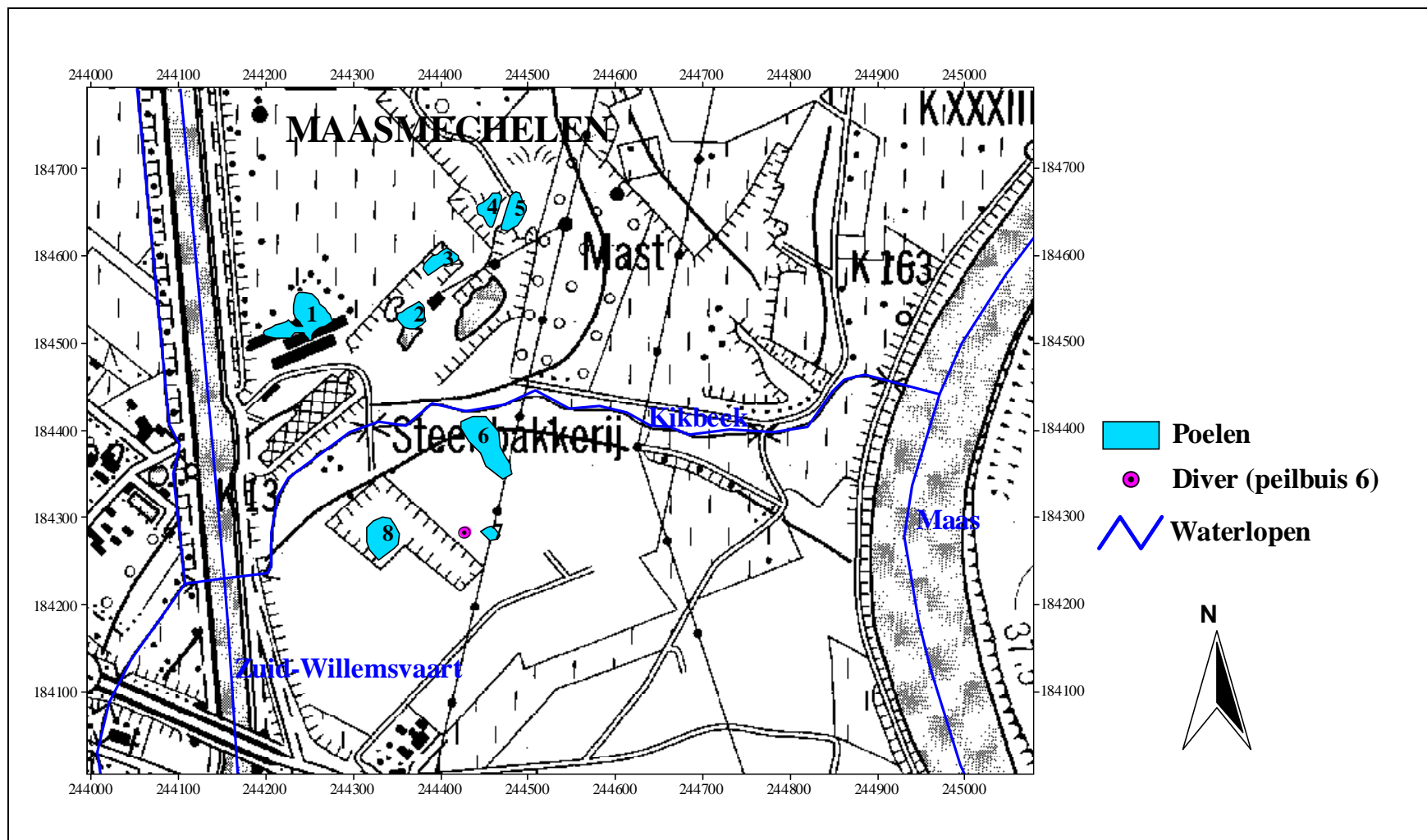
*Poel 7:* deze zeer kleine poel met zeer steile wanden werd aangelegd in oktober 2001. De poel is snel droog komen te staan. Aangezien de omringende gronden geen eigendom zijn van Natuurpunt, kan de poel op dit moment echter niet worden vergroot.

*Poel 8:* deze poel is gelegen op een locatie waar zich reeds een depressie in het landschap bevond en werd ook aangelegd in 2001. De poel is nooit droog gevallen tijdens de afgelopen zomers en kent al een mooie plantengroei in het water. De ontwikkeling van de pioniersvegetatie op de randen is eveneens indrukwekkend.

## Situering Maaswinkel



Figuur 2.1: Situering van het studiegebied.



Figuur 2.2: Ligging van de poelen in Maaswinkel en locatie van de diver in het gebied.

## 3 Relatie Maaspeil - poelpeil

### 3.1 Meetgegevens

Om de relatie na te gaan tussen het Maaspeil en het waterpeil in de poelen werden in juni 2002 op de bodem van de poelen 1 en 8 een diver geïnstalleerd. Voor de nummering van de poelen wordt verwezen naar Figuur 2.2. De divers werden zo ingesteld dat om de 20 minuten een meting werd uitgevoerd. Aanvankelijk was het de bedoeling om één diver te plaatsen in de poel het verste af (poel 1) en één in de poel het dichtste bij de Maas gelegen (poel 6). Echter, omdat de kans groot is dat poel 6 droogvalt, werd geopteerd voor poel 8. De divers werden uitgelezen in februari 2003. Hierbij bleek dat er iets moet zijn misgelopen met de diver in poel 8. De meetgegevens van deze diver waren niet bruikbaar.

Naast de divers, werden in april 2002 peillatten geplaatst in de poelen 1, 4, en 8. Wegens de grote peilschommelingen in de poelen, werden telkens twee peillatten (lengte: 2 m) geplaatst, één op ongeveer het diepste punt van de poel en één op een meer ondiepe plaats. De peillatten kunnen tot op 1 cm nauwkeurig afgelezen worden. In poelen 3 en 6 werden reeds peillatten geplaatst door de plaatselijke afdeling van Natuurpunt. Het waterpeil in de poelen werd regelmatig (~ wekelijks) afgelezen door vrijwilligers van Natuurpunt. De peillatten en de divers werden ingemeten met een waterpas-instrument. Hierbij werd vertrokken vanaf de bovenkant van het plateau van de duiker van de Kikbeek onder de Zuid-Willemsvaart, waarvan de coördinaten gekend zijn (AWZ). Op die manier werden de relatieve meetwaarden omgezet naar [mTAW].

Verder is de stijghoogtentijdreeks over de periode november 2001 – april 2003 beschikbaar van de diver in het gebied, die in het kader van het Proefproject Meers (De Maaswerken, 2000) werd geplaatst. De diver bevindt zich tussen de poelen op een afstand van ongeveer 500 m van de Maas (Figuur 2.2) en wordt verder in het rapport aangeduid als de “diver ter hoogte van peilbuis 6”, conform de originele nummering van de peilbuizen/divers van De Maaswerken in de Maasvallei.

Figuur 3.1 geeft het verloop van het waterpeil weer in de poelen voor de periode april 2002 – april 2003. Hieruit kan afgeleid worden dat in poel 6 de peilschommelingen het grootst zijn en in poel 1 het kleinst. Dit is hetgeen verwacht kan worden, gezien poel 6 en poel 1 respectievelijk het dichtste bij en het verste af liggen van de Maas.

Figuur 3.2 geeft het verloop van het waterdiepte in de poelen weer, gemeten relatief vanaf het diepste punt op de bodem van de respectievelijke poel. In oktober 2002 stond

poel 6 droog. In de andere poelen stond het waterniveau in het beschouwde jaar minimum op een halve meter, en in poelen 1 en 8 over het algemeen hoger dan 1,5 m. Tijdens de hoogwaterpiek van november 2002 steeg het peil in poelen 1, 3, 4, 6 en 8 in twee à drie weken met respectievelijk 0,65 m; 1 m; 1,4 m; 1,05 m en 1,3 m. Daarna zakte het peil in de poelen in een viertal weken met respectievelijk 0,35 m; 0,6 m; 1,05 m; 0,95 m en 1,1 m. Tijdens het hoogwater van januari 2003 stond het gebied volledig onder water. In 2002 bedroeg het gemiddelde waterpeil tijdens het zomerhalfjaar (april-september) in de poelen 1, 3, 4 en 8 respectievelijk ongeveer 1,6 m; 1,1 m; 0,95 m en 1,6 m. In poel 6 bedroeg het gemiddelde zomerpeil minder dan 0,65 m.

Figuur 3.3 geeft het verloop weer van de grondwaterstand ter hoogte van peilbuis 6 (diver) en poel 1 (diver) over de periode augustus 2002 – januari 2003, tesamen met het verloop van het Maaspeil ter hoogte van rivierkilometer 32,6. Het Maaspeil werd berekend op basis van de tijdreeksen van het meetstation Elsloo (rivierkilometer 29) en de karakteristieke verhanglijnen (AWZ, 1997). Het betreft zesuurlijkse waarden, i.e. op de tijdstippen 0.00 u, 6.00 u, 12.00 u en 18.00 u. Het Maaspeil staat over het algemeen steeds lager dan het poelpeil en de grondwaterstand, enkel in het geval van hoogwater kan het omgekeerde zich voordoen. De piekafvoeren tijdens de hoogwaterpiek van november 2002 en het hoogwater van januari 2003 bedroegen respectievelijk ongeveer 1500 m<sup>3</sup>/s en 2750 m<sup>3</sup>/s.

De wisselwerking tussen het oppervlaktewater -en grondwatersysteem is duidelijk merkbaar. De grondwaterstand ter hoogte van peilbuis 6 volgt duidelijk het Maaspeil, en dit vrijwel zonder enige vertraging, wat de goede doorlatendheid van de grind-/zandlaag aangeeft. Tijdens de hoogwaterpiek van november 2002 bereikten het Maas- en de grondwaterstand op dezelfde dag hun piekniveau. Het peil in poel 1, die ongeveer 700 m van de Maas gelegen is, bereikt haar hoogste niveau een tiental dagen na de Maaspiek. In november steeg het poelpeil met 0,9 m ten opzichte van haar niveau in oktober en daalde dan in december terug met 0,35 m. Het Maaspeil bereikte in november een piekwaarde die respectievelijk ongeveer 5 m en 4,5 m hoger bedroeg dan het gemiddelde peil in oktober en in december. De grondwaterstand bereikte in november een piekwaarde die meer dan 2 m hoger lag dan haar peil in oktober, waarna het peil in december terug 1,5 m zakte. Tijdens het hoogwater van januari 2003 bereikte het Maaspeil een piekwaarde die zo'n 6,5 m hoger lag dan haar gemiddelde peil in december. De grondwaterstand ter hoogte van peilbuis 6 steeg in een tweetal weken ongeveer 4,5 m en het peil in poel 1 steeg met 2,5 m. Het peil in poel 1 bereikte haar piekwaarde ongeveer een dag na de Maaspiek. Het peilverloop in de poel vertoont een minder sterk uitgesproken profiel dan het grondwater. Het poelpeil reageert langzamer op fluctuaties in het Maaspeil, i.e. het peil stijgt en daalt langzamer dan de grondwaterstand, hetgeen toe te schrijven is aan het

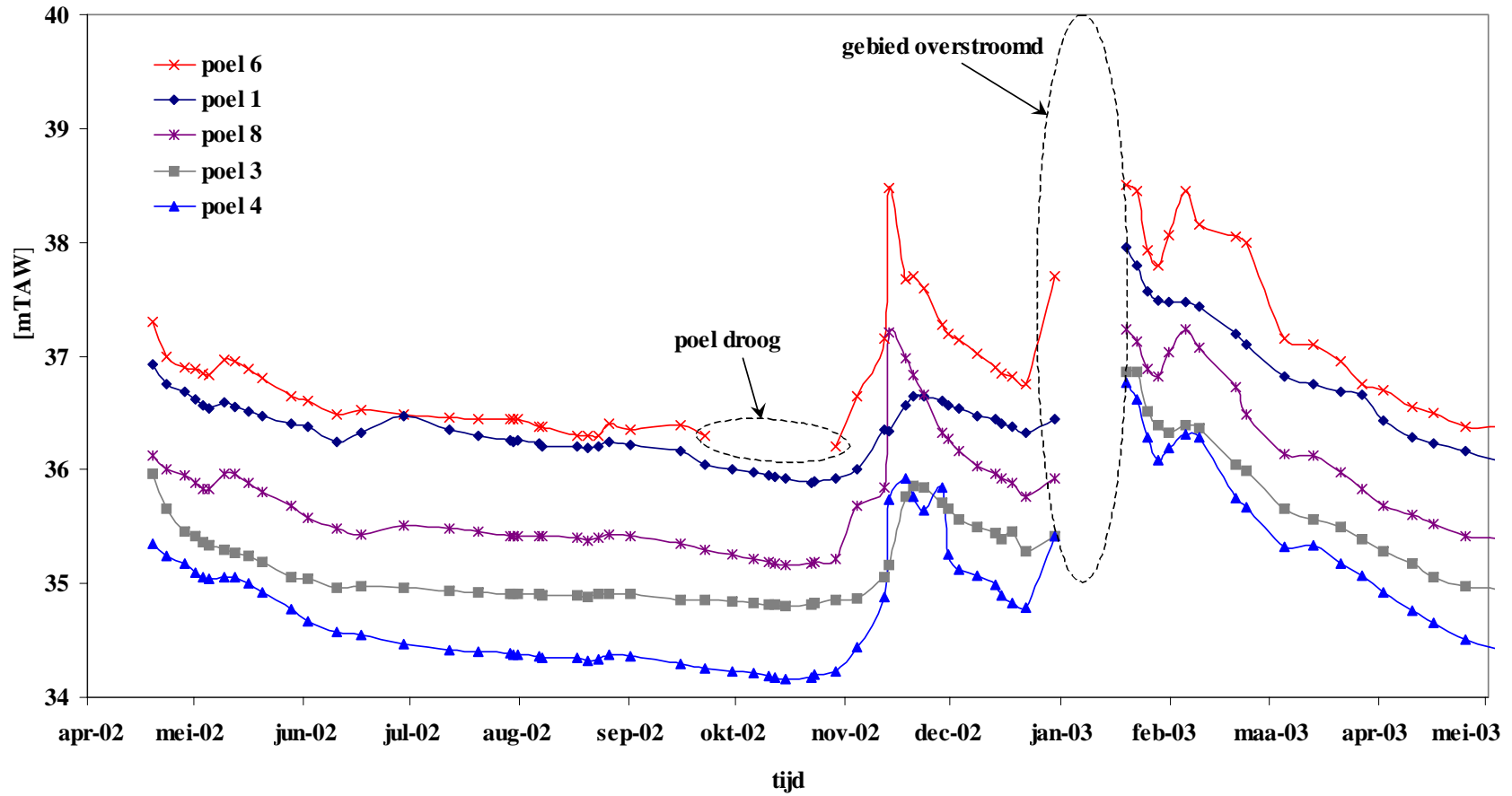
bergend vermogen van de poelen. Om het droogvallen van de poelen te beletten is het noodzakelijk dat de poelen voldoende groot zijn opdat het bergend vermogen groot genoeg is.

Uit de meetgegevens blijkt dat tijdens het hoogwater van januari 2003 de grondwaterstand haar piekwaarde een dag eerder bereikt dan het Maaspeil. Dit kan echter veeleer te wijten zijn aan onnauwkeurigheden in de meetgegevens en in de methode waarmee het Maaspeil geïnterpoleerd werd.

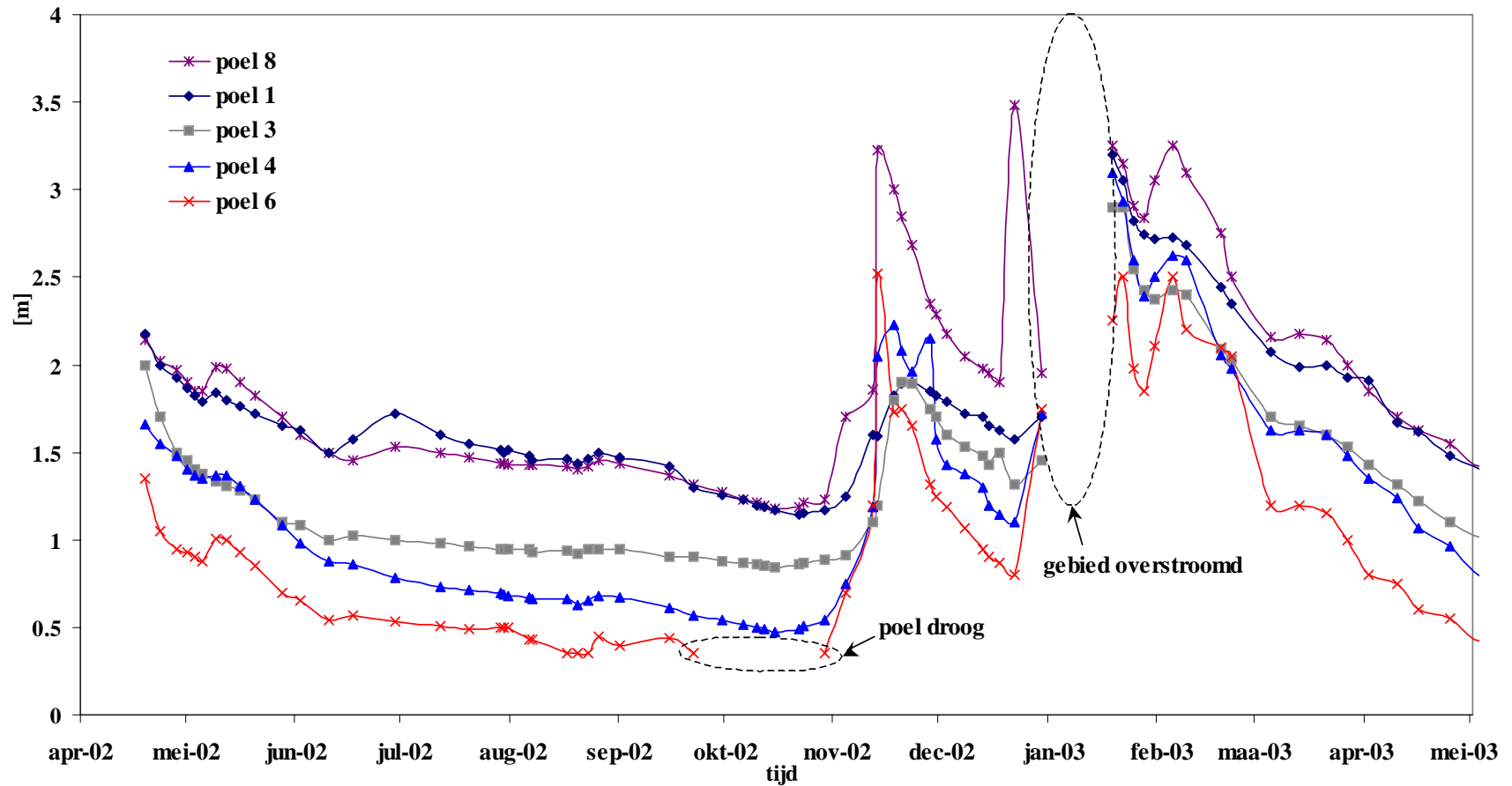
Figuur 3.4 geeft de diepte van het grondwater onder het maaiveld weer ter hoogte van peilbuis 6 over de periode augustus 2002 – januari 2003. Gedurende de laagwaterperiode van augustus 2002 – oktober 2002 stond het grondwater hier zo'n 4 m onder het maaiveld. Tijdens de hoogwaterpiek van november 2002 steeg de grondwaterspiegel met zowat 2 m, en tijdens het hoogwater van januari 2003 steeg het grondwater tot boven het maaiveld.

Samengevat kan het volgende gesteld worden:

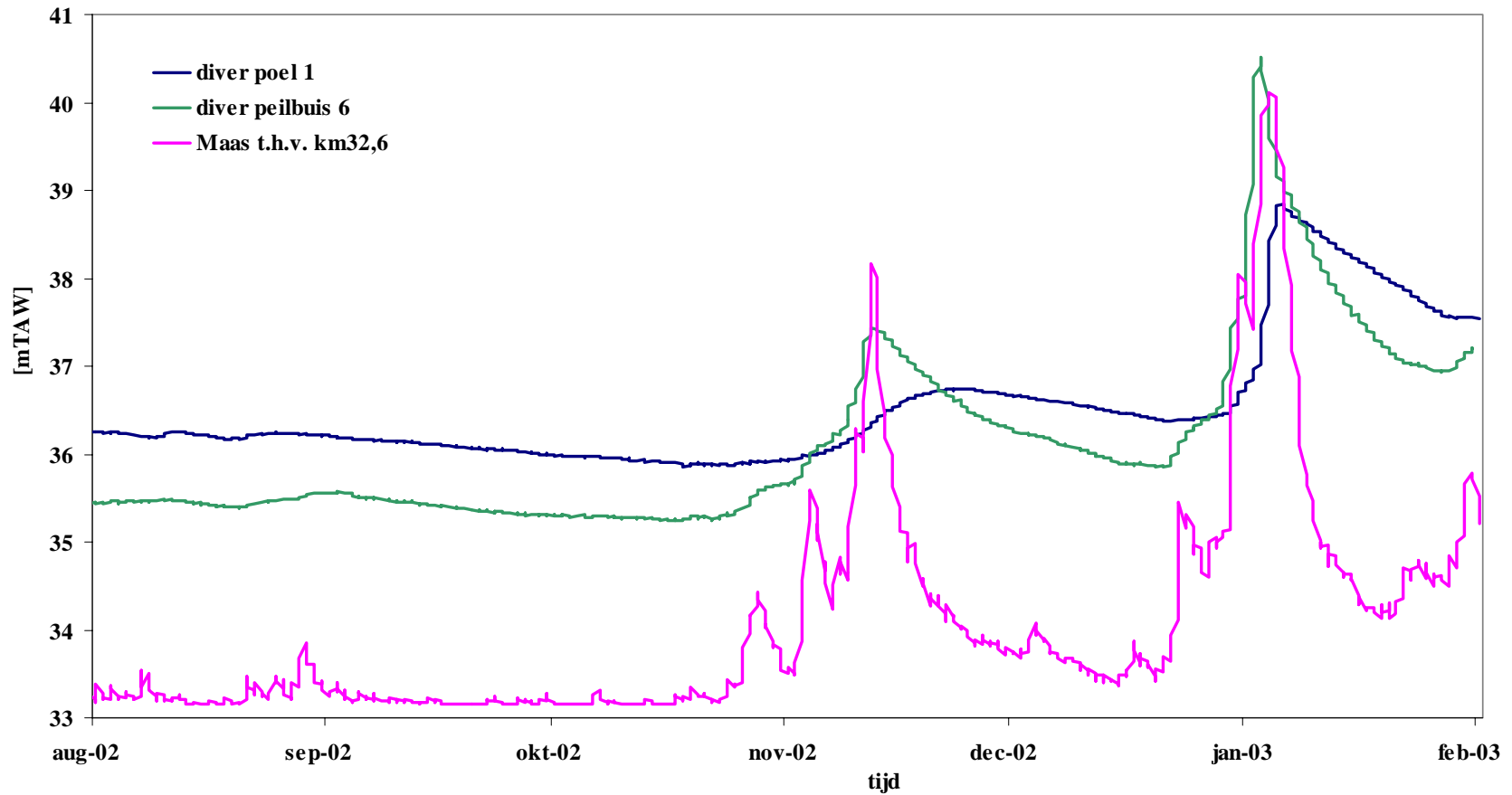
- de grootte van de peilschommelingen in de poelen is afhankelijk van de afstand van de betreffende poel tot de Maas;
- het poelpeil volgt, zij het met een zekere vertraging, duidelijk het Maaspeil wat de goede doorlatendheid van de grind-/zandlaag aangeeft.



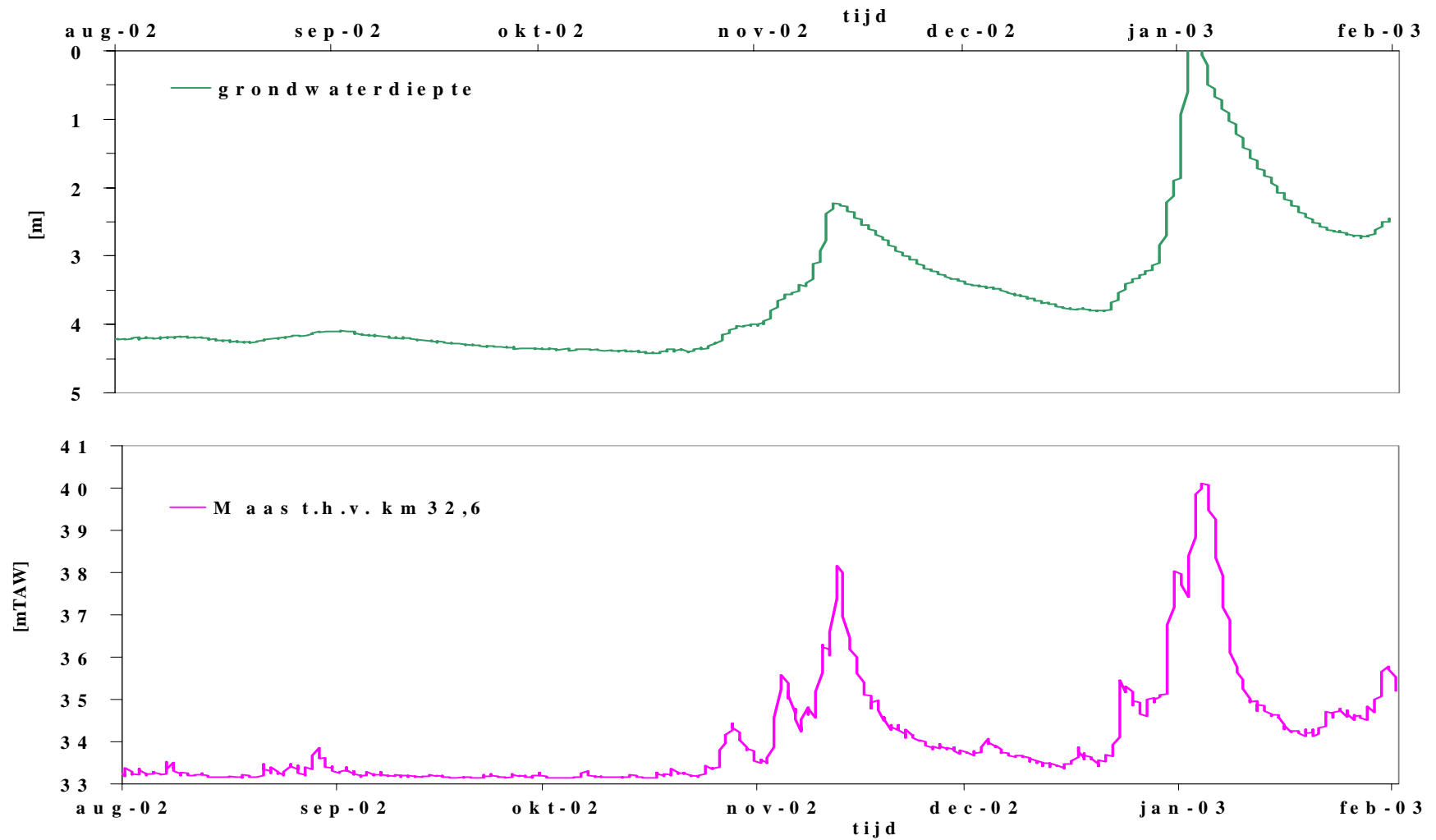
Figuur 3.1: Verloop van het waterpeil in de poelen (meetgegevens): periode april 2002 – april 2003.



Figuur 3.2: Verloop van waterdiepte in de poelen (gemeten vanaf diepste punt op bodem): periode april 2002 – april 2003.



**Figuur 3.3: Verloop van het waterpeil in poel 1 (diver) en ter hoogte van peilbuis 6 (diver), tesamen met het Maaspeil ter hoogte van rivierkilometer 32,6 (zesaarlijkse waarden): periode augustus 2002 – januari 2003.**



**Figuur 3.4: Grondwaterdiepte onder het maaiveld ter hoogte van peilbuis 6 (diver): periode augustus 2002 – januari 2003.**

## 3.2 Grondwatermodel

### 3.2.1 Opbouw model

Om een beter inzicht te krijgen in de relatie tussen het Maaspeil en het poelpeil werd een vereenvoudigd grondwatermodel opgebouwd met behulp van GMS 3.1 (Groundwater Modelling System) (Brigham Young University – Utah, USA, 1996).

De originele versie van MODFLOW, ter beschikking gesteld door de U.S. Geological Survey, bevat enkel het rekenprogramma zonder enige grafische uitvoermogelijkheden. Sinds een aantal jaren worden een reeks (commerciële) meer gebruiksvriendelijke implementaties aangeboden, met een interactieve omgeving met *pre*- en *post*-processoren. Eén van de meest uitgebreide en ontwikkelde geïntegreerde pakketten voor grondwatermodellering is GMS. GMS integreert MODFLOW, MODPATH, FEMWATER, MT3DMS, SEAM3D, SEEP2D, UTCHEM en PEST. De gebruikte versie 3.1 van GMS bevat MODFLOW-96 (Harbaugh & McDonald, 1996), de huidige versie 4.1 werkt met MODFLOW-2000 (Harbaugh & McDonald, 2000).

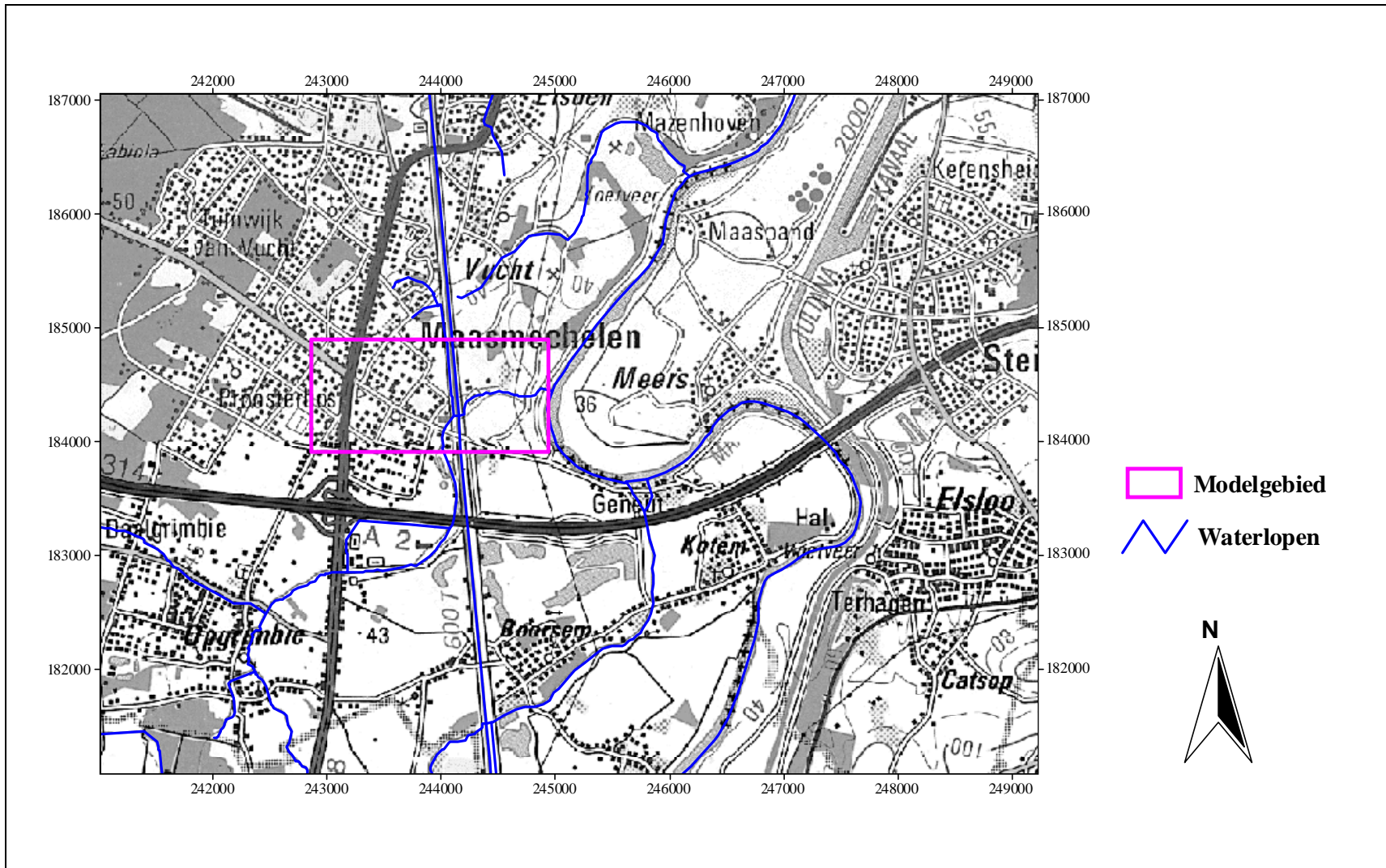
Als modelgebied werd een gebied van 2000 bij 1000 m met een celgrootte van 20 bij 20 m beschouwd (Figuur 3.5). Voor de topografie werd beroep gedaan op het 5 bij 5 m digitaal terreinmodel van de Grensmaasvallei van 1995 (de Maaswerken). Gezien de doorlatendheid van het Maasgrind veel groter is dan van de onderliggende Formatie van Eigenbilzen (kleiig fijn zand), en de daaronder liggende Formatie van Boom (kleiig), werd het model beperkt tot deze Kwartaire grind-/zandlaag. Voor de gegevens omtrent de dikte van het Kwartair werd beroep gedaan op de geologische kaarten (Belgische Geologische Dienst, 2001) van Rekem (kaartblad 26) en de beschikbare boringen die terug te vinden zijn in de DOV-databank van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (Databank Ondergrond Vlaanderen, <http://dov.vlaanderen.be>). De dikte van het Kwartair is de som van de dikte van de deklaag en de dikte van de daaronder liggende grind-/zandlaag. De dikte van de deklaag ter hoogte van Maaswinkel wordt geschat op 2 m (zie paragraaf 2.2), echter nauwkeurige gegevens omtrent de dikte van elk van de twee lagen apart zijn niet voorhanden. Daar bovendien vermoed wordt dat de invloed van de deklaag eerder beperkt is, werd geen opsplitsing overwogen en werd het Kwartair als één laag in het model gebracht. De invoerbestanden voor GMS werden voorbereid in ArcView.

Voor de waarden van de hydrogeologische parameters (doorlatendheid, opbrengstcoëfficiënt<sup>a</sup>) werd een beroep gedaan op de literatuur. Het model werd hierbij

---

opgesplits in twee parameterzones, i.e. een eerste zone (zone 1) vanaf de Maas tot ongeveer 1500 m westwaarts (~ de alluviale vlakte) en een daaropvolgende zone (zone 2) die verder doorloopt tot aan de westrand van het model (~ laagterrassen van de Maas). Aan elk van deze twee zones werd een verschillende set van parameters toegekend, maar in elk van de twee zones werden de parameters constant gehouden. Aan de rastercellen ter hoogte van de poellocaties werd een zeer hoge K-waarde ( $10^6$  m/d) en een opbrengstcoëfficiënt S van “1” toegekend. De parameters werden tijdens de modelcalibratie geoptimaliseerd met behulp van PEST (Parameter ESTimation, zie later).

<sup>a</sup>Voor een freatische laag is dit het volume water dat per oppervlakte-eenheid voor een eenheidsdaling van de waterspiegel wordt afgegeven.



**Figuur 3.5: Het modelgebied voor de locatie Maaswinkel.**

In het oosten vormt de Maas de rand van het model. Het Maaspeil werd ingebracht als een veranderlijke stijghoogte randvoorwaarde ('time-variant specified head'), met om de zes uur een ander waterpeil. Hierbij werd het Maaspeil over de volledige lengte van de modelgrens gevarieerd (voor elke modelcel een specifieke waarde). De noordelijke en zuidelijke rand van het model werden als ondoorlatend beschouwd ('no-flow boundaries'). Aangenomen wordt namelijk dat de grondwaterstroming voornamelijk west-oost (of oost-west) verloopt (isohypsen parallel aan de Maas). Evenals voor de oostelijke randvoorwaarde werd voor de westelijke modelgrens als randvoorwaarde een veranderlijke stijghoogte ingevoerd. Deze werd bepaald op basis van het stijghoogteverloop (gradiënt) tussen twee gekende meetpunten van het Primair Netwerk van AMINAL Afdeling Water, respectievelijk op 3750 m (peilbuiscode 7-0196) en 7200 m (peilbuiscode 7-0125) ten westen van de Maas. Om de invloed van deze randvoorwaarde te beperken werd de modelgrens daarom relatief ver, i.e. 2000 m westwaarts van de Maas gesitueerd. Gezien voor de twee betreffende peilbuizen van AMINAL slechts maandelijkse waarden beschikbaar zijn, kon deze randvoorwaarde ook slechts op maandelijkse basis gevarieerd worden. De maximale fluctuaties in de grondwaterstand (maandelijkse waarden) over de periode 01/08/2002-01/02/2003 bedragen respectievelijk ongeveer 0,15 m en 0,4 m ter hoogte van peilbuis 7-0125 en peilbuis 7-0196.

Aangenomen wordt dat de Zuid-Willemsvaart geen invloed heeft op het hydrologisch systeem in het gebied, daar het kanaal boven het maaiveld ligt. De Kikbeek werd voor de eenvoud ook buiten beschouwing gelaten. Gezien de lemige beekbodem kan aangenomen worden dat de invloed van de Kikbeek op het hydrologisch systeem erg gering is.

Voor de natuurlijke aanvulling werd een constante waarde van 300 mm/jaar genomen, die gelijk verdeeld werd over alle 'stress perioden'. Ter hoogte van de poelen ('open water') werd een waarde van 700 mm/j genomen voor de natuurlijke aanvulling, overeenkomend met de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid neerslag in België.

In het zuiden van het gebied bevindt zich één pompput (landbouwwinning) waarvoor het vergunde jaardebiet 2500 m<sup>3</sup>/jaar bedraagt. Het betreft dus een kleine winning met weinig tot geen invloed, daarom werd ze buiten beschouwing gelaten.

### 3.2.2 Tijdsafhankelijke modellering

In een eerste fase werd een tijdsafhankelijke simulatie ('transiënte modellering') uitgevoerd voor de periode 01/08/2002-01/02/2003. Voor deze periode zijn de meetgegevens van de peillatten in de poelen, van de diver in poel 1 en van de diver ter hoogte van peilbuis 6 beschikbaar. Deze gegevens werden gebruikt om het model te calibreren. De simulatieperiode van 185 dagen werd opgedeeld in 'stress perioden' van zes uur. Elke stress periode werd verder ingedeeld in zes tijdstappen van een uur. Het model berekent dus om het uur een nieuwe stijghoogtenverdeling.

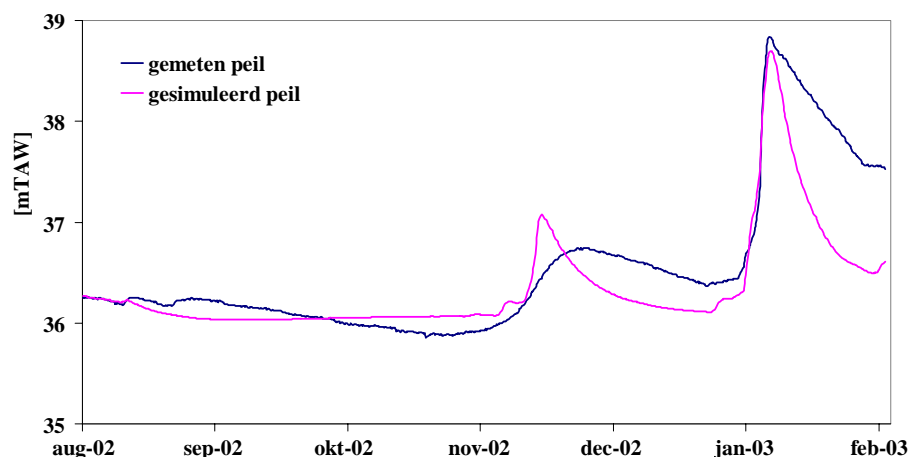
### 3.2.3 Modelcalibratie

Het doel van modelcalibratie is de parameterwaarden zo aan te passen dat de berekende waarden zo goed mogelijk overeenkomen met de gemeten waarden. De calibratie werd uitgevoerd met behulp van het programma PEST (Parameter ESTimation), dat geautomatiseerde calibratie toelaat (Doherty et al., 1996). PEST is een alleenstaand programma dat onafhankelijk werkt van het bestaande model en dus met om het even welk model kan gekoppeld worden (niet beperkt tot grondwatermodellen). Het maakt aan de hand van 'input template files', die een beschrijving bevatten van de invoerbestanden van het model, de originele inputfiles van het model aan en start die dan zelf op. Na afloop van de simulatie leest het programma de berekende resultaten aan de hand van de 'output template files', die een beschrijving van de uitvoerbestanden bevatten, en vergelijkt deze met de opgegeven waarnemingen. Op basis hiervan worden de invoergegevens vervolgens aangepast en de cyclus herbegint tot aan het door de gebruiker opgelegde criteria wordt voldaan. Het past hierbij zelf de parameters aan tot de optimale waarden bereikt zijn. De optimalisatie is gebaseerd op de Gauss-Marquardt-Levenberg methode. Meer uitleg kan onder andere teruggevonden worden in Doherty (1996).

Tijdens de modelcalibratie werden voor de twee parameterzones (paragraaf 3.2.1) de doorlatendheid  $K$  en de opbrengstcoëfficiënt  $S$  geoptimaliseerd. Enkel ter hoogte van de poellocaties werd  $K = 10^6$  m/d en  $S = 1$  vast gehouden. De calibratie leverde volgende optimale waarden op: voor zone 1 (alluviale vlakte):  $K = \pm 178,4$  m/d en opbrengstcoëfficiënt = 0,0076; voor zone 2 (laagterrassen):  $K = \pm 1,4$  m/d en opbrengstcoëfficiënt = 0,0149.

Wat de poelen betreft werd de calibratie vooral gericht op poel 1, gezien voor deze poel het meeste meetgegevens beschikbaar zijn (diver). De gemiddelde absolute afwijking

tussen de berekende en gemeten peilen in poel 1 bedraagt 0,3 m, met verschillen die variëren van enkele centimeter tot 1,2 m. De grootste afwijkingen betreffen de piekpeilen, bij laagwater (basisafvoer) is de overeenkomst tussen de gesimuleerde en berekende waarden beter (Figuur 3.6).



**Figuur 3.6: Gemeten versus gesimuleerd waterpeil in poel 1.**

### 3.2.4 Tijdreeksanalyse

Met behulp van het gecalibreerde model werd een simulatie uitgevoerd voor de periode januari 1998 – januari 2003. Figuur 3.7 geeft de resultaten weer voor poel 1. In de beschouwde vijfjaarperiode stond het Maaspeil achttien keer gedurende minstens één dag hoger dan het peil in poel 1. Voor elk van de vijf jaren werd de grootste hoogwaterpiek van het betreffende jaar geselecteerd, tesamen met de hoogwaterpiek van januari 2003, en er werd nagegaan hoe snel het peil in poel 1 reageert op de respectievelijke Maaspieken (Tabel 3.1). Het peil in poel 1 blijkt haar hoogste niveau te bereiken 3,25 tot 4,25 dagen na de Maaspiek. De grootste hoogwaterpiek betreft deze van januari 2003 waarbij het peil in poel 1 haar hoogste niveau bereikt 3,25 dagen na de Maaspiek. De kleinste van de beschouwde hoogwaterpieken betreft die van maart 2000, waarbij de reactietijd Maaspiek-poelpeik 4,25 dagen bedraagt. Dit geeft aan dat de reactietijd afhankelijk is van de grootte van de hoogwaterpiek, met kortere reactietijden naarmate de hoogwaterpiek groter is.

**Tabel 3.1: Hoogste jaarlijkse Maaspiek over de periode januari 1998 – januari 2003, tesamen met de reactietijd ('dode tijd') ter hoogte van poel 1.**

<b>Jaar</b>	<b>Hoogwaterperiode</b>	<b>Reactietijd poel 1 [dagen]</b>
1998	29/10 - 5/11	4
1999	26/12 - 30/12	3,5
2000	5/3 - 6/3	4,25
2001	22/3 - 28/3	3,5
2002	13/2 - 17/2	3,75
2003	31/12 - 7/1	3,25

Om na te gaan hoe het grondwater reageert in de eerste 1500 m ten westen van de Maas, werd het grondwaterstandsverloop over de periode 01/08/2002-01/02/2003 geanalyseerd in een profiel ter hoogte van poel 1. Figuur 3.8 geeft het verloop weer van de grondwaterstand op 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 1000 m en 1500 m langsheen dit profiel over de betreffende periode. Uit de Figuur blijkt dat de gesimuleerde grondwaterstand gestaag stijgt met grotere afstand van de Maas. Dichtbij de Maas (tot 500 m) zijn alle pieken in het Maaspeil zeer duidelijk waar te nemen in de gesimuleerde grondwaterstand. Op grotere afstand van de Maas (> 500 m) zijn alleen de grotere afvoerpieken waar te nemen in de gesimuleerde grondwaterstand.

Tijdens het zomer halfjaar (april-september) van 2002 trad geen hoogwaterpiek op (Figuur 3.9). De grondwaterstand op 100 m van de Maas staat zo'n 1,5 m hoger dan het Maaspeil over de beschouwde periode, en op 1500 m bedraagt het verschil zowat 3,5 m. Het tijdelijk hoger Maaspeil in mei 2002, waarbij het peil in één dag met ongeveer een meter steeg, manifesteert zich op 100 m van de Maas in een stijging van de grondwaterstand met 15 cm, terwijl de invloed verderaf nauwelijks merkbaar is. Figuur 3.10 geeft het verloop weer van de gemiddelde grondwaterstand langsheen het profiel ter hoogte van poel 1 over het beschouwde zomer halfjaar.

In de periode oktober 2002- januari 2003 (~winter halfjaar) traden twee hoogwaterpieken op (Figuur 3.11). Tijdens de hoogwaterpiek van november 2002 stond het Maaspeil (piekniveau) respectievelijk zo'n 0,5 m en 1,4 m hoger dan de grondwaterstand op 100 m en 1500 m van de Maas. De Maaspijk manifesteert zich op een afstand van 100 m van de Maas na ongeveer een halve dag. Op 1500 m wordt de piek in de grondwaterstand zo'n zeven dagen na de Maaspijk bereikt. In geval van het hoogwater van januari 2003 bedraagt het verschil tussen de Maaspijk en het piekniveau in de grondwaterstand op een afstand van 100 m en 1500 m respectievelijk ongeveer 0,3 m en 2,8 m. De hoogwaterpiek

manifesteert zich op 100 m vrijwel zonder enige vertraging ( $\pm$  zes uur), op 1500 m bedraagt de vertraging ongeveer 5,5 dagen.

Figuren 3.12 en 3.13 tonen de grondwaterisohypsen in de omgeving van de poelen voor respectievelijk een situatie van laagwater en hoogwater. Het betreft de isohypsenpatronen zoals verkregen op basis van de resultaten van de schematische grondwatermodellering. Het isohypsenpatroon geeft aan dat bij laagwater de grondwaterstroming west-oost verloopt, waarbij de Maas een drainerende werking heeft, terwijl bij hoogwater het omgekeerde zich voordoet, waarbij de Maas infiltrerend werkt en de grondwaterstroming west-oost verloopt. Ook blijkt dat bij laagwater van de Maas het grondwater divergerend wegstroomt van de poelen (zie patroon rondom poel 1), de poelen verliezen dus netto water. Bij hoogwater van de Maas stroomt het grondwater convergerend vanuit het oosten naar de poelen toe. De poelen ontvangen in dit geval dus netto meer water dan ze aan stroomafwaartse zijde (westen) verliezen.

Om nader inzicht te krijgen in het stromingspatroon in het gebied werd voor de periode augustus 2002 – januari 2003 voor elke tijdstap een massabalans opgesteld voor de Maas. Figuur 3.14 geeft de netto kwel naar of infiltratie vanuit de Maas over de beschouwde periode, samen met de afvoer van de Maas ter hoogte van Lanaken. Hieruit blijkt dat bij een basisafvoer in de Maas, de grondwaterstroming richting Maas plaatsvindt waardoor de Maas draineert en kwel optreedt in de Maas. Bij hoogwater geven de modelresultaten aan dat de Maas het onderliggende grondwatersysteem voedt. De hoeveelheid water die naar de Maas toestroomt, in periodes van laagwater (basisafvoer), vertoont weinig fluctuaties en bedraagt gemiddeld ongeveer 1600 m<sup>3</sup>/d. Bij hoogwater kan de voeding vanuit de Maas oplopen tot ongeveer 6000 m<sup>3</sup>/d. Voor de hoogwaterpiek van november 2002 geven de berekeningen aan dat er gedurende twee à drie dagen een stroming zou zijn geweest vanuit de Maas; de afvoer in de Maas bedroeg toen 1000-1500 m<sup>3</sup>/s. In geval van het hoogwater van januari 2003 geven de berekeningen aan dat de Maas gedurende een week het grondwatersysteem gevoed zou hebben. De afvoer in de Maas bedroeg tijdens die periode gemiddeld meer dan 1500 m<sup>3</sup>/s, dit is de afvoer bij volle bedding. Tot op welke afstand de voedende werking van de Maas doorwerkt op het grondwatersysteem bij hoogwater kan niet met zekerheid afgeleid worden op basis van de modelresultaten. Verder onderzoek is dus nodig om uitsluitsel te kunnen geven over de vraag of de poelen, in geval van hoogwater, via het grondwater kunnen gevoed worden door de Maas.

### Hoogwaternevengeul:

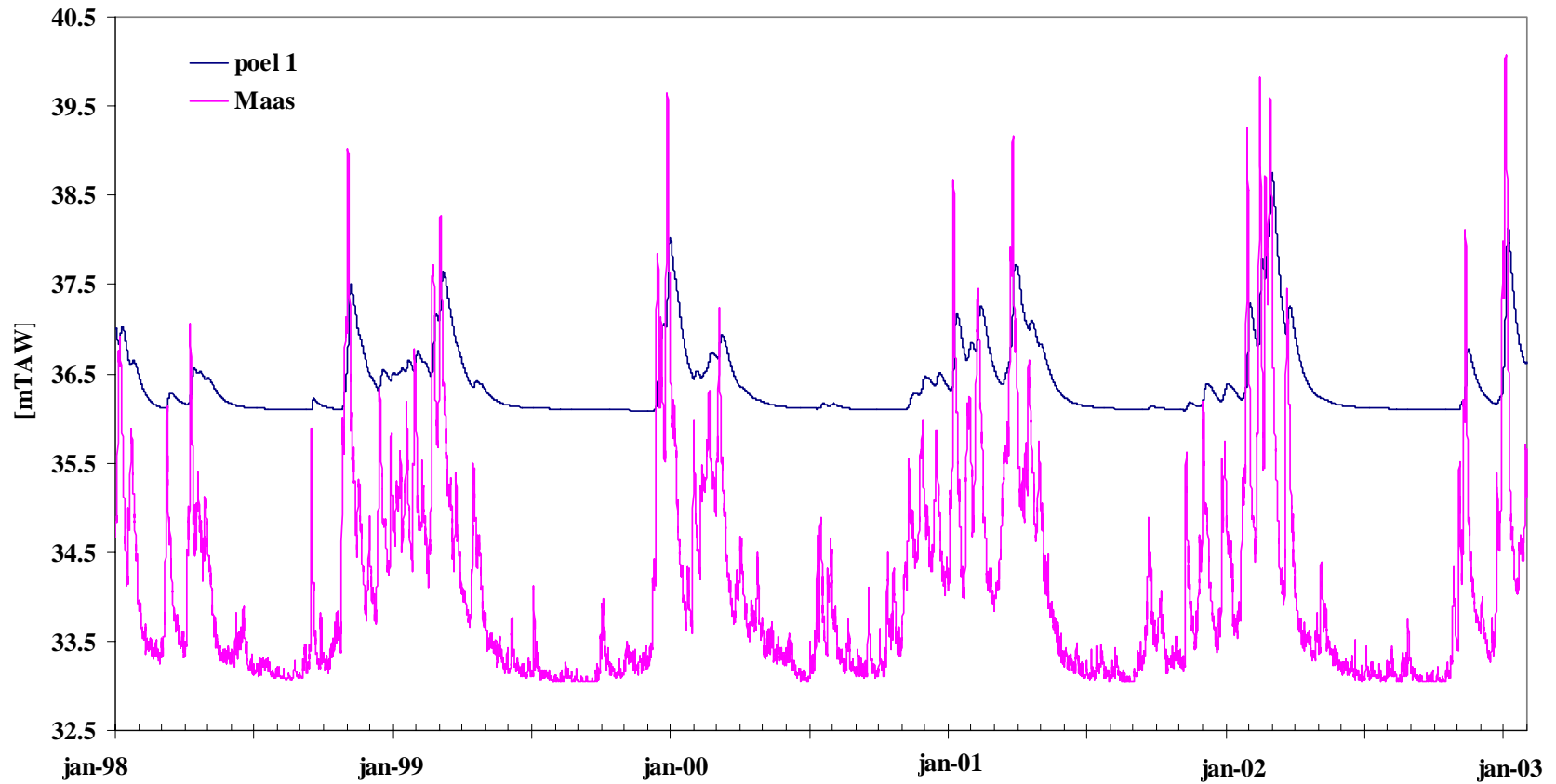
Om de invloed van de geplande heraantakking van de voormalige nevengeul van de Maas op het poelpeil na te gaan werd opnieuw een simulatie uitgevoerd voor de periode januari 1998 – januari 2003. De cellen ter hoogte van de nevengeullocaties werden gedefinieerd als veranderlijke stijghoogten ('time-variant specified heads'), waarbij het peil in de hoogwaternevengeul gelijk genomen werd aan het Maaspeil indien de afvoer groter was dan 800 m<sup>3</sup>/s en in het andere geval gelijk genomen werd aan het Maaspeil ter hoogte van de aantakking stroomafwaarts (zie Effectenanalyse, De Smedt et al., 1998).

Figuur 3.15 geeft het verloop weer van de grondwaterstand op 200 m, 500 m, 1000 m en 1500 m langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (zie eerder) over de periode januari 1998 – januari 2003 voor de situatie met hoogwaternevengeul *versus* de huidige situatie (zonder hoogwaternevengeul). Hieruit blijkt dat de grondwaterstand in de situatie met hoogwaternevengeul over het algemeen lager staat dan in de huidige situatie. De grondwaterstand op een afstand van 200 m, 500 m, 1000 m en 1500 m van de Maas staat over de beschouwde vijfjaarperiode gemiddeld respectievelijk ongeveer 0,9 m; 0,8m; 0,66 m en 0,63 m lager. In geval van een hoogwaterpiek geven de modelresultaten aan dat in de situatie met hoogwaternevengeul het grondwater tijdelijk hoger kan staan (Figuur 3.17). Het betreft echter enkel de piekpeilen, en eens de piek voorbij is daalt de grondwaterstand terug naar een niveau onder het niveau in de huidige situatie. Het grondwaterstandsverloop in de situatie met hoogwaternevengeul vertoont grotere en snellere fluctuaties dan in de huidige situatie, zo treedt de piek in het grondwater sneller op doordat de hoogwaternevengeul het Maaswater dichterbij de poelen brengt. De invloed van de hoogwaterpiek van november 2002 is merkbaar tot op 500 m van de Maas, die van het hoogwater van januari 2003 tot op 1500 m van de Maas. Het verschil in piekpeil uit zich vooral op 400 à 500 m van de Maas, terwijl dichterbij de Maas en verder van de Maas weg de verschillen in piekniveau geringer zijn. In geval van laagwater geven de modelresultaten aan dat het grondwater in de situatie met hoogwaternevengeul stevast lager staat dan in de huidige situatie (Figuur 3.16). De verschillen op 200 m, 500 m, 1000 m en 1500 m bedragen respectievelijk 1,07m; 0,95 m; 0,76 m en 0,72 m.

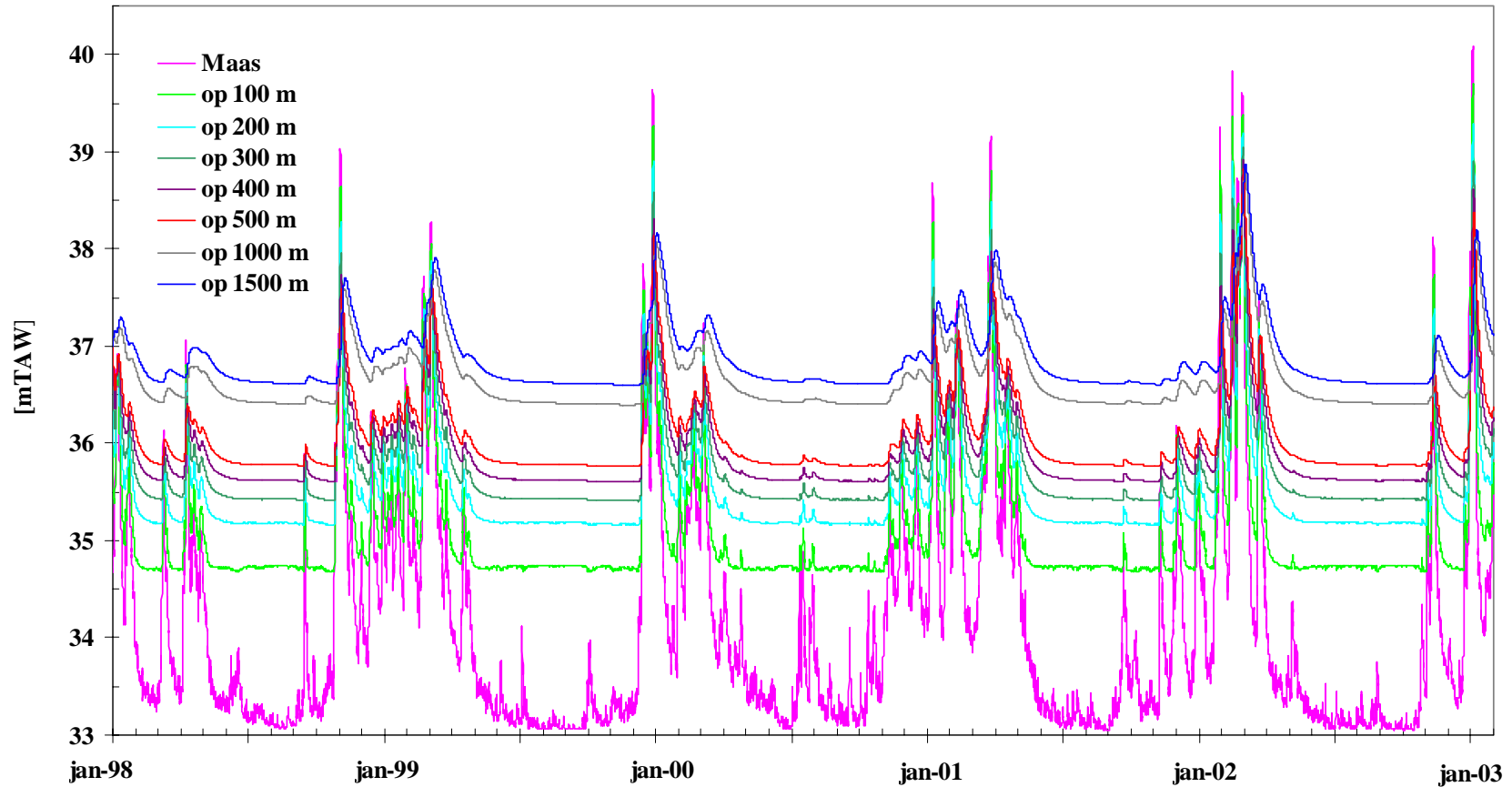
Samengevat kan het volgende gesteld worden:

- hoe groter de Maaspiek hoe korter de reactietijd van het grondwatersysteem en de poelen;
- bij hoogwater kunnen sommige poelen rechtstreeks overstroomd worden door Maaswater;

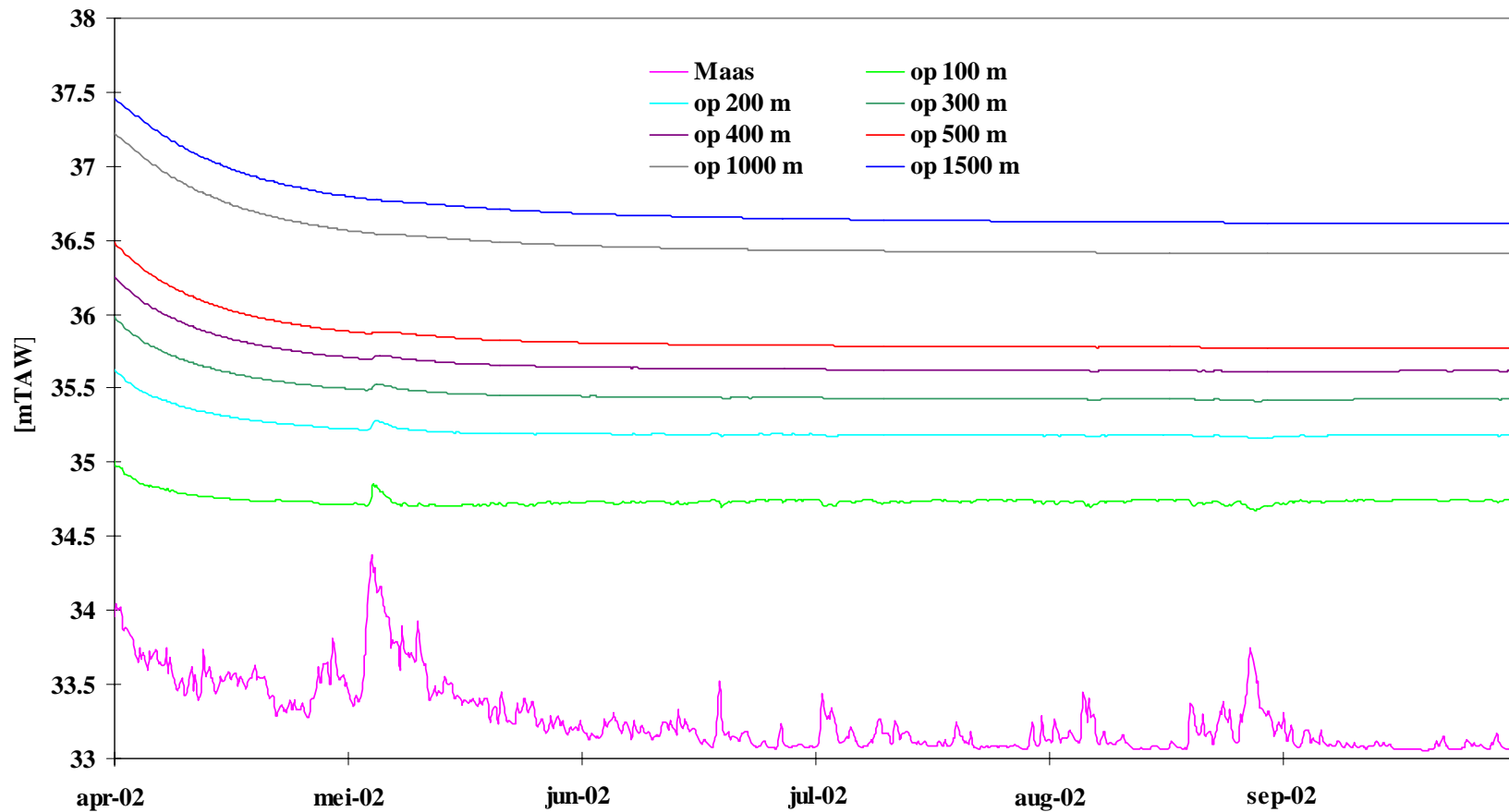
- de aanleg van de hoogwaternevengeul zal over het algemeen tot een daling in de grondwaterstand en het poelpeil leiden;
- de hoogwaternevengeul zal een sterkere interactie tussen de Maas en het grondwatersysteem en de poelen met zich meebrengen.



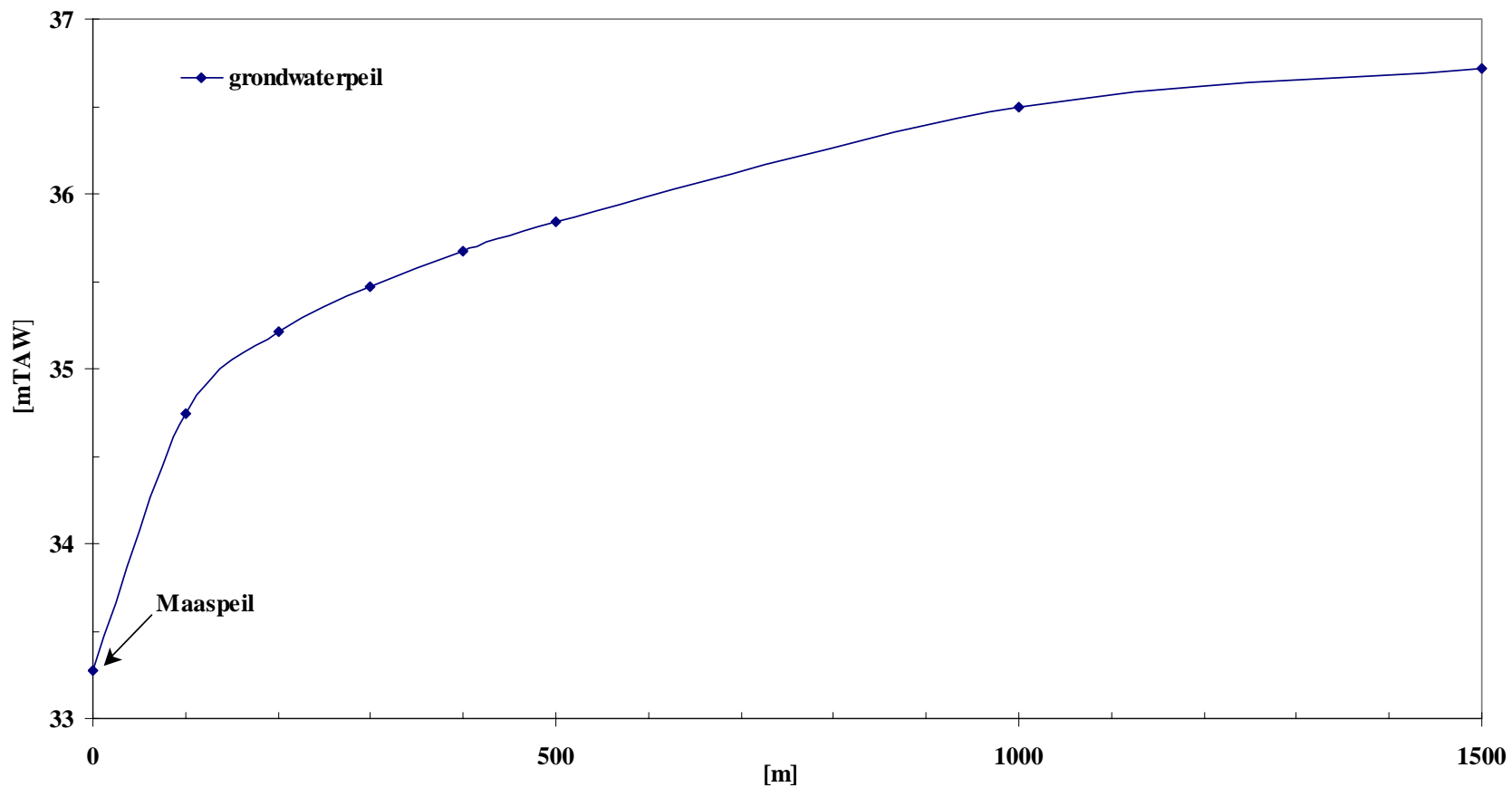
**Figuur 3.7: Verloop van het waterpeil in poel 1 (gesimuleerde waarden), tesamen met het Maaspeil: periode januari 1998 – januari 2003.**



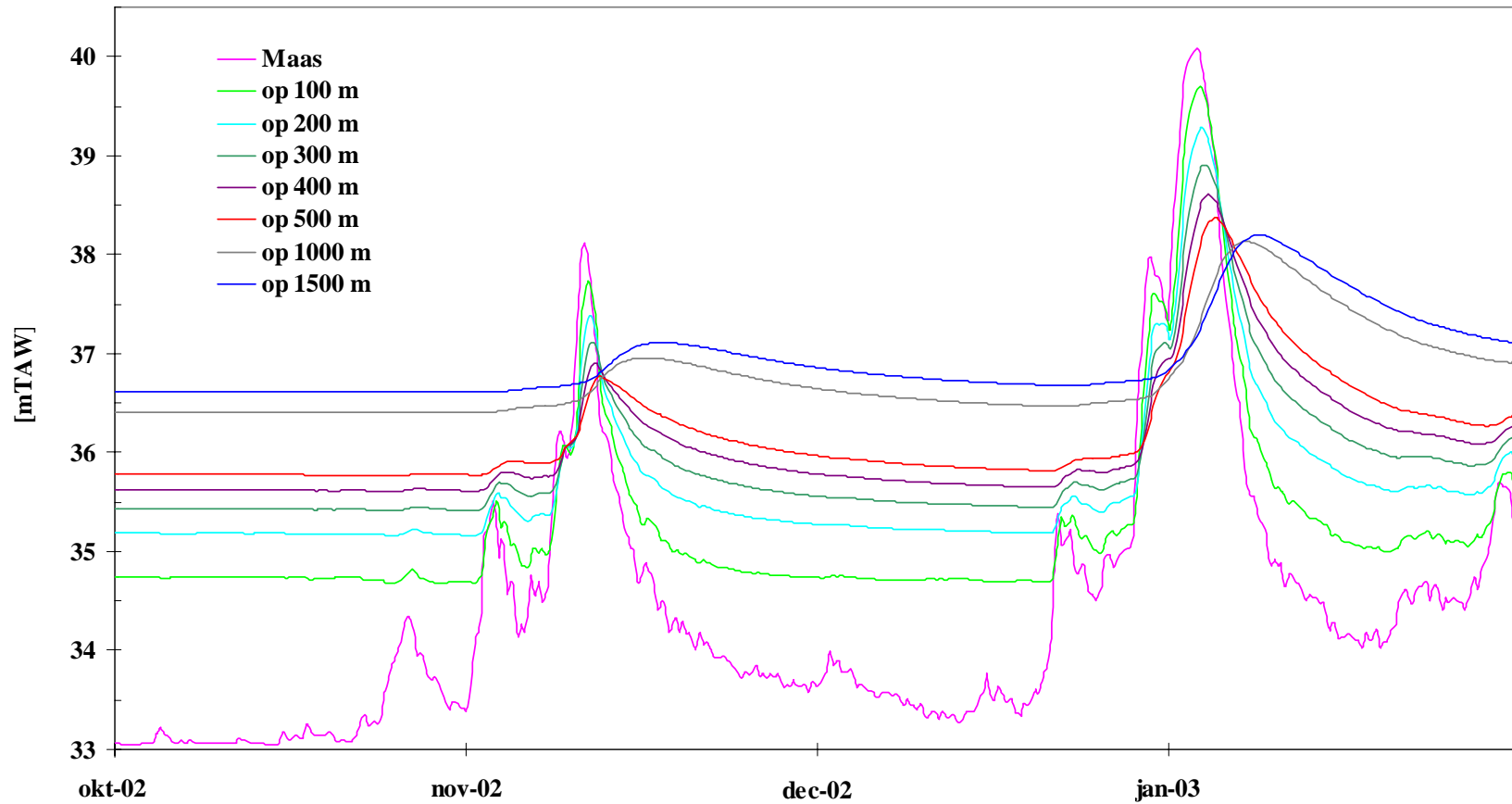
**Figuur 3.8:** Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden): op 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas (periode januari 1998 – januari 2003).



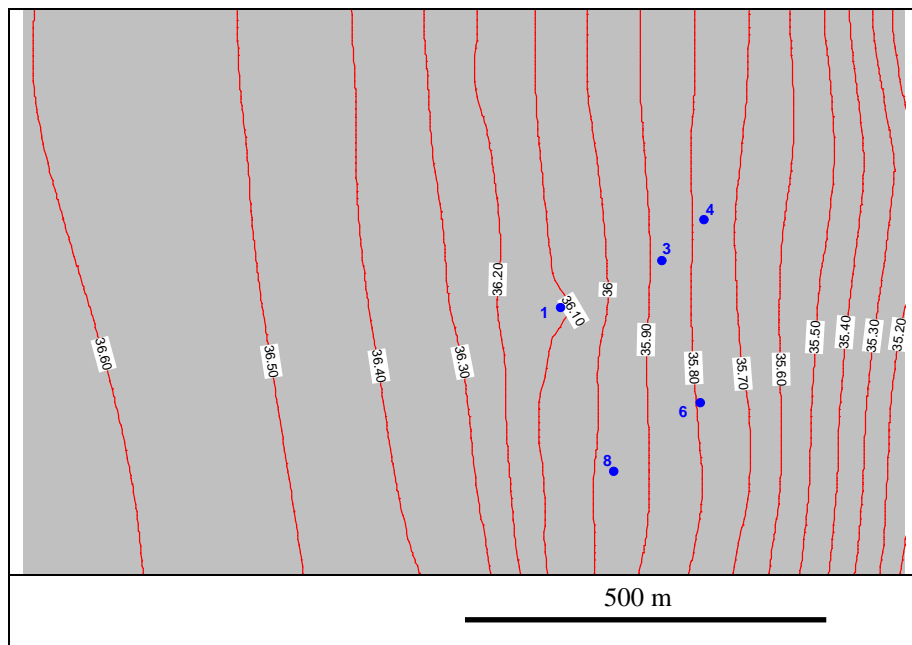
**Figuur 3.9: Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden), op 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas: periode april 2002 – september 2002 (zomer halfjaar).**



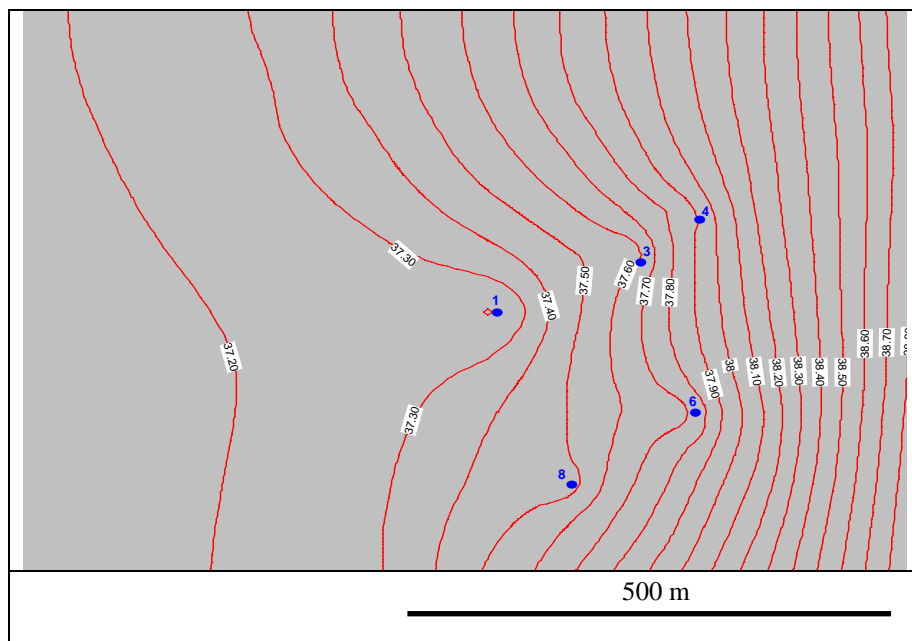
**Figuur 3.10: Gemiddelde grondwaterstand in functie van de afstand tot de Maas: periode april 2002 – september 2002 (zomer halfjaar).**



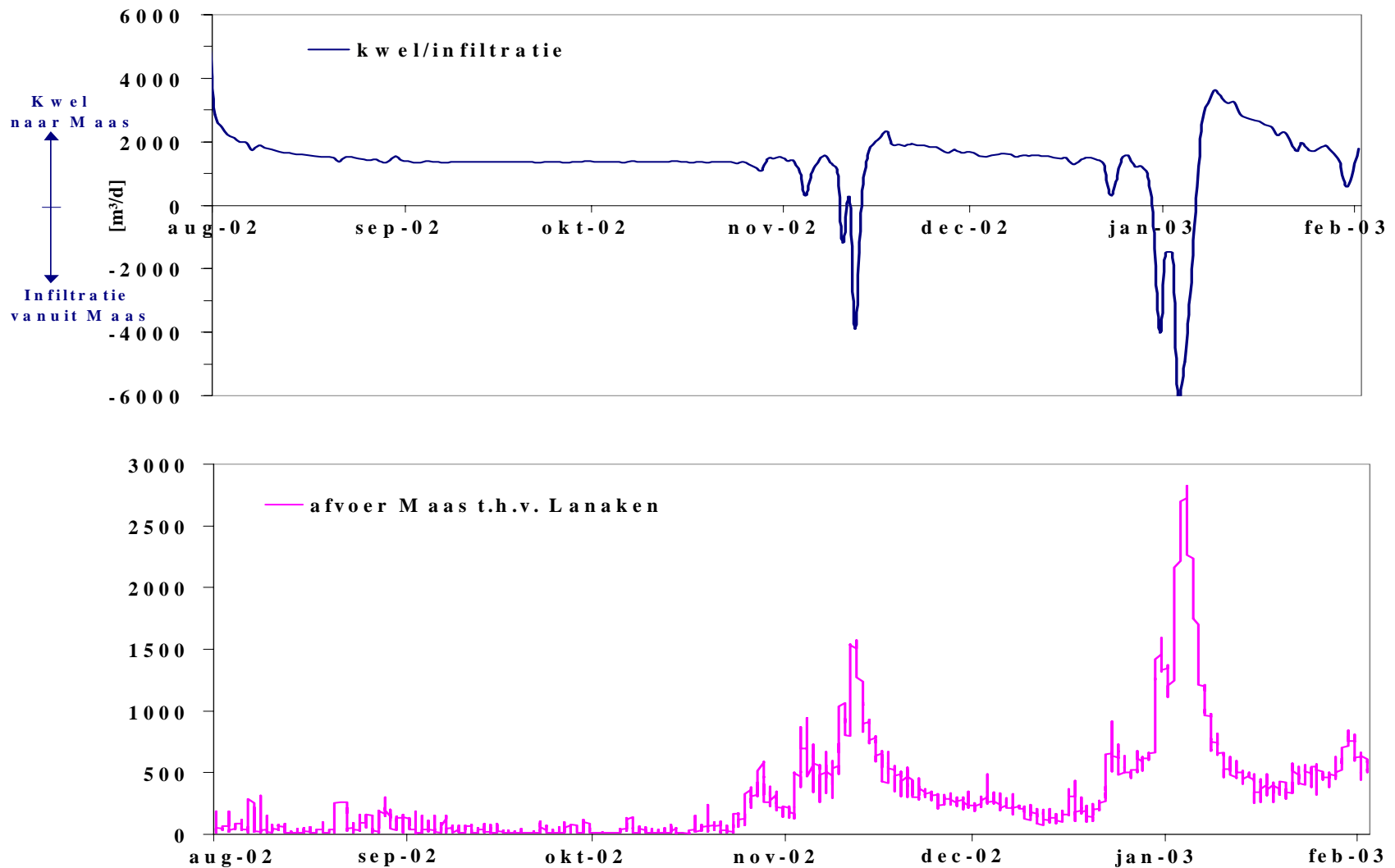
**Figuur 3.11: Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden), op 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas: periode oktober 2002 – januari 2003 (~ winter halfjaar).**



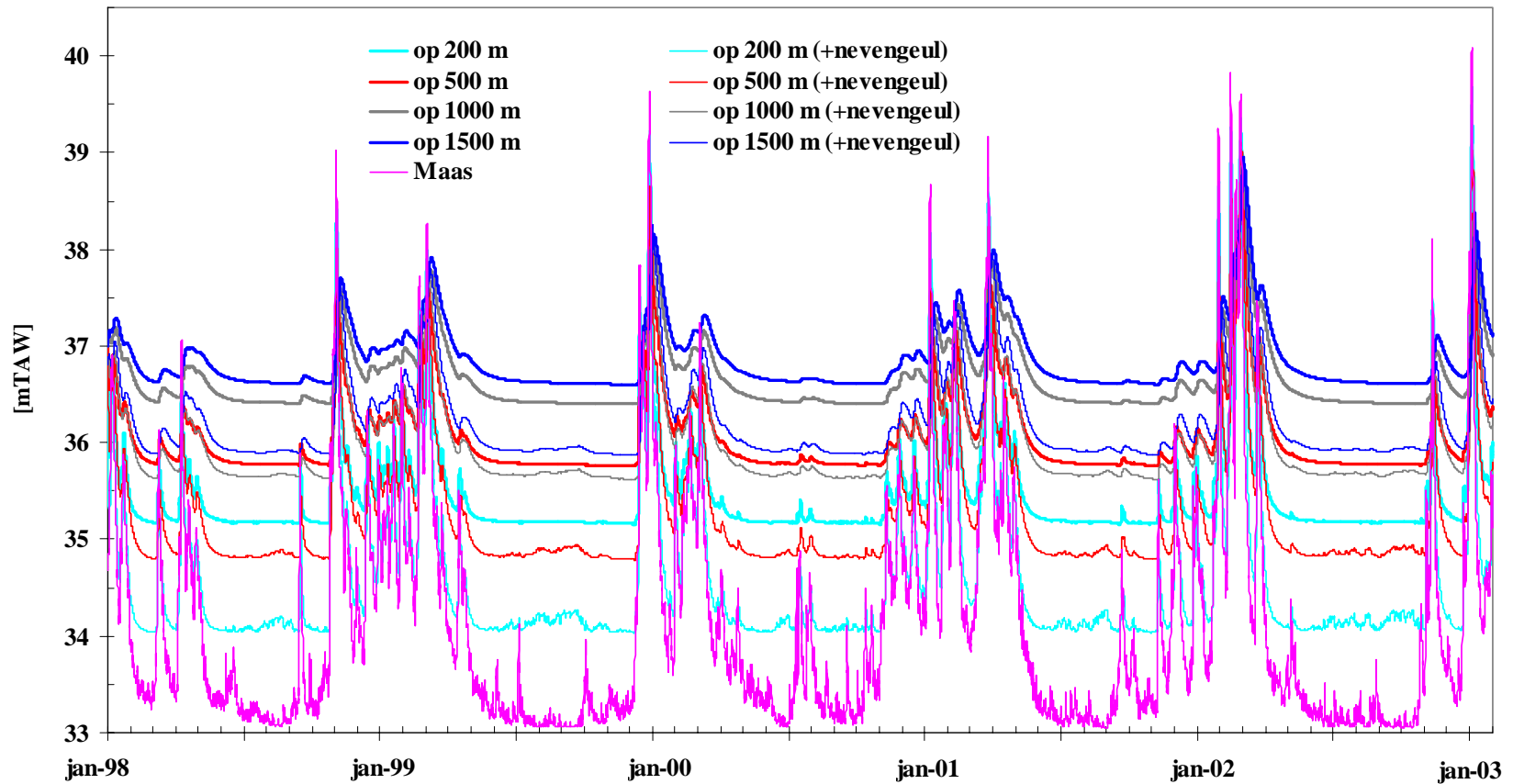
**Figuur 3.12: Grondwaterisohypsen in de omgeving van de poelen bij laagwater (simulatie 3/11/1998).**



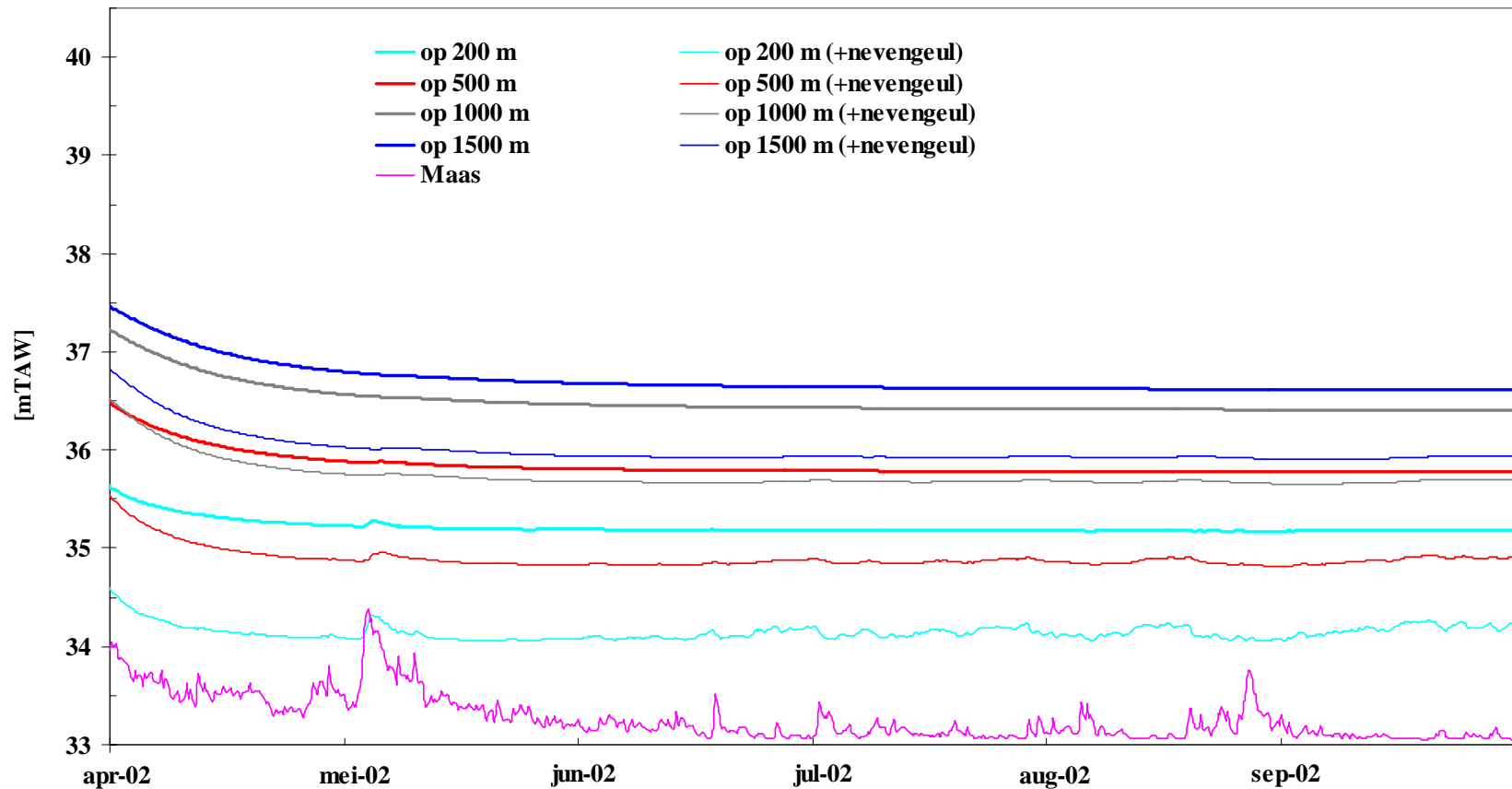
**Figuur 3.13: Grondwaterisohypsen in de omgeving van de poelen bij hoogwater (simulatie 28/12/1998).**



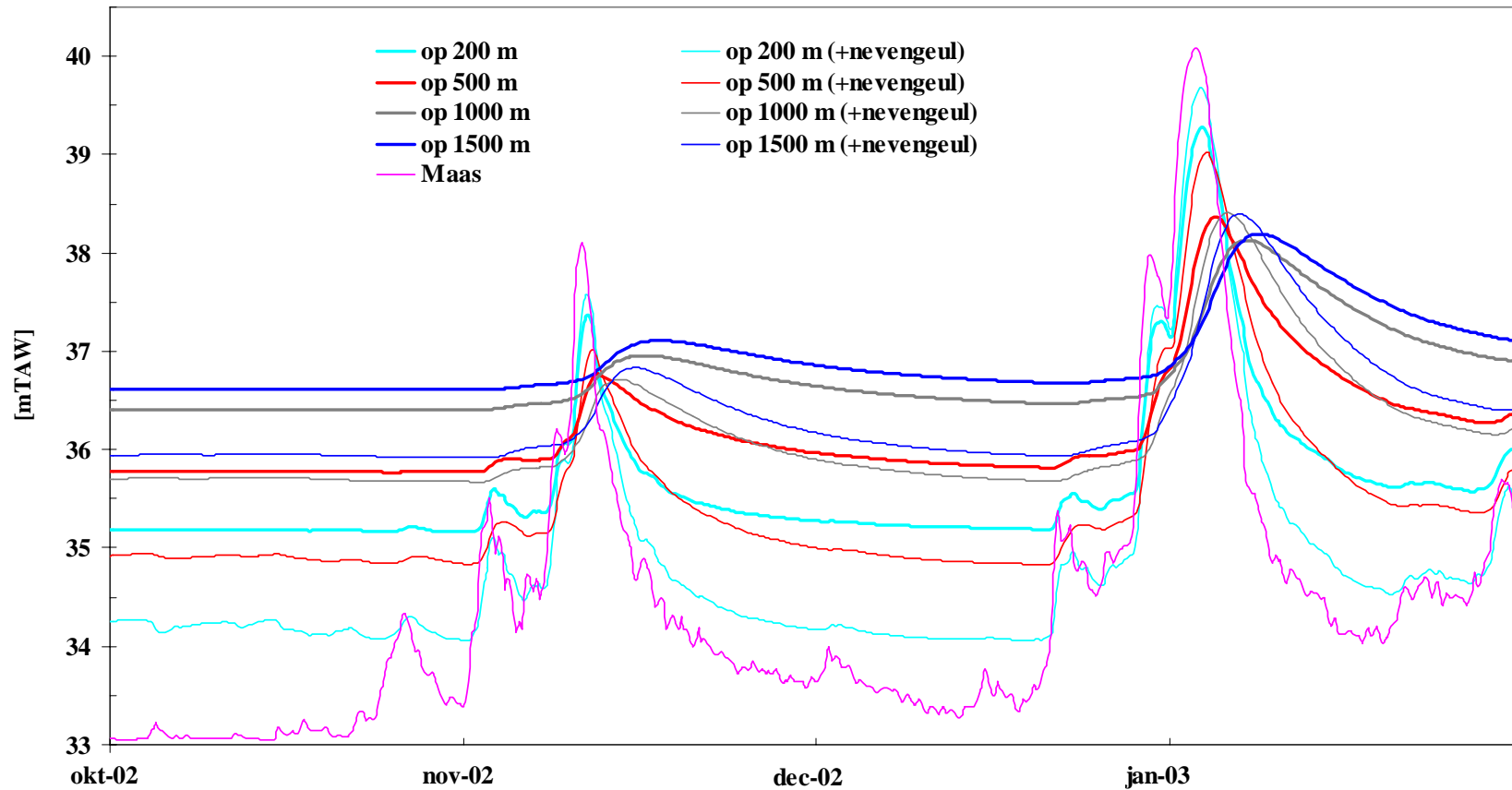
**Figuur 3.14: Kwel naar of infiltratie vanuit de Maas, tesamen met de Maasafvoer (periode augustus 2002 – januari 2003).**



**Figuur 3.15: Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden): op 200 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas (periode januari 1998 – januari 2003): huidige situatie *versus* situatie met hoogwaternevengeul.**



**Figuur 3.16: Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden), op 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas (periode april 2002 – september 2002): huidige situatie *versus* situatie met hoogwaternevengeul.**



**Figuur 3.17:** Verloop van de grondwaterstand langsheen een profiel ter hoogte van poel 1 (gesimuleerde waarden): op 200 m, 500 m, 1000 m en 1500 m ten westen van de Maas (periode oktober 2002 – januari 2003) huidige situatie *versus* situatie met hoogwaternevengeul.

---

## 4 Beschrijving van de vegetatie op de poelranden

### 4.1 Vegetatiekarteringen

De opnames werden gemaakt tijdens de zomermaanden juli en augustus van 2002, op het moment dat het peil in de poelen zeer laag stond. De randen van de poelen bestaan uit min of meer steile, ongeveer 4 meter hoge wanden waarop de vegetatie groeit. Voor de kartering van de vegetatie werden op zicht zones afgebakend die verschilden in vegetatiesamenstelling. Van elke zone werden de aanwezige soorten genoteerd, alsook de Tansley-waarde als maat voor de abundantie van de soort. Als abiotische variabelen werden de 'hoogte boven het toenmalige waterpeil' en 'substraat' genoteerd. Ook de waterplanten werden gekarteerd indien mogelijk.

Er werden voornamelijk pionierssoorten aangetroffen aangezien er tijdens het vorige najaar werken aan de poelen werden uitgevoerd waarbij grind en klei vanuit de bodem van de poel op de randen werd aangebracht, dit om te voorkomen dat de poelen zouden uitdrogen bij zeer lage waterstanden van de Maas.

Op bovenvermelde wijze werden de acht poelen in Maaswinkel gekarteerd. Het gaat hierbij om 54 karteereenheden. Er werden in totaal 169 plantensoorten waargenomen, waaronder enkele vrij zeldzame, zoals de Spiesleeuwebek (*Kickxia elatine*).

### 4.2 Indeling in vegetatietypes

Op basis van een clusteranalyse (Euclidean, Ward's method), een TWINSPAN- en een DCA-analyse werden 7 'types' onderscheiden. Deze zijn niet gebaseerd op de gebruikelijke vegetatiesociologische indelingen, aangezien het hier gaat om zeer geringe verschillen in soortensamenstelling. Bovendien zijn de meeste opnames op de poelranden pioniersvegetaties om wille van bovenvermelde graafwerken.

Een volledig overzicht van de soorten die per type voorkomen is te vinden in Bijlage A. Hieronder worden de verschillende onderscheiden groepen kort besproken.

### 4.2.1 Type 1

Dit type bestaat uit pioniersvegetatie op stukken waar gegraven is tijdens het afgelopen najaar. Opvallend is wel dat deze opnames allemaal op de rechteroever van de Kikbeek liggen. Dit zijn de enige vergraven stukken die bij extreme hoogwaters van de Maas rechtstreeks door Maaswater overstroomd worden (mondelijke mededeling B. Vanderlee), zoals dat gebeurde tussen de periode waarin de graafwerken werden uitgevoerd en de periode waarin de opnames werden gemaakt. Hoogstwaarschijnlijk is dit type dus beïnvloed door overstromingswater van de Maas. De meest voorkomende soorten zijn Basterdwederik (*Epilobium spec.*), Boerenwormkruid (*Tanacetum vulgare*), Reukloze kamille (*Matricaria maritima*) en Gekroesde melkdistel (*Sonchus asper*). In de helft van de opnames komt Spiesleuwebek (*Kickxia elatine*) voor, een vrij zeldzame soort dewelke in de andere types niet voorkomt. Dit type is eveneens zeer soortenrijk ten opzicht van de andere: 115 soorten.

### 4.2.2 Type 2

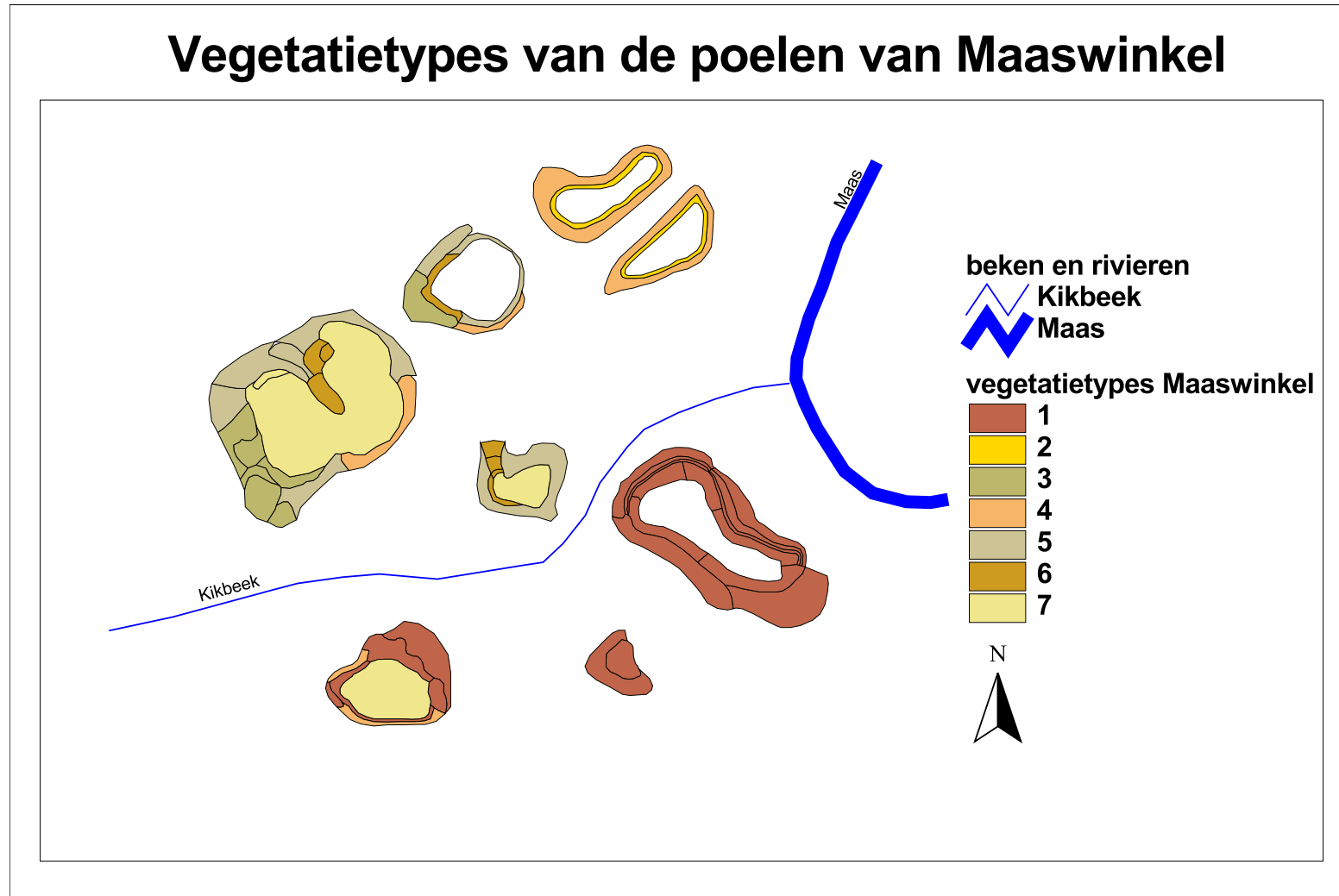
Type 2 bestaat uit de vegetatie van de smalle rand vlak tegen het wateroppervlak van de poelen 5 en 6. Grote waterweegbree (*Alisma plantago-aquatica*) en Grote kattenstaart (*Lythrum salicaria*), Gewone braam (*Rubus fruticosus*) en Moerasandoorn (*Stachys palustris*) komen in beide opnames voor met een relatief hoge bedekking. Grote waterweegbree (*Alisma plantago-aquatica*), Grote kattenstaart (*Lythrum salicaria*), Watermunt (*Mentha aquatica*) en Rosse vossestaart (*Alepocurus aequalis*) wijzen toch op een enigszins grondwaterbeïnvloede vegetatie. Het exemplaar Krabbescheer (*Stratiotes aloides*) is vermoedelijk niet op natuurlijke wijze in deze poel terecht gekomen.

### 4.2.3 Type 3

Dit type treffen we aan op plaatsen waar graafwerken werden uitgevoerd en die niet rechtstreeks door Maaswater overstroomd worden tijdens de extreme hoogwaters van de Maas. Deze opnames zijn voornamelijk gesitueerd op de linkeroever van de Kikbeek, het verst van Maas gelegen. Het gaat hier over de delen waar ofwel grind en klei is weg gegraven ofwel delen waarover grind werd uitgespreid dat uit de poelen werd gehaald bij het uitdiepen ervan. De meest voorkomende soorten zijn Echte kamille (*Matricaria recutita*), Citroengele honingklaver (*Melilotus officinalis*), Kruipende boterbloem (*Ranunculus repens*), Gewone braam (*Rubus fruticosus*), Gekroesde melkdistel (*Sonchus asper*) en Boerenwormkruid (*Tanacetum vulgare*).

#### 4.2.4 Type 4

Deze opnames bestaan uit ruigtes, gedomineerd door Gewone braam (*Rubus fruticosus*) en Grote brandnetel (*Urtica dioica*). De bedekking van de aanwezige soorten is over het algemeen veel hoger in vergelijking met de voorgaande types. Deze stukken zijn reeds een aantal jaren ongemoeid gelaten, zodat hier geen pioniersvegetatie meer wordt aangetroffen. Wanneer gekeken wordt naar de ligging van de opnames, blijkt dat deze vooral voorkomen op aan de poelen die het dichtst tegen de Maas gelegen zijn (Figuur 4.1). Dit zijn eveneens de poelen die bij zeer hoge afvoeren van de Maas overstromen.



**Figuur 4.1: Schematisch overzicht van de verschillende vegetatietypes van de poelen in Maaswinkel. De onderlinge afstanden tussen de poelen is niet in verhouding met de grootte van de poelen**

#### 4.2.5 Type 5

Ook deze groep bestaat uit opnames met ruigtes gedomineerd door Gewone braam (*Rubus fruticosus*), Haagwinde (*Calystegia sepium*) en Grote brandnetel (*Urtica dioica*). Deze opnames zijn veel soortenarmer in vergelijking met die uit type 4. Een ander opmerkelijk verschil is dat dit type vooral langsheen de poelen die verder van de Maas gelegen zijn, voorkomt. Deze poelen overstromen dan ook niet bij hoge Maasafvoeren.

#### 4.2.6 Type 6

Type 6 bestaat uit opnames op een aantal lager gelegen, relatief weinig hellende zones langsheen de poelen 1, 2 en 3. Een aantal soorten zoals Wolfspoot (*Lycopus europaeus*) en Pitrus (*Juncus effusus*) wijzen op vochtigere standplaatsen, doch niet echt op grondwaterbeïnvloede systemen.

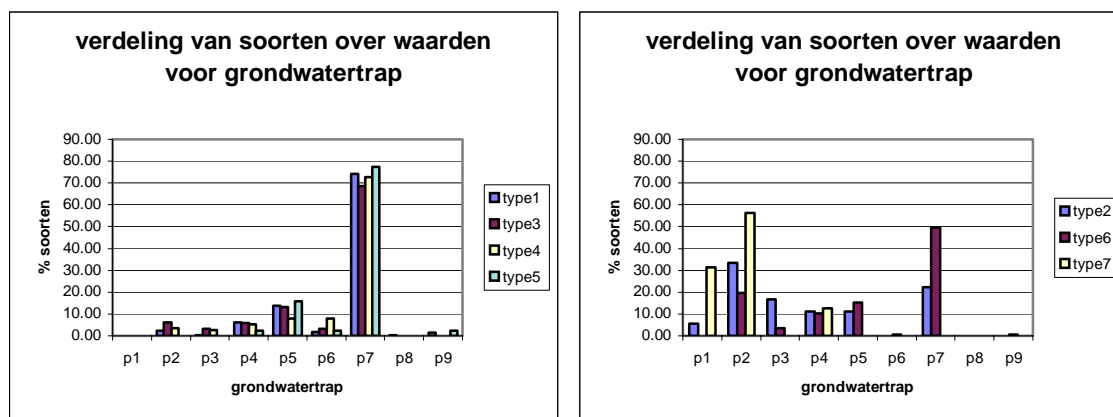
#### 4.2.7 Type 7

De opnames in type 7 zijn gelokaliseerd in het water van de verschillende poelen. Grote lisdodde (*Typha latifolia*) komt in alle opnames voor. Grote waterweegbree (*Alisma plantago-aquatica*) is eveneens vaak aanwezig. Deze soorten wijzen wel op een zekere invloed van grondwater.

### 4.3 Ellenbergwaarden van de soorten per type

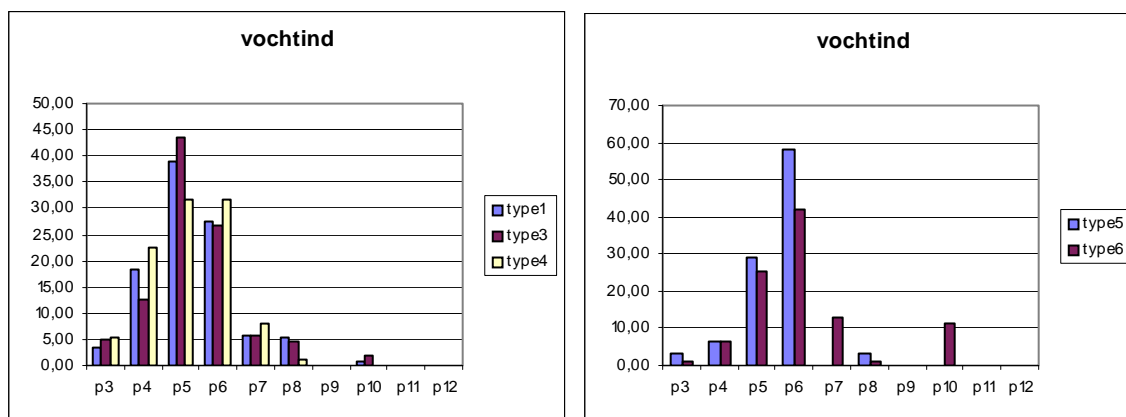
Ellenberggetallen zijn waarden die worden gegeven aan bepaalde eigenschappen van plantensoorten. Zo krijgen soorten die een sterke grondwaterafhankelijkheid vertonen een lage waarde voor het getal 'grondwatertrap' (< 4); soorten die hier zeer weinig of niet afhankelijk van zijn, krijgen een veel hogere waarde (> 4). Voor het vochtindicatiegetal is het omgekeerd. Hoge waarden duiden hier op een sterke vochtafhankelijkheid van de soort. Door te kijken hoe de aantallen soorten verdeeld zijn over de verschillende waarden van Ellenberggetallen kan een beeld gevormd worden van enkele aspecten van de abiotische toestand per vegetatietype. Belangrijk om weten: Ellenberggetallen zijn louter indicatief.

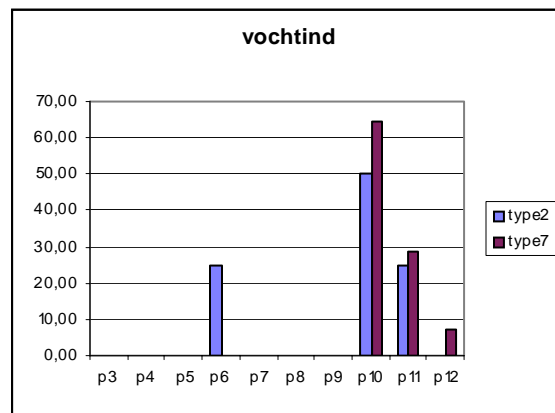
Wat de ‘grondwatertrap’ betreft, is de verdeling van de soorten zeer gelijkaardig voor de types 1, 3, 4 en 5 (Figuur 4.2): zeer weinig grondwaterafhankelijke soorten. Type 6 wijkt daar lichtjes van af (Figuur 4.3): een klein aantal grondwaterafhankelijke soorten meer. Type 2 en 7 hebben daarentegen een relatief hoog percentage grondwaterafhankelijke soorten. Deze is trend is te verwachten aangezien deze laatste 2 types zich in de onderste zones van de randen van de poelen bevinden.



**Figuur 4.2: Verdeling van aantallen soorten over waarden voor ‘grondwatertrap’.**

Type 2 en 7 onderscheiden zich eveneens duidelijk in de verdeling van de aanwezige soorten over de waarden voor het ‘vochtindicatorgetal’: relatief veel soorten met hoge waarden hiervoor. Het verschil tussen type 5 en 6 enerzijds en 1, 3 en 4 anderzijds is veel geringer waarbij type 5 en 6 een iets groter aandeel vochtgevoelige soorten bevatten ten opzichte van type 1, 3 en 4.



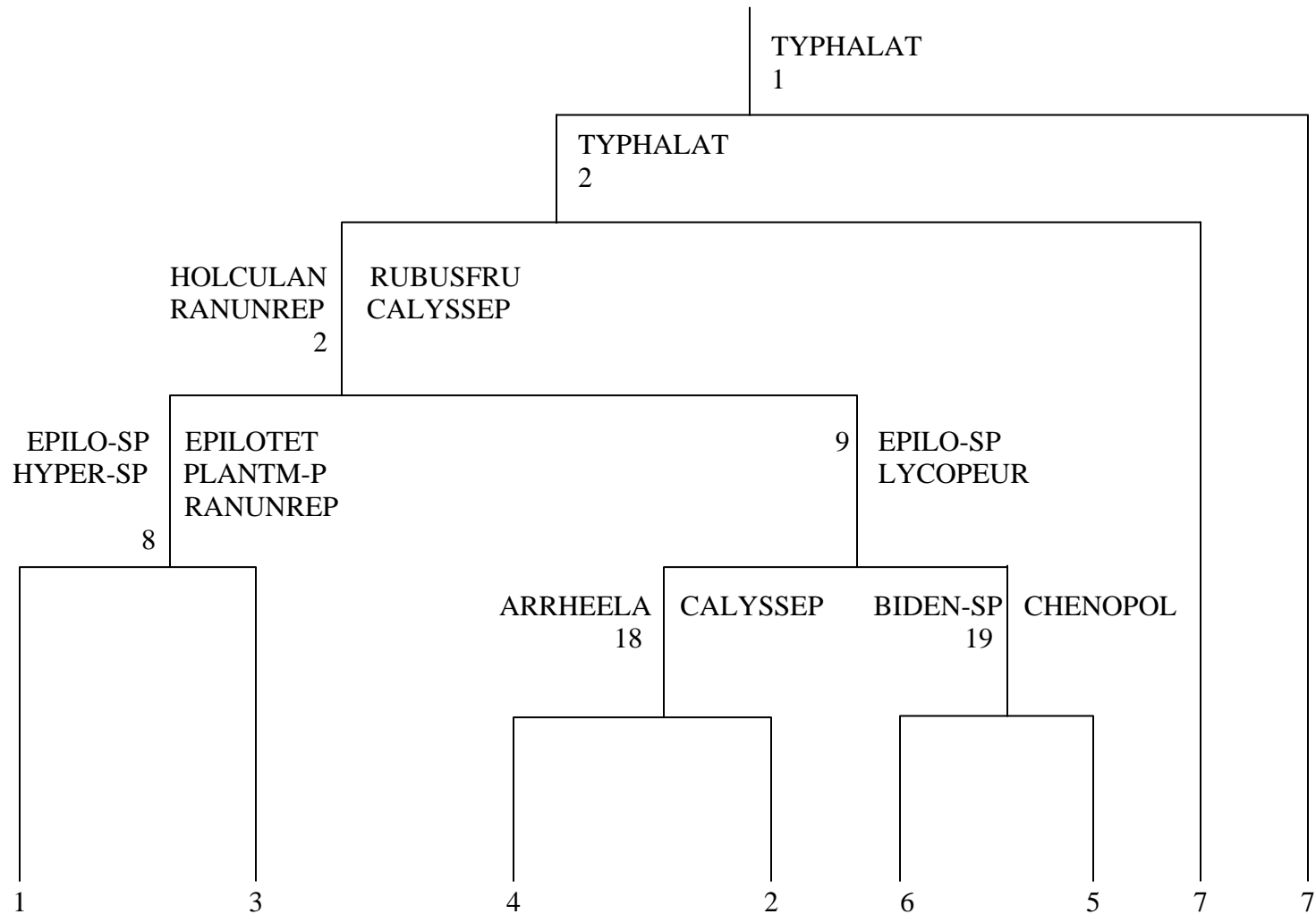


**Figuur 4.3: Verdeling van de aantallen soorten over de waarden voor het 'vochtindicatorgetal'.**

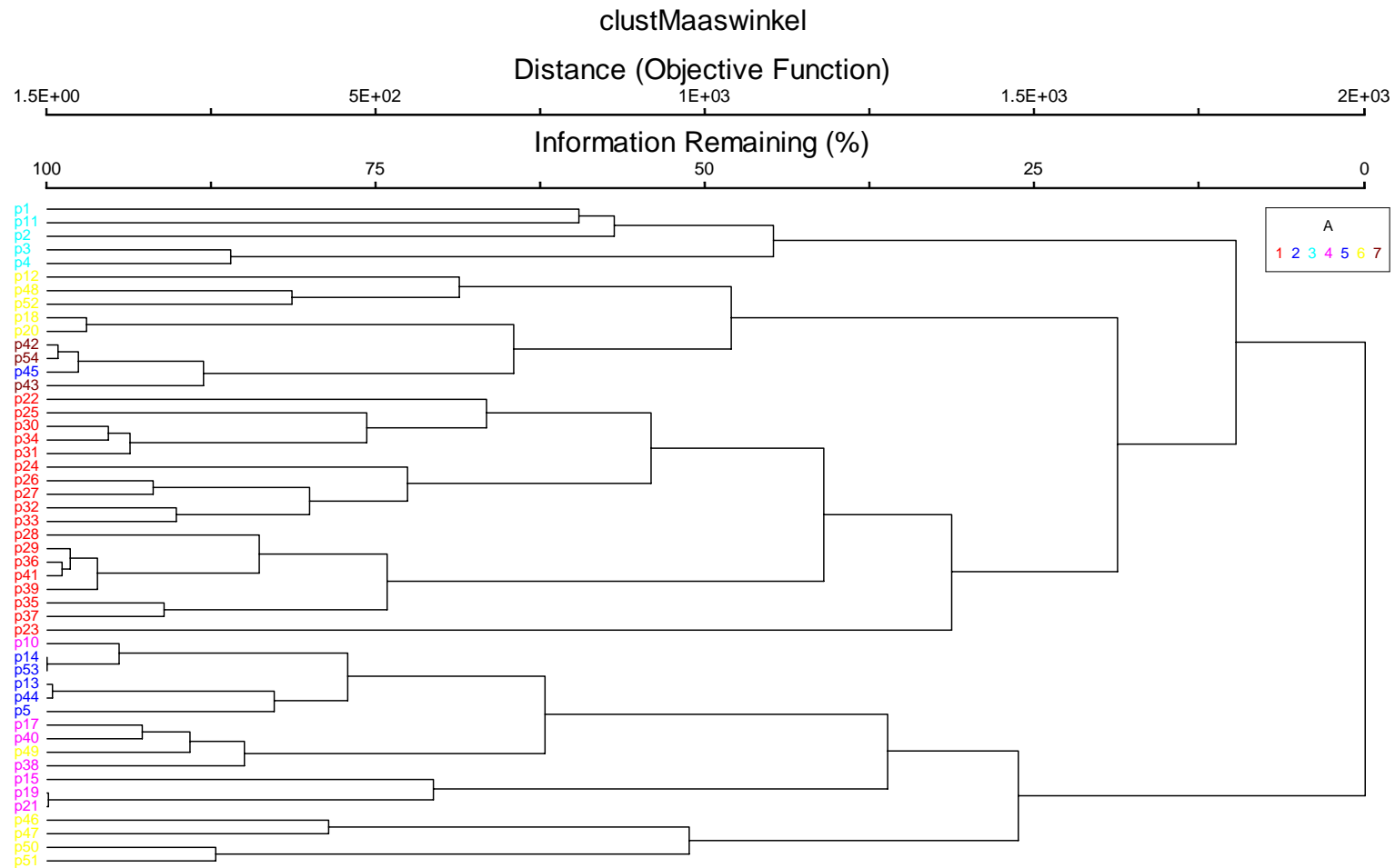
#### 4.4 Typering van de vegetatie in de poelen in Maaswinkel

De vegetatie op de randen van de poelen in Maaswinkel werd gekarteerd in zones (zie hoger). De zones werden afgebakend op zicht: meestal waren er duidelijke verschillen in soortensamenstelling en/of abundanties van soorten. De opnames zijn gegroepeerd op basis van hun soortensamenstelling. Dit gebeurde aan de hand van een clusteranalyse en een TWINSPAN-analyse in PCord (Figuren 4.4 en 4.5). In Figuur 4.6 wordt de DCA-output van deze gegevens weergegeven. De meeste groepen worden goed gescheiden.

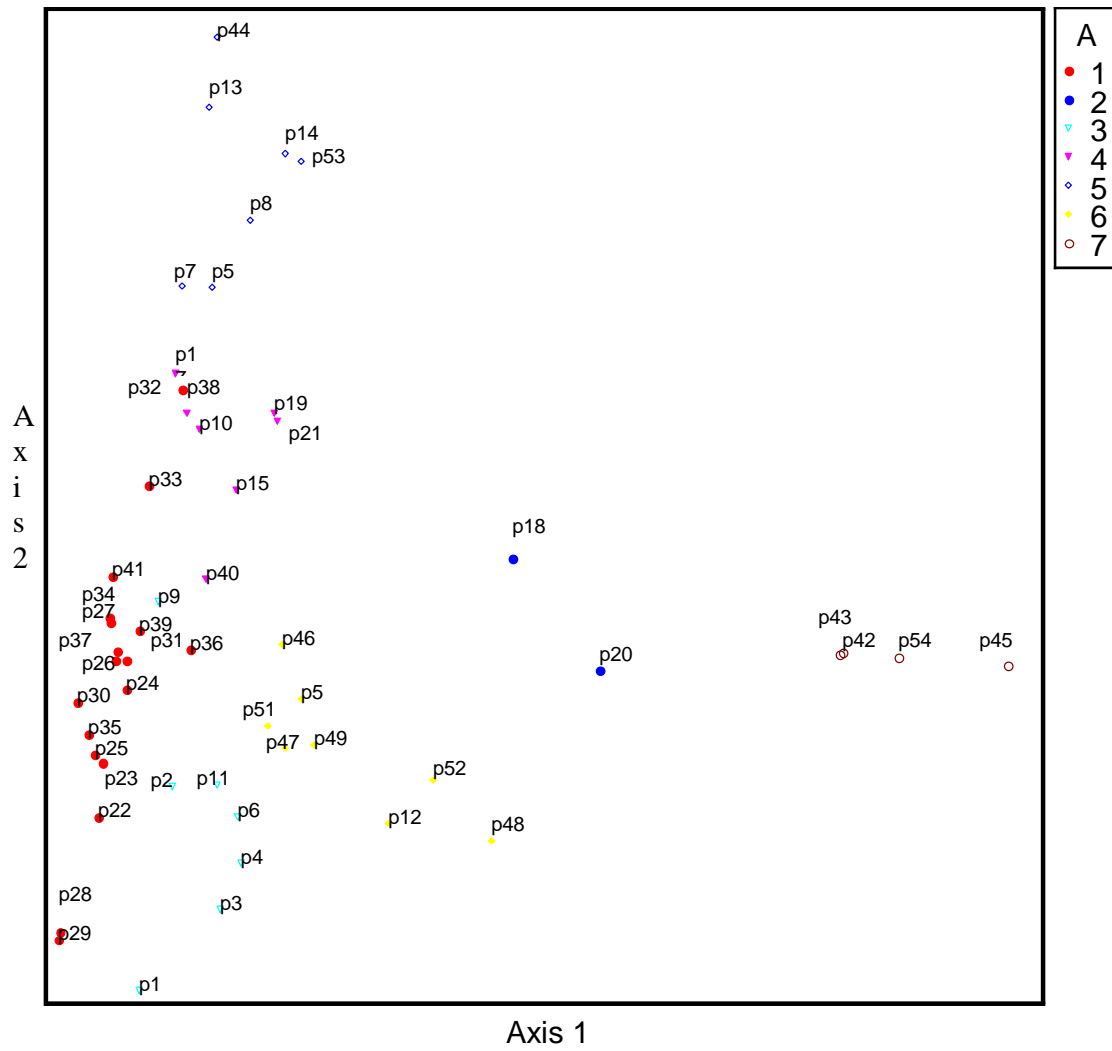
Hoewel er van een echte vegetatie-sociologische typering geen sprake kan zijn, blijkt uit de clusterings-analyses toch dat er een duidelijk verschil bestaat tussen de vegetaties op de randen van sommige poelen. Om te achterhalen waardoor die verschillen nu juist bepaald worden zal in het volgende hoofdstuk een koppeling gemaakt worden tussen deze karteergegevens en de opgenomen abiotische variabelen.



**Figuur 4.4: Clusterdendrogram van de karteergegevens van Maaswinkel. De nummering onderaan komt overeen met de nummering in de typering.**



**Figuur 4.5: Clusteranalyse van de kaartgegevens van Maaswinkel. De verschillende onderscheiden types werden telkens in een andere kleur weergegeven.**



**Figuur 4.6: DCA-output van de karteergegevens in Maaswinkel.  
De verschillende types werden telkens in een andere kleur  
weergegeven.**

## 5 Koppeling vegetatieopnames in de poelen in Maaswinkel met de abiotische variabelen

### 5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zal getracht worden de variatie in soortensamenstelling tussen de verschillende opnames te verklaren. Hierbij zal een link gelegd worden tussen het voorkomen van bepaalde soorten en de aanwezige abiotische variabelen. Het is duidelijk dat hier andere factoren meespelen dan in het Vijverbroek te Kessenich. In Maaswinkel heeft de Maas een zeer grote invloed, in tegenstelling tot het Vijverbroek, waar grondwater(-stand) de voornaamste sturende variabele is.

### 5.2 Bepalen van de sturende abiotische variabelen

Tijdens de kartering werden volgende abiotische parameters genoteerd voor elke karteereenheid:

1. afstand tot de Maas: hiervoor werd telkens het middelpunt van de poel genomen en vandaar werd de (kortste) afstand tot de Maas berekend. De afstand wordt in m weergegeven.
2. invloed van de Maas: deze variabele bestaat uit 3 mogelijke klassen (ordinaal) en heeft betrekking tot het al dan niet rechtstreeks overstroomd worden met Maaswater: 0 = geen rechtstreekse overstroming; 1 = zeer uitzonderlijke overstroming (afvoer Maas > 2000 m<sup>3</sup>/s); 2 = meest frequente overstroming.
3. substraat: 4 mogelijke klassen: 1 = kiezel; 2 = kiezel + leem; 3 = kiezel + slib; 4 = kiezel + organisch materiaal.
4. hoogte: 3 mogelijke klassen: 1 = onder water; 2 = tussen 0 en 1 m; 3 = tussen 1 en 4 m.

**Opmerking:** op het moment dat deze opnames gemaakt werden stond het water in de poelen zeer laag. De zones die op dat moment onder water stonden kunnen beschouwd worden als zones waar het waterpeil zelden of nooit onder zakt.

Uit Tabel 5.1 blijkt dat de eerste 3 assen samen ongeveer 30% van de totale variantie verklaren.

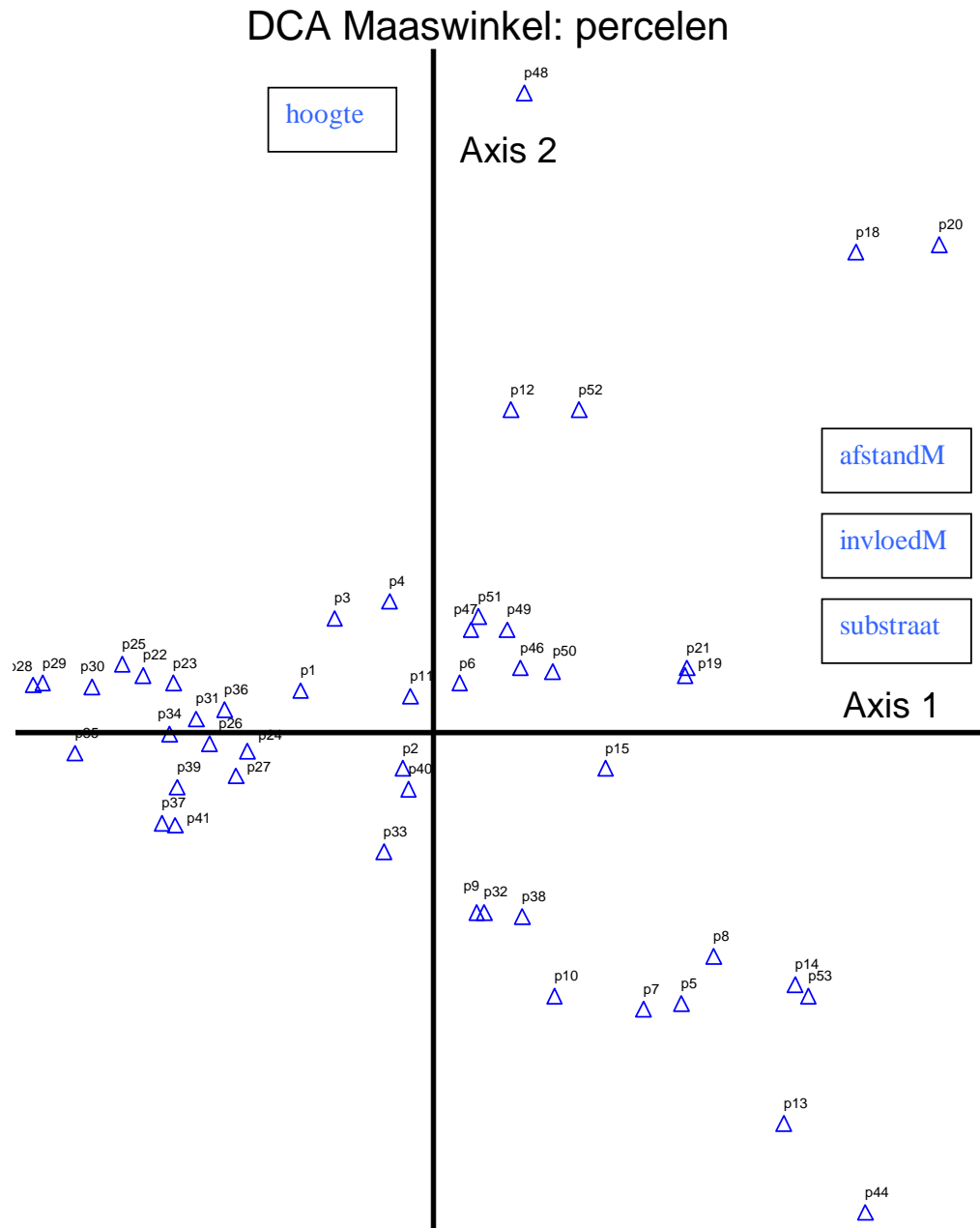
**Tabel 5.1: Variantie verklaard door de assen van de DCA-analyse.**

VARIANCE EXTRACTED, FIRST 3 AXES				
AXIS	Eigenvalue	% of Variance	Cum.% of Var.	Broken-stick Eigenvalue
1	26.312	16.445	16.445	5.656
2	12.013	7.508	23.953	4.656
3	9.367	5.854	29.807	4.156

Uit een lineaire regressie-analyse (Splus 6.0) blijkt dat volgende parameters met de assen van de DCA-output gecorreleerd zijn:

**Tabel 5.2: Correlaties tussen abiotische variabelen en assen van DCA-output.**

assen	parameter	F-waarde	p-waarde
As 1	Afstand M	10.57	0.0021
As 1	Invloed M	36.78	$2.31 \cdot 10^{-7}$
As 1	substraat	33.91	$5.33 \cdot 10^{-7}$
As 2	hoogte	11.73	0.0013



**Figuur 5.1: DCA-output van de vegetatiegegevens van de poelen in Maaswinkel.**

Met een CCA-analyse (PCord) werden de abiotische gegevens van de poelen in Maaswinkel verder gekoppeld aan de vegetatiegegevens ervan. Van de abiotische variabelen werden 'afstand tot de Maas' en 'invloed van de Maas' als kwantitatieve en 'substraat' en 'hoogte' als categorische variabelen ingegeven in PCord.

Opnames 42, 43, 45, 54 werden uit de analyse weggelaten omdat deze te sterk afweken van de andere opnames.

**Tabel 5.3: Percentage van de variantie die verklaard wordt door de assen van de CCA-output.**

Axis	Increment	Cumulative
1	14.8	14.8
2	16.9	31.7
3	-7.7	24

De derde as brengt geen verdere verklaring van de variantie bij en wordt daarom niet verder in beschouwing genomen.

**Tabel 5.4: Correlatie tussen ‘hoogte’ en ‘afstand’ en de assen van de CCA-analyse.**

```

INTER-SET CORRELATIONS for 2 abiotische var
-----
                Correlations
  Variable      Axis 1  Axis 2  Axis 3
-----
  1 hoogte      0.066   0.768  0.000
  2 afstand     0.876  -0.118  0.000
-----

```

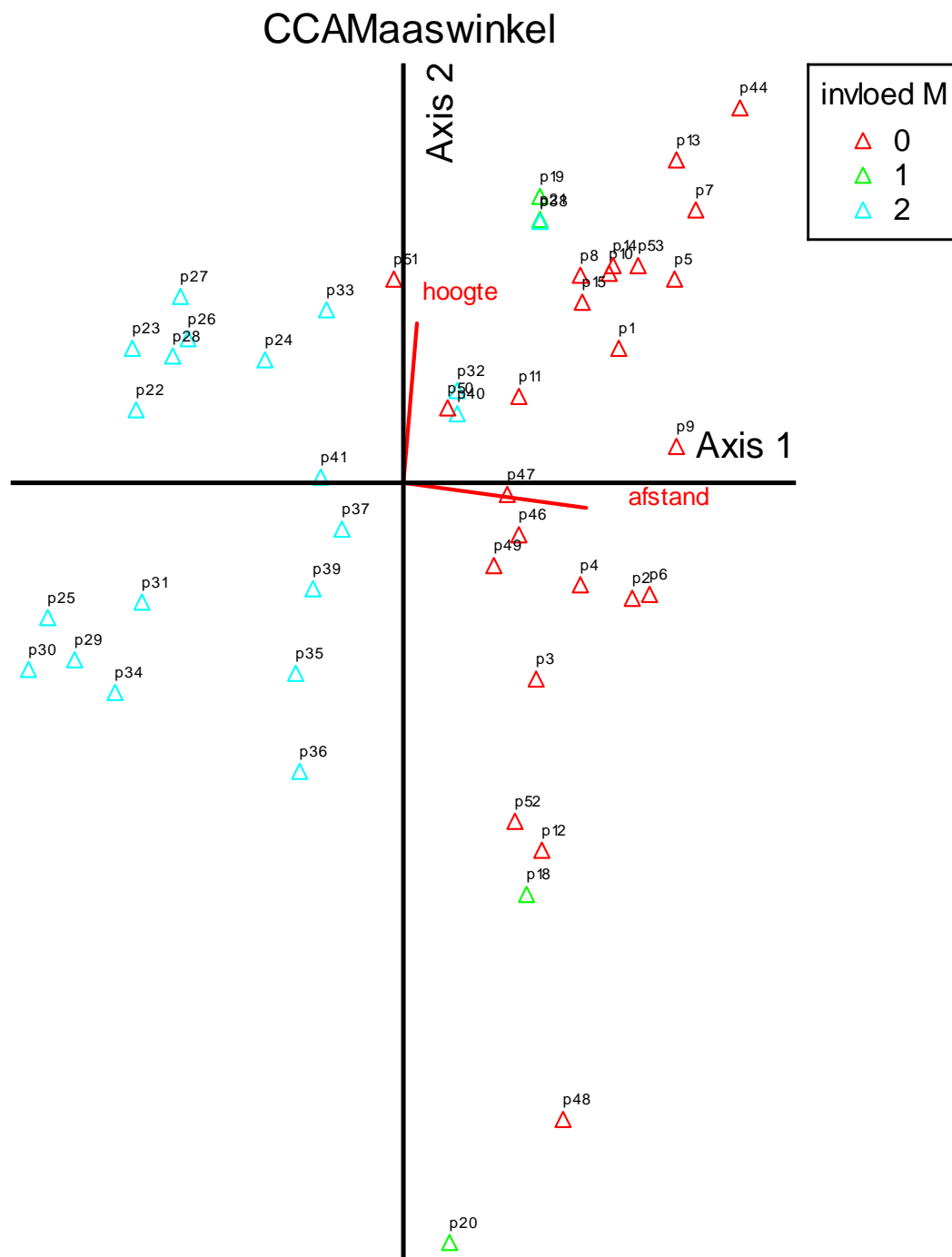
Uit beide analyses blijkt dat de vegetaties van de randen van de poelen van Maaswinkel sterk afhankelijk zijn van een aantal van de gemeten abiotische variabelen, meer bepaald ‘hoogte’, ‘afstand tot de Maas’ en ‘invloed van de Maas’. ‘Afstand tot de Maas’ is evenwel sterk gecorreleerd met ‘invloed van de Maas’ (lin. regressie,  $F=38.66$ ;  $p=1.366 \cdot 10^{-7}$ ). De poelen die het dichtst bij de Maas gelegen zijn hebben dus de grootste kans om rechtstreeks met Maaswater in contact te komen.

### 5.2.1 Soorten die sterk met de sturende variabelen gecorreleerd zijn

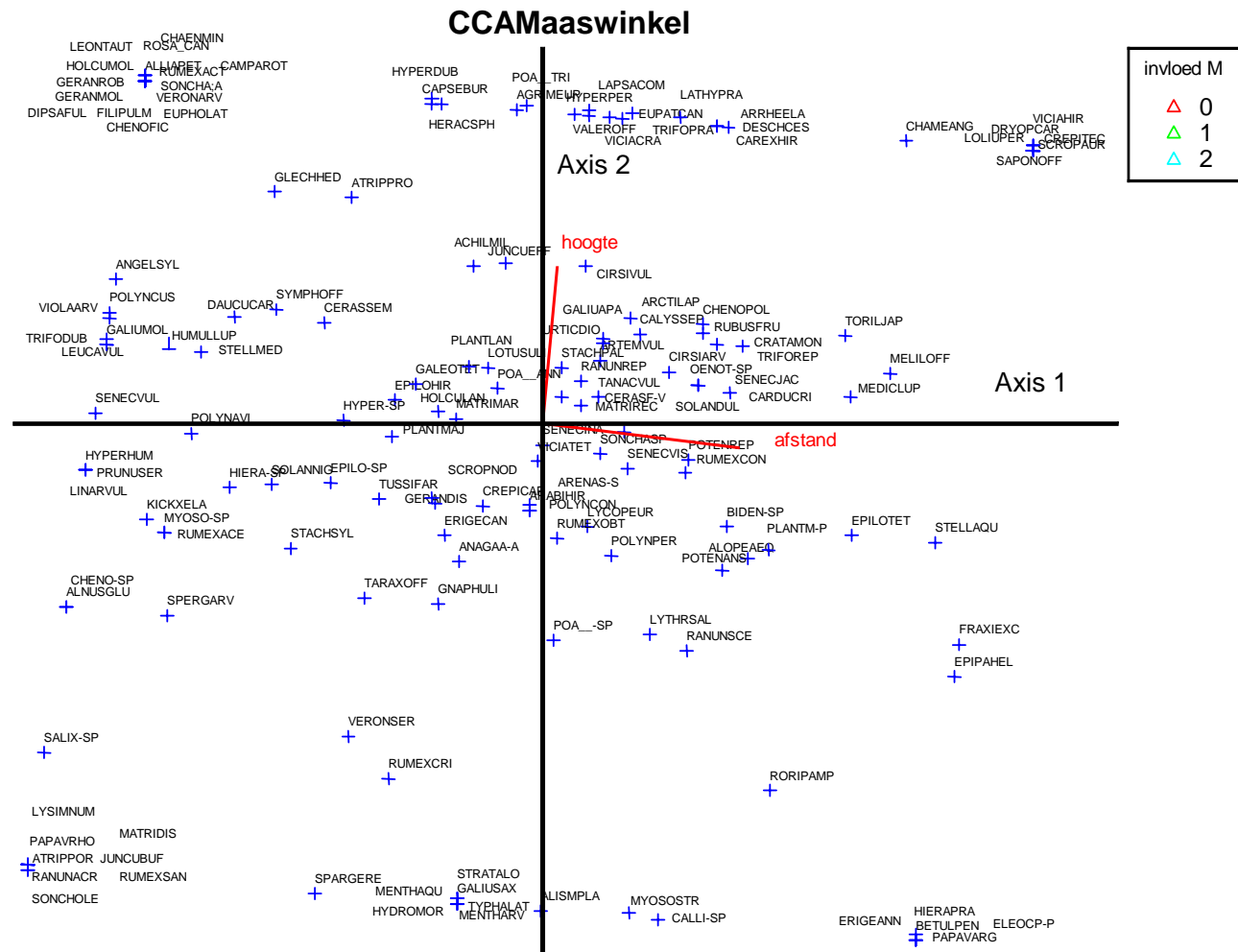
Wanneer de soorten die gecorreleerd zijn aan ‘hoogte’ worden bekeken, kan een groep met ‘lage’ soorten en een groep met ‘hoge’ soorten worden onderscheiden. Soorten die negatief gecorreleerd zijn met de hoogte – dit betekent ofwel dat ze in het water staan, ofwel dat ze in de zone staan waar het water pas laat in het jaar onder zakt – zijn o.a. Watermunt (*Mentha aquatica*), Grote lisdodde (*Typha latifolia*), Grote egelskop (*Sparganium erectum*) en Eendekroos (*Callitriche spec.*).

Wat afstand tot de rivier betreft, komt er wel een verschil tussen de soorten naar voor, hoewel in dit opzicht geen zinvolle groepen van soorten kunnen afgebakend worden.

Wel is het zo dat de soorten aan de linkse zijde van as 2 soorten zijn die gecorreleerd zijn met een hoge mate van invloed van de Maas. Vermoedelijk worden zaden van deze soorten door de rivier aangevoerd.



**Figuur 5.2: CCA-output van de gegevens van de poelen van Maaswinkel.**  
De belangrijkheid van de kwantitatieve variabelen is weergegeven door de rode pijlen, de categorische variabele die van betekenis is, wordt weergegeven aan de hand van verschillende kleuren waarin de perceelsnummers zijn afgebeeld.



**Figuur 5.3: CCA-output van de gegevens van de poelen van Maaswinkel. Hier weergegeven de soorten binnen de assen van CCA.**

Uit de analyses blijkt zeer duidelijk dat de Maas een grote invloed uitoefent op het voorkomen een aantal soorten. De parameters 'invloed van de Maas', 'afstand tot de Maas' en 'hoogte' zijn de meest bepalende factoren. De parameter 'hoogte' kan eigenlijk beschouwd worden als een maat voor de overstromingsduur: op het moment van de opnames was het peil in de poelen zeer laag. De vegetatie die op dit moment aan de rand van het water groeide, heeft bijgevolg de grootste overstromingsduur. Hoe hoger de vegetatie zich boven het op dat moment heersende waterpeil bevindt, hoe kleiner de overstromingsduur. Aangezien het peil in de verschillende poelen nagenoeg op gelijke manier op de peilschommelingen van de Maas reageert (zie hoger), kan de hoogte als een maat voor de overstromingsduur genomen worden.

Voor alluviale bossen werden de parameters 'connectiviteit met de rivier' (zomerbedding, winterbedding of geen contact) en 'overstromingsfrequentie' als determinerende factoren voor de vegetatie gevonden (Van Looy et al., 2003), met 'overstromingsfrequentie' als meest belangrijke. Er werd geen correlatie gevonden met de afstand tot de Maas. Belangrijk om weten is dat de schaal waarop dit onderzoek gebeurde, verschilt in vergelijking met het onderzoek binnen Maaswinkel: in het onderzoek van Van Looy et al. (2003) gaat het over verschillen tussen (1) bossen binnen de zomerdijk, (2) bossen tussen zomer- en winterdijk en (3) bossen buiten de winterdijk. In Maaswinkel zijn de poelen allen tussen de zomer- en winterdijk gelegen. Toch blijken sommige poelen in grotere mate onder rechtstreekse invloed van de Maas te staan bij extreem hoge standen van de rivier dan andere poelen (mondelinge mededeling B. Vanderlee). Het verschil in vegetatie tussen de poelen die in verschillende mate onder invloed van de Maas staan, komt duidelijk naar voor. Wat de situatie in Maaswinkel eveneens speciaal maakt, is het feit dat er op enkele plaatsen graafwerken werden uitgevoerd vlak voor de karteringen. Op die manier was de aanwezige vegetatie een pioniersvegetatie, gecreëerd door menselijk ingrijpen. Het feit dat in die pioniersvegetatie verschillen tot uiting komen, wijst erop dat er mogelijk ook in de verdere ontwikkelingsstadia verschillen in de vegetatie waarneembaar kunnen zijn, verschillen als gevolg van de mate van rechtstreekse invloed van de Maas.

Bodemtextuur is een minder sterke verklarende variabele voor soortensamenstelling. Deze variabele is het resultaat van de interactie tussen 'overstromingsfrequentie' en de aanwezigheid en vorm van geomorfologische kenmerken in het landschap en is op deze wijze wel gecorreleerd aan de bepalende parameters.

Wat grondwaterafhankelijke vegetatie betreft worden er geen duidelijke aanwijzingen gevonden voor sterk grondwaterbeïnvloede situaties. Enkel in de onderste zone van de poelen 4 en 5 en in de zones die altijd onder water staan (types 2 en 7) komen iets meer freatofyten voor.

### 5.3 Bespreking resultaten Maaswinkel

Uit bovenstaande analyses komt duidelijk naar voor dat de invloed van grondwater op de vegetatie in en rond de poelen in Maaswinkel een relatief geringe rol speelt. Enkel in de onderste zones van enkele poelen en in de zones die nooit droogvallen komen een aantal freatofyten voor. Deze zones vormen slechts een gering oppervlak en indien ze droogvallen, is het slechts voor een korte periode, namelijk in de zomer wanneer het Maaspeil gedurende een tijd zeer laag staat.

Indien – in het licht van mogelijke ingrepen in het kader van het project ‘Levende Grensmaas’ – de watertafel in de poelen sterker zou gaan schommelen of gemiddeld iets zou dalen, betekent dit dat de verschillende zones op de randen van de poelen lichtjes zullen verschuiven. Ook de zone met grondwaterbeïnvloede soorten zal dus bijvoorbeeld iets lager komen liggen, afhankelijk van de gemiddelde daling van de grondwaterstand.

De rest van de vegetaties op de randen van de poelen is niet of nauwelijks grondwaterbeïnvloed. Op zich zal een lichte daling in de grondwaterstand hierop geen invloed uitoefenen. Andere factoren - bijvoorbeeld het al dan niet rechtstreeks overstroomd worden met Maaswater – spelen voor deze vegetaties een determinerende rol. Indien de overstromingsfrequentie door de ingrepen beïnvloed zou worden, kan dit wel gevolgen hebben voor de vegetatie op de randen van de poelen. Zo worden zaden van soorten als Spiesmelde (*Atriplex prostrata*) en Spiesleeuwebek (*Kickxia elatine*) door water verspreid (Bouman et al., 2000).

Voor de vegetatie in en rond de poelen van Maaswinkel lijkt het overstromingsregime van de Maas van groter belang te zijn dan louter de grondwaterstanden of grondwaterinvloed. Bij het evalueren van de gevolgen van de geplande natuurontwikkelingsingrepen moet hiermee dan ook rekening gehouden worden.

## 6 Oevergegevens

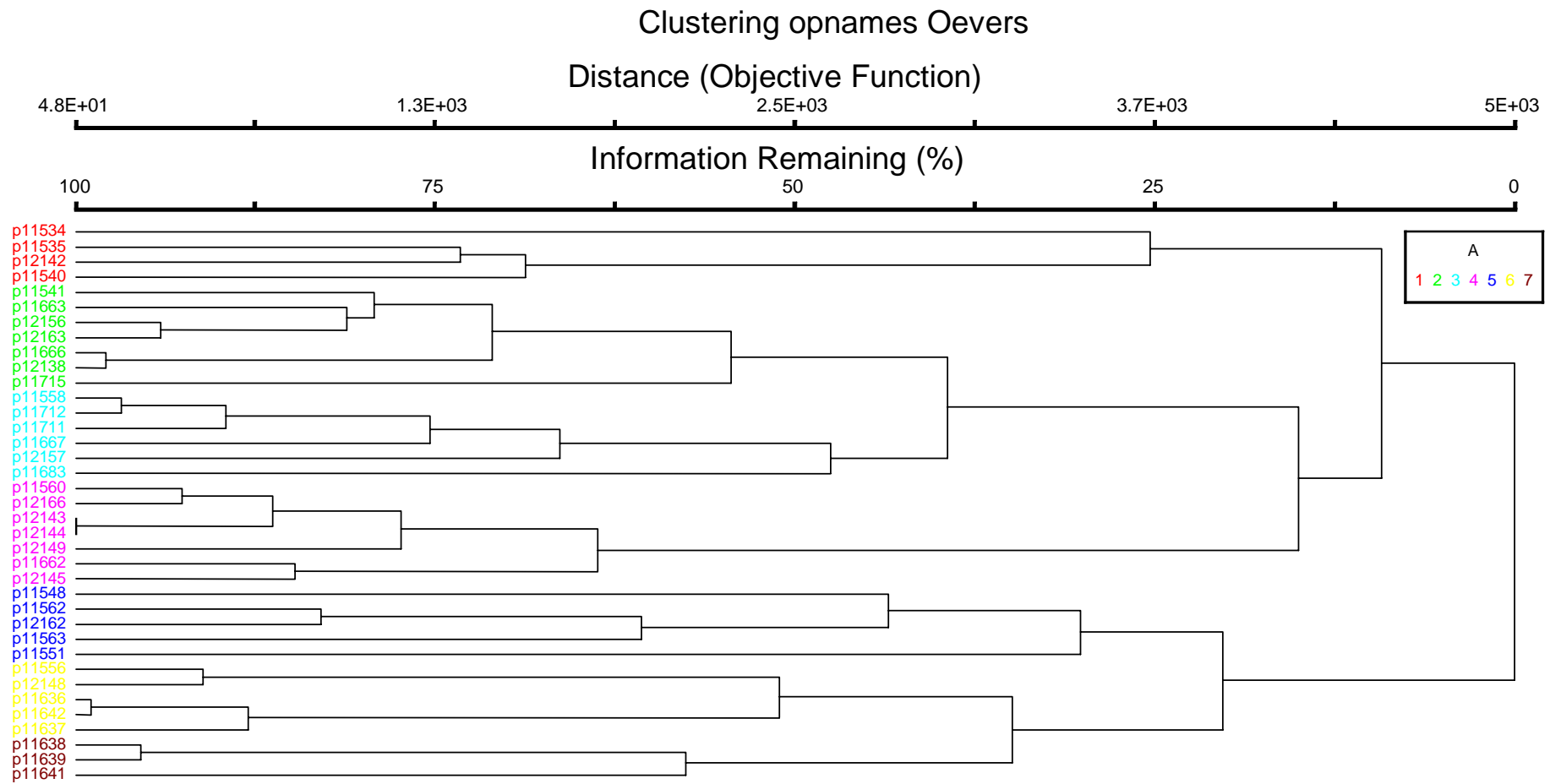
Om de vegetatie en de waargenomen verschillen in vegetatie binnen Maaswinkel te kunnen plaatsen in een ruimere context werden enkele bijkomende analyses uitgevoerd op gegevens uit een databank met opnames over de ganse Grensmaasvallei. De variatie aan standplaatsfactoren in deze dataset is veel ruimer dan die binnen de opnames in Maaswinkel. Eveneens kon nagegaan worden of in deze ruime dataset dezelfde abiotische variabelen de vegetatie bepalen als in de dataset van Maaswinkel.

Uit de databank van K. Van Looy (Instituut voor Natuurbehoud, Brussel) werd een selectie gemaakt van vegetatieopnames met in bijhorende tabel gegevens over abiotische kenmerken van de plaatsen waar de opnames werden gemaakt. Het betreft hier de volgende abiotische factoren: 'afstand tot de Maas', 'isolatie ten opzichte van de Maas', 'mate van contact met de Maas', 'textuur van de bodem', 'vochtklasse', 'overstromingsfrequentie', 'humusgehalte – organische fractie' en 'beheer'. Op dezelfde wijze als bij de gegevens van het Vijverbroek en Maaswinkel kunnen voor deze set gegevens de sturende abiotische factoren voor de vegetatie bepaald worden.

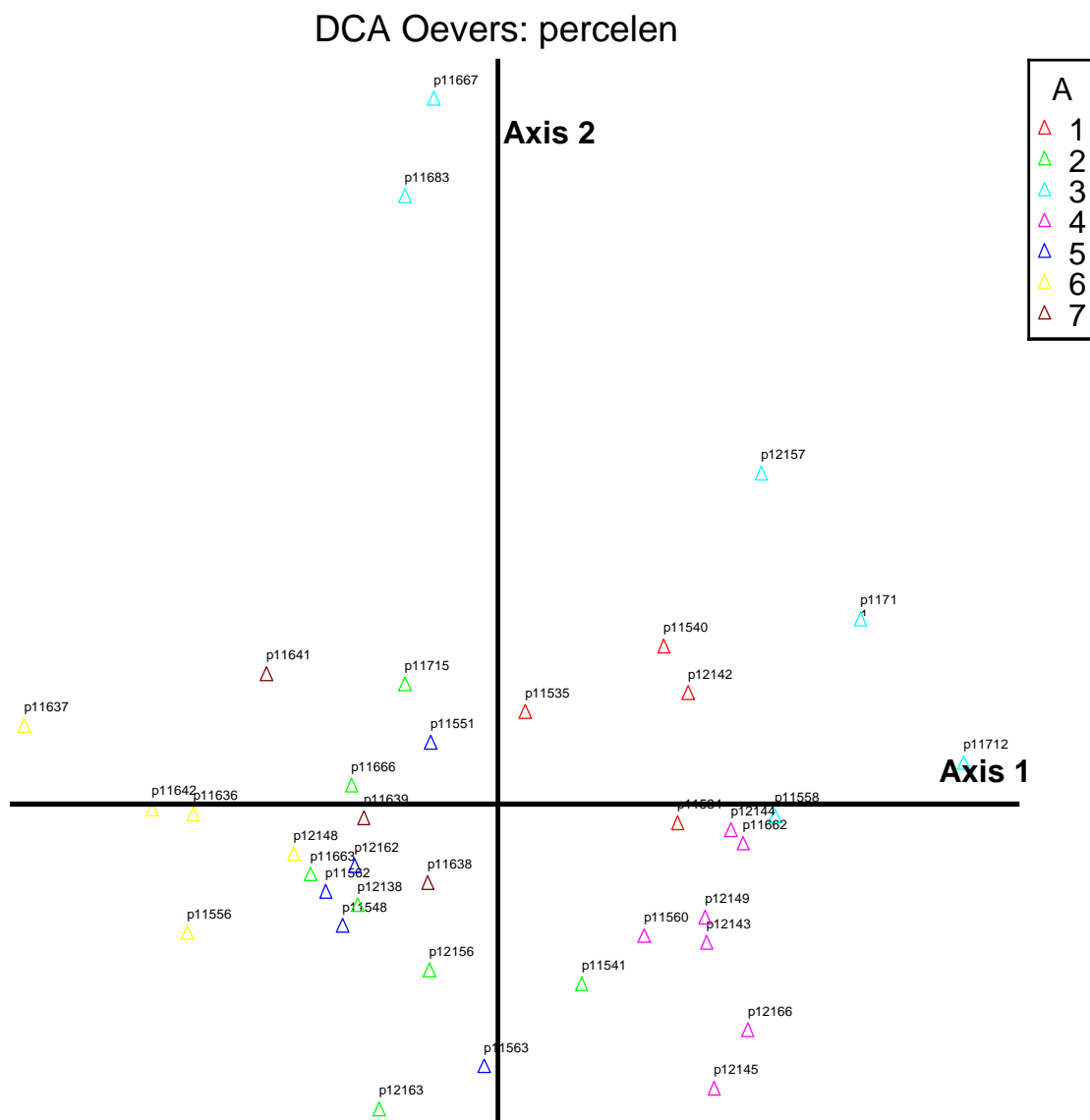
### 6.1 Clustering van de vegetatieopnames

Zoals bij de vorige datasets met vegetatieopnames werd ook hier een clusteranalyse uitgevoerd in PCord (Euclidean distance, Ward's method). Op deze manier werden 7 vegetatiegroepen onderscheiden (Figuur 6.1). Het is ook hier weerom niet de bedoeling om een vegetatie-sociologische typering te doen. Er zal eerder gekeken worden naar de correlaties tussen het voorkomen van soorten en de waarden voor de abiotische variabelen.

Uit de DCA-analyse (Figuur 6.2) blijkt dat het grootste deel van de onderscheiden groepen redelijk goed gescheiden is.



**Figuur 6.1: Clusteranalyse van de Oevergegevens. De verschillende onderscheiden groepen werden telkens in een andere kleur weergegeven.**



**Figuur 6.2: DCA-output van de gegevensset ‘Oevers’. De verschillende onderscheiden groepen worden telkens in een andere kleur weergegeven.**

## 6.2 Bepalen van de sturende abiotische variabelen.

Uit een eerste analyse bleek dat een heel aantal van de abiotische factoren onderling sterk gecorreleerd waren. Na verwijdering van de onderling gecorreleerde factoren bleven de volgende variabelen over: ‘afstand tot de Maas’, ‘isolatie’, ‘vocht’, ‘overstromingsfrequentie’ en ‘beheer’.

### 6.2.1 DCA-analyse van de Oever-gegevens

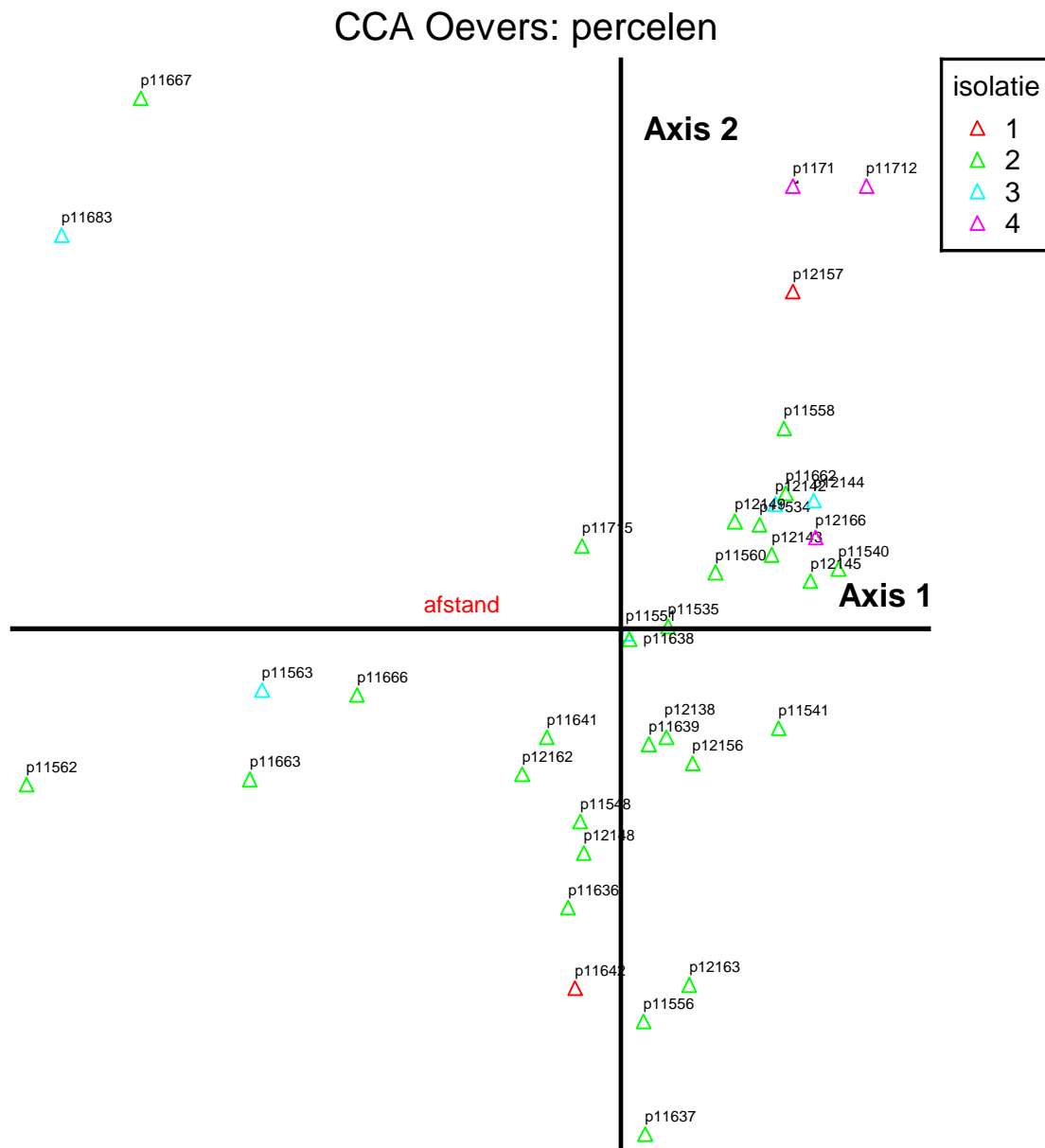
Uit de koppeling van de gegevens van de DCA-output met de overeenkomstige abiotische gegevens, blijkt dat as 1 gecorreleerd is met de parameters 'afstand tot de rivier', 'isolatie', 'vocht' en 'beheer'. As 2 is gecorreleerd met de parameters 'overstromingsfrequentie' en 'beheer'.

**Tabel 6.1: Correlaties tussen de waarden van de percelen op de DCA-assen en de abiotische parameters.**

as	parameter	F-waarde	p-waarde
as1	afstand	6.117	0.01839
	isolatie	9.174	0.004591
	vocht	9.947	0.003301
	beheer	13.4	0.000824
as2	overstromingsfrequentie	16.45	0.000265
	beheer	6.01	0.01936

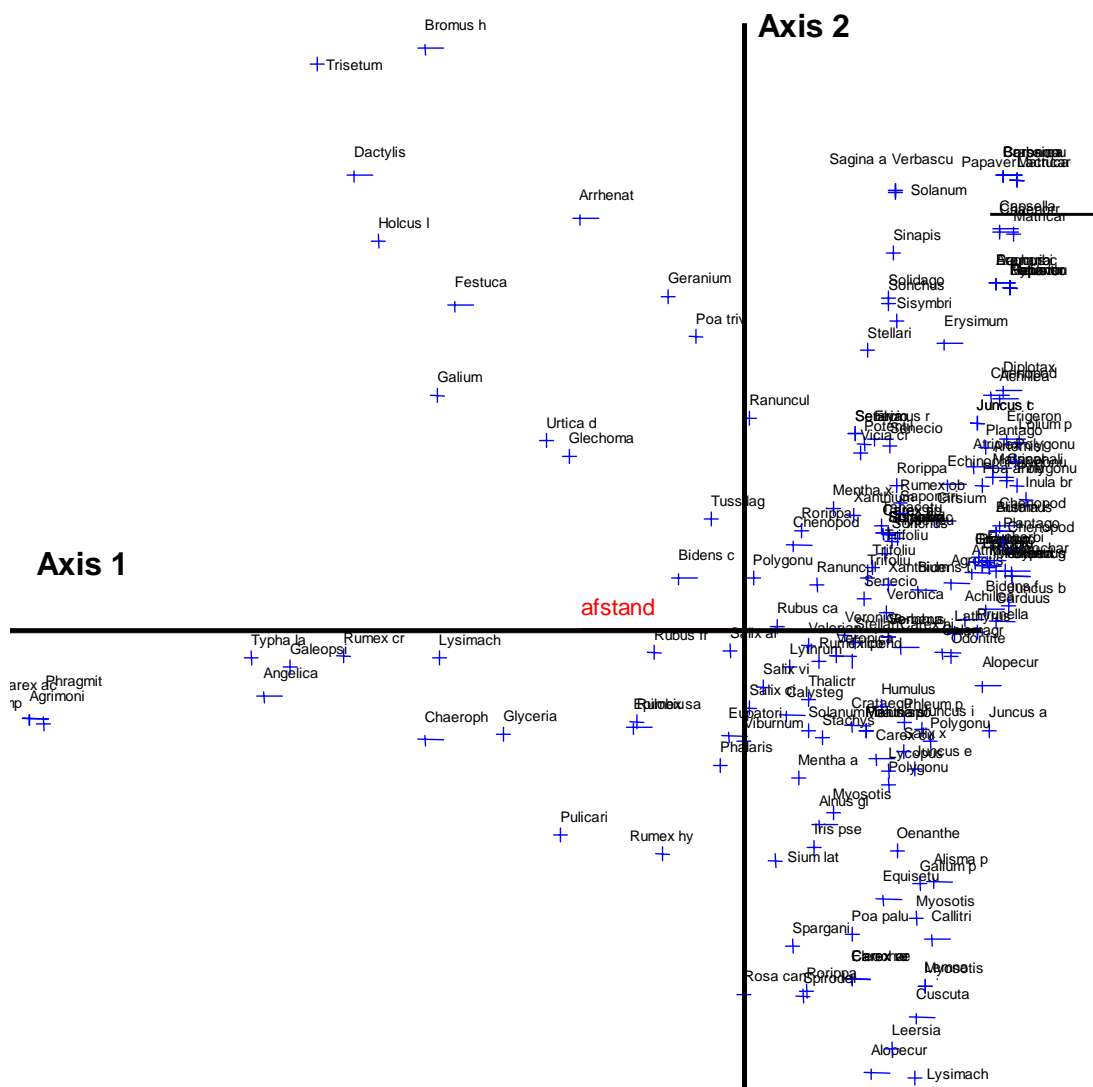


## 6.2.2 CCA-analyse van de oevergegevens



**Figuur 6.4: CCA-output van de dataset ‘oevers’: percelen.**

## CCA Oevers: soorten



**Figuur 6.5: CCA-output van de dataset ‘oevers’: soorten.**

De enige abiotische factoren die uit deze CCA-analyse als sturend naar voor komen, zijn de ‘afstand tot de rivier’ en de ‘isolatie’. Hieruit blijkt dus weerom het groot belang van deze factoren voor de ontwikkeling van vegetaties in de Maasvallei. Om een zo groot mogelijke diversiteit aan vegetatietypes te creëren, is het aangewezen locaties te bekommen die een grote variatie vertonen in deze parameters.

## 7 Samenvatting en conclusies

Daar de poelen belangrijke biotopen zijn voor de Kamsalamander (*Triturus cristatus*) en de Boomkikker (*Hyla arborea*) is het belangrijk dat ze niet droogvallen. Uit de meetgegevens van het Maaspeil en de grondwaterstand en het poelpeil blijkt dat er een sterke interactie is tussen het oppervlaktewater- en grondwatersysteem in het gebied Maaswinkel. Het Maaspeil staat over het algemeen lager dan de grondwaterstand en het poelpeil, enkel in geval van hoogwater kan het omgekeerde zich voordoen. De grondwaterstand en het peil in de poelen volgen duidelijk het Maaspeil, het poelpeil – gezien het bergend vermogen - zij het met een ietwat grotere vertraging in vergelijking met de grondwaterstand. De afstand tot de Maas heeft ook duidelijk een invloed op het poelpeil en de peilschommelingen. De sterke interactie tussen het Maaspeil en het poelpeil blijkt voorts dezer dagen (augustus 2003) duidelijk uit het feit dat als gevolg van de extreme hitte en de geringe neerslag in de afgelopen periode de meeste poelen droog staan.

Om een beter inzicht te krijgen in de oppervlaktewater-grondwater interactie werd een vereenvoudigd grondwatermodel opgebouwd. Het model is in staat om de gemeten poelpeilen op een goede manier te reproduceren. De gemiddelde absolute afwijking voor poel 1, waarvoor het meeste meetgegevens beschikbaar zijn (diver), bedraagt 0,3 m. Uit een analyse van de modelresultaten voor de periode januari 1998 – januari 2003 blijkt dat hoe hoger de Maaspijk hoe korter de reactietijd tussen het oppervlaktewater- en grondwatersysteem. Voor elk van de grootste jaarlijkse hoogwaterpieken over de periode 1998-2003 bereikt het peil in poel 1 haar piek 3,25 à 4,25 dagen later dan de Maaspijk. Bij hoogwater stroomt er netto water in de poelen met een stijging van het poelpeil tot gevolg. In geval van extreme hoogwaterpieken kunnen de poelen rechtstreeks overstroomd worden door Maaswater.

Bij de aanleg van de hoogwaternevengeul ter hoogte van Maaswinkel zal de invloed van de Maas op het hydrologisch systeem nog groter zijn. De hoogwaternevengeul zal over het algemeen tot een lagere grondwaterstand en poelpeil leiden in het gebied, enkel in geval van hoogwater kunnen tijdelijk een hogere grondwaterstand en poelpeil optreden in vergelijking met de huidige situatie.

Over het algemeen blijken de parameters ‘afstand tot de Maas’, ‘invloed van de Maas door rechtstreekse overstroming’, ‘onderlinge isolatie van de oevers’ en ‘overstromingsfrequentie’ de belangrijkste sturende variabelen te zijn voor de vegetatie.

Ten aanzien van deze sturende variabelen kunnen we concluderen dat het van belang is een voldoende grote variatie aan oevermilieus te creëren. Zo zouden er zowel geïsoleerde delen als delen die in contact staan met de rivier moeten zijn. Binnen de groep van locaties die in contact staan met de rivier kan er vervolgens nog variatie gecreëerd worden in overstromingsfrequentie. Wanneer van deze mogelijke ‘types’ van oevermilieus voldoende aantallen met een voldoende spreiding over de Grensmaasvallei worden voorzien, kan het isolatie-effect tot een minimum beperkt worden. Op deze wijze kunnen rijke oevermilieus en zeldzame soorten hierin op een duurzame manier ontwikkelen in het Grensmaasgebied.

## 8 Bemerkingen

Om de interactie tussen het Maaspeil en het peil in de poelen in het studiegebied na te gaan werd een vereenvoudigd grondwatermodel opgebouwd. De **vereenvoudigingen** hebben betrekking op het volgende:

- Tijdens een stuurgroepvergadering werd de opmerking gemaakt dat een eventuele Maaspijk mogelijk gemist wordt in geval zesuurlijkse Maaspeilen gebruikt worden (randvoorwaarde grondwatermodel in het oosten). Hoewel de gemiddelde zesuurlijkse peilschommeling over de beschouwde periode slechts ongeveer 7 cm bedraagt, blijkt dat over een periode van zes uur effectief schommelingen tot een meter kunnen optreden. Een opdeling in ‘**stress perioden**’ van bijvoorbeeld een uur zou echter een nog hogere rekentijd en –capaciteit vergen dan nu al het geval was. Daarom werd van die idee afgezien.
- Ter hoogte van Maaswinkel (rivierkilometer 32,2-33,2) kent de Maas een sterk verval. De Maas vormt de oostelijke randvoorwaarde van het model. Het **Maaspeil** werd over de hele modelgrens gevarieerd. Hierbij werd uitgegaan van de peilgegevens van het meetstation Elsloo (rivierkilometer 29) en de karakteristieke verhanglijnen. De nauwkeurigheid van deze methode is moeilijk in te schatten.
- Het ontbrak aan gegevens voor een nauwkeurige bepaling van de **modelrandvoorwaarde** in het westen.
- Voor de **natuurlijke aanvulling** werd een constante waarde in tijd en ruimte gebruikt, zijnde de gemiddelde jaarlijkse aanvulling in België (en ter hoogte van de poellocaties: de gemiddelde jaarlijkse neerslag). Gezien het modelgebied slechts 2 km<sup>2</sup> is, kan aangenomen worden dat de ruimtelijke variabiliteit eerder gering is. De variatie in de tijd is echter van meer belang. Hiertoe zouden effectieve tijdreeksen van neerslaggegevens moeten gebruikt worden, waarbij de natuurlijke aanvulling dan berekend kan worden met behulp van het WetSpaas-model (Batelaan & De Smedt, 2001) (zie ook rapport deelgebied Vijverbroek).
- Ter hoogte van de **poellocaties** werden voor de doorlatendheid en de opbrengstcoëfficiënt respectievelijk waarden van 10<sup>6</sup> m/d en 1 [-] genomen. Vermits de poelen niet expliciet in het model ingebracht werden en slechts één modellaag werd beschouwd, hebben deze waarden betrekking op de betreffende cel (grootte: 20 bij 20 m) in totaal.
- De **Kikbeek** werd niet opgenomen in het model.
- Om de effecten van de **hoogwaternevengeul** op de grondwaterstand na te gaan werd een scenario doorgerekend waarbij uitgegaan werd van de geplande maatregelen zoals beschreven in de Effectenanalyse van het project “Levende Grensmaas” (De Smedt et al., 1998). Het model is 2000 bij 1000 m en strekt zich in noordelijke

richting uit van rivierkilometer 32,2 tot 33,2. Het beschouwde plan voorziet een stroomopwaartse aantakking ongeveer ter hoogte van rivierkilometer 32,8 en stroomafwaarts ongeveer ter hoogte van 33,8. M.a.w., de hoogwaternevengeul zit ruimtelijk niet volledig vervat in het model. Bovendien zijn de plannen zoals beschreven in de Effectenanalyse ondertussen gewijzigd en wordt in het huidige plan ook het herstel van de beekmonding van Kikbeek voorzien. Echter, wegens het gebrek aan concrete gegevens werd de invloed van de hoogwaternevengeul op de hydrologische situatie onderzocht uitgaande van de oorspronkelijke plannen.

## Vergelijking studiegebieden Vijverbroek en Maaswinkel

Voor beide studiegebieden Vijverbroek en Maaswinkel werd een ecohydrologische systeemstudie uitgevoerd. Echter, terwijl het algemeen opzet van de studie voor beide gebieden hetzelfde was, bestaat er menig verschil in de aanpak en de klemtonen die werden gelegd, gezien de invloedsfactoren in de twee gebieden sterk verschillen.

Een eerste belangrijk verschil betreft het Maaspeil en de peilschommelingen. Ter hoogte van Maaswinkel is de Maas niet gestuwd en zijn de schommelingen veel groter dan ter hoogte van het Vijverbroek waar de Maas, net over de grens met Nederland, gestuwd wordt. Gezien de goede doorlatendheid van de grind-/zandlaag in de Maasvallei bestaat er een sterke interactie tussen het oppervlaktewater- en grondwatersysteem. In het gebied Maaswinkel wordt het grondwatersysteem als dusdanig sterk beïnvloed door schommelingen in het Maaspeil, terwijl deze invloed in het Vijverbroek veel minder uitgesproken is. Het gebied Maaswinkel ligt bovendien veel dichterbij de Maas, binnen de winterdijk van de Maas, in tegenstelling tot het Vijverbroek. Bij zeer hoge afvoeren van de Maas zoals in januari 2003 kunnen sommige poelen rechtstreeks gevoed worden door Maaswater. Voor de aanvoer van zaden is dit een belangrijke factor (Honnay & Van Looy, in press). De zaden van sommige plantensoorten zoals bijvoorbeeld Spiesmelde (*Atriplex prostrata*) worden enkel door het water verspreid (Bouman et al., 2000) en deze soorten zijn dan ook vooral terug te vinden op locaties die overstromen. Het Vijverbroek is een heel eind buiten de winterdijk gelegen (1 à 1,5 km), waardoor overstroming van dit gebied onmogelijk is.

Het verschil in abiotische invloedsfactoren in de twee studiegebieden komt duidelijk tot uiting in het vegetatiepatroon. In het Vijverbroek ontwikkelt zich op de veenbodem van het elzenbroekbos een sterke grondwaterafhankelijke vegetatie. De aanvoer van grondwater is in dit gebied zeer belangrijk voor het overleven van de vegetatie. Volgens eerdere studies liggen de problemen in het gebied voornamelijk in verdrogingsverschijnselen te wijten aan een afnemende kweldruk en een daling van de grondwaterstand, en eutrofiëringsverschijnselen als gevolg van deze verdroging, alsook van ingrepen zoals het plaatsen van stuwen en het inlaten van gebiedsvreemd water. Algemeen wordt verwacht dat door de heropvulling van de grindplassen (Kleizone, Boterakker) met lemige dekgronden de afvoer van grondwater vertraagd zal worden, met een hogere grondwaterstand en meer kwel in het gebied tot gevolg. Het grondwatermodel voorspelt effectief een hogere grondwaterstand en kwelintensiteit in de situatie na heropvulling van de grindplassen, echter de invloed blijkt eerder beperkt te zijn. De effecten op de verspreiding van freatofyten in het Vijverbroek in de situatie na de aanvulling blijken dus eveneens gering te zijn. Naast de grondwaterstand spelen de

---

nutriëntenbeschikbaarheid en de zuurtegraad (pH) een determinerende rol in het voorkomen van freatofyten in het gebied. Echter, daar de nutriëntenhuishouding in de bodem zeer complex is, is het bijzonder moeilijk hieromtrent voorspellingen te doen, vooral wanneer de nutriëntenconcentraties mogelijk beïnvloed worden door externe factoren (aanvoer nutriëntenrijk grondwater). Verder onderzoek hieromtrent kan mogelijk meer inzicht verschaffen.

In Maaswinkel is de grondwaterinvloed van ondergeschikt belang voor de vegetatie. Slechts in bepaalde zones in de lagere delen van de poelen en in de zones die nooit droogvallen worden freatofyten aangetroffen. Andere abiotische factoren die hier spelen, betreffen ‘afstand tot de Maas’, ‘overstromingsduur’ en ‘al dan niet rechtstreeks overstroomd worden door Maaswater’. Naar vegetatie toe moet bij het evalueren van de effecten van ingrepen vooral met deze factoren rekening gehouden worden. Een gemiddelde daling van het Maaspeil zou een lagere overstromingsfrequentie van de poelen met zich meebrengen, wat voor de vegetatie op de randen van de poelen mogelijk grotere gevolgen heeft dan een gemiddelde daling in de grondwaterstand. In het laatste geval zal de zone met de grondwaterafhankelijke soorten meer naar onder toe in de poelen verschuiven - evenredig met de daling in de gemiddelde grondwaterstand - zonder dat de soorten hierdoor sterk in aantal gaan afnemen of verdwijnen. Een sterke vermindering of het niet meer optreden van rechtstreekse overstromingen kan wel tot een achteruitgang of zelfs de verdwijning van een aantal soorten leiden.

Bij het onderzoek naar de gevolgen van de ingrepen langsheen de Maas, in het kader van het project “Levende Grensmaas, op de vegetatie is het dus van groot belang in te schatten welke de sturende abiotische variabelen zijn voor het voorkomen van vegetatie in het gebied. In deze studie is zeer duidelijk naar voor gekomen dat deze variabelen sterk gebiedsafhankelijk zijn. De studie van het Vijverbroek kan als model gebruikt worden voor gebieden die vooral grondwaterbeïnvloed zijn en waarbij de Maas zelf een kleine (onrechtstreekse) invloed heeft. De resultaten van Maaswinkel kunnen dienen als referentie voor gebieden die vlakbij de Maas gelegen zijn en die hiervan een rechtstreeks invloed ondervinden.



---

## Referenties

Batelaan, O. & De Smedt, F., (2001). WetSpass: a flexible, GIS based, distributed recharge methodology for regional groundwater modelling. In: Gehrels, H., Peters, J., Hoehn, E., Jensen, K., Leibundgut, C., Griffioen, J., Webb, B. Zaadnoordijk, W-J. (Editors), Impact of Human Activity on Groundwater Dynamics. Publ. 269, IAHS, Wallingford, pp. 11-17.

Bouman, F., Boesewinkel, D., Bregman, R., Deventer, N. & Oostermeijer, G. (2000) Verspreiding van zaden. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

Brigham Young University, Utah, USA, Environmental Modeling Research Laboratory, 2000: GMS 3.1 Tutorials.

De Smedt, F., Mwanuzi, F., Wang, Z. (1998). Effectenanalyse van het Natuurontwikkelingsplan voor het Grensmaasgebied. Eindrapport - Deel 2: rivierkundig onderzoek. Studie in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, AMINAL - Afdeling Natuur en AWZ - Afdeling Maas en Albertkanaal, en in onderaanneming van Belgroma n.v., 71 pp + bijlagen.

De Maaswerken (2000). Monitoringplan water en natuur – Proefproject Meers, 24 pp.

Doherty (1996). Groundwater data utilities. Queensland Department of Natural Resources.

Harbaugh, A.W. & McDonald, M.G. (1996). User's documentation for MODFLOW-96, an update to the U.S. Geological Survey modular ground-water flow model. Open-File Report 96-485, USGS, Reston, Virginia, 56 p.

Harbaugh, A.W. & McDonald, M.G. (2000). MODFLOW-2000, the U.S. Geological Survey modular groundwater model – User guide to modularization concepts and the groundwater flow process. Open-File Report 00-92, USGS, Reston, Virginia, 121 p.

Van Looy, K., Honnay, O., Bossuyt, B. & Hermy, M. (2003) The effects of river embankment and forest fragmentation on the plant species richness and composition of floodplain forests in the Meuse valley, Belgium. Belg. Journ. Bot. 136 (1), in press.



---

## Bijlagen

### Bijlage A: Voorkomen en abundantie van soorten per type

Tabel A0.1: Overzicht van de soorten per type.

Type	Soort	% voorkomen	Gemidd tansley
1	EPILO-SP	83.33	1.47
1	TANACVUL	83.33	1.13
1	MATRIMAR	77.78	1.93
1	SONCHASP	77.78	1.29
1	HYPER-SP	66.67	1.33
1	URTICDIO	66.67	1.67
1	HOLCULAN	66.67	1.33
1	SENECINA	66.67	1.50
1	SCROPNOD	61.11	1.27
1	GALEOTET	55.56	1.00
1	PLANTMAJ	55.56	1.00
1	POLYNPER	55.56	1.00
1	RANUNREP	55.56	1.70
1	RUBUSFRU	55.56	1.40
1	SYMPHOFF	55.56	1.10
1	KICKXELA	50.00	1.00
1	LYCOPEUR	50.00	1.00
1	MATRIREC	50.00	1.78
1	VIOLAARV	50.00	1.11
1	HUMULLUP	44.44	1.00
1	ERIGECAN	38.89	1.14
1	MYOSO-SP	38.89	1.00
1	ARTEMVUL	38.89	1.00
1	ATRIPPRO	38.89	1.00
1	CIRSIARV	38.89	1.00
1	CIRSIVUL	38.89	1.00
1	GALIUAPA	38.89	1.14
1	GLECHHED	38.89	1.57
1	GNAPHULI	38.89	1.14
1	POLYNAVI	38.89	1.14
1	RUMEXCRI	38.89	1.00
1	SENECVUL	38.89	1.00
1	SOLANNIG	38.89	1.00
1	TUSSIFAR	33.33	1.00
1	VICIATET	33.33	1.33
1	CALYSSEP	33.33	1.67
1	LEUCAVUL	33.33	1.00
1	PLANTLAN	33.33	1.00
1	POLYNCUS	33.33	1.67
1	SPERGARV	33.33	1.00
1	STACHSYL	33.33	1.00

Type	Soort	% voorkomen	Gemiddelde Tansley
2	ALISMPLA	100.00	3
2	LYTHRSAL	100.00	3
2	RUBUSFRU	100.00	1.5
2	STACHPAL	100.00	2.5
2	ALOPEAEQ	50.00	1
2	ARTEMVUL	50.00	1
2	BIDEN-SP	50.00	1
2	CALLI-SP	50.00	2
2	CALYSSEP	50.00	2
2	GALIUSAX	50.00	1
2	HYDROMOR	50.00	2
2	LYCOPEUR	50.00	2
2	MENTHAQU	50.00	1
2	MENTHARV	50.00	1
2	RORIPAMP	50.00	1
2	STRATALO	50.00	1
2	TYPHALAT	50.00	1

Type	Soort	% voorkomen	Gemiddelde Tansley
3	MATRIREC	100.00	2.57
3	MELILOFF	100.00	1.86
3	RANUNREP	100.00	2.43
3	RUBUSFRU	100.00	2.29
3	SONCHASP	100.00	1.71
3	TANACVUL	100.00	1.14
3	EPILOTET	85.71	1.83
3	PLANTM-P	85.71	1.83
3	TRIFOREP	85.71	2.33
3	URTICDIO	85.71	1.33
3	CERASF-V	71.43	1.20
3	CIRSIARV	71.43	1.60
3	ERIGECAN	71.43	1.00
3	HOLCULAN	71.43	1.60
3	LYCOPEUR	71.43	1.80
3	MEDICLUP	71.43	1.80
3	POLYNPER	71.43	2.20
3	SENECINA	71.43	1.40
3	ALOPEAEQ	57.14	1.25
3	ARTEMVUL	57.14	1.25
3	CARDUCRI	57.14	1.50
3	CIRSIVUL	57.14	1.00
3	FRAXIEXC	57.14	1.75
3	POLYNCON	57.14	1.00
3	RUMEXCON	57.14	1.50
3	STELLAQU	57.14	1.75
3	ANAGAA-A	42.86	1.00
3	CALYSSEP	42.86	1.33
3	CRATAMON	42.86	1.67
3	GNAPHULI	42.86	1.00
3	LYTHRSAL	42.86	1.00
3	POA_ANN	42.86	2.00
3	POTENANS	42.86	1.67
3	RORIPAMP	42.86	1.67

3	RUMEXOBT	42.86	1.33
3	TORILJAP	42.86	2.00
3	TUSSIFAR	42.86	1.33
3	VICIATET	42.86	1.33

Type	Soort	% voorkomen	Gemidd Tansley
4	RUBUSFRU	100.00	4.14
4	URTICDIO	85.71	2.83
4	SONCHASP	71.43	1.60
4	TANACVUL	71.43	2.00
4	ARRHEELA	57.14	2.00
4	ARTEMVUL	57.14	1.25
4	LYCOPEUR	57.14	2.00
4	MELILOFF	57.14	1.25
4	CALYSSEP	42.86	3.00
4	CIRSIARV	42.86	1.33
4	CIRSIVUL	42.86	1.33
4	EUPATCAN	42.86	1.00
4	HYPERPER	42.86	1.00
4	LATHYPRA	42.86	1.67
4	LYTHRSAL	42.86	1.67
4	MEDICLUP	42.86	1.33
4	STACHPAL	42.86	1.67
4	VICIACRA	42.86	2.67
4	ACHILMIL	28.57	1.00
4	BIDEN-SP	28.57	1.00
4	CRATAMON	28.57	1.50
4	DAUCUCAR	28.57	1.00
4	GALEOTET	28.57	1.00
4	GALIUAPA	28.57	2.00
4	MATRIREC	28.57	1.00
4	POA_TRI	28.57	3.00
4	SOLANDUL	28.57	1.00
4	TORILJAP	28.57	2.00

Type	Soort	% voorkomen	Gemidd Tansley
5	CALYSSEP	100.00	3.29
5	RUBUSFRU	100.00	3.57
5	URTICDIO	85.71	2.33
5	CHAMEANG	57.14	2.75
5	CIRSIARV	42.86	1.67
5	ARTEMVUL	28.57	2.00
5	CARDUCRI	28.57	2.50
5	TANACVUL	28.57	1.50

Type	Soort	% voorkomen	Gemidd Tansley
6	LYCOPEUR	100.00	2.25
6	CIRSIARV	75.00	1.33
6	EPILO-SP	75.00	1.50
6	JUNCUEFF	75.00	2.17
6	POLYNPER	75.00	2.50
6	RUBUSFRU	75.00	2.17
6	URTICDIO	75.00	2.17
6	ALOPEAEQ	62.50	1.40
6	POTENANS	62.50	2.00
6	RANUNREP	62.50	2.00
6	SONCHASP	62.50	1.60
6	ALISMPLA	50.00	1.50
6	CALYSSEP	50.00	2.00
6	LYTHRSAL	50.00	1.50
6	RORIPAMP	50.00	1.25
6	RUMEXOBT	50.00	1.00
6	STACHPAL	50.00	1.75
6	BIDEN-SP	37.50	1.33
6	CHENOPOL	37.50	1.33
6	GLECHHED	37.50	1.33
6	GNAPHULI	37.50	1.67
6	PLANTMAJ	37.50	1.00
6	RANUNSCE	37.50	1.67

Type	Soort	% voorkomen	Gemidd Tansley
7	TYPHALAT	100.00	2.25
7	ALISMPLA	75.00	2.00
7	CALLI-SP	50.00	1.50
7	CERATDEM	50.00	2.50
7	NYMPDPEL	50.00	1.00
7	POLYNAMP	50.00	2.00
7	SPARGERE	50.00	1.50
7	POTAMCRI	25.00	2.00

## Bijlage B: Abiotische variabelen per opname-eenheid

Tabel B0.2: Verklarende tabel van de gebruikte klassen van abiotische parameters.

Hoogte	Verklaring	Invloed M	Verklaring	Substraat	Verklaring
1	0 tot -1 m	0	nooit	1	kiesel
2	0 tot 1 m	1	zeer uitzond	2	kiesel + leem
3	1 tot 4 m	2	meest frequent	3	kiesel + slib
				4	kiesel + org. mat.

Perceel	Hoogte	Afstand M (m)	Invloed M	Substraat
1	3	660	0	2
2	2	660	0	1
3	2	660	0	1
4	3	660	0	1
5	3	660	0	2
6	2	660	0	1
7	3	660	0	2
8	3	660	0	2
9	3	660	0	2
10	3	660	0	2
11	3	550	0	2
12	2	550	0	2
13	3	550	0	2
14	2	550	0	2
15	3	550	0	2
16	3	550	0	2
18	2	500	1	3
19	3	500	1	2
20	2	500	1	3
21	3	500	1	2
22	3	350	2	1
23	3	350	2	1
24	3	350	2	1
25	2	350	2	1
26	3	350	2	1
27	3	350	2	1
28	3	350	2	1
29	2	350	2	1
30	2	350	2	1
31	2	350	2	1
32	2	350	2	1
33	3	350	2	1
34	2	350	2	1
35	2	560	2	1
36	2	560	2	1
37	3	560	2	1
38	3	560	2	1
39	2	560	2	1

---

40	3	560	2	1
41	3	560	2	1
42	1	560	2	1
43	1	660	0	2
44	3	660	0	2
45	1	660	0	2
46	2	660	0	2
47	3	660	0	2
48	2	660	0	2
49	2	450	0	4
50	3	450	0	4
51	3	450	0	4
52	2	450	0	3
53	3	450	0	4
54	1	450	0	3