

Praktijkervaringen met waterberging en natuur in een beekdal



Achtergrondrapport Beerze



Praktijkervaringen met waterberging en natuur in een beekdal

Achtergrondrapport Beerze

PILOTPROGRAMMA
WATERBERGING-NATUUR

april 2008

RWS Waterdienst rapport nr. 2007.014
Alterra rapport nr. 1631
ISBN 978-90-369-1419-2



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Deltares

Enabling Delta Life



Waterschap
De Dommel



ALTERRA

WAGENINGEN UR



WAGENINGEN UNIVERSITEIT

WAGENINGEN UR



Colofon

<i>Redactie:</i>	Suzanne Stuijtzand, Remco van Ek, Janneke Klein
<i>Auteurs:</i>	Francisca Sival, Harry van Manen, Eva Eigenhuijsen, Patrick Hommel, Michel Riksen, Linde Verbeek, Victor Beumer, Tim Pelsma, Jaap Daling, Leo de Bruijn, Suzanne Stuijtzand
<i>Foto's:</i>	Harry van Manen, Jaap Daling, Victor Beumer
<i>Aan de uitvoering van de pilot Beerze werkten mee:</i>	
Coördinatie pilot	Suzanne Stuijtzand (RWS Waterdienst (voorheen RIZA))
Hydrologie-kwantiteit	Harry van Manen (RWS Waterdienst) Jaap Daling (RWS Waterdienst) Ad van den Langenberg (Ver. Natuurmonumenten) Michel Riksen (Wageningen WUR) Eva Eigenhuijsen (Waterschap De Dommel)
Hydrologie-kwaliteit	Eva Eigenhuijsen (Waterschap De Dommel) Leo van Rooy (Waterschap De Dommel) Victor Beumer (Universiteit Utrecht/TNO)
Bodem en sediment	Francisca Sival (Alterra, Wageningen UR) Michel Riksen (Wageningen Universiteit) Bart Makaske (Alterra, Wageningen UR) Gilbert Maas (Alterra, Wageningen UR) Linde Verbeek (Wageningen Universiteit)
Vegetatie	Patrick Hommel (Alterra, Wageningen UR) Tim Pelsma (RWS Waterdienst) Francisca Sival (Alterra, Wageningen UR)
Fauna	Leo de Bruijn (Ver. Natuurmonumenten)

Dit rapport is tot stand gekomen in het kader van het Pilotprogramma Waterberging-Natuur. Het pilotprogramma is een samenwerkingsverband tussen Min. V&W (DG Water/RWS Waterdienst, voorheen RIZA), Min. LNV (DN/DK), Unie van Waterschappen, Vereniging Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer.

Dit rapport is tevens onderdeel van het Alterra-project 'Effecten nutriënten-toevoer bij inundatie door slib', onderdeel van het DWK-programma Beleidsondersteunend Onderzoek: Vitaal Landelijk Gebied: Water (BO-01-003).

Inhoud

	pagina	
1	Inleiding	5
2	Pilot Beerze	7
3	Methoden	13
3.1	Meetlocaties	13
3.2	Hydrologie	14
3.2.1	Waterkwantiteit	14
3.2.2	Oppervlaktewaterkwaliteit	16
3.2.3	Herkomst van het inundatiewater	17
3.2.4	Grondwaterkwaliteit	17
3.3	Bodem	18
3.4	Sedimentatie	18
3.5	Vegetatie	20
3.6	Fauna	21
4	Resultaten	23
4.1	Hydrologie	23
4.1.1	Oppervlaktewater- en grondwaterkwantiteit	23
4.1.2	Oppervlaktewaterkwaliteit	33
4.1.3	Herkomst van het inundatiewater	43
4.1.4	Grondwaterkwaliteit	46
4.2	Bodem	47
4.3	Sedimentatie	54
4.4	Vegetatie	62
4.5	Fauna	68
5	Discussie, conclusies en aanbevelingen	71
5.1	Onderzoeksvragen	71
5.2	Kennisvragen	75
5.3	Aanbevelingen beheer en inrichting	77
6	Referenties	79
7	Bijlagen	83

1 Inleiding

Achtergrond

In het integrale waterbeleid van de 21^e eeuw (WB21) is aangegeven dat het kabinet met het waterbeheer wil anticiperen op toekomstige klimaatveranderingen en bodemdaling. Dit is nodig om ernstige wateroverlast en watertekort zo veel mogelijk te voorkomen. Een uitgangspunt bij de inrichting van watersystemen is het principe dat water eerst wordt vastgehouden, vervolgens geborgen en zo nodig wordt afgevoerd. Voor het vasthouden en bergen van water is ruimte nodig. Het kabinet heeft aangegeven dat de mogelijkheden om het waterbeheer te combineren met andere functies zoals landbouw en natuur moeten worden benut. Hiertoe zijn in het kader van WB21 (startovereenkomst) landelijk afspraken gemaakt tussen rijk, provincies, gemeenten en waterbeheerders.

De ideeën over de mate waarin waterberging met natuur is te combineren lopen uiteen. Volgens WB21 is het goed mogelijk om waterberging en natuur te koppelen. De Raad voor het Landelijk gebied concludeert echter dat de mogelijkheden relatief beperkt zijn met de huidige natuurdoelstellingen. Meer inzicht in de daadwerkelijke mogelijkheden voor waterberging is gewenst.

Pilotprogramma Waterberging-Natuur

Om beter zicht te krijgen op wat de mogelijkheden zijn om waterberging en natuur te combineren, is in 2002 het Pilotprogramma Waterberging en Natuur van start gegaan. Hoofddoel van het pilotprogramma is waterbeheerders, terreinbeherende instanties en provincies te ondersteunen in hun activiteiten een koppeling tot stand te brengen tussen waterberging en -buffering en natuurbehoud en -ontwikkeling. Daartoe is het pilotprogramma primair gericht geweest op het opdoen en verspreiden van ervaringskennis. Aan de hand van praktijksituaties (vijf pilots verspreid over Nederland) zijn ervaringen opgedaan om effecten van de combinatie natuur met waterberging in beeld te brengen. Van elke pilot zijn de resultaten in een afzonderlijk (achtergrond)rapport beschreven. Tevens is een hoofdrapport beschikbaar waarin de resultaten van alle pilots (meer op hoofdlijnen) zijn gebundeld.

Pilot Beerze

Eén van de geselecteerde pilots uit het pilotprogramma ligt langs de Beerze. De Beerze is representatief voor de huidige situatie in veel Brabantse beekdalen: er is sprake van een waterkwantiteitsprobleem, en (tijdelijke) berging van het beekwater in natuurgebieden stuit op problemen, vooral vanwege de (eutrofe) waterkwaliteit. Tegelijkertijd speelt verdroging van natuurgebieden een rol. De pilot Beerze ligt in het traject Logtse Baan - Logtse Velden - Smalbroeken. De onderzoeksperiode van deze pilot besloeg 2004 tot medio 2007. Onderliggend rapport is het achtergrondrapport waarin de meet- en monitoringsgegevens van de verschillende jaren zijn geïntegreerd. Voor een overzicht van de resultaten van alle pilots wordt verwezen naar het hoofdrapport.

Problematiek en onderzoeksvragen

Zowel de waterbeheerder als de terreinbeheerder ondervinden knelpunten in de huidige situatie. De waterbeheerder (Waterschap De Dommel) moet in tijden van piekafvoeren water kunnen bergen, maar vindt geen mogelijkheden hiertoe vanwege schaarse ruimte en bezwaren van andere beheerders/eigenaren ten aanzien van de slechte waterkwaliteit. De terreinbeheerder (Vereniging Natuurmonumenten) ervaart dat het eutrofe beekwater leidt tot verzuivering, maar wil aan de andere kant streven naar een natuurlijker systeem waar ook overstromingen bij horen. In 1999 is de overstromingsvlakte - tevens natuurontwikkelingsgebied - Logtse Baan aangelegd. Bij zowel water- als terreinbeheerders roept een dergelijk retentiebekken vragen op. Het waterschap wil weten hoe het gebied functioneert en of een dergelijke overstromingsvlakte invloed heeft op de waterkwaliteit. Zorg van de terreinbeheerder is dat door het aanleggen van overstromingsvlaktes weliswaar nutriënten uit het water worden verwijderd, maar dat deze zullen achterblijven in het gebied. Vraag is wat dit ter plekke voor gevolgen heeft voor de natuur. Verder wil de terreinbeheerder weten wat de invloed is van waterberging in het benedenstrooms gelegen natuurgebied de Logtse Velden.

Algemene hoofdvraag is:

- Wat zijn effecten van waterberging op natuur?

Specifieke onderzoeksvragen zijn:

- Hoe verloopt waterberging in het retentiegebied en in het benedenstrooms gelegen natuurgebied?
- Hoe is de waterkwaliteit van de beek, en hoe verandert deze bij hoogwater?
- Verbetert de waterkwaliteit na passering van het retentiegebied?
- Hoeveel slib blijft achter na hoogwater, en van welke kwaliteit is dit?
- Wat zijn effecten van waterberging op vegetatie?

Organisatie pilot Beerze

In 2003 zijn partners gezocht en is de opzet van de pilot uitgewerkt. De volgende partijen werkten mee aan de pilot: Waterschap De Dommel, Vereniging Natuurmonumenten, RWS-RIZA (nu Waterdienst), Alterra/Wageningen UR, Wageningen Universiteit en Universiteit Utrecht/TNO.

RWS-RIZA was trekker van de pilot, in opdracht van DG Water. Alterra werkte in het kader van het project 'Effecten nutriëntentoevoer bij inundatie door slib' mee aan de pilot. Dit project is onderdeel van het DWK-programma Beleidsondersteunend Onderzoek: Vitaal Landelijk Gebied: Water (BO-01-003), in opdracht van het Ministerie van LNV.

In het colofon is de taakverdeling van de diverse instanties en personen bij de uitvoering van de pilot weergegeven.

2 Pilot Beerze

Het onderzoeksgebied bestaat uit drie deelgebieden:

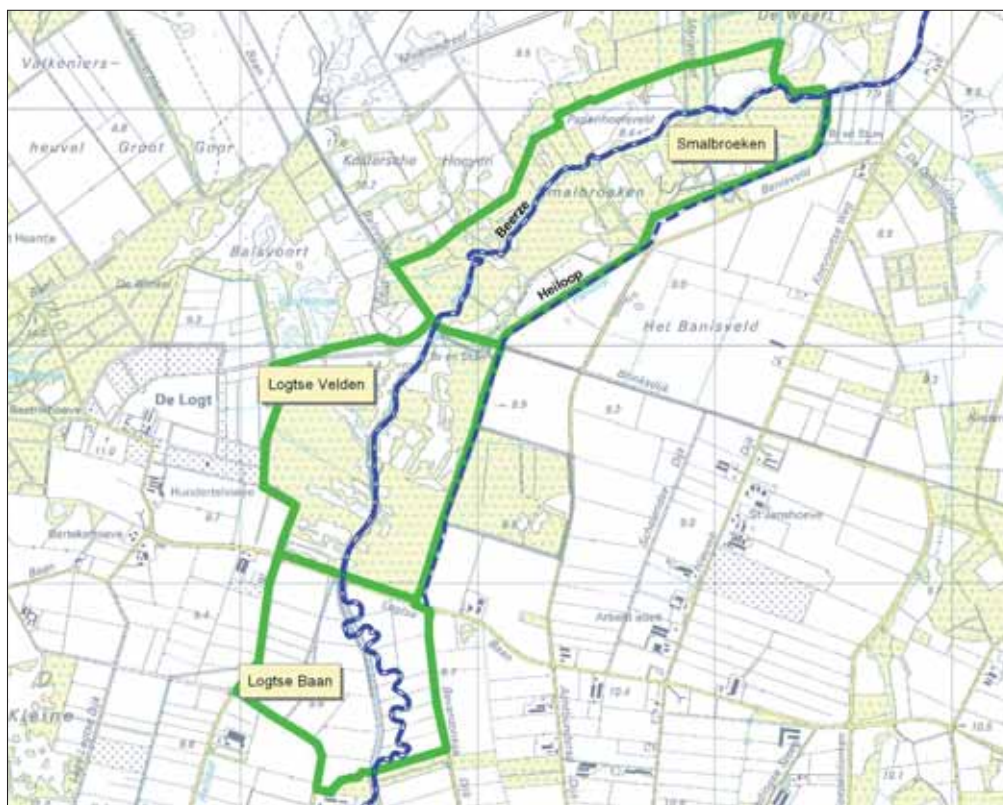
- **Logtse Baan** (gelegen tussen de wegen Viermannekesbrug en de Logtse Baan): Dit retentiebekken (aangelegd in 2000/2001) van circa 55 ha inundeert nagenoeg volledig bij hoge afvoeren van de Beerze. Het gebied wordt gekenmerkt als natuurontwikkelingsgebied (natuurdoeltype structuurrijk grasland).
- **Logtse Velden** (gelegen tussen de Logtse Baan en Brinksdijk): De Logtse Velden is een natuurgebied van circa 80 ha, dat sinds de aanleg van de Logtse Baan als tweede overstromingsgebied fungeert (sinds 1989/1990). Natuurdoeltypen: structuurrijk grasland en broekbos.
- **Smalbroeken** (vanaf Brinksdijk tot de vistrap op ongeveer een km voor de brug bij Lennisheuvel): Smalbroeken is een natuurgebied, waar nog enkele hectaren blauwgraslanden voorkomen. Om dit schrale ecosysteem te beschermen tegen het eutrofe beekwater, zijn langs de Beerze begin jaren '90 kades opgeworpen en wordt in tijden van piekbelasting de stuw bij de Brinksdijk (dus bovenstrooms) omhoog gezet. Inundatie met beekwater van Smalbroeken wordt voorkomen door inzet van de Logtse Baan en de Logtse Velden, en door een omleiding van het water via de Heilloop.

Hieronder volgt een meer uitgebreide gebiedsbeschrijving van het onderzoeksgebied.

De Beerze is een laaglandbeek die deel uitmaakt van het stroomgebied van de Dommel (totaallengte ca. 50 km). De Beerze ontspringt in het Belgische Kempens Hoog Plateau en heeft een brongebied dat bestaat uit landbouwgebieden waardoor dit bronwater vermestende effecten kan hebben op de gebieden benedenstrooms. In het beekdal van de Beerze zijn in het verleden langdurige inundaties opgetreden, waarbij veel beekleem is afgezet. De onderstaande beschrijving is afgeleid van Jalink (1995), Athmer *et al.* (1997), Jalink *et al.* (1997) en Schrama *et al.* (2001).

In figuur 2.1 is het studiegebied van pilot Beerze weergegeven. Het dal van de Beerze in het studiegebied (vooral de Logtse Velden en Smalbroeken) bestaat voornamelijk uit beekerdgronden met kleidek. Beekerdgronden zijn ontstaan onder basenrijke, natte omstandigheden (toestroming basenrijk grondwater of overstroming door basenrijk water). 's Zomers kan de grondwaterstand wel tot 1 m beneden maaiveld uitzakken, maar in de winter staat het grondwater aan of dicht onder het maaiveld. Op veel plekken is een ondiepe oude kleilaag aanwezig. Er is in de bovenste 80 cm geen sprake van reductie. Er wordt ook wel gesproken van beekleem op zand. Een groot deel van het neerslagwater zal op deze laag gestagneerd zijn en oppervlakkig zijn afgestroomd naar het beekdal.

In het Holoceen heeft veenvorming plaatsgevonden door beekoverstromingen. Deze overstromingen resulteerden in afzettingen van zand, klei en beekleem. In de Logtse Velden is het beekdal gevuld met 1 tot meer dan 2 m dik pakket klei en veen. Daaronder bevindt zich een zandige ondergrond met oude stroomgeulen. In Smalbroeken is het kleidek hooguit enkele decimeters, maar ook hier zijn het grotendeels beekerdgronden met een kleidek. Meestal is dit kleidek dunner dan in de Logtse Velden. In de zandondergrond in Smalbroeken komen leemlagen voor. Aan het eind van de Smalbroeken wordt het dal nog smaller.



Figuur 2.1 Het studiegebied van pilot Beerze.

De Brinksdijk ligt op de scheiding tussen De Logtse Velden en Smalbroeken (figuur 2.1). Net achter de Brinksdijk versmalt het dal plotseling. De dalversmalling in combinatie met de samenkomst van beken leidde in het bovenstroomse gebied tot overstromingen. De oorzaak hiervan is dat de doorsnijding van de Beerze ter hoogte van de Smalbroeken betrekkelijk smal is. Dit leidde tot opstuwning en overstromingen. De Logtse Velden vormden een brede vlakke laagte in het landschap. Bij opstuwning kwam het dal daardoor over een zeer grote breedte onder water te staan. In de 20^e eeuw werd de invloed van ontginning en verbeterde afwatering merkbaar door de grotere fluctuaties van de Beerze. Al in het begin van de eeuw kwamen inundaties veelvuldiger voor, waarbij deze inundaties zich ook 's zomers manifesteerden. Het agrarische gebruik werd op steeds meer percelen gestaakt en dit leidde tot opslag van struwelen en bos.

Vóór 1950 werd de afwatering gekenmerkt door lage afvoeren in de zomer en hoge afvoeren in de winter. In droge perioden vielen delen zelfs droog. Tijdens hoge afvoeren traden inundaties op. Na 1950 is de Beerze genormaliseerd en voorzien van kunstwerken. In Smalbroeken heeft de Beerze zijn oorspronkelijke loop behouden. In het beekdal is de ontwatering plaatselijk verbeterd door het graven van sloten en toepassen van drainage. Sinds 1970, toen een rioolwaterzuiveringsinstallatie bij Hapert werd gerealiseerd (die het effluent op de Beerze loost), is de Beerze altijd watervoerend.

De Beerze is de afgelopen eeuw veranderd van een dynamische meanderende nutriëntenarme beek naar een gekanaliseerde nutriëntenrijke beek. Sinds een aantal jaren zijn er herstelprojecten om de beek zijn meanderende loop weer terug te geven. De Logtse Baan is in 1999 op voormalige landbouwgrond aangelegd als waterbergings- en natuurontwikkelingsgebied. In de Logtse Baan zijn meanders gerealiseerd en is het maaiveld deels afgegraven met 0,15 m en deels met 0,35 m (zie figuur 2.2). De verbinding van de Heilooop met de Beerze is gewijzigd. De Heilooop loost niet meer direct op de Beerze maar het water wordt via een gemaal op de Logtse Baan geloosd.



Figuur 2.2 Maaiveldverlaging in de Logtse Baan.

Na de overstromingsvlakte van de Logtse Baan stroomt de Beerze door de natuurgebieden de Logtse Velden en Smalbroeken. De Logtse Velden bestaat uit beemden, bos en struikvegetatie die reeds van oorsprong geïnundeerd werden door de Beerze. In 1989/1990 is de Logtse Velden door Natuurmonumenten in samenwerking met het waterschap ingericht als gestuurd overstromingsgebied. Dit gebied dient het benedenstrooms gelegen Smalbroeken, een natuurgebied waar onder andere waardevolle blauwgraslanden voorkomen, te beschermen tegen overstroming met voedselrijk beekwater. Om de Logtse Velden goed in te kunnen zetten is het gebied omdijkt en is aan de benedenstroomse zijde van het gebied een automatische stuw aangelegd. Deze automatische stuw reageert op het benedenstroomse peil (kant van Smalbroeken). Indien het peil te hoog wordt, wordt (een deel van) het water om de Smalbroeken heen geleid door (het oorspronkelijk benedenstroomse deel van) de Heiloop. Dit deel functioneert nu als bypass voor het water van de Beerze om Smalbroeken heen.

Ook in de bypass is een stuw (aflaatwerk) aanwezig. Om nadelige effecten voor vismigratie te compenseren is er tegelijkertijd een vispassage aangelegd naast de stuw Brinksdijk. Buiten perioden met (zeer) hoge afvoeren stroomt er geen water over het aflaatwerk. De totale afvoer stroomt in dat geval door de vispassage en over de stuw.



De Beerze



Logtse Baan



Logtse Velden



Logtse Velden



Smalbroeken



Smalbroeken

Stroomafwaarts van de Logtse Velden ligt Smalbroeken. Dit is een kwetsbaar en waardevol gebied met blauwgraslanden dat niet of zeer incidenteel overstroomd mag worden. Bij hoge afvoeren wordt een beperkte hoeveelheid water afgevoerd door Smalbroeken, en de overige afvoer gaat via de bypass Heiloo. Deze bypass takt benedenstrooms van Smalbroeken weer aan de Beerze aan (zie figuur 3.1). Door deze maatregel is er bij hoogwater veelal ook sprake van extra opstuwung van de Beerze, waardoor de Logtse Baan en de Logtse Velden extra inunderen. Deze regulering vindt vooral in de winter plaats, maar kan incidenteel ook in de zomermaanden bij extreme afvoer gebruikt worden. Tot 1994 was ook stroomafwaarts van Smalbroeken een stuw in de Beerze aanwezig. Deze is vervangen door een cascade van grote keien die passeerbaar voor vis zou moeten zijn. Reliëf en bodem zijn in Smalbroeken meer heterogeen dan in de Logtse Velden. In het dal liggen te midden van de beekerdgronden veel zandopduikingen.

De bypass (Heiloo) draineert constant. De Beerze wisselend, afhankelijk van het beekpeil en de grondwaterstanden. Na de aanleg van de Heiloo in de jaren '50 is in Smalbroeken geen sprake meer van significante kwelstromen naar het Beerzedal. Het basenrijke grondwater kwelt alleen op in de Heiloo waardoor deze watergang een verdrogende werking uitoefent op de Smalbroeken.

De regionale grondwaterstroming is van zuid naar noord gericht. In het beekdal in het onderzoeksgebied manifesteerde zich in de "oorspronkelijke" situatie basenrijke kwel vanuit het eerste watervoerende pakket. De Beerze was voornamelijk drainerend. Het Kempisch plateau en de Kempen zijn de belangrijkste infiltratiegebieden van het diepe systeem. Het geïnfiltreerde water kan tot in de diepe watervoerende pakketten stromen. Het merendeel van het water uit het diepe pakket kwelt op in het riviereengebied ten noorden van 's-Hertogenbosch en Waalwijk.

Voor aanvang van de winning van grondwater door waterleidingmaatschappij Oost-Brabant was de stijghoogte van het ondiepe watervoerende pakket in de Logtse Velden en Smalbroeken 8 à 9 m +NAP. In het bijzonder in de Logtse Velden en Smalbroeken manifesteerde zich dit in een kwelsituatie in het beekdal. Het stijghoogteverschil was minimaal 0,50 m. In de huidige situatie werkt de Beerze in de zomer voornamelijk drainerend op de omgeving en in de winter vindt infiltratie plaats. Mogelijk vormt de winning van grondwater, naast de al aanwezige drainage voor de landbouw, een additionele factor voor verdroging in het beekdal doordat het bijdraagt aan een verminderde kwel naar maaiveld en verminderde kwel naar de Beerze met negatieve consequenties voor de waterkwaliteit.

De vegetatie van de Logtse Velden bevat relictten van blauwgraslanden. Bij Smalbroeken wijst de vroegere vegetatie erop dat in dit gebied overstroming een belangrijke factor was voor het in stand houden van basenrijke omstandigheden. Daarnaast zorgde lokale kwel en/of stagnatie voor voedselarme standplaatsen.

3 Methoden

3.1 Meetlocaties

Figuur 3.1 en tabel 3.1 geven een overzicht van de locaties waar metingen zijn verricht aan hydrologie, bodem, sediment en vegetatie, in de drie deelgebieden. Aanvullend is in de Logtse Baan onderzoek aan bodem en sediment verricht in transecten (zie 3.3 en 3.4)



Figuur 3.1 Locaties van metingen aan hydrologie, sediment, bodem en vegetatie.

Tabel 3.1 Onderzoekscodes en -locaties; aangegeven is waar welke metingen zijn verricht.

code	locatie	water kwaliteit	water standen	water afvoer	grondw. standen	grondw. kwaliteit	bodem	sediment	vegetatie
LB-1	Logtse Baan zuidwest				X				
LB-2	Logtse Baan noordoost; 15 cm afgegraven				X	X	X	X	X
LB-3	Logtse Baan noordwest; 30 cm afgegraven				X	X	X	X	X
LV-1	Logtse Velden zuidoost				X				
LV-2	Logtse Velden zuidwest				X				
LV-3	Logtse Velden oost (verder van de beek)				X	X	X	X	X
LV-4	Logtse Velden oost (dichterbij beek)				X	X	X	X	X
LV-5	Logtse Velden midden (aan de beek)				X*	X			
LV-6	Logtse Velden west				X				
LV-7	Logtse Velden noordoost; Liesgras-grasland				X	X	X	X	X
SB-1	Smalbroeken zuid; Meandergrasland				X	X	X	X	X
SB-2	Smalbroeken oost (verder van beek); Blauwgrasland						X	X	X
SB-3	Smalbroeken oost (dichterbij beek); Blauwgrasland						X	X	X
SB-4	Smalbroeken west (Papenhoefsveld)				X	X	X	X	X
BZ-1	Beerze t.h.v. Viermannekesbrug	X	X						
BZ-2	Beerze t.h.v. (uitstroompunt) Logtse Baan	X	X						
BZ-3a	Beerze t.h.v. Brinksdijk; bovenstrooms stuw	X	X	X					
BZ-3b	Beerze t.h.v. Brinksdijk; benedenstrooms stuw		X	X					
BZ-4	Beerze t.h.v. Papenhoefsveld		X						
BZ-5	Beerze t.h.v. Nieuwe Kamp	X	X						
HL-1	Heilooop t.h.v. Langendonksedijk/instream LB	X							
HL-2a	Heilooop t.h.v. Brinksdijk; bovenstrooms stuw			X					
HL-2b	Heilooop t.h.v. Brinksdijk; benedenstrooms stuw			X					

* LV-5 is alleen gebruikt voor incidentele handmetingen voor het kwelonderzoek

3.2 Hydrologie

3.2.1 Waterkwantiteit

Stuwbeheer Brinksdijk

De stuw bij Brinksdijk wordt automatisch aangestuurd, waarbij het benedenstrooms peil in Smalbroeken sturend is. Zodra het benedenstroomse peil een hoogte bereikt van 9,05 m +NAP gaat de stuw Brinksdijk omhoog. Tegelijkertijd gaat de stuw in de bypass (Heilooop) omlaag zodat het water uit de Beerze ook via de bypass wordt afgevoerd. Alleen bij heel hoge afvoeren en waterpeilen gaat er naast water via de Heilooop ook water over de stuw Brinksdijk. De maximale afvoer over de stuw is 4 m³/s, en de maximale afvoer over het aflaatwerk is 5 m³/s. Het debiet wordt begrensd op 9 m³/s, en hierboven wordt de extra afvoer geborgen in de Logtse Baan en de Logtse Velden. De vistrap naast stuw Brinksdijk wordt tijdens dergelijke hoogwater situaties handmatig dichtgezet ter bescherming van de vistrap. Als de Logtse Velden vol zijn en de afvoergolf nog niet voorbij is (meer dan 9 m³/s), wordt de totale afvoer doorgelaten. Er treedt dan inundatie van Smalbroeken op.

Open waterpeil en debieten

De open waterpeilen zijn met behulp van dataloggers geregistreerd bij de instroming in de Logtse Baan (BZ-1), de overgang naar de Logtse Velden (BZ-2), de overgang naar Smalbroeken (BZ-3, boven- en benedenstrooms van de stuw), en in Smalbroeken (BZ-4). Met behulp van peilregistraties en afvoerrelaties zijn door waterschap de Dommel debieten berekend bij de vistrap, stuw Brinksdijk (BZ-3), en het aflaatwerk (HL-2).



Locatie BZ-1, waar de Beerze de Logtse Baan instroomt



Locatie BZ-2, de Logtse Brug vormt de scheiding tussen de Logtse Baan en de Logtse Velden

Grondwaterstanden

Vanaf eind 2003 zijn grondwaterstanden en open waterpeilen op een aantal meetlocaties in de Logtse Baan, de Logtse Velden en Smalbroeken geregistreerd (zie figuur 3.1 en tabel 3.1). Op iedere meetlocatie is een peilbuis geplaatst met een filterdiepte van ongeveer 1,5 m beneden maaiveld. De peilbuizen zijn uitgerust met dataloggers, zodat er een automatische registratie is met een frequentie van één uur. Een paar keer per jaar zijn de locaties gecontroleerd en is een handmeting uitgevoerd ter controle en kalibratie van de apparatuur. Bij het plaatsen van de apparatuur is ook een bodembeschrijving gemaakt van de meetlocaties, welke is weergegeven in bijlage VIII.

Om te onderzoeken of er in het gebied sprake is van een verticale grondwaterstroming (infiltratie of kwel), is op enkele locaties aanvullend een ondiepe (1 m -mv) en een diepere buis (3 à 3,5 m -mv) geplaatst (LV-3, LV-4 en LV-5). Deze grondwaterstanden zijn gemiddeld 4 keer per jaar handmatig opgenomen. Bij de locatie LV-5 heeft geen registratie plaatsgevonden met een datalogger. Bij LV-3 en LV-4 is de freatische grondwaterstand wel automatisch geregistreerd.

In de periode 2005-2006 zijn door defecte apparatuur enkele hiaten in de meetreeksen ontstaan: locatie LB-3 mist een korte periode in mei 2006 en van LV-1 en LV-4 ontbreken de gegevens van oktober 2005 tot juni 2006. Nadien zijn de dataloggers vervangen.

Inundaties

Op basis van de gegevens van de winterperiode 2003-2004 en het begin van de winterperiode van eind 2004 is het inundatieproces (globaal) in beeld gebracht. Daarbij is gebruik gemaakt van registraties van peilen, veldwaarnemingen tijdens inundaties, het hoogtebestand van Nederland (5 m grid) en aanvullende hoogtemetingen van de meetlocaties en uitgebreide hoogtemetingen van het maaiveld van het oostelijke gedeelte van de Beerze in de Logtse Baan. De kaarten zijn gebaseerd op de aanname dat het patroon van de inundatie afhangt van het peil van de Beerze en de maaiveldhoogte in het waterbergingsgebied. De kaarten zijn indicatief, aangezien de nauwkeurigheid van de maaiveldhoogtekaart beperkt is en de ligging van een instroompunt (lokale verlaging langs de beek) bepalend kan zijn voor het uiteindelijke verloop van de inundatie.

De kaartjes zijn gemaakt na kalibratie van veldwaarnemingen aan het open waterpeil in de gebieden. Voor de Logtse Baan is hiervoor BZ-1 gebruikt, voor de Logtse Velden BZ-3, en voor Smalbroeken BZ-4. Er is hierbij rekening gehouden met het gemiddelde opgetreden verhang over de verschillende gebieden. Er is dus uitgegaan van een relatie tussen het peil van de Beerze en het waterpeil boven het maaiveld op de verschillende plekken in de gebieden. Deze zijn zo mogelijk gecorrigeerd met behulp van de waarnemingen van de peilen op de onderzoekslocaties.

Het middengebied van Smalbroeken is niet meegenomen omdat hier te weinig gegevens van bekend zijn.

Het kaartbeeld voor De Logtse Baan is het meest betrouwbaar. Voor de Logtse Velden kan er wel op basis van waarnemingen een goede inschatting worden gemaakt, maar nadere verificatie is gewenst. Voor Smalbroeken zijn voornamelijk waarnemingen gedaan in Papenhoefsveld en ter plaatse van SB-1. De inundaties in het overige deel van Smalbroeken zijn een globale inschatting op basis van incidentele waarnemingen en globale hoogtegegevens.

3.2.2 Oppervlaktewaterkwaliteit

Meetlocaties en parameters

Er zijn vijf meetpunten waar de oppervlaktewaterkwaliteit is gemonitord: vier in de Beerze en één in de Heiloo (BZ-1, BZ-2, BZ-3a, BZ-5 en HL-1; zie fig. 3.1 en tabel 3.1).

De volgende parameters zijn geanalyseerd: pH, nitraat (NO₃), nitriet (NO₂), ammonium (NH₄), totaal fosfor (P), orthofosfaat (oPO₄), sulfaat (SO₄), chloride (Cl), ijzer (Fe), zink (Zn), koper (Cu), cadmium (Cd), nikkel (Ni), elektrisch geleidend vermogen (EGV) en zwevend stof.

In het veld is ter voorbereiding van de analyse van NO₃ 100 ml gefiltreerd in het veld. De overige monsters zijn niet voor analyse gefiltreerd, alle zware metalen concentraties betreffen dan ook een totaalgehalte. De analyses zijn uitgevoerd door laboratorium GWL te Boxtel. Van de voorgestelde parameters in het projectplan is de gloeirest komen te vervallen, omdat de voorkomende gehalten zo laag zijn dat de foutenmarge groter bleek dan de uitkomsten. Verder is nitraat (per abuis) pas vanaf november 2004 meegenomen in de analyses.

Reguliere metingen

In de periode mei tot en met september zijn de vijf meetpunten één keer per maand gemonitord. In de periode oktober tot en met april was de meetfrequentie twee keer per maand (deze hogere frequentie is vanaf maart 2004 aangehouden).

Metingen tijdens hoogwater

Tijdens piekafvoeren vinden er andere processen plaats dan buiten deze periode. Daarom was de inzet om tijdens piekafvoeren de waterkwaliteit intensiever te monitoren, zo mogelijk inclusief 'first flush'. Uitgegaan is van de volgende richtlijn van overstromingsgrenzen: er is sprake van overstroming wanneer de Logtse Velden aan de oostkant van de Beerze overstromen. Bemonsteringen tijdens hoogwater werden genomen met een frequentie van circa 1 keer per 2 dagen.

In de praktijk bleek het lastig om goed te bepalen wanneer een piekafvoer zou plaatsvinden. Een aantal keren is een meetreeks voor hoogwater opgestart maar vervolgens niet doorgezet doordat de piekafvoer minder (extreem) doorzette dan verwacht. Omdat de zogenaamde 'first flush' (juist dan wordt verwacht dat de waterkwaliteit sterk zal veranderen door het volstromen van het gebied) van belang is om te monitoren, werd een aantal malen vroegtijdig begonnen. Het waterschap startte de hoogwatermetingen, veelal in overleg met de hydroloog van RWS RIZA (nu Waterdienst), op basis van de volgende gegevens:

- Gemeten waterstanden in de Beerze binnen het projectgebied (locatie stuw Brinksdijk, eerste jaren ook gebruik gemaakt van online metingen door de WUR bij de brug in de weg Logtse Baan). Voor de waterhoogten bij de stuw Brinksdijk was een SMS service beschikbaar. Bij het bereiken van een aantal vooraf ingestelde grenswaarden (NAP hoogte) werd een SMS verzonden ter ondersteuning van het bepalen van de aanvang van de hoogwatermetingen;
- Neerslag verwachtingen op KNMI website (www.knmi.nl);
- Situatie in stroomgebied van de Beerze bovenstrooms het onderzoeksgebied;
- Lokale actuele informatie, aangeleverd door beheerder Natuurmonumenten.

3.2.3 Herkomst van het inundatiewater

Om een beeld te krijgen van de herkomst van het inundatiewater in de verschillende deelgebieden in het Beerze-stroomgebied zijn watermonsters genomen op 20 januari 2006, vlak voor een hoogwater situatie, en op 24 februari 2006, tijdens een hoogwater situatie. In de situatie vóór hoogwater zijn monsters verkregen uit waterplassen aanwezig op de percelen. De volgende meetlocaties zijn bemonsterd:

- voor hoogwater: BZ-1, HL-1, LB-3, LV-2, LV-6, LV-7, SB-1, SB-2, SB-3, SB-4
- tijdens hoogwater: BZ-1, HL-1, LB-1, LB-2, LB-3, LV-2, LV-7, SB-1, SB-2, SB-3

Op locatie LV-6 was er continu oppervlaktewater aanwezig.

De watermonsters zijn geanalyseerd op vrije ionen, pH en EGV. Hierna zijn de gegevens verwerkt in een rLi-rTh diagram en Maucha diagrammen. Met deze diagrammen kan de watersamenstelling van een monster worden gevisualiseerd door het te plaatsen ten opzichte van drie extreme watertypen: kalkrijk grondwater (L=lithotroof), regenwater (A=atmotroof) en zeewater (T=thalassotroof). In een twee-assenstelsel is er gebruik gemaakt van de gelijkenis met thalassotroof water op de x-as en de gelijkenis met lithotroof water op de y-as (beiden van 0-100%). De positie van een punt wordt berekend aan de hand van ionenconcentraties (H, HCO₃, Cl, SO₄, K, Na, Ca en Mg) en EGV. In de diagrammen kan ook zichtbaar worden gemaakt hoe de gelijkenis verandert door bijmenging met één of meerdere van de extreme watertypen of met een willekeurig ander punt (menglijnen).

Voor het verwerken van de gegevens en het plotten van de diagrammen is gebruik gemaakt van het computerprogramma MAION (Van Wirdum, 1991). Standaard worden de drie extreme watertypen geplott en met elkaar verbonden via menglijnen (bijvoorbeeld van 100% grondwater naar 100% regenwater). De positie in het diagram van de geplote watermonsters zegt dus wat over de gelijkenis qua samenstelling met de extreme watertypen. Er is ook gebruik gemaakt van door hetzelfde programma getekende Maucha diagrammen. Met een Maucha diagram worden de concentraties van meerdere ionen (H, HCO₃, Cl, SO₄, K, Na, Ca en Mg) van een watermonster in één diagram gevisualiseerd. De vorm van een Maucha diagram kan daarmee in een oogopslag inzicht geven over de herkomst van het watermonster.

3.2.4 Grondwaterkwaliteit

In 8 van de 12 peilbuizen zijn in augustus 2004 eenmalig grondwaterkwaliteitsmetingen uitgevoerd (zie tabel 3.2 voor de desbetreffende peilbuizen en figuur 3.1 voor de ligging van de peilbuizen). Alleen de locaties LV-3, LV-4 en LV-5 zijn op twee verschillende dieptes bemonsterd; de overige peilbuizen op één diepte.

Tabel 3.2 Bemonsterde peilbuizen en de bijbehorende filterdiepte.

Meetpuntcode	Diepte (m-mv)
LB-2	1
LB-3	1
LV-3	1 en 3
LV-4	1 en 3
LV-7	1 en 3
LV-5	3
SB-1	1,5
SB-4	1,5

Mede door het tijdstip van bemonsteren (augustus) konden enkele aanwezige 'ondiepe' peilbuizen (1 m-mv) niet bemonsterd worden omdat er te weinig water in de peilbuis stond. De volgende parameters zijn in 2004 in het grondwater bepaald: EGV, pH, kalium (K), natrium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg), Cl, SO₄, (waterstof)carbonaat (HCO₃), Ptotaal, NO₃, NO₃NO₂, NO₂, NH₄, ammoniak (NH₃), Zn, Ni en Cd. In 2006 zijn op de locaties van peilbuizen LV-2 en SB-2 nieuwe peilbuizen geplaatst en grondwatermonsters genomen in het kader van een zogenaamde Quick Scan Natte Natuurparels (Jansen en Ertsen, 2007). Deze monsters zijn geanalyseerd op een uitgebreider meetpakket dan in 2004: Fe²⁺, HCO₃, EGV (lab en veld), pH, K, Ptotaal, oPO₄, SO₄, Cl-, NH₄, NH₃, NO₃NO₂, NO₃, NO₂ en gefiltreerd: Zn, Ca, Cd, Cu, Mg, mangaan (Mn), Na en Ni. De analyses zijn uitgevoerd door laboratorium GWL te Boxtel volgens de standaard methodes.

3.3 Bodem

Bodem in de drie deelgebieden

In 2004 is zowel in april als in juni de bodem bemonsterd op negen locaties (zie figuur 3.1 en tabel 3.1). Per locatie is de bodemlaag (0-15 cm) bemonsterd en geanalyseerd. De bodemmonsters zijn gedroogd bij 40 °C. Aan de bodemmonsters die in april zijn gestoken, zijn het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) en in een 0,01M CaCl₂ extractie naast de pH ook de beschikbaarheid van stikstof (nitraat, ammonium en totaal opgeloste stikstof), beschikbaarheid van fosfaat (orthofosfaat), sulfaat en zware metalen (cadmium (Cd), koper (Cu), zink (Zn) en ijzer (Fe) bepaald. In de juni-bodemmonsters zijn weer het EGV en met een 0,01M CaCl₂ extractie naast de pH ook de beschikbaarheid van stikstof (nitraat, ammonium en totaal opgeloste stikstof), beschikbaarheid van fosfaat (orthofosfaat) en beschikbaarheid van kalium bepaald. Daarnaast zijn bepaald: textuur ('laser particle sizer'); organische stof (gloeiverlies bij 550 °C); pH (KCl); totale hoeveelheden stikstof, fosfaat en kalium (extractie H₂SO₄/H₂O₂/Se); beschikbaarheid van P (Pw 1:60 (v:v) waterextractie) en P-Al (ammoniumlactaat-azijnzuur-buffer bij pH=3,75); totaal hoeveelheden van Cd, Cu en Zn (extractie met HNO₃/HCl: Aqua Regia).

De beschikbaarheid van stikstof en fosfor is afgeleid uit de waarden na de CaCl₂ extractie (Schaffers, 2000). Het koolstofgehalte is een afgeleide van het organisch stofgehalte waarbij is aangenomen dat dit voor 50% uit koolstof bestaat. De verhouding tussen stikstof en koolstof zegt iets over de mate van mineralisatie. Bij een C/N verhouding van meer dan 20 is er geen of zeer geringe stikstofmineralisatie en bij een verhouding kleiner dan 10 is de beschikbaarheid zeer hoog. Dezelfde grenswaarden gelden voor de verhouding tussen fosfor (P) en koolstof. Bij C/P verhoudingen onder de 50 komt netto P beschikbaar, bij verhoudingen boven de 100 niet.

Bodem in transecten in de Logtse Baan

In april 2004 zijn tijdens het ophalen van de sedimentmatten op een selectie van drie locaties per transect onder de matten 3 bodemmonsters gestoken op een diepte van 0-15 cm -mv die vervolgens samengevoegd zijn tot een mengmonster (Verbeek, 2005; voor een uitleg van de transecten zie volgende paragraaf). De bodemmonsters zijn gedroogd bij 40°C. Aan de bodemmonsters zijn de volgende bepalingen gedaan: textuur ('laser particle sizer'); organische stof (gloeiverlies bij 550°C); pH (KCl); totale hoeveelheden stikstof en fosfaat (extractie H₂SO₄/H₂O₂/Se); beschikbaarheid van P met de P-Al (ammoniumlactaat-azijnzuur-buffer bij pH=3,75); totaal hoeveelheden van Cd, Cu en Zn (extractie met HNO₃/HCl: Aqua Regia en extractie met 0,01M CaCl₂).

3.4 Sedimentatie

Sediment in de drie deelgebieden

In november in 2003, in 2004 en in 2005 zijn in de winterperiode kunststofgrasmatten uitgelegd op negen locaties (zie figuur 3.1 en tabel 3.1). Per locatie zijn drie matten neergelegd. De matten hebben een afmeting van 0,50 x 0,50 m en zijn met lange nagels in de grond vastgestoken.

Na de winteroverstromingsperiode werden eind april de sedimentmatten opgehaald. De matten werden schoongespoten met een hogedrukspuit. Het sediment is daarna opgevangen in emmers en werd na bezinking en droging in een stoof gewogen. Na gewichtsbepaling zijn diverse analyses gedaan zoals textuuranalyse ('laser particle sizer'), bepaling van gehalte aan organische stof (gloeiverlies bij 550°C), totaal hoeveelheden stikstof, fosfaat (extractie $H_2SO_4/H_2O_2/Se$) en de metalen Cd, Cu, Zn en Ni (extractie met HNO_3/HCl : Aqua Regia).

Sediment in transecten in de Logtse Baan

Om de ruimtelijke variatie te kunnen weergeven zijn naast de puntlocaties LB-2 en LB-3 in de Logtse Baan in december 2003 in drie transecten met elk 4 à 5 meetlocaties loodrecht op de beek geplaatst: transect Noord, Midden en Zuid (figuur 3.2). Alledrie de transecten liggen in het ondiep (15 cm) afgegraven deel.



Figuur 3.2 Luchtfoto met de plaats van de drie transecten (A: Zuid, B: Midden en C: Noord) in de Logtse Baan.

In totaal gaat het om 32 kunstgrasmatten van 0,50 x 0,50 m (Verbeek 2005). De matten waren gesitueerd in een loodrechte lijn vanaf een buitenbocht van de beek op toenemende afstanden van elkaar. Bij transect Zuid en Midden zijn de matten in duplo geplaatst en bij transect Noord in enkelvoud.

- Transect Zuid ligt op het hoogste deel van de overstromingsvlakte. Dit transect bestaat uit matten op ongeveer 1, 5, 10, 15, 30 en 50 meter van de beekoever. De matten op de beekoever lagen tussen enkele pollen Pitrus (*Juncus effusus*). Verder van de beek wordt de Pitrusbegroeiing dichter. Het terrein bevatte hier en daar enkele kuilen.
- Transect Midden ligt ongeveer halverwege het gebied maar ook relatief hoog. De matten zijn op een afstand van 1, 5, 10, 20, 30 en 50 meter van de beek geplaatst. De Pitrusbegroeiing op de directe beekoever is hier dichter dan in transect Zuid. De matten op 50 meter afstand liggen op een kleine open plek.
- Transect Noord ligt in het lagere noordelijke deel van de overstromingsvlakte, net op de grens van het gebied dat 35 en het gebied dat 15 centimeter is afgegraven (zie figuur 2.2). Hier zijn matten op 1, 5, 10, 30, 50 en 100 meter van de beek geplaatst. Het transect loopt door een laagte in het landschap (zonder Pitrus), vervolgens door een Pitrusstrook en eindigt aan de overkant van een sloot op een hoger gelegen grasveld. In transect Noord zijn slecht 4 matten teruggevonden: mat 1, 2 en 3 op respectievelijk 1, 5 en 10 meter van de beek, en een mat op 100 meter van de beek. Mat 1 lag door erosie in de buitenbocht van de beek inmiddels voor de helft in de beekbedding. De metingen van deze matten zijn in dergelijke gevallen buiten beschouwing gelaten.

3.5 Vegetatie

Productiviteit

In de zomer van 2004, 2005 en 2006 is de vegetatie geoogst op de meetlocaties waar sedimentatie plaats had gevonden in de winter daarvoor. De vegetatie is geoogst door de bovengrondse delen van de vegetatie af te knippen tot aan het grondoppervlak: tweemaal een vlak van 50 cm bij 50 cm. Vervolgens is de oogst bij 70 °C gedroogd, gewogen en geanalyseerd op totale hoeveelheid stikstof (N), fosfaat (P) en kalium (K) via totaal destructie ($H_2SO_4/H_2O_2/Se$). Ook op de transecten in de Logtse Baan zijn dergelijke analyses uitgevoerd ter hoogte van de slibmatten (uitgezonderd 2004).

Sommige graslanden worden begraasd (LB-2, LB-3 en SB-4), maar de meeste worden gemaaid waarna het maaisel wordt afgevoerd. Om een vergelijking tussen de gemaaide en begraasde graslanden te kunnen maken is in de begraasde graslandlocaties een stuk omheind met palen en draad (exclosure). Hier konden koeien en paarden niet komen. Net zoals in de gemaaide graslanden, is binnen de omheining van de begraasde graslanden de vegetatie geoogst.

Een indicatie voor de nutriëntenlimitatie wordt berekend uit de verhouding van de nutriënten. Daarbij is uitgegaan van de verhoudingen die ook door Olde Venterink (2000) zijn gehanteerd:

- N-limitatie: $N/P < 14.5$ en $N/K < 2.1$;
- P-limitatie: $N/P > 14.5$ en $K/P > 3.4$;
- K-limitatie: $N/K > 2.1$ en $K/P < 3.4$.

Vegetatiesamenstelling

De vegetatiesamenstelling is geanalyseerd met behulp van 28 permanente proefvlakken ofwel permanente kwadraten (pq's) met een grootte van 5 bij 5 meter. De opnamen werden gemaakt met behulp van de uitgebreide schaal van Braun-Blanquet (Barkman *et al.*, 1964). In bijlage IX zijn overzichtskaartjes van de ligging van de raaien en de coördinaten van de raaien en pq's opgenomen. Voor elke pq is jaarlijks een vegetatieopname gemaakt in het groeiseizoen, waarbij het tijdstip in de hooilanden afhankelijk was van de maaidatum (meestal juni; in de blauwgraslanden later) en in het deelgebied LB-3 afhankelijk van de toegankelijkheid (dit deelgebied blijft tot ver in het seizoen erg nat).

3.6 Fauna

In het onderzoeksgebied wordt door Natuurmonumenten al jaren de monitoring van fauna gecoördineerd. Monitoring wordt uitgevoerd door vrijwilligers. In de meetperiode van de pilot zijn gegevens verzameld over vissen, dagvlinders, sprinkhanen en broedvogels. De meeste monitoring heeft plaats gevonden in de Smalbroeken en de Logtse Velden.

- **Vissen:** In de zomer van 2004 is op 12 locaties tussen de Logtse brug en de Viermannekesbrug bemonsterd en gevist met schepnetten en vlieghengels (door W. Corstiaans).
- **Dagvlinders:** In het gehele onderzoeksgebied zijn dagvlinders gemonitord in 2004, 2005 en 2006.
- **Broedvogels:** In Smalbroeken zijn in 2004, 2005 en 2006 door de Vogelwerkgroep IVN Oisterwijk broedvogels gemonitord. Dit gebied maakt deel uit van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS), en vormt een belangrijke schakel tussen Kampina en de Mortelen.

4 Resultaten

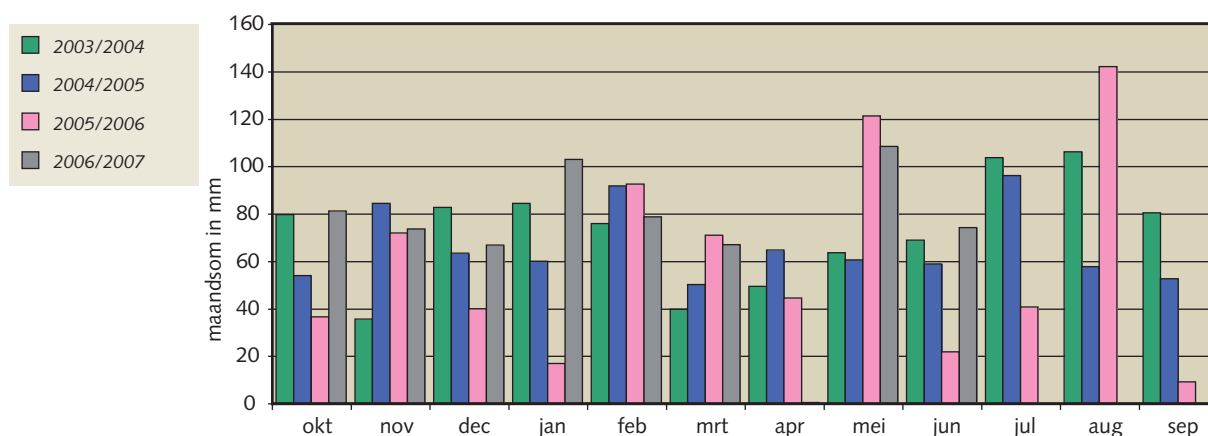
4.1 Hydrologie

4.1.1 Oppervlaktewater- en grondwaterkwantiteit

Peilverloop Beerze

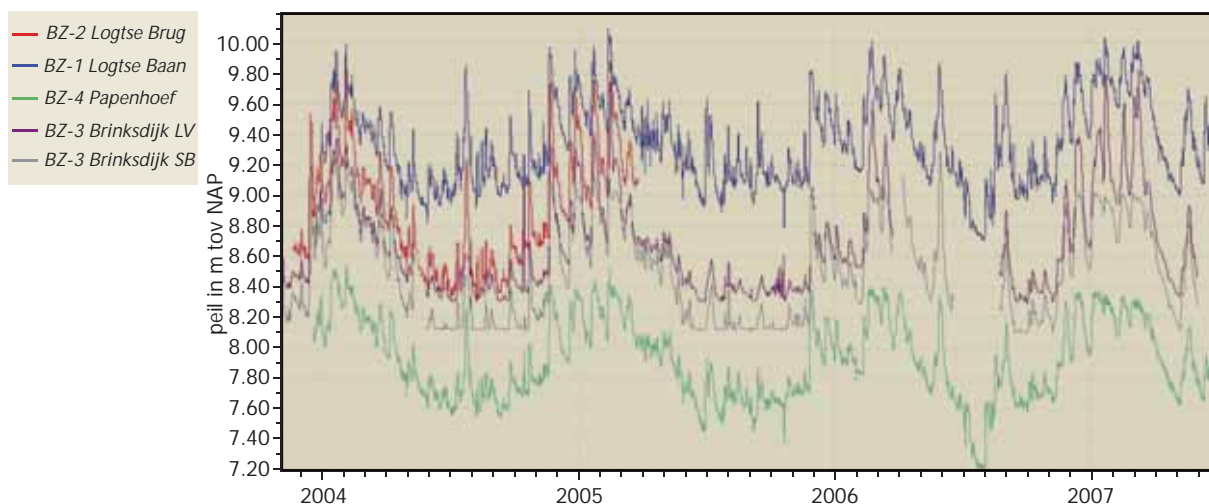
Het peilverloop van de Beerze wordt gestuurd door de waterafvoer van het stroomgebied. De snelheid en het moment van afvoer is afhankelijk van neerslag in combinatie met de berging in de grond. In figuur 4.1 is een indicatie gegeven van de neerslag in het stroomgebied. De meteorologie in de onderzoeksperiode kan als volgt worden samengevat:

- Periode 2003-2004: De herfst in 2003 was droog. De natte winter en de droge lente waren zacht. De zomer was zeer nat.
- Periode 2004-2005: De herfst was zacht en droog. De winter en de lente waren ook zacht met normale hoeveelheden neerslag. De zomer was iets natter dan normaal.
- Periode 2005-2006: De herfst was zeer zacht en zeer droog. De winter is relatief koud en droog geweest. De neerslag in de zomer was in het gebied normaal, maar het is wel extreem warm geweest. Mei was nat en augustus was extreem nat.
- Periode 2006-2007: De herfst was zeer zacht en zeer droog. De winter was eveneens zeer zacht maar wel nat. De lente was extreem zacht met normale hoeveelheid neerslag.



Figuur 4.1 De maandsommen van de neerslag bij het KNMI-meetstation van Oirschot.

Uit de maandsommen van de neerslag (figuur 4.1) is niet direct een relatie met het peil van de Beerze (figuur 4.2) af te leiden. Het wel of niet voorkomen van peilstijgingen (en overstromingen) wordt bepaald door het neerslagverloop op veel kortere termijn (dagen). Het gemiddelde peil en het minimum peil in de winterperiode (oktober t/m maart) was het laagst in de periode 2005/2006. Ook de hoeveelheid neerslag is in deze periode extreem laag geweest met een som van 328 mm. In 2004/2005 en 2006/2007 was deze hoeveelheid 402, respectievelijk 469 mm. Het hoogste peil in de winterperiode trad op in de periode 2006/2007. De hoogste waterstanden zijn echter vergelijkbaar met 2005/2006 en 2004/2005. In de zomerperiode (april t/m oktober) van 2006 heeft zich het laagste gemiddelde peil gemanifesteerd (8,70 m +NAP bij BZ-1 en 7,20 m +NAP bij SB-4). In de andere zomerperiodes is dit gemiddelde peil vergelijkbaar geweest. De metingen van BZ-3 (boven- en benedenstrooms van de stuw) zijn vanaf 23 mei 2006 niet gevalideerd. De meting bij de Logtse Brug (BZ-2) was onderdeel van een onderzoek van de WUR en is vanaf 25 maart 2005 niet meer operationeel geweest.



Figuur 4.2 Peilverlopen van de Beerze bij locaties BZ-1, BZ-2, BZ-3a en b en BZ-4. De registraties boven- en benedenstrooms van de stuw bij Brinksdijk (BZ-3) zijn van april 2006 beperkt gevalideerd.

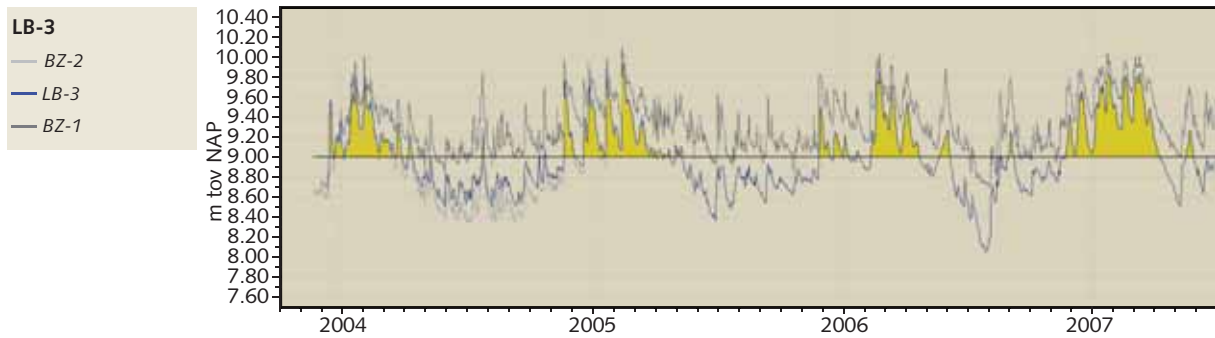
Debiten

Er zijn beperkt gegevens bekend van de debieten bij de overgang van Logtse Velden naar Smalbroeken. De debieten zijn berekend met behulp van het boven- en benedenstroomse peil en afvoerrelaties ter plaatse van de vistrap, de stuw in de Beerze (naar Smalbroeken), en de stuw in de bypass (omleiding). Gesommeerd geven deze drie afvoerpunten het totale debiet van de Beerze op deze locatie. De debieten van de stuw, de vistrap en het aflaatwerk van de Brinksdijk zijn weergegeven in bijlage I. Vanaf april 2006 zijn nog niet gevalideerde gegevens gepresenteerd. De debieten varieerden tussen de 0 en 6 m³/s. Met name in de natte winterperiode zijn hoge waarden gemeten, de periode dat verdamping laag is en de bodem weinig water meer kan bergen.

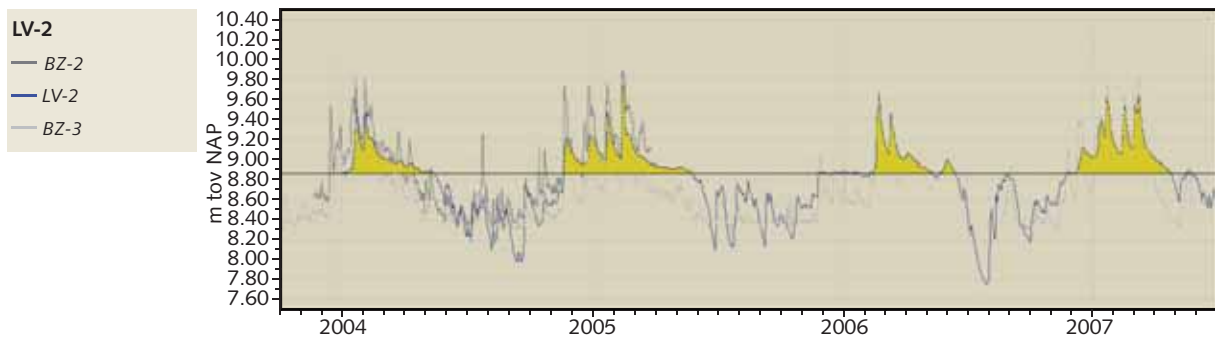
(Grond)waterstanden

In de figuren 4.3 t/m 4.5 is per deelgebied (Logtse Baan, Logtse Velden en Smalbroeken) van één meetlocatie het peilverloop van de grondwaterstand van januari 2004 tot juli 2007 weergegeven (zie bijlage II voor de overige locaties). Naast de grondwaterstand is ook de maaiveldhoogte ter plaatse en de boven- en benedenstroomse beekpeilen weergegeven. De inundatiemomenten (peil boven maaiveld) zijn als geel vlak gemarkeerd. De gradiënt in maaiveldhoogte van boven- naar benedenstrooms varieert globaal van 10 m +NAP bovenstrooms in de Logtse Baan tot 8 m +NAP benedenstrooms in Smalbroeken. Dit is dezelfde gradiënt als het maximale waterspiegelverhang van de Beerze in het gebied.

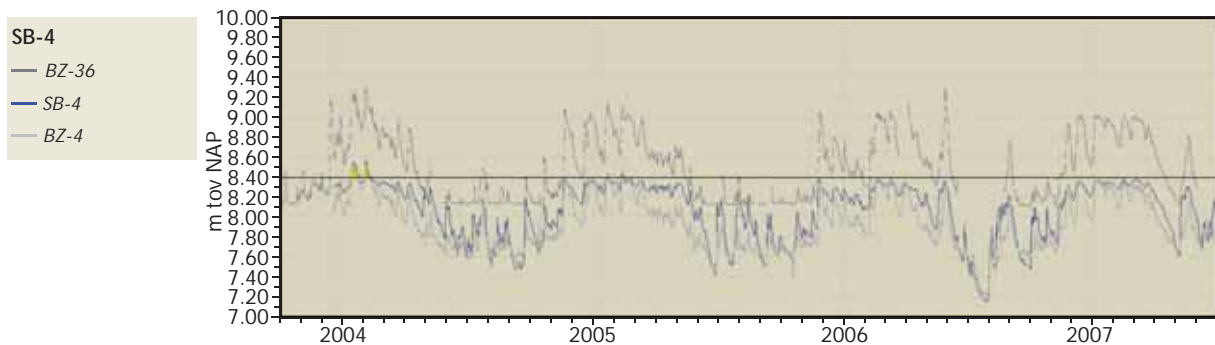
Over het algemeen staat het water bij de locaties in zowel de Logtse Baan als de Logtse Velden in de winterperiode lange tijd boven het maaiveld, wat voortduurt tot laat in het voorjaar. Het peilverloop van het grondwater en inundatiewater in de Logtse Baan en Logtse Velden is globaal vergelijkbaar. Verschillend is dat de waterstanden in de Logtse Baan sterker fluctueren (hogere en kortere pieken) dan in de Logtse Velden. Hoewel de dynamiek van de Beerze in de Logtse Velden groter is dan in de Logtse Baan, is de dynamiek van de inundaties/(grond)waterstanden in de Logtse Velden juist laag: het water blijft lang nadat het Beerzepeil gezakt is, op het maaiveld staan.



Figuur 4.3 Verloop grondwaterstand en open waterpeil in m t.o.v. NAP, maaiveldhoogte en inundatiemomenten (in geel) van LB-3.



Figuur 4.4 Verloop grondwaterstand en open waterpeil in m t.o.v. NAP, maaiveldhoogte en inundatiemomenten (in geel) van LV-2.



Figuur 4.5 Verloop grondwaterstand en open waterpeil in m t.o.v. NAP, maaiveldhoogte en inundatiemomenten (in geel) van SB-4.

In het begin van de winterperiode reageert het gebied snel bij de eerste afvoerpiek van de Beerze. Hierbij treedt de Beerze bij de Logtse Baan buiten zijn oevers en inundeert de Logtse Baan direct. Ook in de Logtse Velden stijgt het grondwater onmiddellijk en afhankelijk van de maaiveldhoogte staat hier ook voor een groot deel water op het maaiveld. Voor een deel kan dit worden toegeschreven aan het verzamelen van neerslag in de lager gelegen beemden, maar het belangrijkste deel is afkomstig van de infiltratie vanuit de Beerze (zie onder 'lokale grondwaterstroming'). Deze peilen in de Logtse Velden zijn gerelateerd aan het Beerzepeil en de inundaties van de lagere delen houden aan tot mei of zelfs juni (LV-6). Tijdens hoogwaterpieken is evenwel te zien dat, evenals in de Logtse Baan, de hoge inundatie tijdelijk is en snel weer uitzakt tot een lager niveau. Inundaties duren dan ook het langst in de Logtse Velden, met name bij LV-6: van medio november tot medio juni. Ook LV-7 blijft relatief lang geïnundeerd. Het systeem in de Logtse Baan reageert snel, en daar is dan ook in april vaak geen sprake meer van inundaties.

Bij de locaties LB-1, LV-1, SB-1 en SB-4 zijn de tijden van inundatie beperkt of is er zelfs geheel geen inundatie. De inundaties in de winter 2005/2006 hebben pas op een laat tijdstip plaatsgevonden. In voorgaande jaren was dat niet het geval.

Op de meetlocaties in Smalbroeken vertoont de grondwaterstand globaal hetzelfde verloop. Vanwege de getroffen maatregelen zijn de meetlocaties in Smalbroeken echter grotendeels vrij geweest van inundaties. Met de grondwaterstandsmetingen is wel een korte inundatie ter plaatse van SB-4 gesignaleerd. Ook is te zien dat de grondwaterspiegel lang hoog blijft (figuur 4.5). Middels andere metingen (sediment, herkomst inundatiewater: zie betreffende paragrafen) en waarnemingen is gebleken dat ook de blauwgraslanden af en toe onder water hebben gestaan in de winter.

In de zomerperiode zakken de grondwaterstanden in de Logtse Velden en de Logtse Baan uit tot 0,50 à 0,70 m beneden maaiveld. Incidenteel lopen de grondwaterstanden weer op tot net onder het maaiveld als gevolg van hoge neerslagintensiteit en verhoging van het Beerzepeil. In de zomer van 2004 en 2006 is zelfs een geringe inundatie geweest op verschillende locaties in retentiegebied en in de Logtse Velden. In de zomer van 2006 zijn als gevolg van de geringe neerslag en hoge verdamping de grondwaterstanden in het gebied verder uitgezakt dan in de voorgaande jaren, tot minimaal 1 m beneden maaiveld. Dat is globaal 0,20 tot 0,35 m lager dan voorgaande jaren. De meest extreme diepe grondwaterstanden zijn geregistreerd in Smalbroeken (bij SB-1 en SB-4: ca. 1,30 m -mv).



Begin van een inundatie van de Logtse Baan



Inundatie van Logtse Velden bij locatie LV-6



Logtse Velden nabij de Logtse Brug



Inundatie van Logtse Velden bij locatie LV-6; deze locatie heeft de langste inundatieduur

In bijlage III worden de inundaties per meetlocatie beschreven. In tabel 4.1 zijn van de onderzoekslocaties de inundatieduren, perioden van grondwater hoger dan 20 cm beneden maaiveld, maaiveldhoogte, de maximum inundatiediepte en de gemiddelde inundatiediepte samengevat weergegeven. In figuur 4.6 is de ruimtelijke verdeling van de inundatieduren en perioden van hoog grondwater inzichtelijk gemaakt.

De inundatieduur varieert per locatie van 0 dagen (geen inundatie) bij SB-1 en SB-4 (2006 en 2007) tot 213 dagen per jaar (2004-2005) bij locatie LV-6. De gemiddelde inundatieduur is 118 dagen per jaar. De kortste inundatieduur is geweest in 2003-2004, terwijl de langste inundatie in de Logtse Velden in 2004-2005 was en in de Logtse Baan in 2006-2007. In Smalbroeken is vanaf de herfst 2005 geen inundatie meer geweest, dat wil zeggen op de meetlocaties SB-1 en SB-4. Overigens zijn de meetpunten hier relatief hoog gelegen; de lagere delen nabij de meetpunten zijn in deze periode nog wel geïnundeerd (zie bijv. paragraaf herkomst inundatiewater). Van SB-2 en SB-3 (de blauwgraslanden) is bekend dat deze nog wel geïnundeerd zijn geweest in 2006 en 2007. Er zijn hiervan geen registraties gedaan door dataloggers, maar dit inzicht is gebaseerd op veldwaarnemingen (zie foto figuur 4.12). Bij de (ook relatief hooggelegen) locaties LB-1 en LV-1 zijn de tijden van inundatie beperkt.

Voor de vegetatie spelen niet alleen de inundaties een sleutelfactor, maar ook de hoogte van de grondwaterstanden beneden maaiveld, met name de eerste 20 cm beneden maaiveld. Over de gehele onderzoeksperiode was (gemiddeld over alle locaties) het grondwater bijna 200 dagen hoger dan 20 cm onder maaiveld.

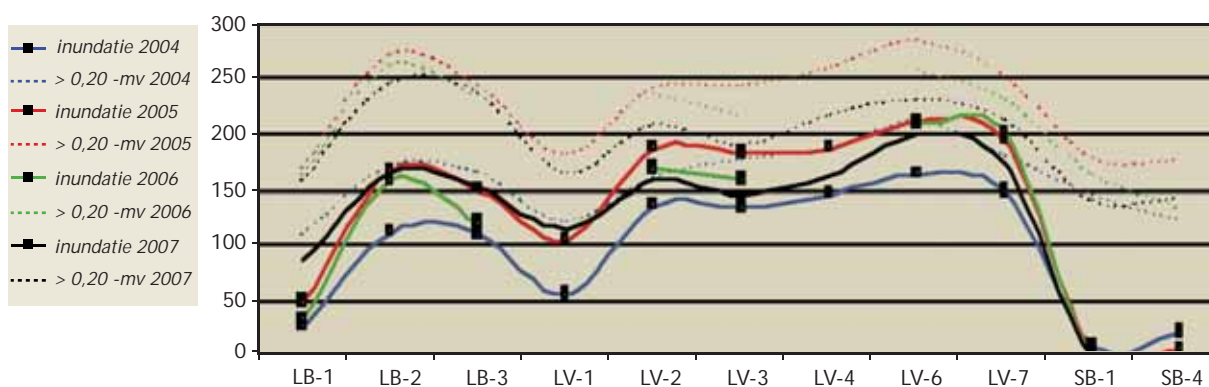
Tabel 4.1 Inundatieduur, duur van grondwater hoger dan 20 cm beneden maaiveld, gemiddelde en maximum inundatiediepte op de onderzoekslocaties (* = geen gegevens vanwege defect in meetapparatuur)

locatie	mv hoogte t.o.v. NAP	inundatieduur in dagen				gr.water > 0,20 -mv in dagen			
		2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007
LB-1	9,48	27	49	35	88	110	170	163	157
LB-2	8,99	114	168	159	166	171	272	263	247
LB-3	9,00	112	151	121	153	167	246	235	238
LV-1	9,07	57	107	*	116	121	182	*	164
LV-2	8,86	137	188	170	160	161	241	237	209
LV-3	8,83	135	184	159	148	177	243	216	191
LV-4	8,77	148	188	*	165	187	260	*	218
LV-6	8,73	165	213	210	200	213	285	258	231
LV-7	8,65	150	195	202	173	182	253	233	214
SB-1	8,71	11	5	0	0	146	178	165	140
SB-4	8,39	23	7	0	0	123	177	133	142

locatie	mv hoogte t.o.v. NAP	maximum in m t.o.v. NAP				maximum in m t.o.v. mv			
		2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007
LB-1	9,48	9,81	9,90	9,81	9,85	0,33	0,42	0,33	0,37
LB-2	8,99	9,83	9,94	9,85	9,89	0,84	0,95	0,86	0,90
LB-3	9,00	9,86	9,94	9,85	9,89	0,86	0,94	0,85	0,89
LV-1	9,07	9,43	9,79	*	9,64	0,36	0,72	*	0,57
LV-2	8,86	9,50	9,74	9,66	9,62	0,64	0,88	0,80	0,76
LV-3	8,83	9,45	9,82	9,71	9,64	0,62	0,99	0,88	0,81
LV-4	8,77	9,46	9,77	*	9,61	0,69	1,00	*	0,84
LV-6	8,73	9,52	9,78	9,74	9,64	0,79	1,05	1,01	0,91
LV-7	8,65	9,39	9,75	9,67	9,63	0,74	1,10	1,02	0,98
SB-1	8,71	8,82	8,73	8,70	8,71	0,11	0,02	-0,01	0,00
SB-4	8,39	8,56	8,43	8,37	8,37	0,17	0,04	-0,02	-0,02

locatie	mv hoogte t.o.v. NAP	gem. diepte in m t.o.v. NAP				gem. diepte in m t.o.v. mv			
		2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007
LB-1	9,48	9,57	9,58	9,57	9,60	0,09	0,10	0,09	0,12
LB-2	8,99	9,24	9,25	9,23	9,37	0,25	0,26	0,24	0,38
LB-3	9,00	9,27	9,27	9,26	9,39	0,27	0,27	0,26	0,39
LV-1	9,07	9,16	9,18	*	9,23	0,09	0,11	*	0,16
LV-2	8,86	9,01	9,05	8,98	9,11	0,15	0,19	0,12	0,25
LV-3	8,83	8,99	9,02	8,97	9,06	0,16	0,19	0,14	0,23
LV-4	8,77	8,96	8,98	*	9,04	0,19	0,21	*	0,27
LV-6	8,73	8,98	9,06	8,99	9,06	0,25	0,33	0,26	0,33
LV-7	8,65	8,87	8,89	8,85	8,99	0,22	0,24	0,20	0,34
SB-1	8,71	8,74	8,72	8,71	8,71	0,03	0,01	0,00	0,00
SB-4	8,39	8,47	8,41	8,39	8,39	0,08	0,02	0,00	0,00

In figuur 4.6 zijn de locaties van stroomopwaarts (links) naar stroomafwaarts (rechts) weergegeven. De locaties liggen echter wel op verschillende hoogte en afstand van de beek. Uit deze figuur kan worden afgeleid dat, met uitzondering van LV-1 en LB-3, de inundatieduur globaal toeneemt van de instroom in het retentiebekken naar de overgang tot Smalbroeken.



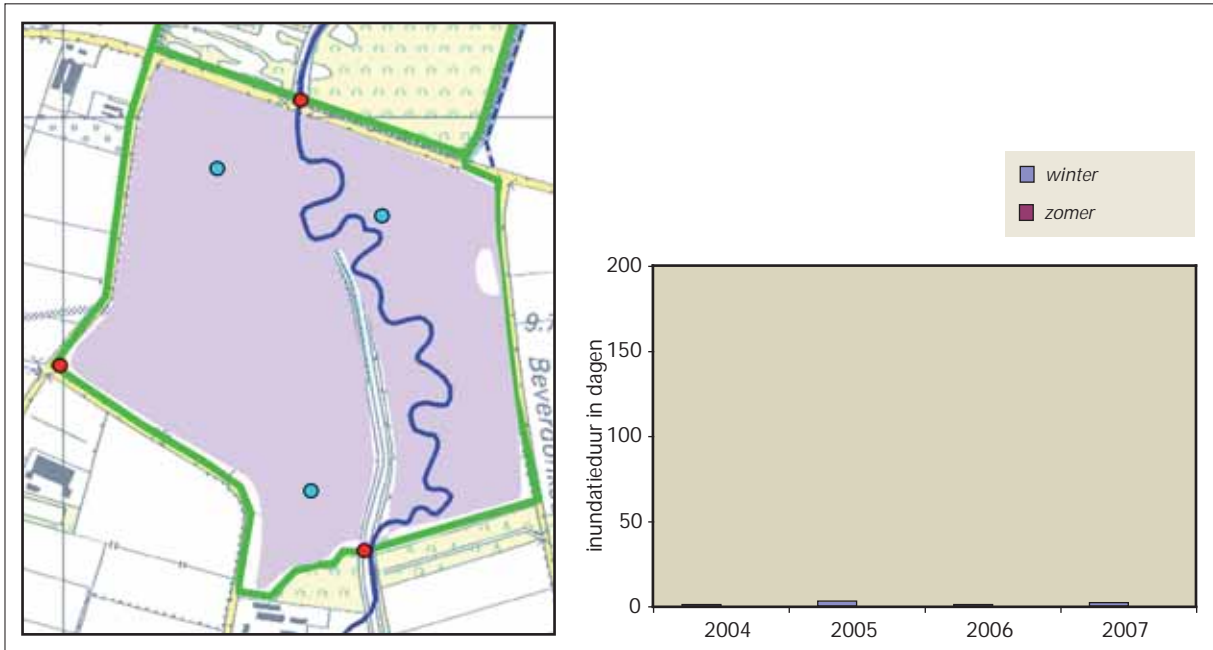
Figuur 4.6 Het aantal dagen van inundatie en van grondwaterstanden hoger dan 0,20 min maaiveld op de verschillende meetlocaties in 2004 t/m 2007.

Ruimtelijke verdeling

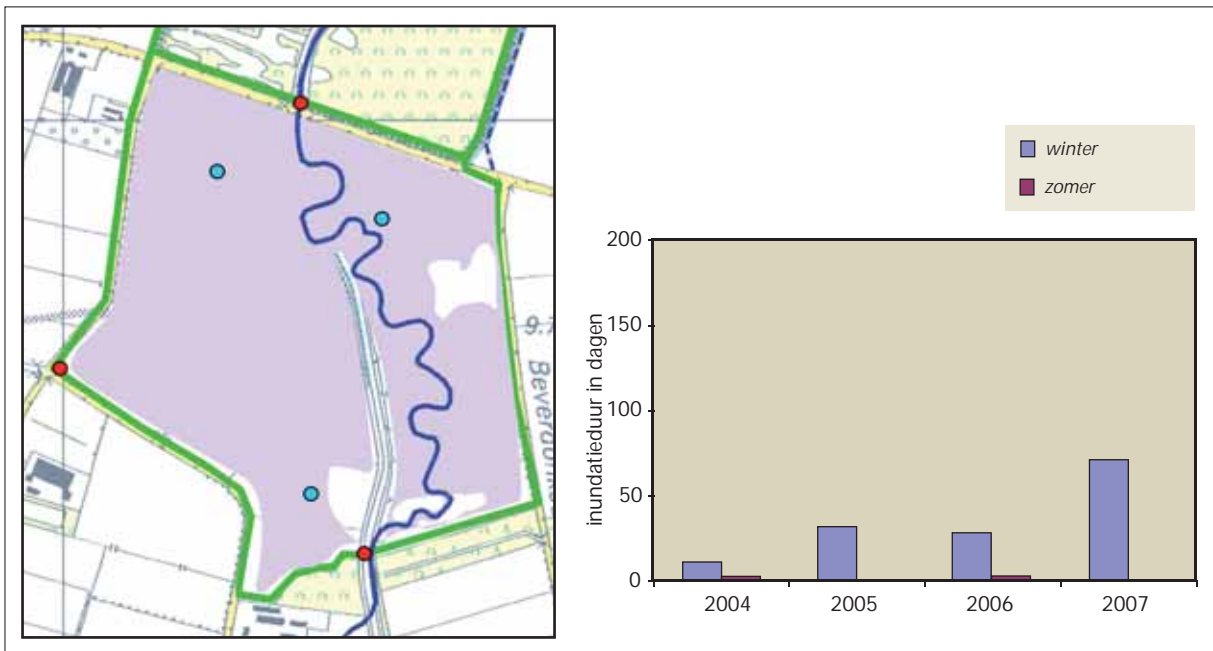
In 2004 zijn met de beschikbare gegevens ruimtelijke verdelingen gemaakt van de inundaties op verschillende momenten. Met name de waarden in Logtse Velden en Smalbroeken zijn resp. indicatief en zeer indicatief (zie Bijlage IV). Het beeld van de Logtse Baan is nauwkeuriger (figuren 4.7 t/m 4.10). Het aantal dagen per jaar van inundatie is aangegeven, zowel voor de winterperiode als de zomerperiode. De aangegeven inundatietijden zijn afhankelijk van de momenten van inventarisatie en werkmethode.

Bij de aangegeven inundatieduren is geen rekening gehouden met vertraging van leeglopen van de gebieden zodat de werkelijke inundatieduur voor enkele situaties langer kan zijn. Bij de Logtse Baan is dat niet significant, maar op een aantal plekken in de Logtste Velden en Smalbroeken zal dat van invloed zijn op de werkelijke inundatieduren (bij 'scenario D'). In de Logtse Velden zal dit, afhankelijk van de locatie, 15 à 50 dagen extra zijn.

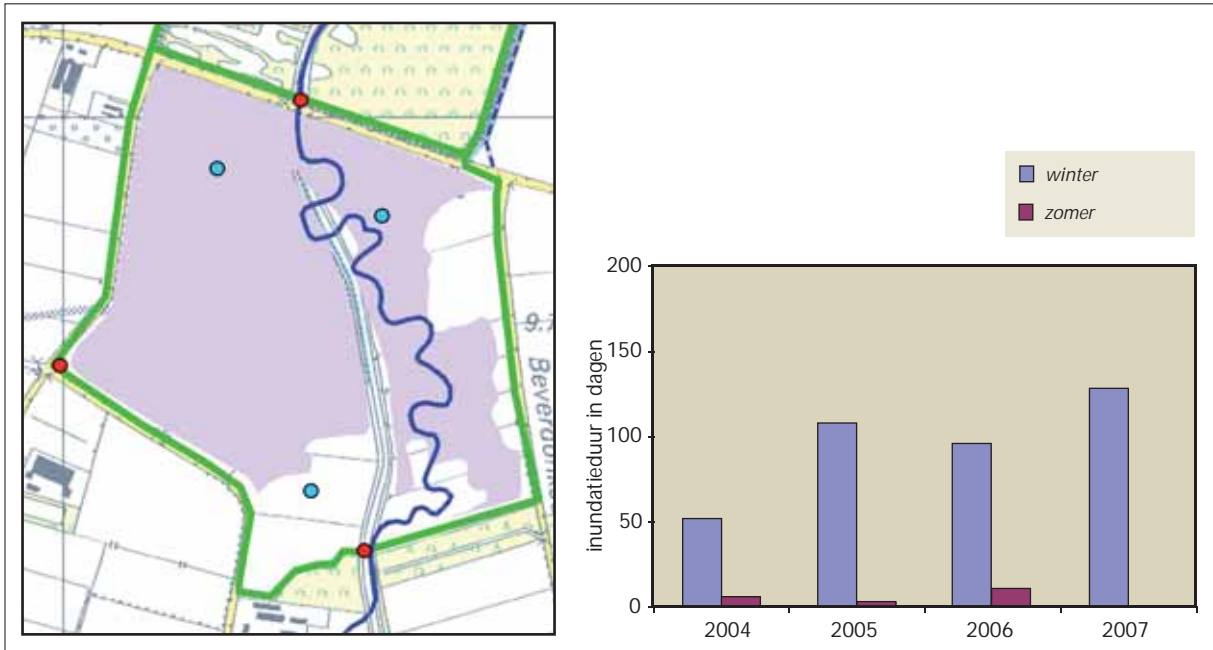
In het beheer is uitgegaan van een inundatieduur van de Logtse Baan van ongeveer 100 dagen per jaar. Meer dan de helft van gebied staat echter langer onder water (figuur 4.10). In dat deel is tijdens de vier winters in de onderzoeksperiode de inundatieduur significant langer geweest in zowel normale, droge als natte winters. De gemiddelde inundatieduur is voor de locaties LB-2 en LB-3 143 dagen geweest.



Figuur 4.7 Inundatie A Logtse Baan. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve minimale duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept).



Figuur 4.8 Inundatie B Logtse Baan. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept).



Figuur 4.9 Inundatie C Logtse Baan. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept).



Figuur 4.10 Inundatie D Logtse Baan. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve minimale duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept).

Lokale grondwaterstroming

Het Beerzedal was oorspronkelijk een gebied met regionale kwel. In het beekdal wordt nu grondwater gewonnen (pompstation Oirschot) en ook de drainagebasis is verlaagd ten behoeve van de landbouw. Het is niet goed bekend in hoeverre tegenwoordig nog kwel in de onderzochte gebieden voorkomt, of wat de verspreiding en het gedrag hiervan is. Op enkele onderzoekslocaties zijn daarom filters op verschillende diepten geplaatst, waarmee enige informatie kan worden verkregen over de verticale flux van het grondwater. In deze diepe en ondiepe filters zijn slechts incidenteel opnamen gedaan van de stijghoogte van het grondwater. Het zijn te weinig waarnemingen om hieruit harde conclusies te kunnen trekken. Van de Logtse Velden kan wel een voorzichtige analyse gegeven worden van de grondwaterstroming op basis van de waarnemingen bij LV-3, LV-4 en LV-5. Deze locaties vormen een raai loodrecht op de Beerze.

Of er sprake is van kwel of van wegzijging kan afhankelijk zijn van de freatische grondwaterstand en de stijghoogte. Met name voor de freatische grondwaterstand is het moment van registratie belangrijk. De ondiepe en diepe buizen die voor de registraties gebruikt worden zijn globaal geplaatst op een diepte van 1 m en 3 m beneden maaiveld. Er is dus over een laag van ongeveer 2 m het stijghoogteverschil gemeten. De metingen zijn voornamelijk verricht in de maanden juni, augustus, september, oktober en november. Tijdens de inundaties zijn (logischerwijs) geen metingen verricht. De geregistreerde verschillen zijn over het algemeen enkele centimeters geweest (minder dan 3 cm), met een enkele uitschieter tot 10 cm.

Uit de waarnemingen ontstaat het volgende beeld. Bij LV-3 en LV-4 is over het algemeen sprake van wegzijging, behalve wanneer de freatische grondwaterstand erg laag is. Dan is er enige kwel. Ter plaatse van locatie LV-5 is permanent een geringe kwelstroom geregistreerd. Het verschil in stijghoogte is hier 1 à 2 cm. Met behulp van de registraties kan nu een globale beschrijving van de grondwaterbeweging worden gegeven. In de zomerperiode is het peil van de Beerze laag en werkt deze drainerend op de omgeving. Er is dan een (geringe) kwelstroom van lokale of mogelijk regionale betekenis. Direct naast de Beerze, op de oevers, is dan ook sprake van geringe kwel (LV-5). Verder van de oever manifesteert zich wegzijging die afstroomt naar de Beerze. Bij diepe grondwaterstanden stagneert de wegzijging, of gaat deze over in een kwelflux. Dat is een indicatie dat er mogelijk sprake is van een (regionale) kwelstroom. In de winterperiode wordt de situatie door het hogere peil van de Beerze gewijzigd. De Beerze werkt dan infiltrerend op de omgeving. De inundaties in de beemden van de Logtse Velden worden veroorzaakt door een mengeling van regenwater, grondwater en Beerze water. Belangrijk is de sturing door het peil van de Beerze. Vanuit de Beerze wordt het grondwater verdrongen en stijgt tot boven het maaiveld (kwel). Vanaf een bepaalde hoogte van het peil van de Beerze stroomt dit water ook direct over het maaiveld de Logtse Velden in. Tenslotte stagneert het regenwater in de beemden. De inundaties manifesteren zich eerder dan de kadehoogten doen vermoeden. De kaden werken blijkbaar onvoldoende als een waterkering.

Vóór een inundatie stijgt de grondwaterstand snel. Dat is mogelijk als gevolg van infiltratie vanuit de Beerze. Vanaf het moment van inundatie zal deze infiltratie nog wel actueel zijn, maar kan niet voldoende zijn om de (snelle) inundaties te veroorzaken. De stijging tijdens de inundaties is 10 à 50 mm per dag, en de bijdrage van de kwel (d.w.z. infiltratie vanuit de Beerze) zal beperkt zijn tot maximaal 20% van de totale flux. De overige aanvoer moet vanuit de Beerze aangevoerd zijn via oppervlakkige toestroming. Het water van de inundaties bestaat dus voor het grootste deel uit oppervlaktewater, gemengd met een beperkt deel grond- en regenwater. Dit wordt bevestigd met metingen aan de waterkwaliteit, die de herkomst van het inundatiewater duiden (zie 4.1.3).

Er is een *indicatieve* ruimtelijke zonering aan te geven van het 'gedrag' van grondwater in de zomerperiode (figuur 4.11). Direct langs de Beerze is een strook waar over het algemeen sprake is van een kwelstroom. Hiernaast ligt een strook waar zowel kwel als wegzijging kan voorkomen. Bij een diepe grondwaterstand stelt zich hier een (geringe) kwelstroom in, terwijl bij een ondiepe

grondwaterstand wegzijging optreedt. In de strook daarnaast, het verst van de Beerze af, is over het algemeen sprake van geringe wegzijging, mogelijk af en toe kwel. In vergelijking tot de vroegere situatie (vóór drainage en waterwinning) is de huidige kwelstroom zeer minimaal te noemen.



Figuur 4.11 Indicatieve weergave van grondwatergedrag in het Beerzedal ter plaatse van de Logtse Velden



Figuur 4.12 Inundatie bij locatie SB-2 in Smalbroeken op 23 januari 2007

4.1.2 Oppervlaktewaterkwaliteit

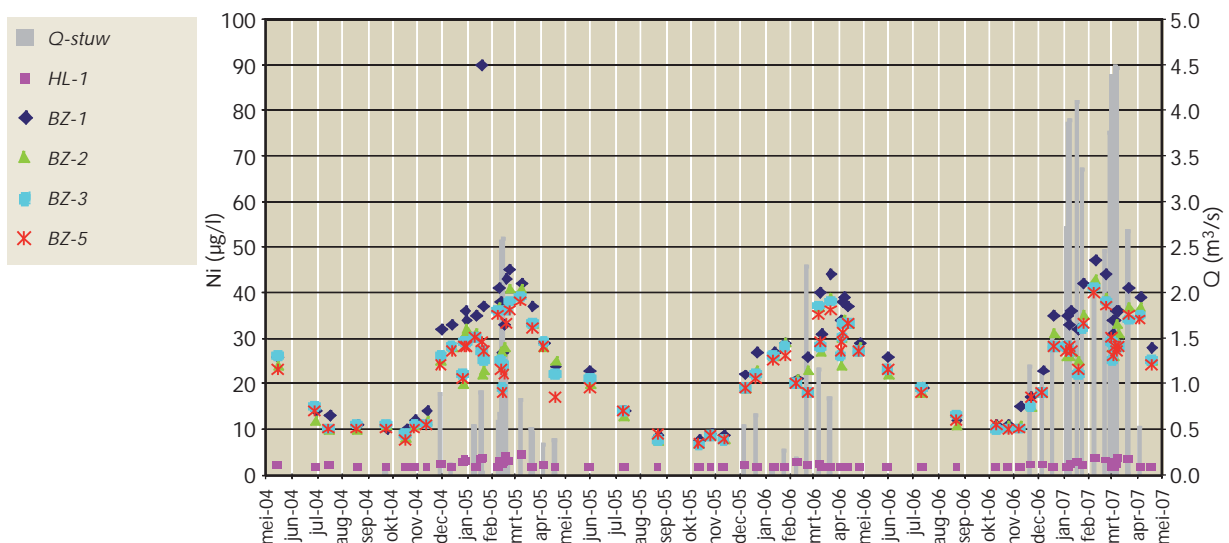
In het onderzoekstraject van de Beerze is op verschillende locaties de waterkwaliteit bepaald (figuren 4.13 t/m 4.25 en bijlage V A). In de figuren is tevens het debiet bij de stuw Brinksdijk weergegeven. Op deze manier is te zien hoe concentraties veranderen bij een hoog of laag debiet. Bij een lage afvoer loopt de Beerze via de vistrap. In dat geval is er geen afvoer over de stuw (in de grafieken is het debiet dan dus 0 m³/s). De meetlocaties zijn weergegeven in figuur 3.1.

De samenstelling van het Beerzewater varieert in de loop van de tijd. Over het geheel genomen lijkt de waterkwaliteit vooral variabel wanneer de waterafvoer hoog is, namelijk in de winter en het voorjaar. Daarbij is de concentratie van de meeste stoffen hoger bij een hogere waterafvoer. Over de zomerperiode verschillen de meetwaarden weinig en concentraties zijn over het algemeen laag. De zomer van 2006 vormt een kleine uitzondering; er was toen juist wél sprake van perioden met relatief veel neerslag en daarmee samenhangend een verhoogde afvoer. Dit is zichtbaar aan het grillige verloop van de concentraties in de zomer. De afvoerfluctuaties tussen oktober 2004 - oktober 2005 waren groter dan het voorafgaande en navolgende meetjaar. Deze fluctuatie is ook zichtbaar in de gemeten concentraties van de verschillende parameters. Opvallend zijn de afwijkende meetwaarden tijdens de hoogwaterpiek in februari 2005 (zie volgende paragraaf).

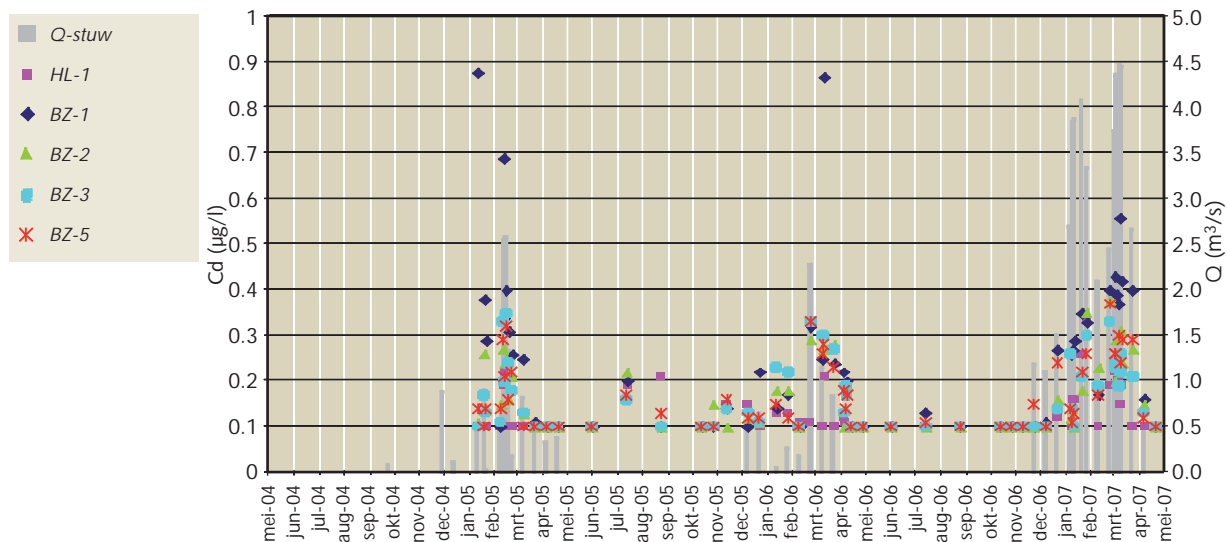
Ruimtelijk gezien treedt ook enige variatie op. Opvallend is dat het water bij de Heilooop (HL-1), op het punt waar middels het gemaal Heibloedijk op de Logtse Baan wordt geloosd, anders is van samenstelling dan de Beerze stroomop- en -afwaarts van dit punt (vooral nikkel, zink, sulfaat, chloride, elektrisch geleidend vermogen (lager) en orthofosfaat, ijzer en ammonium (hoger)). Dit indiceert dat het water in de Heilooop van andere herkomst is dan dat van de Beerze en dat de Heilooop weinig invloed heeft op de waterkwaliteit van de Beerze stroomafwaarts. Het water bij BZ-1 is wel redelijk vergelijkbaar met het water stroomafwaarts (BZ-2, BZ-3, BZ-5), m. u.v. incidentele pieken bij BZ-1.

De kwaliteit bij BZ-3 week in het eerste meetjaar (2004) af van de andere Beerze-metpunten. Vermoed werd dat dit door turbulentie bij de stuw werd veroorzaakt. In de daaropvolgende meetperiodes is de bemonstering daarom iets meer stroomopwaarts uitgevoerd. Uit die meetresultaten bleek er inderdaad geen verschil meer te zijn tussen BZ-3 en de andere Beerzelocaties.

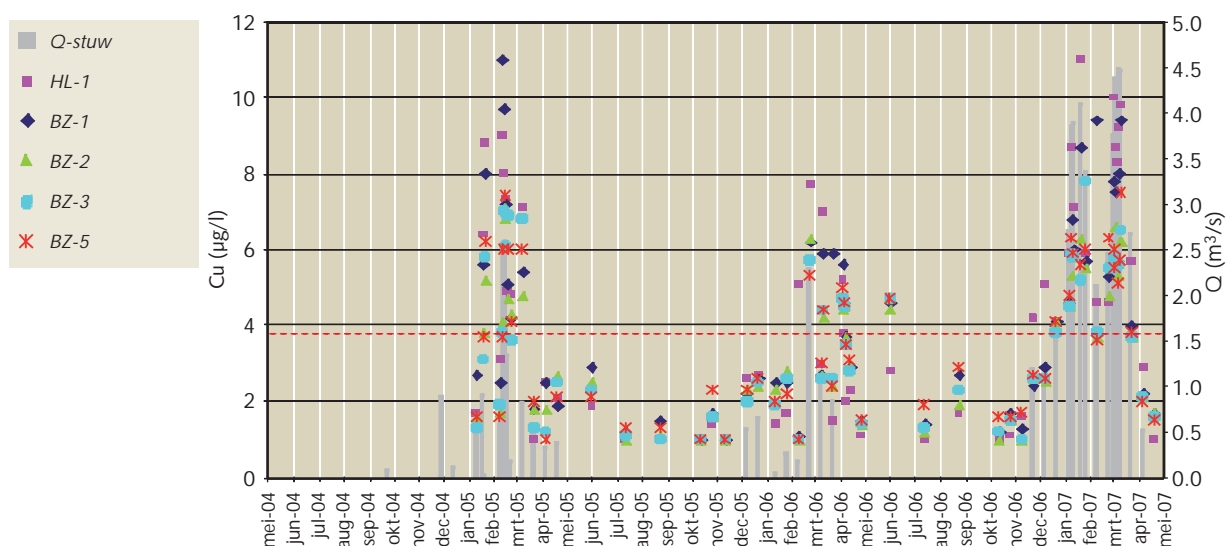
Hieronder worden per parameter de resultaten van de gehele meetperiode beschreven. De resultaten van de metingen tijdens hoogwater (de hoogste afvoerpiek: februari 2005) komen in de volgende paragraaf aan bod.



Figuur 4.13 Concentratie Ni ($\mu\text{g l}^{-1}$) in het oppervlaktewater gedurende mei 2004 t/m mei 2007.
 $MTR_{\text{oppervlaktewater}} = 6.3 \mu\text{g l}^{-1}$.



Figuur 4.14 Concentratie Cd ($\mu\text{g l}^{-1}$) in het oppervlaktewater gedurende mei 2004 t/m mei 2007.
 $MTR_{\text{oppervlaktewater}} = 2 \mu\text{g l}^{-1}$.

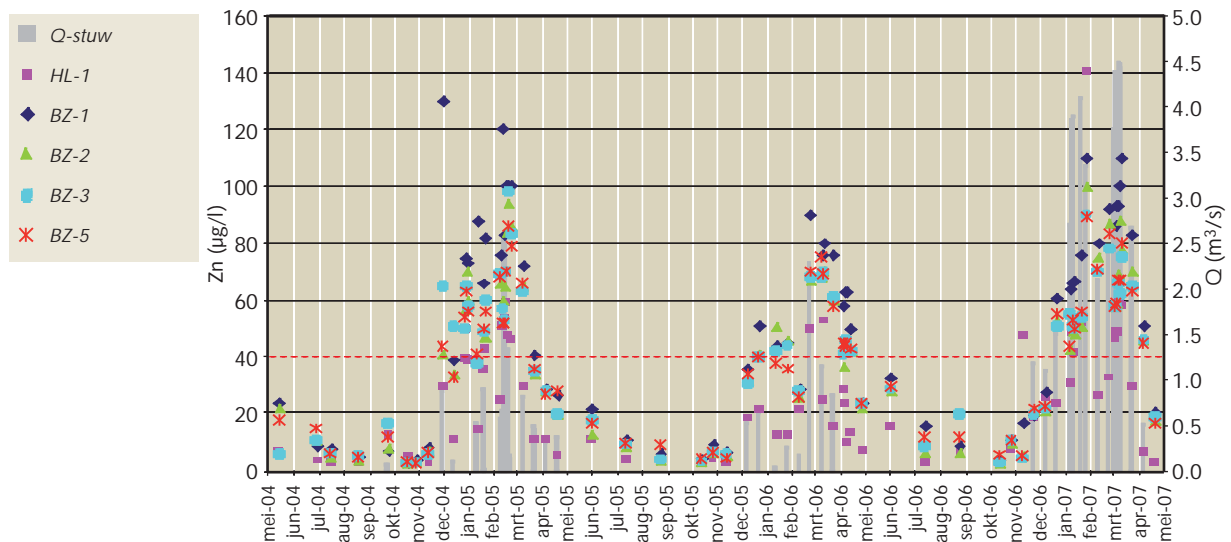


Figuur 4.15 Concentratie Cu ($\mu\text{g l}^{-1}$) in het oppervlaktewater gedurende mei 2004 t/m mei 2007.
 $MTR_{\text{oppervlaktewater}} = 3.8 \mu\text{g l}^{-1}$.

De verhouding grondwater - oppervlaktewater en de stromingsdynamiek (energie om slibdeeltjes te transporteren) zijn in belangrijke mate bepalend voor de zware metalenconcentraties in de Beerze. Er is een duidelijk verschil te zien tussen de meetwaarden van cadmium (Cd), koper (Cu) en zink (Zn) enerzijds, en nikkel (Ni) anderzijds.

In de huidige studie is niet onderzocht wat de voornaamste verontreinigingsbronnen zijn. Vermoedelijk komen Cd, Cu en Zn in belangrijke mate door uitspoeling uit (landbouw)gronden in het oppervlaktewater terecht (Römken *et al.*, 2003). Naar verwachting draagt de RWZI Hapert in mindere mate bij aan de belasting van het oppervlaktewater (Verhagen *et al.*, 2007). Ni komt voornamelijk via het (diepere) grondwater in het oppervlaktewater.

Van de metalen wordt de norm (MTR) van Cu ($3.8 \mu\text{g/L}$) en Zn ($40 \mu\text{g/L}$) regelmatig (in de winterperiode), en van Ni ($6.3 \mu\text{g/L}$) altijd overschreden (m.u.v. Heiloo). Van alle gemeten zware metalen zijn de concentraties over het algemeen (iets) hoger bij het meetpunt boven-

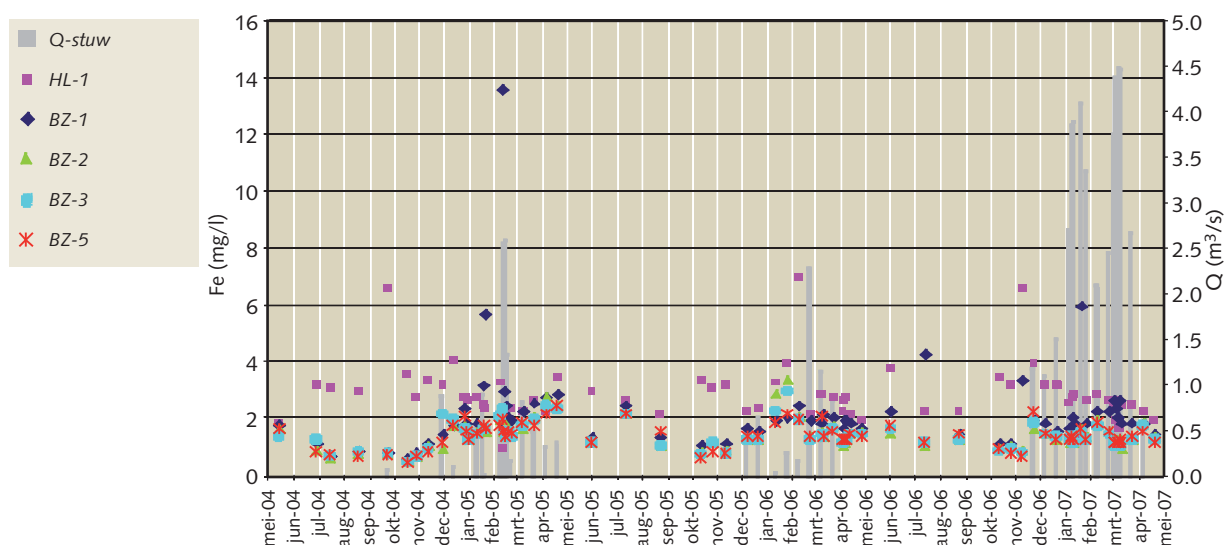


Figuur 4.16 Concentratie Zn ($\mu\text{g l}^{-1}$) in het oppervlaktewater gedurende mei 2004 t/m mei 2007.
 $MTR_{\text{oppervlaktewater}} = 40 \mu\text{g l}^{-1}$.

streams de Logtse Baan dan bij de benedenstroomse meetpunten. Voor Zn is dit het meest opvallend. Van Cd, Cu en Zn is er een groter concentratieverschil te zien tussen zomer en winterperiode en sterkere concentratiefluctuaties onder invloed van neerslag vergeleken met Ni (figuur 4.13 t/m 4.16).

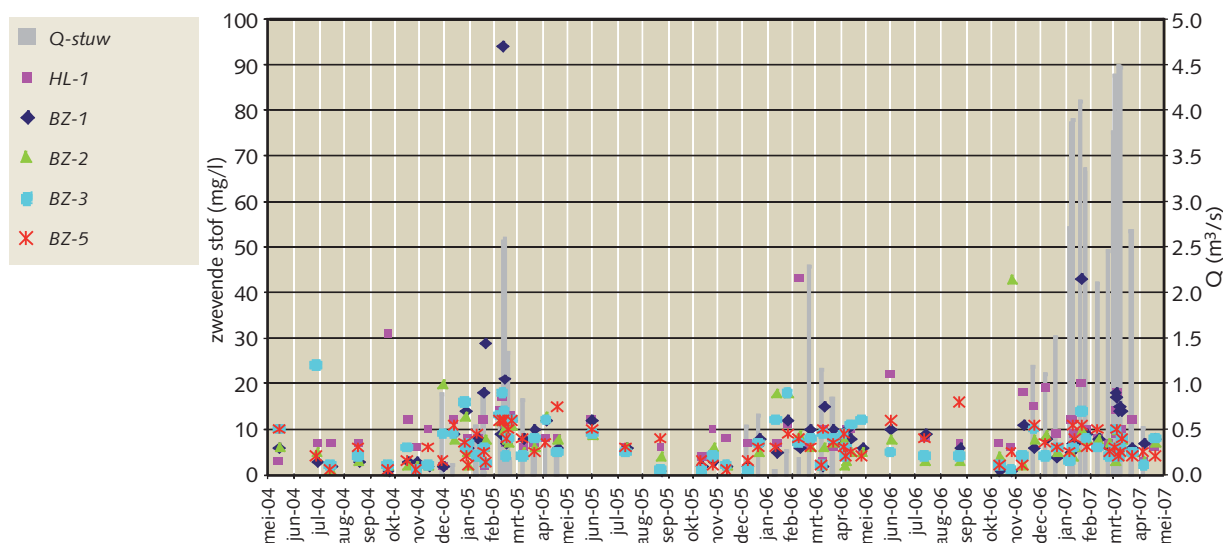
De concentratie Ni vertoont duidelijke pieken in de winterperioden met de hoogste concentraties in februari/maart. Er is een duidelijk verschil waarneembaar tussen de Ni concentratie in de Heilooop en in de Beerze. In de Heilooop vertoont de Ni concentratie bijna geen, of zeer geringe variatie.

De Cd concentratie ligt zeer regelmatig onder de detectielimiet, voornamelijk in perioden met een geringe afvoer (april t/m oktober). Duidelijk zichtbaar is de verhoogde concentratie in de winter en het voorjaar, tot bijna $0,9 \mu\text{g Cd/l}$ in begin 2005 en begin 2006 bij het bovenstroomse meetpunt in de Beerze (BZ-1). Het verloop van de Cu concentratie is grillig. In de winters zijn net als van andere stoffen duidelijke pieken gemeten. Net als bij andere stoffen was de concentratie van Zn in de winter van 2006 duidelijk lager dan de concentraties in de winters van 2005 en 2007, en in de zomer van 2006 wat hoger dan in de andere zomers.



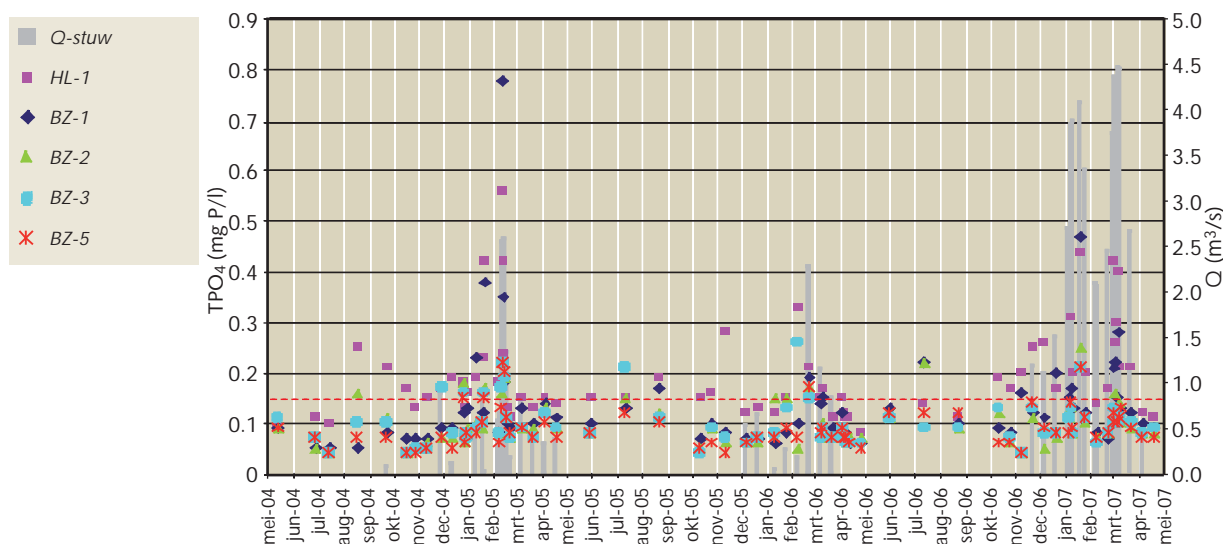
Figuur 4.17 Concentratie totaal ijzer ($\mu\text{g l}^{-1}$) in het oppervlaktewater gedurende mei 2004 t/m mei 2007.

De ijzerconcentraties verschillen op de diverse meetpunten in de Beerze weinig. Bovenstrooms de Logtse Baan worden veelal iets hogere concentraties gemeten. In de Heilooop zijn concentraties hoger (behalve bij hoogwater), waarbij verschillende pieken opvallen. Dit lijkt op een verstoring in de Heilooop te duiden, maar een oorzaak is niet bekend.

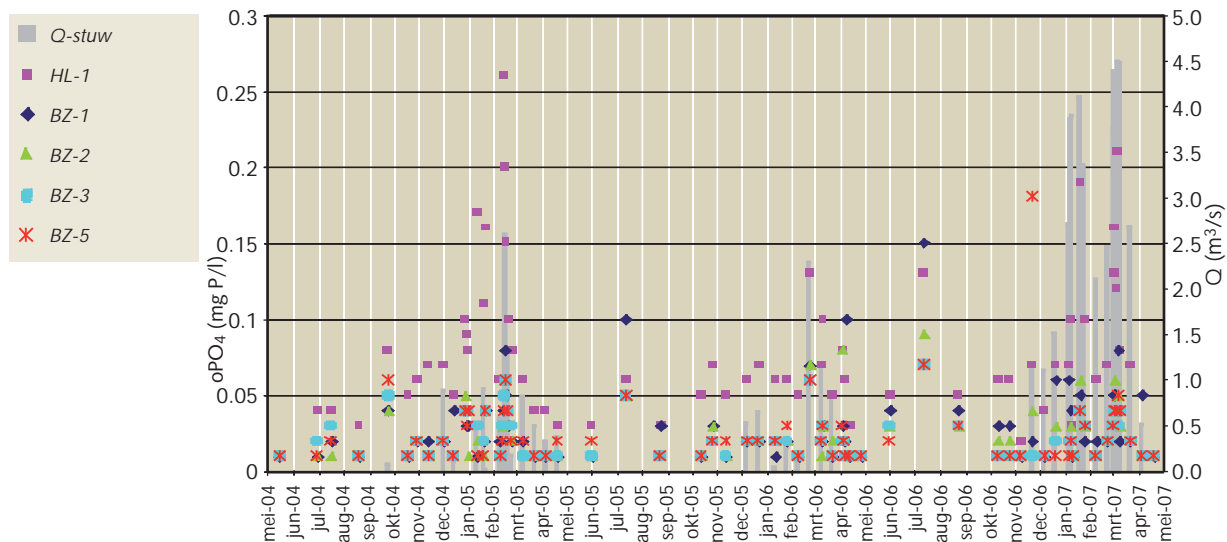


Figuur 4.18 Concentratie zwevende stof (mg l^{-1}) in het oppervlaktewater gedurende mei 2004 t/m mei 2007.

De zwevend stofgehalten lijken redelijk stabiel maar vertonen incidenteel pieken. Tussen de meetlocaties is geen uitgesproken verschil te zien in zwevend stofgehalten, hoewel de meeste pieken bovenstrooms in de Beerze en in de Heilooop te vinden zijn. Een reden waarom op de stroomafwaarts gelegen plekken deze pieken niet te zien zijn, is mogelijk dat het zwevend stof zich grotendeels afzet in de Logtse Baan (zie paragraaf over hoogwater). Sommige pieken zijn zeer hoog. De relatie tussen het debiet en deze pieken is niet altijd duidelijk.

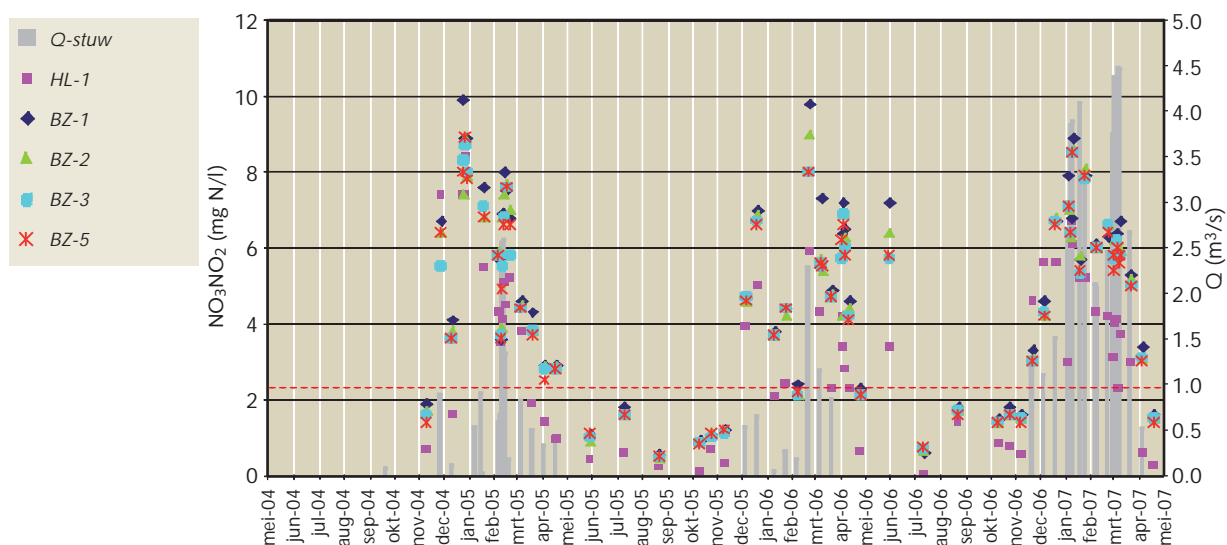


Figuur 4.19 Concentratie totaal fosfaat (mg l^{-1}) in het oppervlaktewater gedurende februari 2004 t/m mei 2007.
 $MTR_{\text{oppervlaktewater}}$ voor zomerhalfjaar = 0.15 mg l^{-1} .



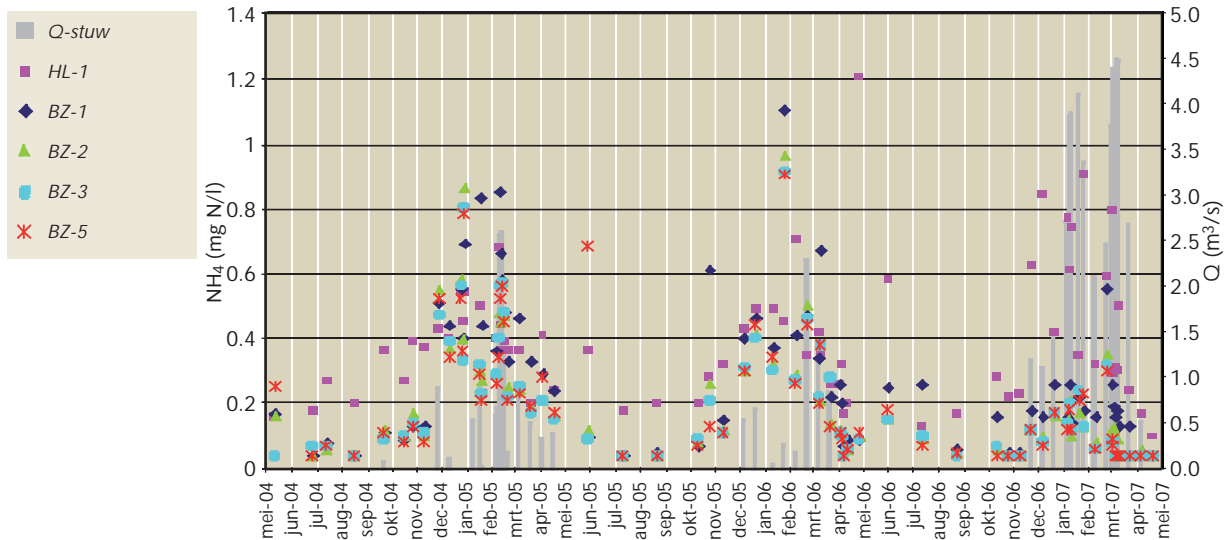
Figuur 4.20 Concentratie ortho-fosfaat (mg l^{-1}) in het oppervlaktewater gedurende februari 2004 t/m mei 2007.

Het orthofosfaatgehalte (oPO_4) is het hoogst in de Heilooop (met uitzondering van enkele pieken). Samenhangend hiermee zijn de totale fosfaatconcentraties (P _{totaal}) ook het hoogst in de Heilooop. In de Beerze is relatief meer gebonden fosfaat en in de Heilooop meer opgelost fosfaat.



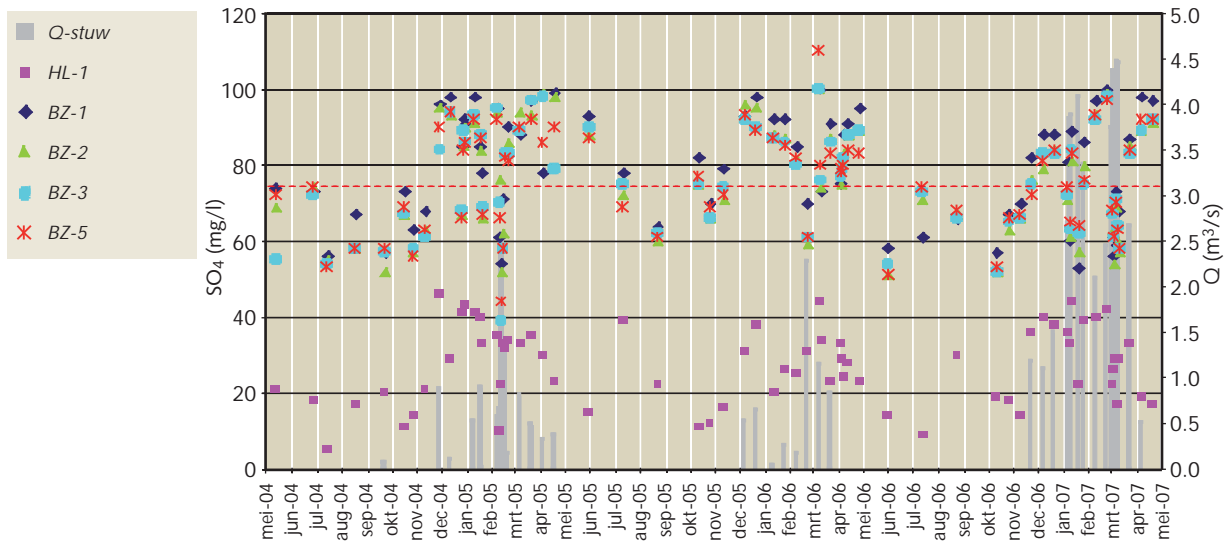
Figuur 4.21 Concentratie nitraat en nitriet (mg l^{-1}) in het oppervlaktewater gedurende november 2004 t/m mei 2007. $\text{MTR}_{\text{oppervlaktewater N}}$ voor zomerhalfjaar = 2.2 mg l^{-1} .

Concentraties van nitraat en nitriet (NO_3/NO_2) verschillen, nog sterker dan de andere parameters, tussen winter en zomerhalfjaar (figuur 4.21 en bijlage V.A). Zowel in de Beerze als in de Heilooop worden hoge concentraties gemeten in de winter (tot bijna 10 mg N/l). Vanaf februari neemt het gehalte geleidelijk af naar de laagst gemeten concentraties in juli tot september. Tijdens afvoerpieken ligt de concentratie bovenstrooms de Logtse Baan vaak net hoger dan de overige meetpunten in de Beerze. De Logtse Baan lijkt daarmee een deel van de voedingsstoffen uit het oppervlaktewater te zuiveren.



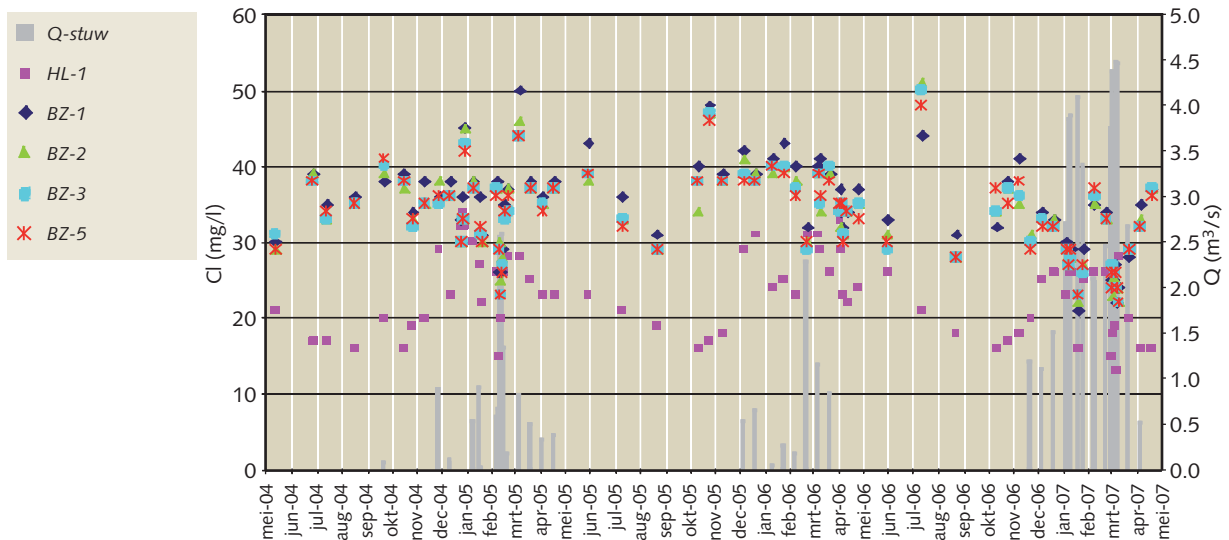
Figuur 4.22 Concentratie ammonium (N mg l^{-1}) in het oppervlaktewater gedurende mei 2004 t/m mei 2007.

Het ammoniumgehalte (NH_4) fluctueert tussen 0.05 en 1.15 mg N/l in de Beerze (figuur 4.22). Opvallend is de NH_4 piek in januari 2006, vooral omdat andere stoffen niet een duidelijke verhoging op dit tijdstip vertonen. Een verklaring lijkt te liggen in de bovenstrooms gelegen RWZI Hapert die op dat moment een verhoogd NH_4 gehalte op de Grote Beerze loosde. In de winter van 2007 lijkt de NH_4 concentratie in de Beerze, ondanks de hoge debieten, lager te liggen dan in de winters van de voorgaande jaren. In de Heilooop is dit niet het geval, deze lijkt zelfs gemiddeld een hogere NH_4 concentratie te hebben dan in de voorgaande winters.

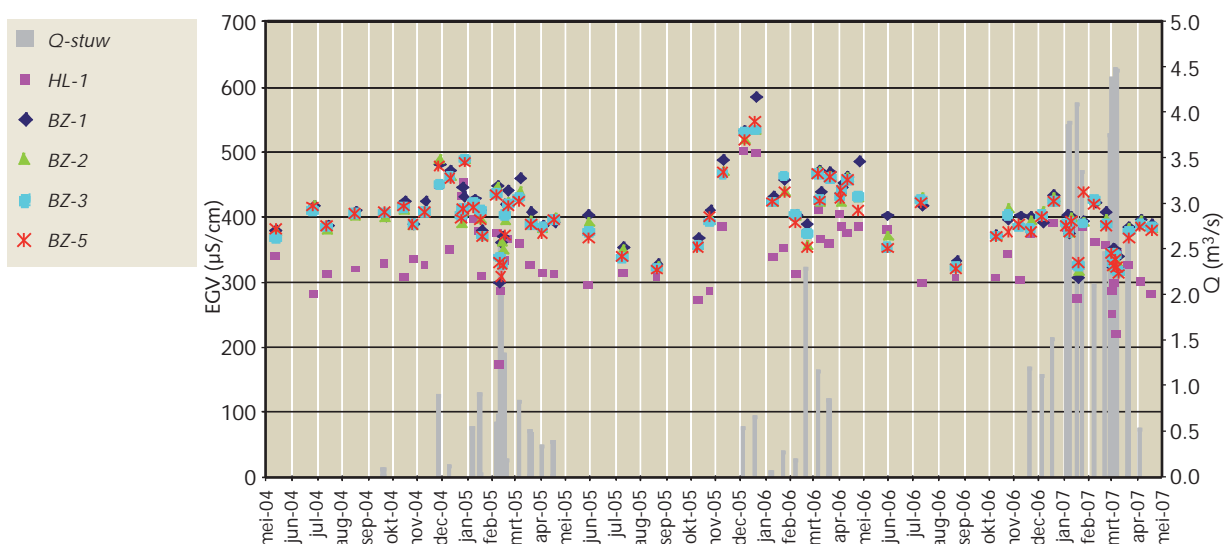


Figuur 4.23 Concentratie sulfaat (mg l^{-1}) in het oppervlaktewater gedurende mei 2004 t/m mei 2007.
 $\text{MTR}_{\text{oppervlaktewater}} = 75 \text{ mg l}^{-1}$.

Sulfaatconcentraties (SO_4) in de Beerze varieerden meestal tussen 50 en 100 mg/l (figuur 4.23). De laagst gemeten SO_4 concentratie was in februari 2005 tijdens hoogwater (40 mg/l). SO_4 gehalten in de Heilooop zijn veel lager dan die in de Beerze. Binnen de Beerze wijken de SO_4 concentraties op de verschillende locaties weinig van elkaar af.



Figuur 4.24 Concentratie chloride (mg l^{-1}) in het oppervlaktewater gedurende mei 2004 t/m mei 2007.



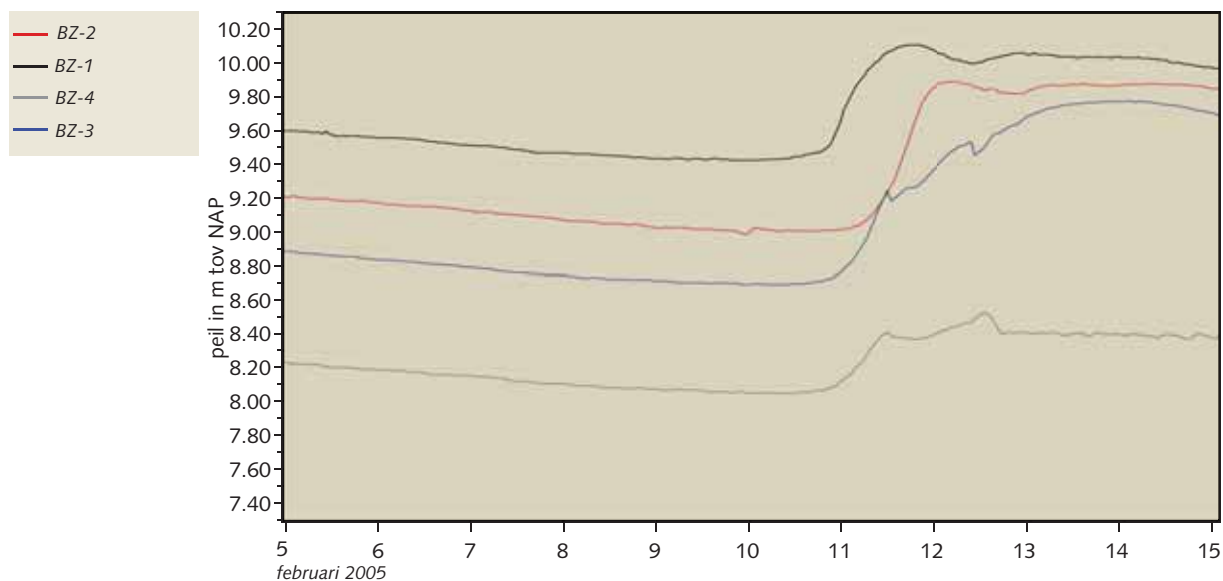
Figuur 4.25 Elektrisch geleidend vermogen ($\mu\text{S/cm}$) in het oppervlaktewater gedurende mei 2004 t/m mei 2007.

De concentratie van chloride (Cl) blijft gedurende het grootste deel van het jaar tussen de 30 en 40 mg/L in de Beerze (figuur 4.24). Enkele malen zijn hogere concentraties gemeten. Concentraties van Cl en het hieraan gerelateerde elektrisch geleidend vermogen (EGV) zijn het laagst tijdens afvoerpieken (verdunding), wat vergelijkbaar is met het concentratieverloop van SO_4 . Dit is vooral in 2007 duidelijk waarneembaar. Er is weinig verschil in meetwaarden tussen de locaties van de Beerze, terwijl concentraties van zowel Cl als het EGV lager zijn in de Heilooop dan in de Beerze.

Resultaten hoogwater februari 2005

In februari 2005 trad een flinke hoogwatergebeurtenis op waarbij tijdig met waterkwaliteitsmetingen is begonnen. De extra metingen in deze periode geven een duidelijk beeld van de veranderingen in waterkwaliteit tijdens de (start van) overstroming in de Logtse Baan en de Logtse Velden.

In figuur 4.26 is het verloop van de peilen te zien in februari 2005. Bij BZ-1 (instream Logtse Baan) wordt het hoogste punt het eerste bereikt (11 februari). Vervolgens is de peilstijging het grootst bij de instroom van de Logtse Velden (BZ-2): de peilstijging treedt iets later op dan bij de overige locaties, maar houdt langer aan. Op 11 februari is de stuw bij Brinksdijk omhoog gezet wat van invloed is op het peilverloop bij BZ-3 (peil loopt op) en BZ-4 (peil constant).

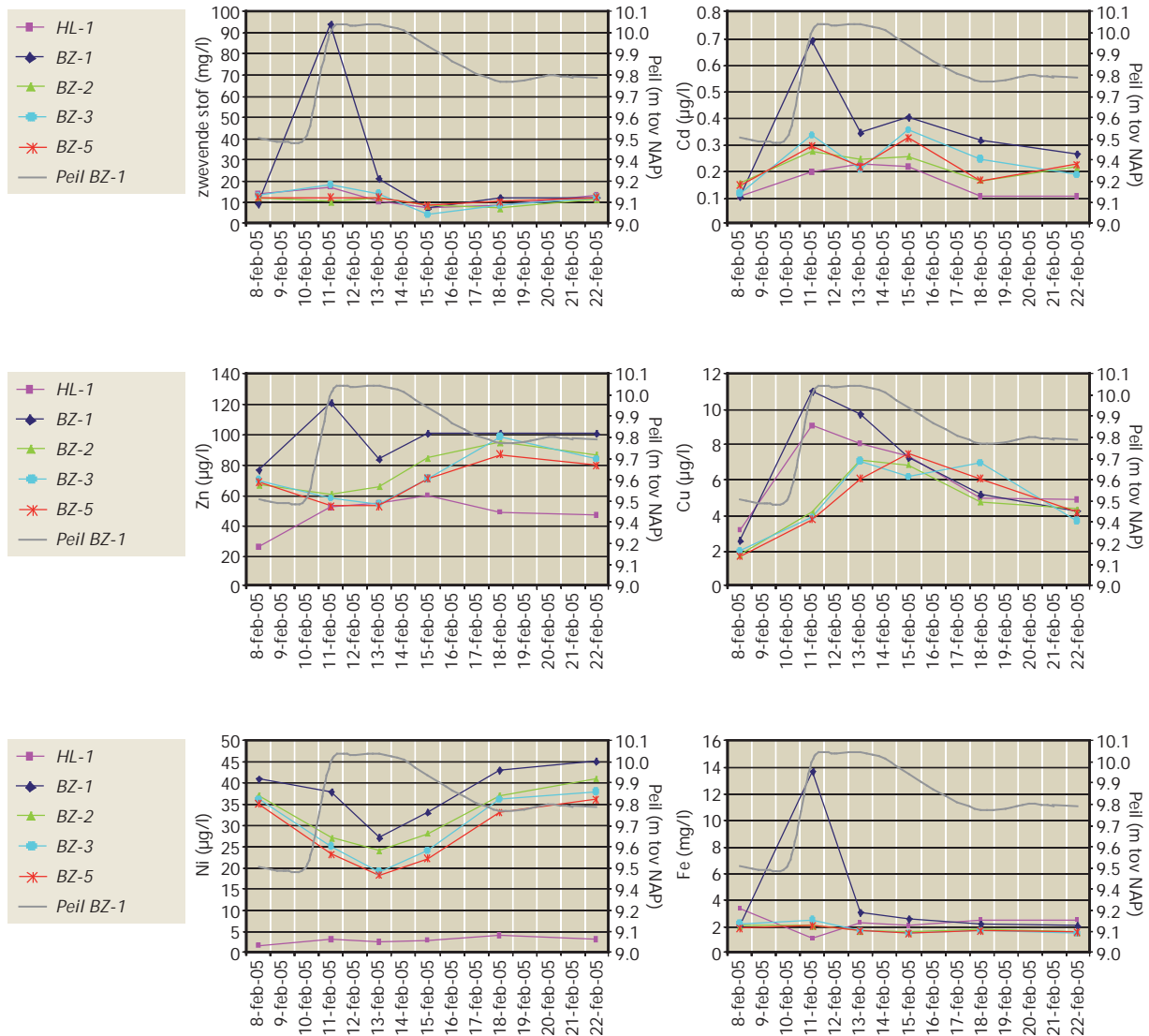


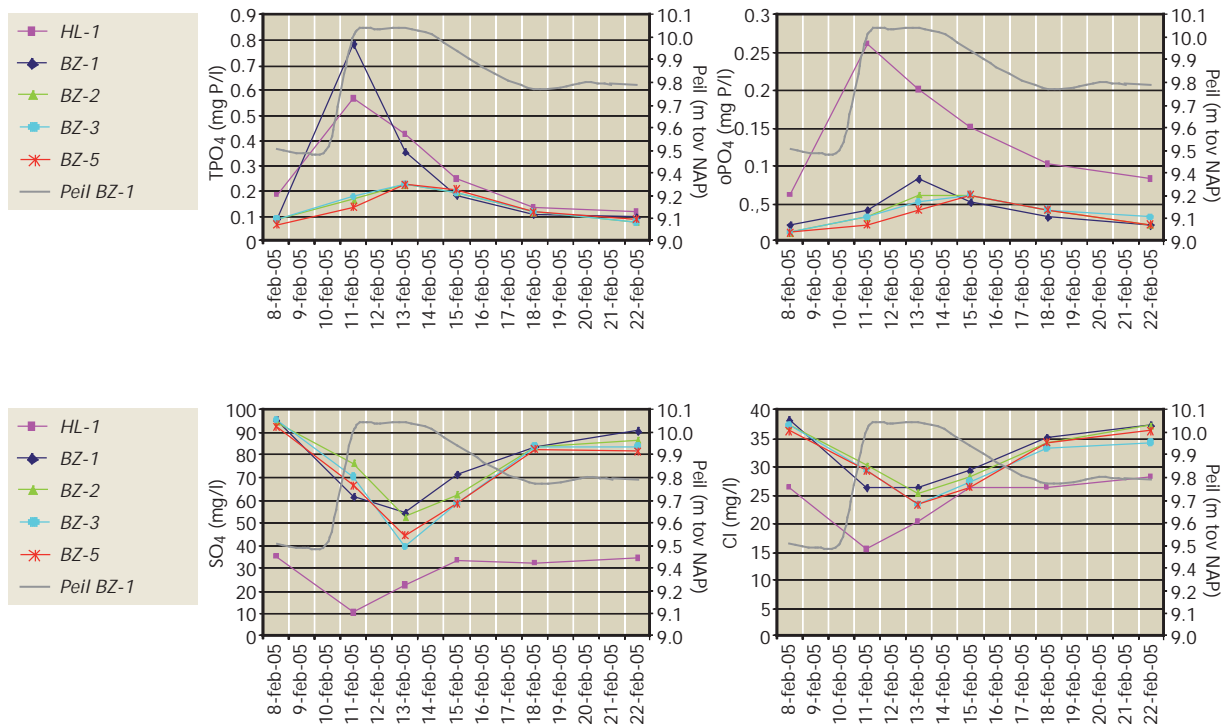
Figuur 4.26 Waterpeilen van de Beerze tussen 5 en 15 februari 2005 op verschillende locaties.

Figuur 4.27 toont het concentratieverloop bij hoogwater van een aantal stoffen. Van de overige gemeten stoffen is dit weergegeven in bijlage V.B. Bij het vergelijken van het concentratieverloop van de verschillende stoffen is duidelijk dat concentraties toe- of juist afnemen tijdens de afvoerpiek. Opvallend was dat:

- De hoogste concentratie(stijgingen) in de Beerze worden gemeten bij BZ-1, het inlaatpunt in de Logtse Baan op 11 februari. Concentratiestijgingen bij de overige Beerzelocaties vinden in mindere mate, en op een later tijdstip plaats.
- Alleen bij het inlaatpunt van de Logtse Baan (BZ-1) stijgt het zwevend stofgehalte sterk bij aanvang van de hoogwaterpiek (op 11 februari). Deze piek valt samen met hoge waarden aan stoffen die aan het zwevend stof gebonden zijn zoals Cu, Zn, Fe en gebonden fosfaat. Het zwevende stof (met daaraan gebonden stoffen) bezinkt grotendeels in de Logtse Baan, want stroomafwaarts is in veel mindere mate sprake van een concentratieverhoging.
- Van de metalen wordt alleen Ni verdund door een grote hoeveelheid neerslag, de overige metalen nemen in concentratie toe tijdens de afvoerpiek. Ni komt vooral via het (diepere) grondwater in het oppervlaktewater terecht en de concentratie wordt verdund zodra de Beerze meer neerslagwater meevoert. Andere metalen zoals Zn komen met name gebonden aan partikels door afspoeling in het oppervlaktewater terecht. Meer neerslag betekent meer afspoeling waardoor in perioden met veel neerslag de concentratie toeneemt. Opvallend is dat Ni concentraties gemiddeld gezien bij hoge afvoeren wel hoger zijn dan bij lagere afvoeren (vergelijk fig. 4.13). Het 'verdundingseffect' lijkt dus tijdelijk te zijn, bij een plotselinge afvoerpiek.

- Concentraties van totaal fosfaat en ortho-fosfaat nemen toe bij een hoge waterafvoer. Bij beide inlaatpunten bij het retentiegebied de Logtse Baan (Beerze en Heiloo) is de toename het grootst. Belangrijk verschil is dat het bij de Heiloo (HL-1) vooral het opgeloste fosfaat-gehalte betreft, en bij de Beerze (BZ-1) vooral fosfaat dat gebonden is aan het zwevende stof.
- Sulfaat- en chlorideconcentraties dalen met een hoge waterafvoer, evenals het elektrisch geleidend vermogen. De daling wordt veroorzaakt door verdunning met regenwater (net als nikkel). Van SO_4 is bekend dat hogere concentraties dieper in het grondwatersysteem zitten. Het bovenste grondwater is relatief schoon, waardoor bij hoge neerslag verdunning optreedt (Rozemeijer *et al*, 2005).





Figuur 4.27 Concentratieverlopen van zwevend stof, cadmium, zink, koper, nikkel, ijzer, totaal fosfor, orthofosfaat, sulfaat en chloride gedurende hoogwater, februari 2005.

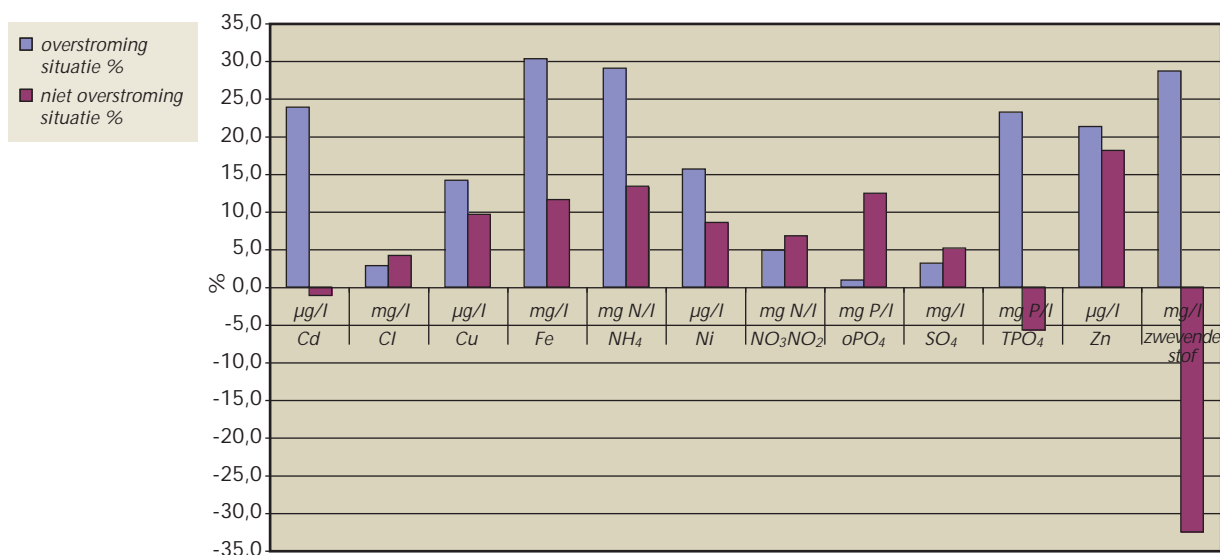
In fig. 4.28 is het relatieve verschil tussen inlaat (BZ-1) en uitlaat (BZ-2) van het retentiebekken Logtse Baan weergegeven, zowel tijdens hoogwater als bij lagere afvoeren. Dit onderscheid is gebaseerd op de waterstandsmetingen op meetpunt LB-2, met als scheidingsgrens 9,00 m + NAP. Een positief verschil betekent dat er meer is achtergebleven in het retentiebekken dan eruit komt. Let wel: het gaat om concentraties, niet om vrachten! Een negatief verschil betekent dus dat de concentratie in de Beerze juist is verhoogd na passage door de Logtse Baan.

De waterkwaliteit blijkt bij hoogwater te veranderen in dit traject (zie ook boven). Zo is af te lezen dat tijdens hoogwater de ijzerconcentratie bij inlaat in het retentiebekken gemiddeld 30% hoger is dan bij de uitlaat, en dat er dus ijzer is achtergebleven in het retentiegebied. Als er geen sprake is van hoogwater is het verschil kleiner, gemiddeld 12%. Zoals gezegd gaat het hier om concentraties, niet om vrachten. Ook gaat het hier om relatieve verschillen, wat een vertekend beeld kan geven (als het gaat om lage absolute waarden), bijvoorbeeld bij cadmium (bij hoogwater) en zwevend stof (bij lagere afvoer)¹. Om het geheel in beter perspectief te kunnen plaatsen zijn daarom de absolute waarden weergegeven in Bijlage VI.

Het zwevend stofgehalte neemt bij hoge afvoeren fors af door bezinking in de overstromingsvlakte. Aan zwevend stof gebonden stoffen, waaronder metalen, nemen daarmee ook meer af bij hoge afvoeren. Alle geanalyseerde metalen kennen een duidelijk zomer-winter verloop in concentraties, met een duidelijke verhoging in de wintermaanden. Het concentratieverschil is dan ook fors hoger. Ook het gehalte van totaal fosfaat neemt bij hogere afvoeren duidelijk af in de loop van het retentiebekken. Dit hangt niet samen met veranderingen in opgelost fosfaat (zie fig. 4.28), maar met gebonden fosfaat dat aan slibdeeltjes in de overstromingsvlakte bezinkt.

¹ Het grote relatieve negatieve verschil bij zwevend stof in perioden met lagere afvoer wordt vooral veroorzaakt door twee monsterdata waarin 1 mg/L bij instroom, en 4 mg/L bij uitstroom is gemeten. Dit verschil is procentueel dus -300% maar is absoluut gezien nauwelijks van betekenis. In feite blijken de verschillen tussen in- en uitstroom bij lagere afvoeren net zo vaak positief als negatief. Hoe dan ook zijn alle gemeten waarden vrij laag tot zeer laag te noemen.

Figuur 4.28 laat niet alleen zien dat er tijdens overstroming veel verandert (zoals hierboven ook is besproken). Ook is te zien dat bij lagere afvoeren concentraties van de meeste stoffen over het algemeen minder veranderen over dit traject. Toch blijven ook dan netto stoffen achter in het retentiegebied. In tegenstelling tot perioden met hoogwater zijn het dan vooral de opgeloste stoffen die 'achterblijven', waaronder de vrij opneembare nutriënten NO_3/NO_2 en ortho- PO_4 . Lagere afvoeren zijn er vooral in de zomerperiode, de periode dat (water)planten groeien en nutriënten opnemen om biomassa te produceren. Mogelijk is de concentratieafname in dit beektraject een gevolg van opname van de nutriënten door planten in de Beerze. Anderzijds gaat het om lage absolute concentraties (zie bijlage VI).

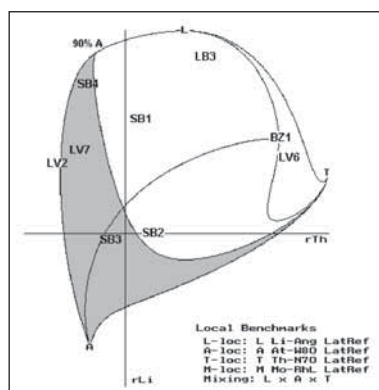


Figuur 4.28 Relatief gemiddelde verschil in concentratie tussen meetpunt BZ-1 en BZ-2 (Logtse Baan), waarbij de verschillen in concentraties over het hele meetjaar exclusief de overstromingsperiode (donkerpaars) zijn vergeleken met de situatie tijdens hoogwater (lichtpaars). Berekening: $((\text{BZ-1}-\text{BZ-2})/\text{BZ-1}) \cdot 100$. Absolute waarden zijn vermeld in bijlage VI.

4.1.3 Herkomst van het inundatiewater

Situatie voor waterberging

Om een beeld te krijgen van de herkomst van het inundatiewater in de deelgebieden zijn watermonsters genomen vlak voor hoogwater (20 januari 2006) en tijdens hoogwater (24 februari 2006), zowel in de beekloop als op het maaiveld. In figuur 4.29 zijn de meetlocaties geplott in een rLi-rTh diagram. BZ-1 is met menglijnen verbonden met de extremen (L=lithotroof, A=atmotroof en T=thalassotroof).



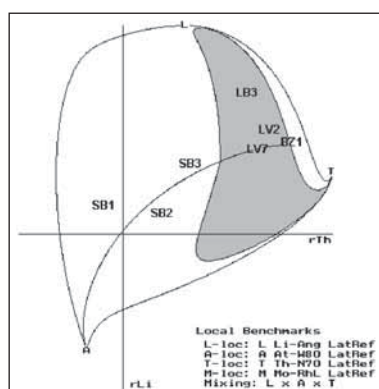
Figuur 4.29 De positionering van oppervlaktewater monsters (voor waterberging) binnen een rLi-rTh diagram. Het grijze vlak geeft water aan dat voor 90% atmotroof is.

Het oppervlaktewater bij locatie LB-3 lijkt niet op het Beerzewater, hoewel dit punt wel in het retentiegebied ligt en aangenomen werd dat de Beerze de algemene wateraanvoer verzorgt. Verderop in deze paragraaf wordt meer in detail ingegaan op de herkomst van het inundatiewater binnen het retentiegebied de Logtse Baan. De punten LV-2 en LV-7 hebben een hoge gelijkenis met regenwater (>90%). Daarnaast laten ze ten opzichte van SB-2 en SB-3 een grotere gelijkenis zien met kalkrijk grondwater. Alleen LV-6 ligt dicht bij BZ-1. Dit duidt op een gelijkwaardige waterchemie en doet eenzelfde herkomst vermoeden. Het oppervlaktewater bij meetlocatie LV-6 is dus waarschijnlijk afkomstig van de Beerze. Nadere analyse met het computerprogramma wijst ook in die richting. Het water bij SB-2 en SB-3 lijkt vooral uit regenwater te bestaan (90 % regenwater, stagnerend regenwater). Punt SB-1 lijkt op een mengeling van grondwater en regenwater, terwijl bij SB-4 weer het regenwater lijkt te domineren.

Tijdens waterberging

In het onderstaande rLi-rTh diagram (figuur 4.30) zijn watermonsters geplot die genomen zijn tijdens hoogwater. De positie van de meetpunten wordt vergeleken met de positie vóór waterberging. In het diagram is een menglijn van BZ-1 met regenwater geplot en tevens een gebied omlijnd (lichtgrijs) waarbinnen alle monsters zich bevinden met meer dan 50% gelijkenis met de waterchemie van BZ-1.

Het punt LB-3 ligt nu iets dichterbij de watersamenstelling van de Beerze, maar komt niet volledig overeen. Wat opvalt, is dat LV-2 en LV-7 qua watersamenstelling dichtbij BZ-1 komen te liggen. Dit komt omdat het water op deze punten rechtstreeks van de Beerze komt. Deze punten worden dus met Beerze water overstroomd. Punt SB-1 is verschoven richting een regenwatersamenstelling en is waarschijnlijk aangelengd met regenwater. Dit meetpunt lijkt buiten het bereik van overstroming vanuit de Beerze. Punt SB-3 is langs de mixlijn van regenwater met water vanuit de Beerze richting de watersamenstelling van de Beerze geschoven. Dit kan betekenen dat het water op deze locatie is aangelengd met Beerzewater, misschien doordat er gedurende een korte periode een verbinding is geweest (bijvoorbeeld tijdens een piek van hoogwater). Punt SB-2 ligt nog steeds op ongeveer dezelfde plek en lijkt weinig of niet beïnvloed door het Beerzewater. Het lijkt er dus op dat deze plek niet binnen het bereik ligt van overstromingen vanuit de Beerze. Dit is in tegenstelling tot de situatie in 2004, toen op deze locatie een flinke hoeveelheid sediment achter is gebleven (zie paragraaf 4.3). (Van de inundatie hier in 2007 (zie foto figuur 4.12) is niet bekend wat de herkomst van het water was.)



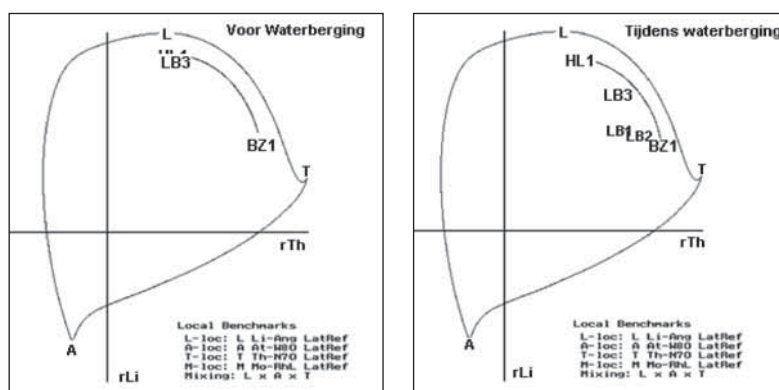
Figuur 4.30 De positionering van oppervlaktewater monsters (tijdens waterberging) binnen een rLi-rTh diagram. Het grijze vlak geeft water aan van oppervlaktewaterkwaliteit.

Concluderend kan gesteld worden dat de meetlocaties op de Logtse Velden (LV-2, LV-6 en LV-7) tijdens hoogwater overstromen vanuit de Beerze en het inundatiewater aanwezig bij LV-6 vóór de waterbergingsperiode is daar een overblijfsel van. De beekdalgraslanden (SB-1) worden niet bereikt door overstromingen vanuit de Beerze. Hier lijkt vooral stagnatie van regenwater plaats te vinden. Bij de meetlocaties op de blauwgraslanden is er onderling een verschil. Bij beide graslanden (SB-2 en SB-3) vindt vooral stagnatie van regenwater plaats, maar bij het noordelijke grasland (SB-3) lijkt er tijdens hoogwater ook invloed van de Beerze te zijn. Onderzoek aan sediment wijst uit dat dit bij SB-2 soms ook het geval kan zijn (in 2004), maar dit wordt in dit deelonderzoek (in 2006) niet bevestigd. In de Logtse Baan (LB-3) lijkt er iets anders aan de hand te zijn.

Oppervlaktewater in de Logtse Baan

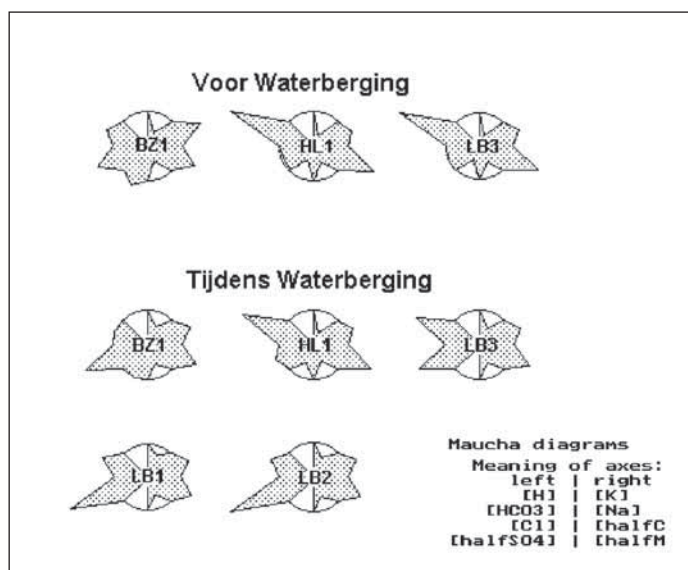
Hieronder zijn twee rLi-rTh diagrammen weergegeven met oppervlaktewater uit de Logtse Baan vóór hoogwater (20 januari 2006) en tijdens hoogwater (24 februari 2006). In beide diagrammen is een mixlijn geplot tussen HL-1 (Heiloo) en BZ-1 (Beerze).

De situatie vóór waterberging laat het oppervlaktewater van de Heiloo (HL-1), de Beerze (BZ-1) en het stilstaande inundatiewater in het retentiegebied zien (LB-3). Duidelijk is waar te nemen dat HL-1 en LB-3 samenvallen (HL-1 is bijna weggevallen). Dit houdt in dat de watersamenstelling van deze locaties dezelfde gelijkens met grond- en regenwater hebben en hoogstwaarschijnlijk water van vergelijkbare herkomst bevatten. Bij de situatie tijdens waterberging verplaatst LB-3 zich langs de menglijn van HL-1 en BZ-1. Dus tijdens het hoogwater van de Beerze lijkt de samenstelling van het water op LB-3 op een mengsel van Beerzewater en Heilooewater. De punten LB-1 en LB-2 vertonen tijdens de overstroming grote gelijkens met Beerzewater.



Figuur 4.31 De positionering van oppervlaktewatermonsters uit de Logtse Baan (voor en tijdens waterberging) binnen een rLi-rTh diagram.

Ook de Maucha diagrammen van 20 januari (vóór hoogwater) laten een grote gelijkens zien tussen het Heiloo water (HL-1) en inundatiewater bij LB-3. Tijdens hoogwater is te zien dat de Maucha-diagram van LB-3 een mix is geworden van BZ-1 en HL-1. Zowel van Cl als van HCO₃ blijft er, zij het gematigd, een piek bestaan in het diagram voor LB-3. De watermonsters bij de meetlocaties LB-1 en LB-2 vertonen grote gelijkens met BZ-1, hoewel het aandeel van SO₄ sterk is afgenomen en dat van Cl wat is toegenomen.



Figuur 4.32 Maucha diagrammen van oppervlaktewater uit de Logtse Baan (voor en tijdens waterberging).

Samenvattend kan gesteld worden dat in een waterbergingsperiode (vlak voor daadwerkelijke inundatie) het oppervlaktewater bij LB-3 zeer waarschijnlijk afkomstig is uit de Heiloop (HL-1). Let wel, dit is dus geen laagwatertoestand, het waterpeil in de Beerze was immers al gestegen. Pas wanneer het waterpeil echt hoog wordt, zoals op 24 februari, is er bij punt LB-3 sprake van een mix van oppervlaktewater vanuit de Beerze en de Heiloop. De punten LB-1 en LB-2 lijken volledig onder invloed van de Beerze te staan.

4.1.4 Grondwaterkwaliteit

Het grondwaterkwaliteitsonderzoek bestaat uit een eenmalige meting in augustus 2004. Daarnaast zijn in 2006 in het onderzoeksgebied twee peilbuizen herplaatst en bemonsterd (nabij LV-2 en SB-2; dit zijn echter peilbuizen die niet in 2004 zijn bemonsterd) in het kader van een ecohydrologische quickscan (Jansen en Ertsen, 2007). Bij de interpretatie van de resultaten moet ermee rekening gehouden worden dat het hier eenmalige metingen betreft. Een eenmalige meting zegt niet zoveel over de grondwaterkwaliteit omdat deze kan verschillen over het jaar. Bovendien kan de ruimtelijke variabiliteit groot zijn. Dit is sterk beperkend voor de interpretatie mogelijkheden van de resultaten.

In tabel 4.2 is de concentratie range van de verschillende peilbuizen per parameter weergegeven (zie bijlage VII voor meer gedetailleerde data). Tevens is in deze tabel te zien of de streefwaarde wordt overschreden. Per stof blijkt de concentratie sterk te verschillen. Er lijkt echter geen relatie te zijn met locatie (deelgebied of afstand tot de beek) of diepte.

Uitschieters zijn een relatief hoge P concentratie bij SB-4 en een relatief hoge SO₄ concentratie bij LV-4. Op locatie LV-4 werd dieper (3 m-mv) ook een relatief hoge Cd concentratie gemeten (factor 20 boven de streefwaarde). Ook Zn en Ni overschreden hier de streefwaarde. Opvallend is dat het grondwater op een nabij, maar direct aan de beek gelegen, meetpunt (LV-5) lage metaalgehalten bevat. De twee peilbuizen die in 2006 zijn bemonsterd en waarvan het grondwater is geanalyseerd (LV-2 en SB-2), bevatten vergelijkbare stofconcentraties.

Tabel 4.2 Gemeten concentraties in grondwater in het Beerze gebied en Landelijke Streefwaarden Grondwater. Rood: (vrijwel) overal overschrijding streefwaarde; oranje: overschrijding streefwaarde op één of meer van de meetpunten.

Stof	Landelijke Streefwaarde (opgelost)	Concentratie (range) grondwater 2004
Kalium (mg/L)	-	1.8-10
Magnesium (mg/L)	-	4-11
Natrium (mg/L)	-	5-30
Calcium (mg/L)	-	30-130
Bicarbonaat (mg/L)	-	40-350
Nitraat (mg N/L)	11,3	<0.05
Fosfaat totaal (mg P/L)	0.3	0.1 – 4.0
Sulfaat (mg/L)	150	20-300
Ammonium (mg N/L)	1.0	0.25-1.0
Chloride (mg/L)	100	4-40
Cd (µg/L)	0.06	0.1 – 1.2
Ni (µg/L)	2.1	2-70
Zn (µg/L)	24	1-420

Over het geheel genomen is het grondwater op de meeste locaties hoog belast met Ni (bijlage VII). Ni komt 'van nature' in verhoogde concentraties in dit gebied voor. Zinkconcentraties overschrijden op enkele plekken fors de streefwaarde, maar op andere plekken zijn de waarden veel lager. Het is niet duidelijk waarom de doordringing van Zn naar het grondwater zo sterk varieert per locatie.

NH₄ en NO₃ concentraties (alle waarden onder detectiegrens) blijven onder de streefwaarde. Dit geeft aan dat weinig meststoffen van de oppervlakte doordringen naar het grondwater. Wel is het nitraatgehalte in de Beerze hoger (gedurende de onderzoeksperiode minimaal 0,05 en maximaal 9,8 mg N/l). Hoge gehalten aan NH₄ en NO₃ zijn bijna altijd afkomstig van (verhoogde) mestgiften en waarschijnlijk zelden of nooit door eutrofiëring via inundatie. Wel kan bemesting van buiten het gebied in bijzondere gevallen, via het grondwater, doordringen naar het naastgelegen gebied. Dergelijk processen gaan echter uiterst traag. Het studiegebied ligt ingeklemd tussen gebieden met intensieve landbouw. Eutrofiëring via het oppervlaktewater is veel waarschijnlijker dan via het grondwater. Toch worden in enkele gevallen verhoogde SO₄ en P concentraties gemeten in het grondwater, wat voornamelijk niet te verklaren is. Het betreft hier overigens enkelvoudige metingen, mogelijk is er in sommige gevallen iets fout gegaan bij de monsternamen.

4.2 Bodem

Bodemsamenstelling in de drie deelgebieden

Een algemene beschrijving van de bodem is opgenomen in Bijlage VIII. De bovengronden (0-15 cm) zijn niet-eolische afzettingen en voor de naamgeving is daarom gebruik gemaakt van de textuurdriehoek voor niet-eolische afzettingen (Locher en de Bakker 1990). In de Logtse Baan zijn de bodems zavelgronden omdat er meer dan 8 % lutum en minder dan 25 % lutum in zit. Aan de hand van het aandeel organische stof wordt aan de naam de humusrijkdom weergegeven. Duidelijk is het effect van de verschillende diepten van afgraven in de Logtse Baan te zien. De meest afgegraven bodem in de Logtse Baan (LB-3), de locatie waar 30 cm is afgegraven, heeft nauwelijks organische stof en is daarom een zeer humusarme zavel met 0,9% organische stof. Dit in tegenstelling tot de bodem van de locatie waar ca. 15 cm is afgegraven (LB-2) en waar 10% organische stof in zit (humusrijke zavel).

De locaties in de Logtse velden zijn rijk aan organische stof (meer dan 20%) en lutum (meer dan 8%). Bij LV-3 ligt een venige zandgrond en bij LV-4 veengrond (vanwege de 43% organische stof). LV-7 heeft minder lutum en organische stof dan de andere locaties (<8%) en is daarom een humusrijke zandgrond.

In de Smalbroeken zijn de bovengronden zeer verschillend. De locatie in het meandergrasland (SB1) is venige zavel vanwege het hoge organische stofgehalte en meer dan 8% lutum. De blauwgraslandlocaties zijn humeus (organische stof ca. < 8%) met één locatie (SB-3) meer dan 8% en één locatie (SB-2) minder dan 8% lutum. SB-2 is de locatie die het verst van de beek af ligt en dus minder frequent overstroomd is. Onduidelijk is of het gesedimenteerd is vóór de herinrichting of erna. Beijer en Baaijens (1985) maken al melding van overstromingen vanuit de Beerze in de periode 1850-1950. Inundaties waren van korte duur en traden meestal op buiten het groeiseizoen. De kwaliteit van het overstromingswater lag tussen die van regenwater en diep grondwater. Na 1950 is het overstromingswater vervangen door "afgewerkt" landbouwwater en daarmee voedselrijker geworden.

In het grasland aan de overkant van de onderzochte blauwgraslanden is SB-4 een humusrijke zavel: meer dan 8% organische stof en tussen 8-25 % lutum.

Bodemsamenstelling in transecten in de Logtse Baan

In de Logtse Baan is de bodem in drie transecten onderzocht. Elk transect bestond uit drie meetlocaties. Op alle plekken is de bovengrond een overwegend zandgrond met enkele procenten lutum (1 - 4,5%) of organische stof variërend van 0,5 tot maximaal ca. 8%. Opvallend is dat het aandeel zand op alle locaties in de transecten hoger is dan op de meetlocaties LB-2 en LB-3.

Nutriënten in de drie deelgebieden

De voedingstoestand van de verschillende locaties verschilt sterk. In de Logtse Baan heeft diep afgraven geresulteerd in lagere nutriëntengehalten van stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). De fosforgehalten zijn in de diep afgegraven bodem vergelijkbaar met zandgronden met zeer laag tot lage gehalten (Sival *et al.* 2004).

Weinig is bekend over de N, P en K gehalten van regelmatig overstroomde graslanden en de bijbehorende vegetatietypen in Nederland. In 2003 zijn in enkele overstromingsgraslanden langs de Dommel, Reest en de Drentse Aa bodemanalyses uitgevoerd in overstromingsgraslanden (Runhaar en Jansen 2004). In tabel 4.3 staat een overzicht, uitgesplitst naar bodem en vegetatietype.

Tabel 4.3 N en P gehalten van enkele bodems van overstromingsgraslanden (Uit: Runhaar en Jansen 2004).

	bodem	Oogst vegetatie g/m ²	N/P	N g/kg	P g/kg	K g/kg	Pw mgP2O5/L
Kappersbult							
Oeverwal	zand	>600	5-7	6-7	3-4	6-7	30
Grote Zeggen	veen	400-600	9-10	16-18	1,5-3,6	5-6	3-10
Kleine Zeggen	zand	<400	11-14,5	3-7	0,4-0,6	3-4	0-1
Havixshorst							
Oeverwal	zand	>500	5-8	1,5-4	1-3	3-4	1
Zeggen	veen	<400	6-8	13-16,5	3-4	2,5-3,5	2-16
Dommelbeemden							
Kleine Zeggen	veen	<400	7,5	4-5	0,5-1	0,5-1	9
Grote Zeggen/Riet	zand	>600		23-24	2,5-3	1-1,5	20
lage prod grasland	veen	<400	7-12	16-19	1,5-2,5	5,5-6	1-7

Tabel 4.4 Bodemanalyse: pH-KCl, de totale hoeveelheden stikstof (g/kg), kalium (g/kg), fosfor (g/kg) en beschikbaarheid van P (Pw; mgP2O5/L), P-AI; mgP/kg en P-CaCl2; mgP/kg).

code	pH-KCl	N-tot g/kg	K-tot mg/kg	P-tot mg/kg	Pw mgP2O5/L	P-AI mgP/kg	P-CaCl2 mg/kg
LB-2	5,5	4,1	1493	863	9,2	73	0,2
LB-3	6,2	0,3	504	132	5,7	17	0,0
LV-3	4,1	9,4	2145	1469	5,7	74	0,3
LV-4	4,7	18,5	1490	1990	5,3	38	0,3
LV-7	4,3	4,0	752	515	2,7	11	0,1
SB-1	4,3	4,9	879	1386	3,1	9	0,1
SB-2	4,2	2,4	377	188	4,6	8	0,1
SB-3	4,2	2,5	375	386	4,2	6	0,1
SB-4	4,4	3,4	500	2916	4,6	51	0,1

Nutriëntgehalten (N, P, K) in de bodem zijn het hoogst in de Logtse Velden (LV-3 en LV-4; zie tabel 4.4) met uitzondering van de Smalbroeken bij locatie SB-4 (2916 mg P/kg). In de blauwgraslanden van Smalbroeken (SB-2 en SB-3) zijn lage nutriëntgehalten gemeten; waarden zijn vergelijkbaar met kleine zeggen vegetatietypen in bestaande overstromingsgraslanden (tabel 4.3). Vooral de totale hoeveelheid P is daar laag en vergelijkbaar met de hoeveelheid die gemeten is in de bodem van de Logtse Baan, op het punt waar het meest afgegraven is (30 cm). Daar is de beschikbaarheid van P (P-AI) ook laag. De beschikbare hoeveelheid fosfaat is echter niet overal zeer laag (grotendeels overeenkomend met hoge totaal P waarden). Het voormalige landgebruik met bemesting (LB-2, SB-4) en vervolgens het te weinig afgraven (LB-2) en relatief veel lutum (LV-3, LV-4) leiden tot een hoge P beschikbaarheid (Tabel 4.3; Sival *et al.* 2004; pers. com. W. Chardon).

Op de meeste locaties waar de beschikbaarheid van P laag is, is de Pw <5 mgP2O5/L, wat kenmerkend is voor bodems van voedselarme graslandvegetatie (Sival *et al.* 2004; Runhaar & Jansen 2004).

Tabel 4.5 Landbouwkundige waardering van uitkomsten bodemanalyses voor uiteenlopende methoden (Uit: Sival en Chardon 2002). * referentie: (1) Tunney *et al.*, 1997; (2) Van Dijk, 1999. ** berekend uit gegevens uitgedrukt in P2O5; Pw berekend voor bodemdichtheid 1.3 kg/L.

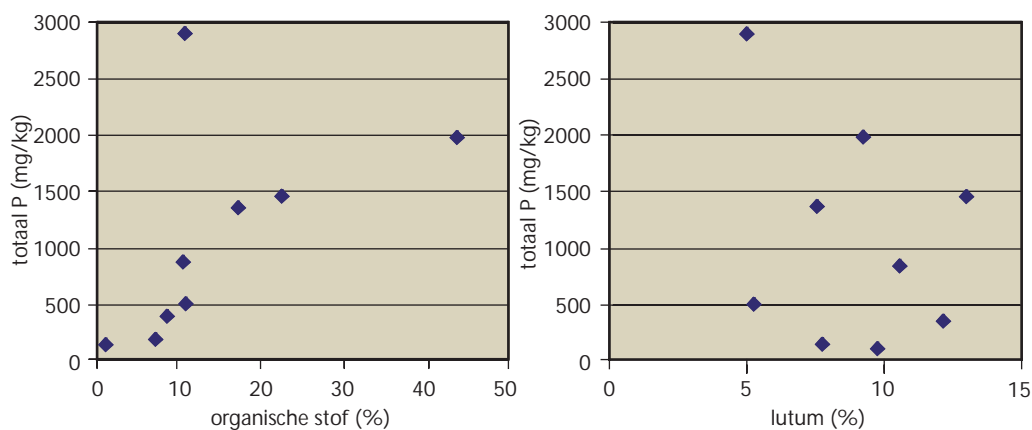
Methode	eenheid	zeer laag	laag	optimaal	referentie *
P-Olsen	mg P/L	< 10	10 - 15	16 - 25	1
NH4Ac-EDTA	mg P/kg	< 25	25 - 50	50 - 90	1
P-AI	mg P/kg **	< 80	80 - 130	130 - 170	2
Pw	mg P/kg **	< 4	4 - 7	7 - 10	2
P-AI	mg P2O5/100 g	< 18	18 - 29	30 - 39	2
Pw	mg P2O5/L grond	< 11	11 - 20	21 - 30	2

De beschikbaarheid van N kan afgeleid worden uit de mate van mineralisatie waarvoor de verhouding tussen N en C een indicatie geeft. Bij een C/N verhouding van meer dan 20 is er geen of zeer geringe stikstofmineralisatie en bij waarden < 10 is de beschikbaarheid zeer hoog. Hetzelfde geldt voor de beschikbaarheid van P, berekend uit de verhouding tussen P en koolstof (C). Bij C/P verhoudingen onder de 50 komt netto P beschikbaar, bij waarden boven de 100 niet. Uit de bodemanalyse blijkt, afgaande op bovenstaande verhoudingen, dat netto N beschikbaar komt op alle locaties behalve in de blauwgraslanden (SB-2 en SB-3; tabel 4.6).

Tabel 4.6 De hoeveelheden stikstof (N) en fosfor (P) in de bodem.
 Kolommen C/N en C/P ratio's: oranje = hoge netto beschikbaarheid, rood = zeer hoge netto beschikbaarheid, blauw = geen netto beschikbaarheid N of P.
 Kolommen bij P-totaal of N-totaal: rood = absolute hoge N of P waarden (ten opzichte van onbemest grasland in natuurgebieden). Aangezien de metingen van april (begin van het seizoen) nauwelijks verschillend zijn van die gemeten in juni is gekozen voor de presentatie van de metingen in juni. P-Al = P in ammoniumlactaat.

locatie	C/N ratio	C/P ratio	org. mat. %	N-totaal g/kg	P-totaal mg/kg	N-NO ₃ mg/kg	Calcium-chloride methode				K mg/kg
							N-NH ₄ mg/kg	N-min mg/kg	N-org mg/kg	N-ts mg/kg	
LB-2	13	60	10,4	4,1	863	3	3	6	16	22	
LB-3	13	34	0,9	0,3	132	0	3	3	6	9	18
LV-3	17	108	22,2	9,4	1469	4	13	17	62	80	103
LV-4	5	46	43,3	18,5	1990	3	8	10	38	48	68
LV-7	11	82	10,6	4,0	515	0	7	7	29	36	71
SB-1	13	44	17,1	4,9	1386	3	7	10	31	41	62
SB-2	24	308	6,9	2,4	188	0	6	6	26	31	34
SB-3	21	136	8,3	2,5	386	0	3	4	20	24	34
SB-4	11	13	10,6	3,4	2916	4	6	11	23	34	61

Voor P ligt dit iets anders. Er komt netto P beschikbaar bij SB-4, LB-3, en in mindere mate bij LV-4 en SB-1. In absolute zin (totaal P) zijn de gehalten hier dan ook behoorlijk hoog tot zelfs zeer hoog, behalve bij LB-3. In onbemeste bodems op zandgrond worden eigenlijk zelden waarden van meer dan 1000 mg/kg P-totaal aangetroffen. Langs de Beerze blijkt dit op vier van de locaties te worden overschreden (bij LV-3, LV-4, SB-1 en SB-4). De totaal gehalten in de Logtse Baan zijn lager, met name in het dieper afgegraven deel (LB-3), vermoedelijk vanwege het verwijderen van de bovengrond ter plaatse. In beekdalbodems komen hoge P waarden van meer dan 1000 mg/kg P-totaal echter veelvuldig voor (Sival *et al.*, in prep.). Voor een groot deel wordt dat verklaard uit het organisch gebonden P (figuur 4.33). In de Smalbroeken (SB-4 en SB-1) worden de hoge P hoeveelheden echter niet door het gehalte aan organische stof of lutum verklaard. Waarschijnlijk zijn de hoge P-concentraties een gevolg van bemesting in het verleden.



Figuur 4.33 Relatie totale hoeveelheid P en organische stof (%) en lutum (%).

De beschikbaarheid van mineraal stikstof is direct gemeten met de 'calciumchloride methode'. Met deze methode meet men het oplosbare stikstof in de bodem wanneer die wordt geschud in een zoute oplossing, daarmee de omstandigheden in de bodem imiterend (als alternatief voor de nutriënten in poriewater).

De gehalten aan mineraal stikstof zijn laag (tabel 4.6). Echter, ook in dit geval werden de hoogste waarden gevonden bij de Logtse Velden (LV-3, LV-4) en Smalbroeken (SB-1, SB-4).

De waarden zijn lager dan, op grond van andere studies waar ook C/N is gemeten, zou worden verwacht. Mogelijk speelt de permanent hoge grondwaterstand een rol: doordat er weinig zuurstof in de bodem kan doordringen en de temperatuur lager is blijft de stikstofmineralisatie lager. Meer metingen aan oplosbaar N zijn gewenst. Daarbij moet het vochtgehalte van de bodem ook worden meegenomen, iets wat in 2004 achterwege is gebleven.

Kalium (K) is een mobiel element (zeker op zandgrond) dat zeer gericht door planten wordt opgenomen en vaak beperkend is voor een goede groei. Doordat K zo mobiel is, is het makkelijk uit de bodem op te lossen en geeft de 'calcium chloride methode' een goede indruk van het totaal gehalte aan K. Het is normaal dat de gevonden waarden onder de 60 mg/kg zijn in onbemeste bodems. Alleen in de Logtse velden (LV-3) worden relatief hoge concentraties aange- troffen (Tabel 4.6).

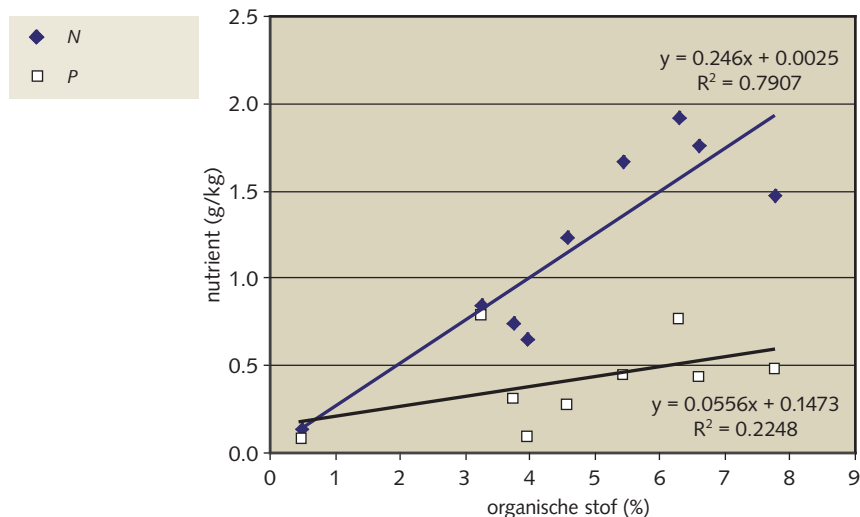
Nutriënten in de transecten in de Logtse Baan

In het ondiep afgegraven deel van de Logtse Baan (waarin de drie transecten liggen) is de hoeveelheid N en P in de bodem hoog voor zandgronden met maximale waarden van 1.9 gN/kg en 0.8 gP/kg. In vergelijking met onderzoek van Sival *et al.* (2004) naar natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden, waar waarden van rond de 0.4 g N/kg en 0.1 g P/kg werden gevonden zijn de hoeveelheden in de Logtse baan op de meeste proeflocaties vele malen groter (zie tabel 4.7). De hoeveelheid beschikbaar P ligt echter op de meeste locaties in dezelfde orde van grootte als de gevonden waarden door Sival *et al.* (2004). Alleen in twee locaties, op de beekoever in transect B (Midden) en op honderd meter van de beek in transect C (Noord) worden erg hoge waarden van 0.16 en 0.17 g/kg gevonden. Deze waarden zouden voor bemeste landbouwgronden zelfs hoog zijn (Van Dijk, 1999). Het is niet duidelijk wat hiervan de oorzaak is. De pH is niet hoger of lager dan op andere locaties en er is ook geen relatie met de hoeveelheid organische stof in sediment en bodem. De begrazing van het gebied heeft mogelijk invloed op de hoge beschikbaarheid van P. In dierlijke mest is P beter beschikbaar dan bodem- fosfaat (Chardon 1995) en begrazen heeft een positieve invloed op de mineralisatie van de in de vegetatie vastgelegde nutriënten (Marrs, 1993).

Tabel 4.7 Bodemanalyse (0-15 cm diepte): pH-KCl, de totale hoeveelheden N (g/kg) en P (g/kg), beschikbaarheid van P (P-AI; mgP/kg), in drie locaties per transect (C=noord; B=midden en A=zuid transect; 1 dichtbij de beek en 5 of 6 verste van de beek; zie ook figuur 3.2).

code	N-tot (g/kg)	P-tot (mg/kg)	pH(KCl)	P-AI (mg/kg)
C1	0.7	97	5.75	8
C3	1.8	433	5.08	35
C5	1.2	278	5.36	155
B1	1.5	484	5.39	166
B3	1.9	768	5.24	62
B6	1.7	443	5.45	69
A1	0.7	309	4.78	64
A3	0.1	75	5.58	20
A6	0.8	786	5.01	66

Om te toetsen of bij het afgraven van de organische bovengrond ook de totale hoeveelheid N en P is verwijderd, is het organische stof gehalte uitgezet tegen zowel N als P (figuur 4.34). Zowel N als P is aanwezig en het gehalte van beide neemt toe bij een toename van de organische stof (P in mindere mate dan N). Door het onvolledig afgraven (15 cm) van de bouwvoor in dit deel van de Logtse Baan zit er dus nog veel N en P in de bodem.



Figuur 4.34 De relatie tussen de organische stof en totaal N (g/kg) en totaal P (g/kg).

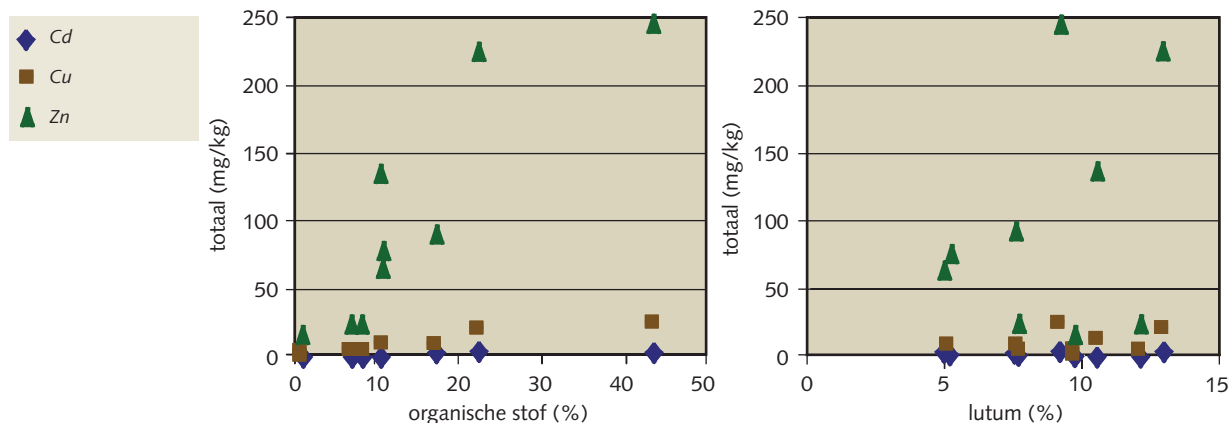
Zware metalen in de drie deelgebieden

De gehalten aan Cd, Cu en Zn in de 0-15 cm bodemlaag staan in tabel 4.8. De gehalten aan Cu zijn in alle locaties onder de norm volgens het Besluit Bodemkwaliteit (achtergrondwaarden) en het MTR (Maximaal Toelaatbaar Risico). In de Logtse Velden worden beide normen van Cd en Zn overschreden (LV-3 en LV-4). Bij SB-1 en SB-4 overschrijdt de concentratie Cd deze normen. Wat opvalt, is dat juist de Logtse Baan weinig Cd bevat.

Tabel 4.8 Totaal hoeveelheden Cd, Cu en Zn (mg/kg) en beschikbare hoeveelheden Cd, Cu en Zn (mg/kg) van de 0-15 cm bodemlaag. Normen volgens het Besluit Bodemkwaliteit (Achtergrondwaarden) zijn: Cd: 0,6; Cu: 40; Zn: 140; Ni: 35 mg/kg d.s.. MTR (bodem) waarden: Cd: 1,6; Cu: 40; Zn: 160, Ni: 38 mg/kg (4e Nota Waterhuishouding).

code	omschrijving	Totaal			Beschikbaar		
		Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
LB-2	Logtse Baan noordoost; 15 cm afgegraven	0,0	11,0	135,0	0,0	0,1	1,4
LB-3	Logtse Baan noordwest; 30 cm afgegraven	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,9
LV-3	Logtse Velden oost, verder van de beek	4,0	19,0	223,0	0,2	0,0	15,3
LV-4	Logtse Velden oost, dichtbij de beek	4,0	23,0	243,0	0,1	2,6	12,3
LV-7	Logtse Velden oost; Liesgras-grasland	0,0	7,0	75,0	0,2	0,0	15,6
SB-1	Smalbroeken zuid; Meandergrasland	4,0	7,0	91,0	0,1	0,0	6,4
SB-2	Smalbroeken oost, verder van de beek; Blauwgrasland	0,0	3,0	23,0	0,2	0,0	6,7
SB-3	Smalbroeken oost, dichtbij de beek; Blauwgrasland	0,0	3,0	23,0	0,1	0,0	7,3
SB-4	Smalbroeken west; Papenhoefsveld	4,0	7,0	63,0	0,1	0,0	4,1

De aanwezigheid van de zware metalen wordt verklaard uit de aanvoer door bemesting en/of sedimentatie (Römkens *et al.*, 2006). Aangezien de graslanden met uitzondering van LB-2, LB-3 en SB-4, alleen in het verleden bemest werden is de aanvoer door sedimentatie de meest waarschijnlijke (zie ook paragraaf 4.3 sedimentatie).



Figuur 4.35 De totale hoeveelheden van Cd, Cu en Zn (mg/kg) in relatie tot het percentage organische stof en het percentage lutum.

De totale hoeveelheid Zn (en in geringe mate Cu) is gerelateerd aan zowel het percentage organische stof als het percentage lutum (figuur 4.35). In tabel 4.9 staan de relatieve waarden voor de zware metalen in de bodem ten opzichte van de gecorrigeerde streef- en interventiewaarden. Deze waarden zijn gecorrigeerd naar het lutum- en organisch stofgehalte van de bodem. De streefwaarden van Cd en van Zn zijn resp. op vier en drie plekken overschreden. De interventiewaarden worden op geen van de meetlocaties overschreden.

Tabel 4.9 Zware metalen in bodem; relatieve waarden ten opzichte van de gecorrigeerde interventie- en streefwaarden. Met een grijze markering is aangegeven waar de streef- of interventiewaarden worden overschreden (>1).

code	relatief tov streefwaarde			relatief tov interventie		
	Cd	Cu	Zn	Cd	Cu	Zn
LB-2	0.00	0.40	1.39	0.00	0.08	0.28
LB-3	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.04
LV-3	4.16	0.53	1.90	0.28	0.10	0.38
LV-4	2.80	0.46	1.57	0.19	0.09	0.31
LV-7	0.00	0.27	0.91	0.00	0.05	0.18
SB-1	4.82	0.22	0.91	0.32	0.04	0.18
SB-2	0.00	0.11	0.28	0.00	0.02	0.05
SB-3	0.00	0.10	0.23	0.00	0.02	0.05
SB-4	5.97	0.27	0.77	0.40	0.05	0.15

Zware metalen in de transecten in de Logtse Baan

De gehalten aan zware metalen in de bodem vertonen geen relatie met de afstand tot de beek (tabel 4.10). Wel zijn de waarden op tien meter van de beek in transect A en op de beekoever in transect C duidelijk lager dan op de andere locaties (net als het organische stof- en nutriëntengehalte). De totaal gehalten zware metalen liggen onder de MTR waarden.

Tabel 4.10 Bodemanalyse (0-15 cm diepte): pH-KCl, de totale hoeveelheden Cd, Cu en Zn (mg/kg) in drie locaties per transect (C=noord; B=midden en A=zuid transect; 1 dicht bij de beek en 5 of 6 verste van de beek).

Code	pH(KCl)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
C1	5.75	0.09	0.74	16.74
C3	5.08	0.50	6.92	64.48
C5	5.36	0.45	4.30	48.27
B1	5.39	0.42	8.23	47.84
B3	5.24	0.62	7.90	68.74
B6	5.45	0.62	6.39	73.27
A1	4.78	0.75	2.39	73.12
A3	5.58	0.11	0.43	21.42
A6	5.01	0.78	7.87	97.51

In tabel 4.11 staan de relatieve waarden van de zware metalen in de bodem ten opzichte van de gecorrigeerde streef- en interventiewaarden. Deze waarden zijn gecorrigeerd naar het lutum- en organisch stofgehalte van de bodem. In de bodem liggen de waarden veel lager, toch wordt de streefwaarde voor Cd op vier en voor Zn op drie locaties overschreden. De interventiewaarden worden in de bodem niet overschreden.

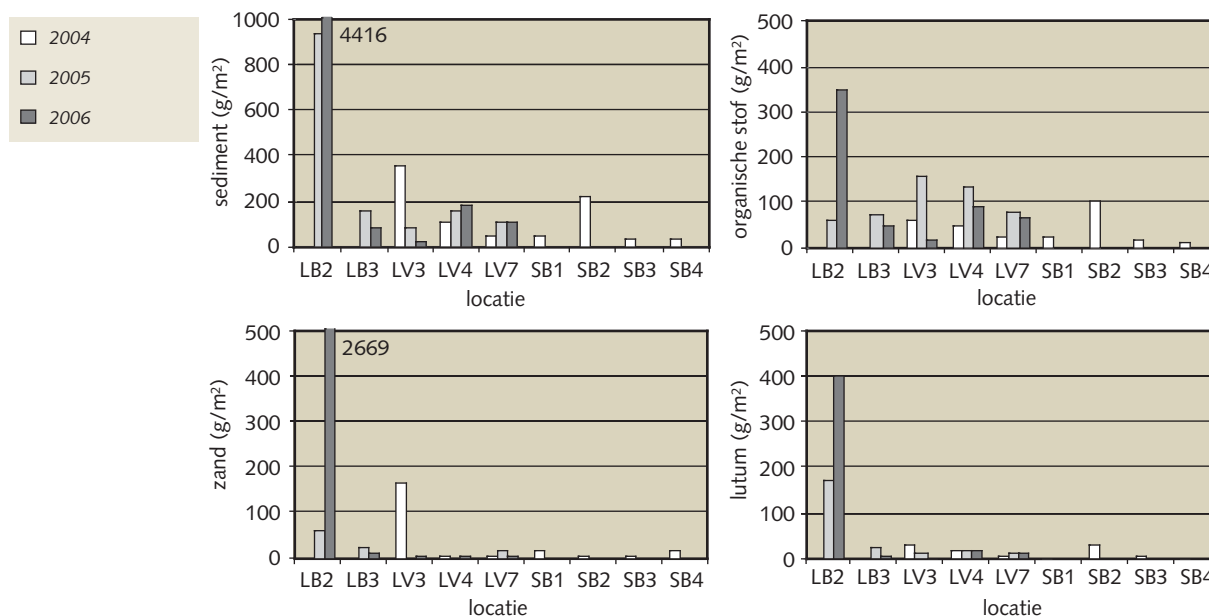
Tabel 4.11 Zware metalen in de bodem; relatieve waarden ten opzichte van de gecorrigeerde interventie- en streefwaarden. Met een grijze markering is aangegeven waar de streef- of interventiewaarden wordt overschreden (>1).

code	afstand m	relatief tov streefwaarde			relatief tov interventie		
		Cd	Cu	Zn	Cd	Cu	Zn
A-1	1	1.47	0.13	1.14	0.10	0.02	0.23
A-3	10	0.26	0.03	0.40	0.02	0.01	0.08
A-6	50	1.53	0.40	1.43	0.10	0.08	0.28
B-1	1	0.71	0.39	0.69	0.05	0.07	0.14
B-3	10	1.09	0.38	0.97	0.07	0.07	0.19
B-6	50	1.14	0.32	1.08	0.08	0.06	0.22
C-1	1	0.18	0.04	0.28	0.01	0.01	0.06
C-3	10	0.89	0.34	0.95	0.06	0.06	0.19
C-5	100	0.83	0.21	0.70	0.06	0.04	0.14

4.3 Sedimentatie

Sediment in de drie deelgebieden

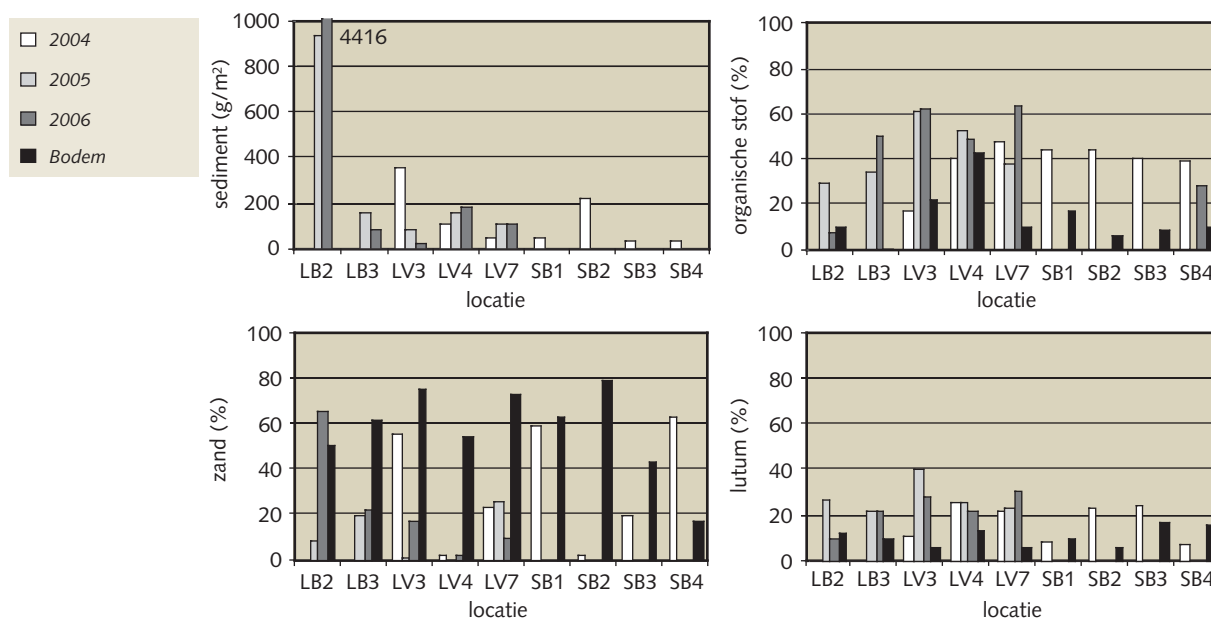
Sedimentatie vond in de meetperiode (winters van 2003 t/m 2006) voornamelijk plaats in de Logtse Baan en in de Logtse Velden (figuur 4.36). Alleen in 2004 is op de Smalbroeken locaties sediment aangetroffen. Dit kwam door technische problemen aan de automatische aangestuurde stuwen bij Brinksdijk. Normaliter wordt overstroming van de Smalbroeken door omleiding van het Beerze water via de Heilooop voorkomen. In de Logtse Baan sedimenteert het meeste, gevolgd door de Logtse Velden. In beide deelgebieden sedimenteert het meeste sediment dichtbij de beek en op de laagst gelegen locaties. Dit is te verklaren uit het principe dat de gesedimenteerde hoeveelheid afhankelijk is van de afstand tot de beek en de hoogte in het veld (Maas *et al.*, 2003). In de Logtse Baan blijft het meeste sediment achter; het meeste bij meetpunt LB-2. LB-3 staat verder van de beek af. Uit de waterkwaliteitsanalyses bleek bovendien dat LB-3 onder invloed staat van de Heilooop, welke minder zwevend stof bevat.



Figuur 4.36 De totale hoeveelheid sediment, zand, organische stof, lutum van het sediment in 2004, 2005 en 2006 (winterperiode).

De hoeveelheid en samenstelling van het sediment wisselt jaarlijks sterk (figuren 4.36 en 4.37). Met name het aandeel zand en organische stof is zeer variabel (figuur 4.37). Het percentage lutum is redelijk constant per locatie: ca. 10-20%. Hoewel het organisch stofgehalte per locatie verschilt, worden de hoogste gehalten in de Logtse Velden aangetroffen. Dit is zorgelijk omdat aan de organische stof de nutriënten gebonden zijn en zo aangevoerd worden. Anderzijds is de absolute hoeveelheid organische stof in de Logtse Velden lager dan in de Logtse Baan omdat daar veel meer sedimenteert. De Logtse Baan fungeert als "sink" voor zand, silt, lutum en organische stof.

Het organische stof kan afkomstig zijn uit de beek of van bovenstroomse gelegen akkerbouwpercelen die in de winterperiode nagenoeg niet begroeid zijn. Met hevige regenval en afvoer naar de beek kan de organische stof verplaatst worden.



Figuur 4.37 De totale hoeveelheid sediment en het percentage zand, organische stof, lutum van het sediment in 2004, 2005 en 2006 (winterperiode) en in de 0-15 cm bodemlaag.

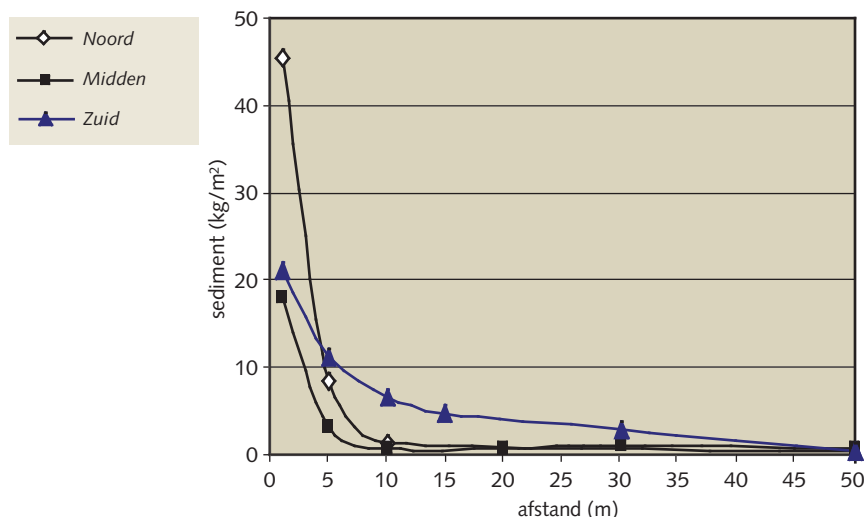
Samenstelling van sediment en bodem

In overstromingsvlakten die regelmatig overstromen en in evenwicht zijn, is de textuursamenstelling van het sediment veelal gelijk aan de textuursamenstelling van de bodem (Sival *et al.* in press). Dat is duidelijk niet het geval in dit pilotgebied (figuur 4.37). Als de samenstelling van bodem en sediment vergeleken wordt valt op dat deze niet vergelijkbaar zijn. Het percentage zand in de bodem is vaak vele malen hoger dan het percentage zand in het sediment. Daartegenover is het aandeel organische stof in het sediment hoger dan dat in de bodem.

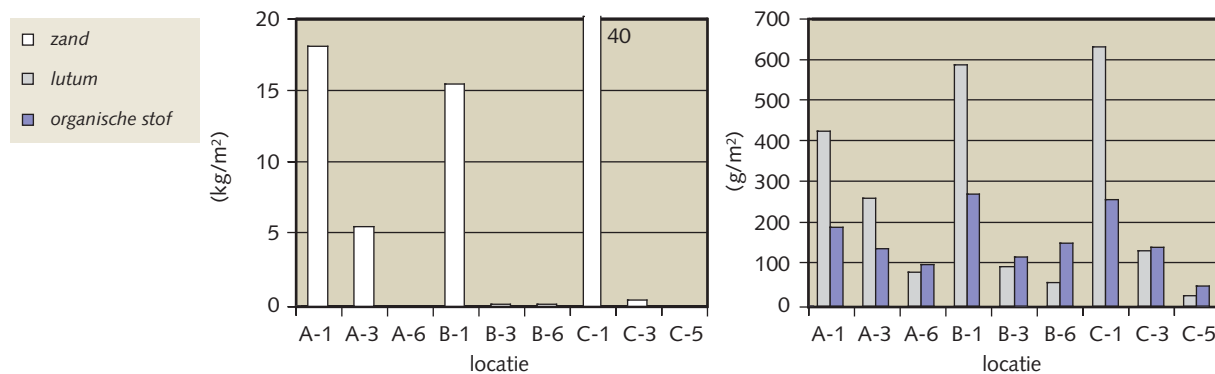
Sediment in de transecten in de Logtse Baan

In de winter van 2003/2004 zijn kunstgrasmatten op locaties in de drie transecten loodrecht op de beek uitgelegd om een ruimtelijk beeld van sedimentatie te kunnen vaststellen. Vergelijking met de puntlocaties LB-2 en LB-3 is niet geheel mogelijk omdat die deze winter niet zijn meegenomen in de metingen. Vergelijking met de samenstelling van de bodem is wel mogelijk.

De totale hoeveelheid sediment (kg/m^2), zand, organische stof en lutum nemen duidelijk af met de afstand tot de beek (figuren 4.38 en 4.39). Relatief gezien neemt de fractie organische stof toe met de afstand van de beek (niet uitgezet in figuur). De gemiddelde sedimentatie over de 27 gemeten locaties is ca $6 \text{ kg}/\text{m}^2$ in een periode van 4 maanden. Op de beekoeever in transect Noord van de overstromingsvlakte is (in deze winter) twee keer zoveel gesedimenteerd ($45 \text{ kg}/\text{m}^2$) als op de beekoeever in het Midden en Zuid transect.



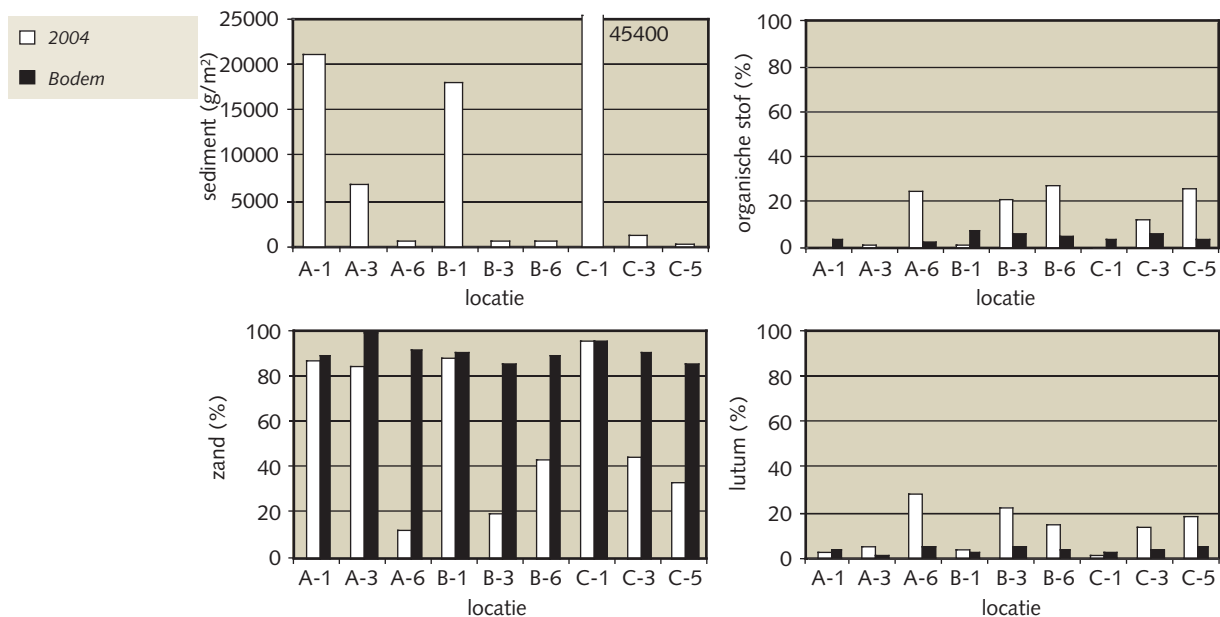
Figuur 4.38 Totale hoeveelheid sediment in 2004 in de Logtse Baan in relatie tot de afstand tot de beek (m).



Figuur 4.39 De hoeveelheid zand, organische stof en lutum van het sediment in 2004 in drie locaties per transect (A=zuid transect; B=midden en C=noord; 1 dicht bij de beek en 5 of 6 verste van de beek) in de Logtse Baan.

Samenstelling van sediment en bodem

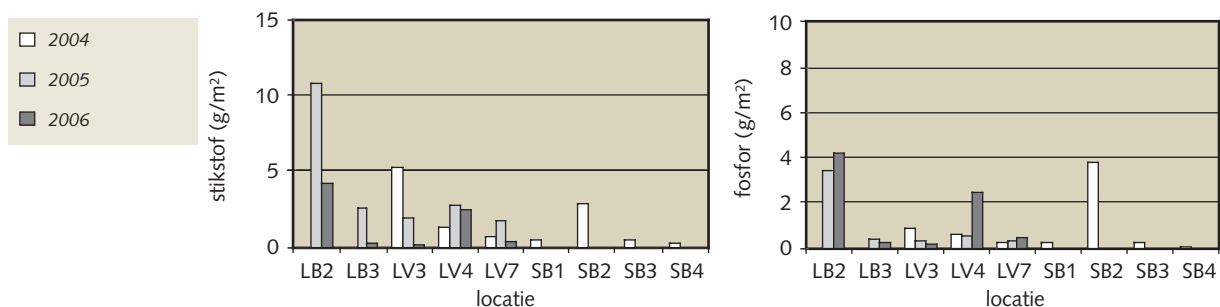
In alle drie de transectenmetingen is het verloop van de zandfractie in de bodem en het sediment ongeveer hetzelfde. In de eerste paar meter naast de beek wordt veel zand afgezet. Zowel het sediment als de bodem bestaat hier ongeveer voor 90% uit zand. Daarna loopt het percentage zand in het sediment met grotere afstand van de beek snel terug naar 12-40%, terwijl het in de bodem hoog blijft met 80-90%. Het organische stofgehalte in het sediment is hoger dan in de bodem.



Figuur 4.40 De totale hoeveelheid sediment en het percentage zand, organische stof, lutum van het sediment in 2004, 2005 en 2006 (winterperiode) en in de 0-15 cm bodemlaag.

Nutriënten in de drie deelgebieden

De hoeveelheid aangevoerde nutriënten stikstof (N) en fosfor (P) staan in figuur 4.41. Vooral in de Logtse Baan waar 15 cm is afgegraven, is de hoeveelheid stikstof en fosfor het hoogst met een maximum van 108 kg N/ha in 2005 en 42 kg P/ha in 2006 (locatie LB-2, gelegen dichtbij de beek aan de oostkant). De hoeveelheid organische stof en lutum is hier ook het hoogst (figuur 4.37). Opvallend is de eenmalige hoge toevoer van P in één van de blauwgraslanden (SB-2) (als gevolg van problemen met de stuw) in 2004. In dit jaar zijn geen sedimentmetingen gedaan bij LB-2 en LB-3, maar wel in de transecten (zie onder).

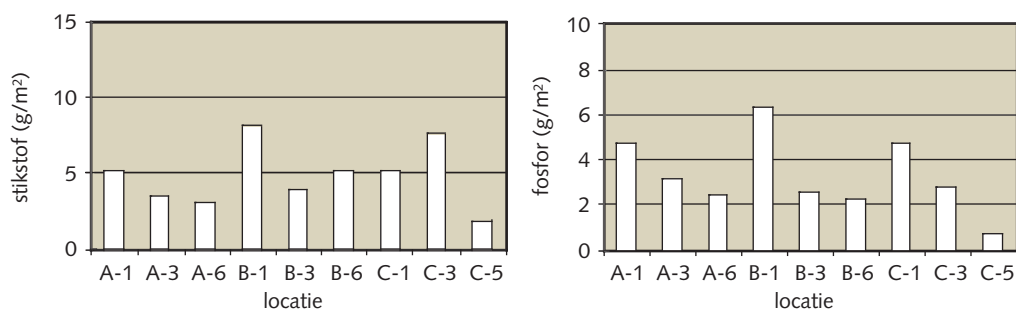


Figuur 4.41 De hoeveelheid aangevoerd stikstof (N) en fosfor (P) in g/m² in het sediment in 2004, 2005 en 2006 (winterperiode).

Nutriënten in de transecten in de Logtse Baan

In de transecten is gemiddeld ca. 50 kg N/ha aangevoerd vanuit de beek, wat iets meer is dan via atmosferische depositie. De grootste hoeveelheid fosfor (ca. 50 kg P/ha) is in alledrie de transecten dichtbij de beek aangetroffen. Deze hoeveelheid neemt af met de afstand tot de beek (correlatiecoëfficiënt (R₂): 0.71). Deze relatie is niet zichtbaar in geval van stikstof (R₂: 0.29). Wel is er een positieve correlatie tussen de hoeveelheid stikstof en organische stof (R₂: 0.74). Met lutum is deze relatie minder duidelijk (R₂: 0.52). De hoeveelheid fosfor is sterk gerelateerd aan zowel lutum (R₂: 0.92) als organische stof (R₂: 0.94) (figuur 4.43).

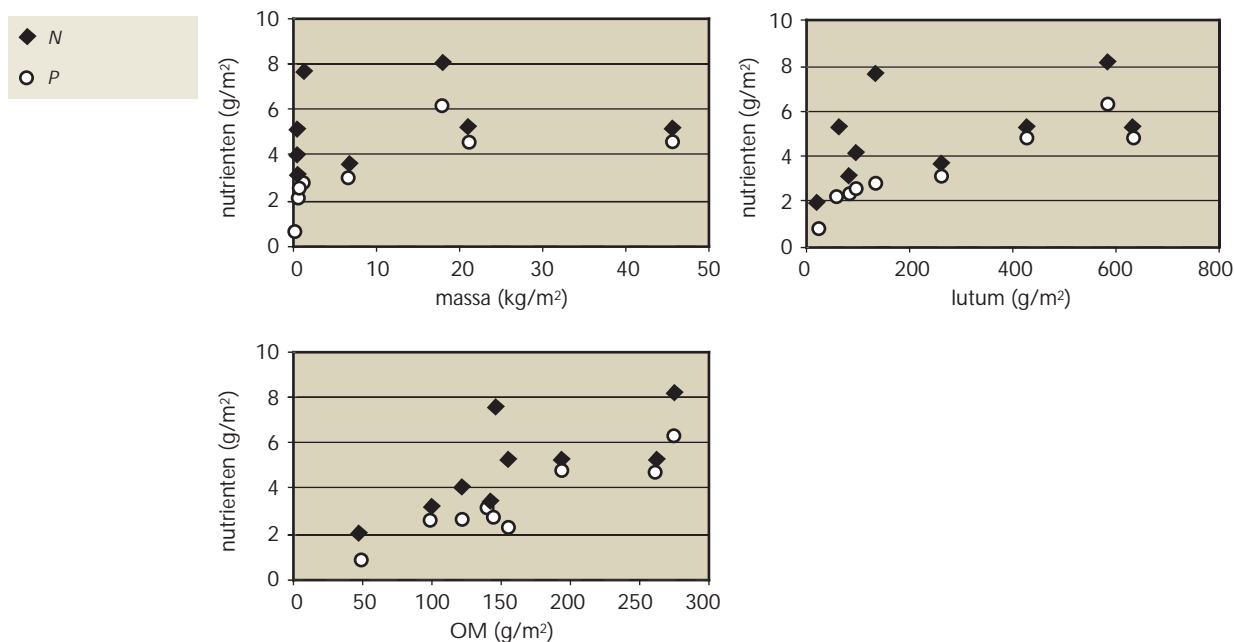
Absoluut gezien neemt de hoeveelheid gesedimenteerde nutriënten af met de afstand van de beek (figuur 4.42). Relatief gezien is dit andersom: sediment dat verder van de beek af neerslaat bevat hoge nutriëntgehaltenes (vergelijk figuren 4.40 en 4.42).



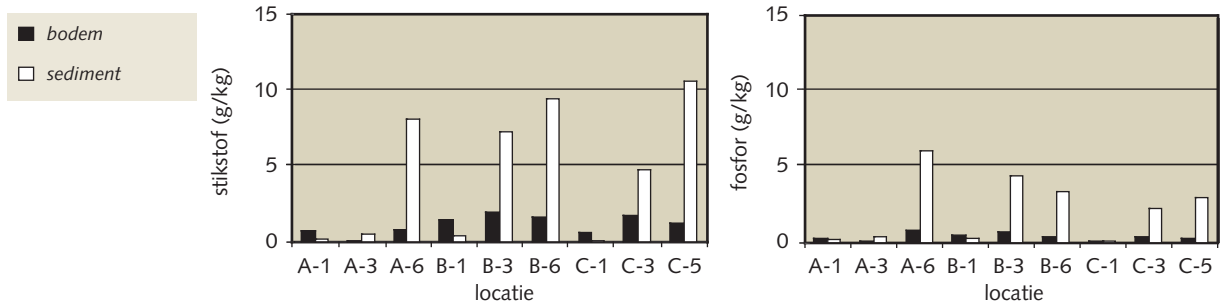
Figuur 4.42 Hoeveelheid aangevoerd stikstof (N) en fosfor (P) in g/m^2 in het sediment in 2004 in drie locaties per transect (A=zuid transect; B=midden en C=noord; 1 dicht bij de beek en 5 of 6 verste van de beek) in de Logtse Baan.

De mate van correlatie van N met organische stof en lutum bevestigt zowel de gevonden correlatie met klei door Steiger en Gurnell (2002) als die met organische stof door Sival *et al.* (2003) en Sival (in press). De relatie tussen P en lutum komt ook overeen met laatst genoemde studies en is mogelijk te verklaren via binding aan Al.

Ten opzichte van de bodem zijn nutriëntgehalten in het sediment zeer hoog (relatief!) (figuur 4.44).



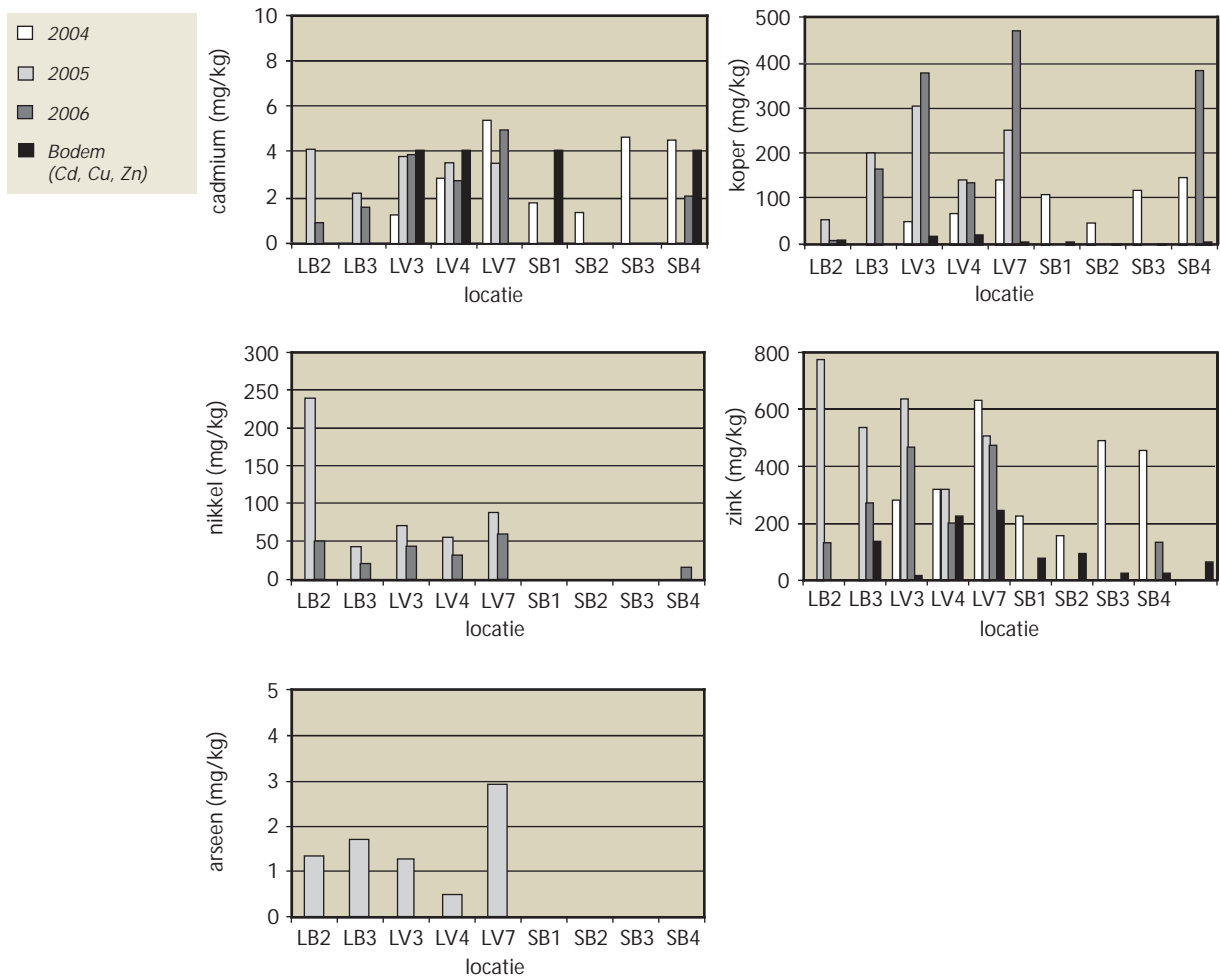
Figuur 4.43 N en P in het sediment ten opzichte van de hoeveelheid sediment, de hoeveelheid lutum en het organische stof in g/m^2 .



Figuur 4.44 Het gehalte stikstof (g/kg) en fosfor (g/kg) in de bodem van de 0-15 cm bodemlaag en van het sediment in meetjaar 2004 (Uit: Verbeek 2005; Sival et al. 2008)

Zware metalen in de drie deelgebieden

In het sediment worden de normen volgens het Besluit Bodemkwaliteit (achtergrondwaarden) en het MTR (voor bodem) voor cadmium, koper, zink en nikkel op bijna alle locaties overschreden (Figuur 4.45).



Figuur 4.45 De metaalgehalten (mg/kg) in het sediment (Cd, Cu, Zn, Ni en As) in 2004, 2005 en 2006 (winterperiode) en in de bodem (Cd, Cu en Zn). Normen volgens het Besluit Bodemkwaliteit (Achtergrondwaarden) zijn: Cd: 0,6; Cu: 40; Zn: 140; Ni: 35 mg/kg d.s. MTR (bodem) waarden: Cd: 1,6; Cu: 40; Zn: 160; Ni: 38; As: 34 mg/kg (4e Nota Waterhuishouding).

Als de metaalconcentraties worden vergeleken met die in de bodem dan valt op dat, met uitzondering van enkele gevallen, concentraties van koper en zink veel hoger zijn in het sediment (tabel 4.12). Er vindt dus aanrijking met Zn en Cu plaats. Voor Cd is er een minder groot verschil tussen het gehalte in het sediment en in de bodem.

Tabel 4.12 Hoeveelheid aangevoerd cadmium (Cd), koper (Cu), nikkel (Ni), zink (Zn) en arseen (As) in het sediment in de meetjaren 2004 t/m 2006. Van Cu, Cd en Zn zijn tevens gehalten in de bodem weergegeven (laag 0-15 cm; meetwaarden 2004). Grijs: meetwaarden overschrijden normen volgens het Besluit Bodemkwaliteit (Achtergrondwaarden).

	Cd (mg/kg)			Cu (mg/kg)				
	bodem	2004	2005	2006	bodem	2004	2005	2006
LB-2	0.0		4.0	0.9	11.0		55	10
LB-3	0.0		2.2	1.6	0.0		199	165
LV-3	4.0	1.2	3.7	3.8	19.0	51	301	372
LV-4	4.0	2.8	3.5	2.7	23.0	69	141	135
LV-7	0.0	5.3	3.4	4.8	7.0	141	249	464
SB-1	4.0	1.7			7.0	110		
SB-2	0.0	1.3			3.0	48		
SB-3	0.0	4.5			3.0	119		
SB-4	4.0	4.4			7.0	147		

	Zn (mg/kg)			Ni (mg/kg)		As (mg/kg)	
	bodem	2004	2005	2006	2005	2006	2005
LB-2	135		774	130	240	51	1.31
LB-3	15		536	268	44	21	1.71
LV-3	223	279	637	464	72	44	1.24
LV-4	243	316	319	199	57	32	0.46
LV-7	75	628	506	471	90	60	2.91
SB-1	91	223					
SB-2	23	154					
SB-3	23	487					
SB-4	63	453					

Niet alleen de hoeveelheid metalen in bodem en sediment is relevant, ook de hoeveelheid die in de vegetatie (gras) terecht komt. Een deel van het gebied wordt begraaasd en het vlees van het vee wordt voor consumptie gebruikt. Het gras is niet geanalyseerd, maar de hoeveelheden zware metalen kunnen indirect via de bodemgehalten geschat worden. De pH en het organische stof gehalte zijn daarin sturend. Zolang de pH 5.5 of hoger is, zoals in de Logtse Baan, dan is de inschatting dat de grasgehalten bij deze organische stofgehalten en kleigehalten net onder de norm blijven (pers. med. P. Römken). Bij hogere organische stof en kleigehalten zou een Cd gehalte in de bodem tot 4 mg/kg ook nog veilig zijn². Het Zn gehalte in de bodem is niet hoog in verhouding tot de eisen aan veevoer (pers. med. R. Rietra). In krachtvoer is 250 mg/kg het maximum dat aan Zn toegevoegd mag worden (vanwege milieu-eisen, niet vanwege het vee). Het gehalte aan Cu in de bodem is eveneens niet hoog en daarom zal het Cu gehalte in het gras ook niet hoog zijn. In het meeste voer in Nederland schommelt het gehalte rond de 10 mg/kg. In de huidige situatie zal de metaal toxiciteit waarschijnlijk dus niet van grote betekenis zijn voor vee. Mogelijk kan dit in de toekomst veranderen wanneer de bodem verzuurt en de sedimentatie hoog blijft.

In tabel 4.13 staan de relatieve waarden van de zware metalen in het sediment ten opzichte van de gecorrigeerde streef- en interventiewaarden. Deze waarden zijn gecorrigeerd naar het lutum- en organisch stofgehalte van het sediment. Met een grijze markering is aangegeven waar de streef- of interventiewaarde wordt overschreden (>1). In het sediment wordt de streefwaarde voor Cd, Cu en Zn, met uitzondering van locatie SB-2, overall flink overschreden. De interventiewaarde is in geen van de gevallen overschreden.

2 Overschrijding van de veevoedernorm bij pH 5,5 treedt op bij 6 mg/kg (LNV 2005; FBS publicatiereeks).

Tabel 4.13 Zware metalen in het sediment; relatieve waarden ten opzichte van de gecorrigeerde interventie- en streefwaarden. Met een grijze markering is aangegeven waar de streef- of interventiewaarde wordt overschreden (>1).

code	relatief tov streefwaarde			relatief tov interventie		
	Cd	Cu	Zn	Cd	Cu	Zn
LB-2	3.42	1.26	0.00	0.23	0.24	0.00
LB-3	1.73	4.49	0.00	0.12	0.85	0.00
LV-3	1.45	1.65	2.72	0.10	0.31	0.54
LV-4	2.00	1.41	2.01	0.13	0.27	0.40
LV-7	3.46	2.76	4.00	0.23	0.52	0.80
SB-1	1.26	2.49	1.73	0.08	0.47	0.34
SB-2	0.91	0.96	0.99	0.06	0.18	0.20
SB-3	3.26	2.45	3.15	0.22	0.46	0.63
SB-4	3.45	3.56	3.72	0.23	0.68	0.74

Zware metalen in de transecten in de Logtse Baan

De absolute hoeveelheid zware metalen in het sediment neemt in alle gevallen duidelijk af met de afstand tot de beek (zie ook Verbeek, 2004; Sival *et al.*, 2008). Relatief gezien lopen de gehalten (mg/kg) juist sterk op met de afstand tot de beek (tabel 4.14).

Tabel 4.14 De hoeveelheid sediment en het percentage en hoeveelheid zware metalen in het sediment.

locatie		sediment massa kg/m ²	Cd		Cu		Ni		Zn	
nr.	m		mg/kg	mg/m ²	mg/kg	mg/m ²	mg/kg	mg/m ²	mg/kg	mg/m ²
A-1	1	21,0	1,26	26,5	2,35	49,4	12,4	260	61,1	1284
A-3	10	6,63	1,82	12,0	7,18	47,6	21,2	140	133	883
A-6	50	0,40	13,5	5,34	83,8	33,3	192	76,1	1261	501
B-1	1	17,9	0,86	15,4	5,19	92,8	22,7	406	84,0	1502
B-3	10	0,56	7,41	4,15	53,3	29,9	195	109	939	526
B-6	50	0,56	6,36	3,55	41,9	23,4	239	133	836	467
C-1	1	45,4	0,43	19,5	1,48	67,5	9,56	434	30,2	1372
C-3	10	1,13	4,57	5,14	27,9	31,4	164	184	661	744
C-5	100	0,18	9,12	1,66	70,3	12,8	300	54,6	1434	261

De correlaties tussen de zware metalen en de eigenschappen van het sediment staan weergegeven in tabel 4.15 (Verbeek, 2004; Sival *et al.*, 2008). In alle gevallen is de correlatie met lutum erg groot, maar in het geval van Cu, Ni en Zn is het organisch stofgehalte ook sterk gecorreleerd. Deze relatie komt overeen met de gevonden relaties door H. Middelkoop (2000).

Tabel 4.15 Correlaties tussen de zware metalen en de sediment eigenschappen.

correlatie (R ²)	Cd	Cu	Ni	Zn
massa	0,80	0,70	0,88	0,81
lutum	0,85	0,93	0,96	0,97
zand	0,77	0,68	0,87	0,79
organisch stof	0,73	0,91	0,96	0,93

In tabel 4.16 staan de relatieve waarden voor de zware metalen in het sediment ten opzichte van de gecorrigeerde streef- en interventiewaarde. Deze waarden zijn gecorrigeerd naar het lutum- en organisch stofgehalte van het sediment. Met een grijze markering is aangegeven waar de streef- of interventiewaarde wordt overschreden (>1). De gehalten van Cd, Ni en Zn in het sediment overschrijden de streefwaarde op bijna alle locaties, en van Cu op vier locaties. De interventiewaarden voor Ni en Zn zijn op vijf locaties overschreden

Tabel 4.16 Zware metalen in sediment; relatieve waarden ten opzichte van de gecorrigeerde interventie- en streefwaarden. Met een grijze markering is aangegeven waar de streef- of interventiewaarde wordt overschreden (>1).

code	afstand m	relatief tov streefwaarde				relatief tov interventie			
		Cd	Cu	Ni	Zn	Cd	Cu	Ni	Zn
A-1	1	2.86	0.14	1.03	1.06	0.19	0.03	0.17	0.21
A-3	10	3.77	0.39	1.52	2.05	0.25	0.07	0.25	0.41
A-6	50	12.33	1.97	6.18	8.38	0.82	0.37	1.03	1.67
B-1	1	1.86	0.29	1.71	1.35	0.12	0.05	0.28	0.27
B-3	10	7.46	1.40	7.27	7.05	0.50	0.26	1.21	1.41
B-6	50	5.90	1.10	11.64	6.78	0.39	0.21	1.94	1.35
C-1	1	1.00	0.09	0.84	0.55	0.07	0.02	0.14	0.11
C-3	10	5.94	0.93	7.47	6.29	0.40	0.18	1.25	1.25
C-5	100	8.59	1.82	13.07	11.18	0.57	0.35	2.18	2.23

De gevonden hoeveelheden zware metalen in het sediment zijn behoorlijk hoog (Rietra, 2005). Het is de vraag hoelang het duurt voordat zich grote hoeveelheden in de bodem van de Logtse Baan gaan ophopen. Doordat de bodem niet erg zuur is, is de beschikbaarheid van de zware metalen echter vrij laag. De hoeveelheden zware metalen in het sediment zijn vlakbij de beek het grootst. Er is geen duidelijke relatie tussen de hoeveelheid zware metalen in de bodem en die in het sediment.

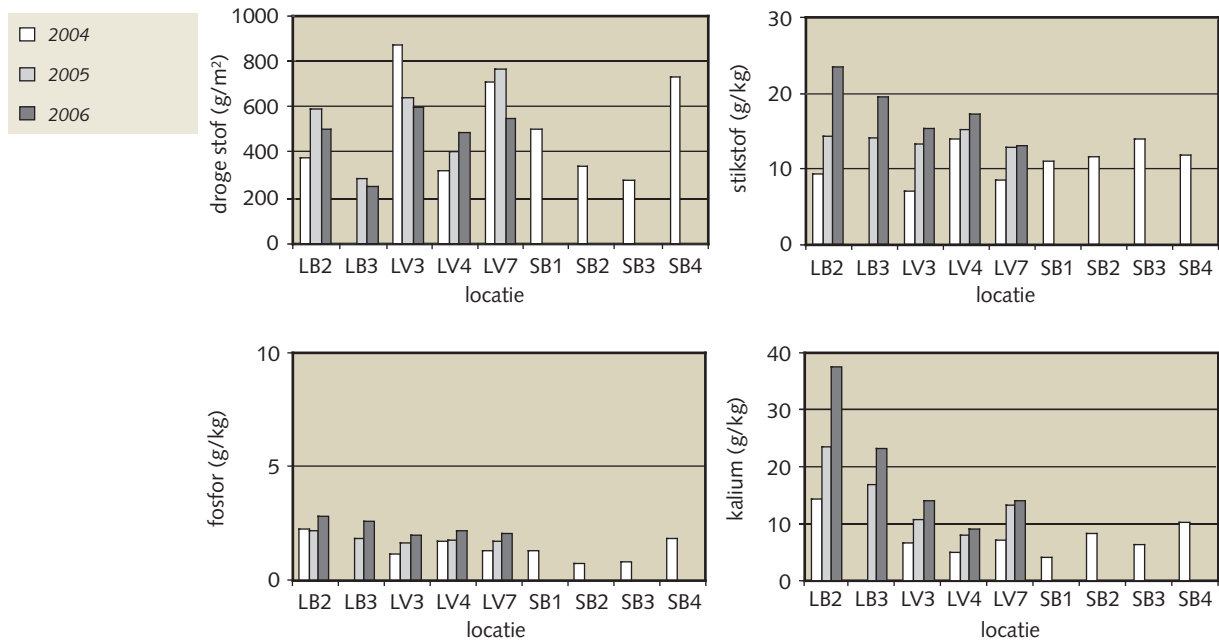
4.4 Vegetatie

In deze paragraaf wordt eerst het effect van overstroming en sedimentatie op de droge stof productie en nutriëntgehalten besproken en vervolgens de soortensamenstelling van de vegetatie. In bijlage IX zijn overzichtskaartjes van de ligging van de raaien en de coördinaten van de raaien en pq's opgenomen.

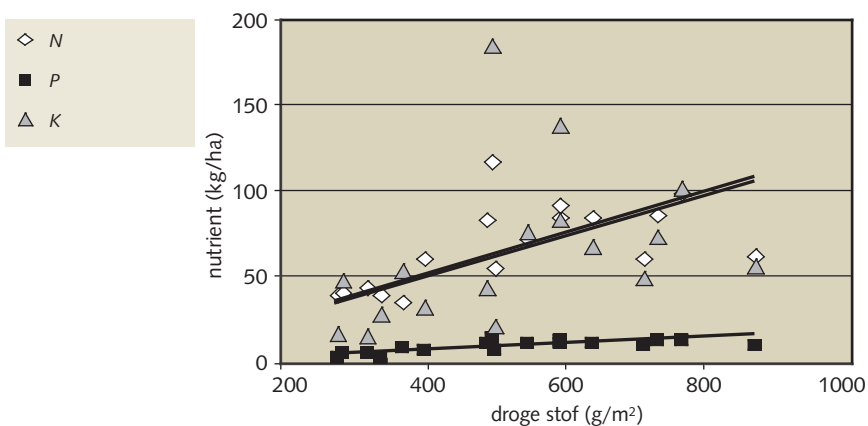
Productiviteit vegetatie

Overstroming met sediment heeft gevolgen voor de vegetatie. De vegetatie reageert op een toename van nutriënten met een verhoogde droge stof productie en verhoogde opname van stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). De droge stof productie van graslanden kan als maat gebruikt worden voor de voedselrijkdom van de standplaats. Een toename van de droge stof productie is een gevolg van aanvoer van nutriënten of verhoogde beschikbaarheid.

De droge stof productie varieerde per locatie en ook per jaar. Laag productieve graslanden hebben een droge stof productie van <400 g/m². Deze lage waarden zijn gemeten in de Logtse Baan (LB-2 in 2004 en LB-3), in de Logtse velden (LV-4) en in de 'blauwgraslanden' (SB-2 en SB-3). De droge stofproductie in de Logtse Baan is laag omdat het gebied nog jong is nadat in 2000 de bovengrond is afgegraven. Bij LB-2, waar slechts 15 cm is afgegraven, is de droge stofproductie in de onderzoeksperiode al boven 400 g/m² gestegen. De sedimentatie hoeveelheden zijn op deze locatie ook het hoogst. In de 'blauwgraslanden' wordt overstroming tegengegaan en is slechts één keer, in 2004, sediment aangetroffen. Bij locatie LV-4 is de gemeten waarde weliswaar nog laag, maar deze neemt geleidelijk toe. Dit gebied ontwikkelt zich naar een productiever grasland. Hoog productief grasland waarbij de droge stof productie > 800 g/m² is, is alleen aangetroffen in de Logtse Velden bij locatie LV-3 in 2004. De andere locaties hebben een productie tussen laag en hoog in: LB-2 in 2005 en in 2006, LV-7, SB-1 en SB-4.



Figuur 4.46 De droge stof productie (g/m²) en gehalten aan stikstof, fosfor en kalium (g/kg) voor de meetjaren 2004, 2005 en 2006.



Figuur 4.47 Droge stof (g/m²) in relatie tot de nutriëntengehalten van N, P en K (kg/ha).

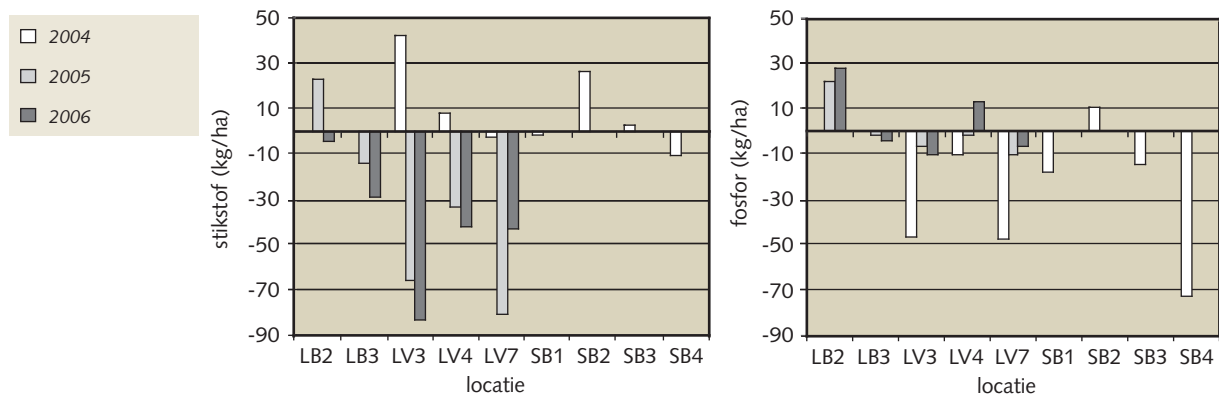
Opvallend is dat het gehalte en de hoeveelheid P niet toeneemt met de droge stofproductie (figuur 4.47). N en K lijken wel toe te nemen met de droge stofproductie. Dit duidt op limitatie van N of K (tabel 4.17). Alle graslanden met uitzondering van de blauwgraslanden (SB-2 en SB-3 in 2004) zijn N of K gelimiteerd. SB-2 en SB-3 zijn P gelimiteerd en hebben de laagste droge stof productie. Bij aanvoer van P door sedimentatie (organische stof!) zal het grasland productiever worden.

Tabel 4.17 Per locatie en per jaar de N, P of K limitatie op basis van NPK ratio's (naar Olde Venterink 2000; tabel 4.7). Van Smalbroeken zijn in 2005 en 2006 geen metingen beschikbaar.

Code	limitatie		
	2004	2005	2006
LB-2	N	N	N
LB-3	N	N	N
LV-3	N	N	N
LV-4	N en K	N	N
LV-7	N	N	N
SB-1	K	-	-
SB-2	P	-	-
SB-3	P	-	-
SB-4	N	-	-

Eutrofiëring of niet?

Sommige graslanden worden begraasd (LB-2 en LB-3) en de andere worden gemaaid met afvoer van het maaisel. Om een vergelijking tussen de graslanden te kunnen maken is een stuk omheind om het vee uit te sluiten (exclosure) in de graslanden die begraasd worden. De vegetatie is hier geknipt zoals in de gemaaide graslanden. Om het netto effect van de sedimentatie ofwel de aanrijking in de bodem te kunnen berekenen is de aanname gedaan dat de aanvoer uit de bodem in alle locaties gelijk is en dat al het sediment ter beschikking komt voor de vegetatie. Uit figuur 4.48 is af te lezen dat in verschillende locaties aanrijking van zowel N als P plaatsvindt en is de aanvoer door het sediment meer dan de opname door de vegetatie. Dus vindt hier eutrofiëring plaats.



Figuur 4.48 Netto aanvoer van N (kg/ha) en P (kg/ha) berekend uit aanvoer in sediment - afvoer door maaien en afvoeren.

Soortensamenstelling vegetatie

De resultaten van de vegetatiekundige beschrijving van de 28 permanente proefvlakken worden weergegeven in een synoptische tabel (Bijlage X). Uit deze tabel blijkt - niet onverwacht - dat er een duidelijk verschil in soortensamenstelling is tussen de begraasde terreinen en de hooilanden. Verder is opvallend dat elk gebied zijn eigen specifieke soortensamenstelling heeft, met in de meeste gevallen ook een aantal - althans binnen de proefopzet - unieke soorten.

In bijlagen XI A en B wordt, respectievelijk voor begraasde terreinen en hooilanden, per deelgebied aangegeven hoe de vegetatie sinds het begin van het onderzoek (2004) is veranderd. Het betreft hier veranderingen in zowel de vegetatiestructuur als de soortensamenstelling. Bij de

interpretatie van beide tabellen moet echter met een aantal beperkingen rekening worden gehouden.

In de eerste plaats zijn hoogte en bedekking van de verschillende vegetatielagen sterk seizoensafhankelijk. Dit betekent dat verschillen in opneemdatum aanzienlijke verschillen tussen de jaren kunnen veroorzaken die niet noodzakelijkerwijs ecologisch relevant hoeven te zijn. Hetzelfde geldt overigens voor opnamen gemaakt op dezelfde datum maar in verschillende jaren. Een uitzonderlijk laat, nat of koud voorjaar kan bijvoorbeeld lang doorwerken op de vegetatiestructuur en vooral op de hoogte. Daarnaast kan ook het instellen van exclusures in begraasde gebieden de gemiddelde hoogte van de vegetatie doen toenemen.

Een tweede beperking bij de interpretatie van bijlage XI A en B houdt verband met mogelijke waarnemerseffecten ten aanzien van de soortensamenstelling. In bijlage XI C wordt aangegeven in welke gevallen het aannemelijk wordt geacht dat afwijkende determinaties in 2004 en 2007 in feite één en dezelfde soort betreffen. In de verschillende synoptische tabellen is echter uitgegaan van de originele opnamegegevens.

De soortensamenstelling is een goede indicator om effecten van overstroming met sedimentatie te bepalen. De soortensamenstelling is echter ook en vooral een resultante van andere factoren, waarvan de voorgeschiedenis en het gevoerde beheer (zoals begrazing en maaien en afvoeren) de belangrijkste zijn.

Hieronder wordt per deelgebied een korte typering van de vegetatie gegeven. Tevens wordt ingegaan op de veranderingen in de vegetatie sinds het begin van het onderzoek. Uitgangspunt hierbij zijn opnamegegevens uit 2004 en 2007 (bijlagen XI). Waar nodig wordt ook verwezen naar de (onvolledige) inventarisatieresultaten uit 2005.

Resultaten per gebied

Logtse Baan (LB-2)

De vegetatie van dit natuurontwikkelingssterrein kan worden getypeerd als een - tot op heden - door extensieve beweiding in stand gehouden mozaïek van overstromingsgrasland (*Lolio-Potentillion*), moerasruigte (*Filipendulion*; ruig *Magno-Caricion*) en jong wilgenstruweel (*Salicion cinereae*). In de periode 2004-2006 zijn soortenaantal en gemiddelde hoogte duidelijk toegenomen. In 2007 is het soortenaantal echter teruggevallen naar het niveau van 2004 terwijl de gemiddelde hoogte van de vegetatie in één jaar tijd opnieuw sterk is gestegen (met maar liefst 49%). Vergelijking van de huidige soortensamenstelling met de toestand in de voorafgaande jaren geeft aan dat de ontwikkelingen snel gaan. Een pioniersoort als Greppelrus (*Juncus bufonius*) is verdwenen. Verschillende laagblijvende grasland- en moerassoorten gaan sterk achteruit, bijvoorbeeld Geknikte vossestaart (*Alopecurus geniculatus*), Grote weegbree (*Alisma plantago-aquatica*), Waterpeper (*Polygonum hydropiper*), Egelboterbloem (*Ranunculus flammula*) en Zomprus (*Juncus articulatus*). Andere zijn geheel verdwenen, bijvoorbeeld Echte koekoeksbloem (*Lychnis flos-cuculi*), Scherpe zegge (*Carex acuta*) en Moeraszegge (*Carex acutiformis*). Het aandeel soorten van ruig rietland - o.a. Rietgras (*Phalaris arundinacea*) en Gele waterkers (*Rorippa amphibia*) - en andere soorten grote zeggen, met name Blaaszegge (*Carex vesicaria*; gevestigd in 2005) is sterk toegenomen. Ook Schietwilg (*Salix alba*, incl. bastaarden met *Salix fragilis*) is duidelijk toegenomen en het lijkt twijfelachtig of het vee er in dit terrein in zal slagen de ontwikkeling richting wilgenstruweel en -bos te blijven tegengaan.

Logtse Baan (LB-3)

Ook dit is een jong, extensief begraasd natuurontwikkelingsgebied en ook hier is de gemiddelde hoogte van de vegetatie sinds 2004 spectaculair toegenomen (van 13 naar 100 cm). De verschillen in hoogteligging, vegetatiestructuur en soortensamenstelling zijn binnen dit terrein - althans binnen de raai met PQ's - echter veel groter dan bij LB-2 het geval is. Het soortenaantal vertoont sinds 2004 een stijgende lijn en de botanische kwaliteit van dit terrein is duidelijk hoger dan in LB-2. De hoger gelegen proefvlakken (PQ 3 en 4) bij LB-3 worden relatief intensief

begraasd, waardoor verruiging achterwege blijft en het aandeel graslandsoorten zelfs iets toeneemt, o.a. met Vertakte leeuwentand (*Leontodon autumnalis*). In de lager gelegen, zeer natte proefvlakken (PQ 1 en 2) zijn de huidige toestand en de ontwikkelingen sinds 2004 enigszins vergelijkbaar met die in het terrein van LB-2 (sterke toename van de bedekking en de hoogte van de kruidlaag). Opvallend is hier het verdwijnen van pioniersoorten als Moerasdroogbloem (*Gnaphalium uliginosum*), Waterpostelein (*Lythrum portula*) en Naaldwaterbies (*Eleocharis acicularis*). Laatstgenoemde soort was in 2006 nog in geringe hoeveelheden aanwezig. Het verdwijnen van zeldzame pioniers wordt echter gecompenseerd door de vestiging van twee bijzondere soorten: Waterlepelkje (*Ludwigia palustris*) en Rijstgras (*Leersia oryzoides*). Deze soorten verschenen respectievelijk in 2006 en 2007 in de proefvlakken maar waren kort tevoren al in de omgeving waargenomen. Vooral de massale vestiging van het Waterlepelkje is spectaculair. Het is een soort die van oudsher voorkwam binnen het winters overstromingsgebied van beken en kleine rivieren - o.a. ook in Brabant - maar in ons land vrijwel is uitgestorven (Weeda *et al.*, 1987). Het is overigens mogelijk dat deze soort zich al eerder in de proefvlakken heeft weten te vestigen en in 2004 en 2005 werd verwisseld met Rode waterereprijs, een soort die vegetatief veel overeenkomsten met het Waterlepelkje vertoont en vanaf 2006 niet (meer) is aangetroffen.

Logtse velden (LV-3 en LV-4)

Deze meetlocaties in de Logtse Velden zijn op enige afstand van de Beerze gelegen percelen hooiland. De begroeiing bestaat grotendeels uit Grote zegge-vegetaties (met name de zeldzame Associatie van Blaaszegge; *Caricetum vesicariae*). Deze zijn deels goed ontwikkeld (PQ 1 en 4) en deels gedomineerd door Hennegras (*Calamagrostis canescens*; PQ 2 en 3). Sinds 2004 is het soortenaantal duidelijk toegenomen. De veranderingen in soortensamenstelling zijn afgezien van enkele nieuwkomers niet erg groot. Vestiging van Wateraardbei (*Potentilla palustris*) en afname van de gemiddelde bedekking van Hennegras geven aan dat de ecologische kwaliteit van de terreinen gedurende de onderzoeksperiode is toegenomen. Toch is er reden tot zorg. De gemiddelde hoogte van de vegetatie is in de periode 2004-2007 gestaag toegenomen en ten opzichte van 2006 bleek in 2007 de bedekking van Hennegras ook weer iets te zijn toegenomen. Deze negatieve ontwikkelingen kunnen waarschijnlijk deels verklaard worden door achterstallig beheer. Het aanwezige pakket dood plantenmateriaal suggereert dat deze terreinen niet consequent jaarlijks gemaaid worden. Eutrofiëring door slibafzetting speelt echter waarschijnlijk ook een rol.

Logtse Velden (LV-7)

De vegetatie van dit deel van de Logtse Velden is aanzienlijk ruiger dan in de hierboven beschreven percelen. In 2004 kwam Liesgras (*Glyceria maxima*) in 3 van de 4 proefvlakken voor met een gemiddelde bedekking van 17%. De belangrijkste soort was toen Fioringras (*Agrostis stolonifera*), voorkomend in alle opnamen met een gemiddelde bedekking van 19%. De huidige situatie verschilt sterk van die in 2004. Fioringras en vooral Liesgras zijn teruggelopen in bedekking, terwijl de gemiddelde bedekking van Hennegras (*Calamagrostis canescens*) zeer sterk is toegenomen (van 12 naar 53%!). Is toename van Hennegras in een goed ontwikkelde grote zeggenbegroeiing een slecht teken (zie hierboven), hier moet deze ontwikkeling positiever beoordeeld worden. In de hele soortensamenstelling lijkt namelijk een verandering waarneembaar van ruig grasland naar een vegetatie behorend tot de Riet-klasse. Veelzeggend in dit verband is de vestiging van Waterzuring (*Rumex hydrolapathum*) in één proefvlak en Rietgras (*Phalaris arundinacea*) in alle proefvlakken. Ook hier geldt echter dat de ontwikkelingen van het laatste jaar reden tot zorg geven. De bedekking van Liesgras is ten opzichte van 2006 weer aan het toenemen en ook hier is een pakket dood plantenmateriaal aanwezig, vermoedelijk als gevolg van achterstallig beheer.

Smalbroeken (SB-1)

Dit relatief soortenrijke hooiland kan worden getypeerd als een vrij ruig en (vooralsnog) minder goed ontwikkeld Dotterbloem-hooiland (*Calthion palustris*), dat zich mogelijk zal ontwikkelen in

de richting van de Veldrus-associatie (*Crepido-Juncetum acutiflori*). Opvallend is nog wel het grote aandeel Hennegras (*Calamagrostis canescens*). Proefvlak 1 en 2 zijn representatief voor het perceel als geheel; proefvlak 3 ligt lager en natter, is inwendig heterogeen en waarschijnlijk sterk beïnvloed door de naburige bosrand. In de lagere delen van dit proefvlak domineert Mannagrass (*Glyceria fluitans*), op de hogere rand Rietgras (*Phalaris arundinacea*). Gemiddeld over de drie proefvlakken tezamen zijn sinds 2004 enkele duidelijke veranderingen waarneembaar. Enerzijds is de hoogte van de vegetatie zeer sterk toegenomen, wat in combinatie met een sterke afname van de bedekking van de moslaag kan duiden op een hogere biomassa-productie. Anderzijds is ook het soortenaantal spectaculair toegenomen en passen de veranderingen in een ontwikkeling richting Veldrus-schraalland: het verdwijnen van Geknikte vossestaart (*Alopecurus geniculatus*), de afname van Hennegras en Mannagrass, en de vestiging van Veldrus (*Juncus acutiflorus*), Zwarte zegge (*Carex nigra*) en Reukgras (*Anthoxanthum odoratum*). Een eerste aanzet van deze ontwikkeling was in 2005 al waarneembaar (afname frequentie van Geknikte vossestaart van 100 naar 25%).

Smalbroeken (SB-2 en SB-3)

De blauwgraslanden op de percelen SB-2 en SB-3 bestaan uit een mozaïek van soortenrijke rompgemeenschappen van het *Junco-Molinion* (PQ 1 en 2) en de associatie *Cirsio-Molinietum* (PQ 3 en 4). De veranderingen in soortenaantal en vegetatiestructuur komen globaal overeen met die hierboven beschreven werden bij SB-1. De veranderingen in de soortensamenstelling van de blauwgraslanden zijn echter minder eenduidig. In de periode 2004-2006 namen kenmerkende soorten als Blauwe zegge (*Carex panicea*), Pijpestrootje (*Molinia caerulea*) en Tandjesgras (*Danthonia decumbens*) toe; Zwarte zegge (*Carex nigra*), Schapegras (*Festuca ovina*) en Hondsviooltje (*Viola canina*) hadden zich t.o.v. 2004 nieuw gevestigd. Eveneens kenmerkende soorten als Bleekgele zegge (*Carex oederi* ssp. *oederocarpa*), Hazezegge (*Carex ovalis*) en Klokjesgentiaan (*Gentiana pneumonanthe*; alleen in 2005) werden daarentegen in 2006 niet meer teruggevonden. In 2007 bleek de Blauwe zegge weer iets te zijn teruggelopen en werd het Hondsviooltje niet meer teruggevonden, terwijl de Klokjesgentiaan weer opdook in één proefvlak. Daarbij bleek over de hele periode gezien Hennegrass (*Calamagrostis canescens*) te zijn toegenomen (althans in frequentie) en lijkt ook het aandeel van soorten die wijzen op affiniteit met Dotterbloemhooiland en/of Moerasruigte, zoals Scherpe zegge (*Carex acuta*) en Kattestaart (*Lythrum salicaria*) iets toe te nemen. Een deel van deze veranderingen was in 2005 al zichtbaar. Samenvattend kan gesteld worden dat in deze percelen sprake lijkt te zijn van een toename van de biomassa en dat de ontwikkeling van de soortensamenstelling duidt op een zekere verrijking. Van verarming en verzuring lijkt hoe dan ook geen sprake te zijn. Hoewel het aandeel van de kenmerkende Blauwgrasland-soorten enigszins fluctueert, is er in de periode 2004-2007 geen achteruitgang van de botanische waarden opgetreden.

Smalbroeken (SB-4)

Locatie SB-4 is een begraasd grasland grenzend aan de beek. De direct langs de beek gelegen zone (PQ 1) is een relatief soortenrijk 'overstromingsgrasland' (*Lolio-Potentillion anserinae*). Door de jaren heen is de soortensamenstelling nogal variabel. Dit houdt verband met kleinschalige wisselingen in begrazingsdruk (vlekkelig vegetatiepatroon). Zonder beweiding (PQ 2; enclosure) is de vegetatie minder soortenrijk. Op grotere afstand van de beek bestaat de vegetatie uit een zeer soortenarme rompgemeenschap van Pitrus (*Juncus effusus*; PQ 3 en 4). In de periode 2004 - 2007 is de gemiddelde hoogte van de vegetatie beduidend toegenomen. De veranderingen in soortensamenstelling waren tot 2006 niet erg groot. In 2007 is het aandeel distels sterk toegenomen (drie soorten). Opvallend is ook dat Pitrus nu in alle proefvlakken aanwezig is (ontbrak in 2004 nog in de enclosure), dat de gemiddelde bedekking van Geknikte vossestaart (*Alopecurus geniculatus*) - een kenmerkende soort van overstromingsgraslanden - verder is teruggelopen en dat het aandeel schraalgraslandsoorten ten opzichte van de situatie in 2004 is toegenomen. De Hazezegge (*Carex ovalis*), een schraallandsoort die in 2006 in twee proefvlakken werd gevonden, is in 2007 echter niet meer teruggevonden. Het totale aantal soorten is sinds 2004 vrij sterk gestegen (17%). Aangezien deze stijging voor een belangrijk deel

voor rekening komt van ruigtesoorten in de Pitrusbegroeiing, is deze ontwikkeling niet alleen maar positief.

Samenvattend kan voor alle deelgebieden worden gezegd dat het totale soortenaantal in 2006 en 2007 hoger was dan in 2004 (met uitzondering van LB-2 in 2007). Tevens geldt voor alle deelgebieden dat de gemiddelde hoogte van de vegetatie in 2007 hoger was dan in 2004. In veel gevallen is de toename aanzienlijk. Dit lijkt te duiden op een gestage toename van de biomassa-productie, deels in combinatie met een opeenvolging van lage moerasvegetatie naar wilgenbos en -struweel (Logtse Baan). In de Logtse Velden lijkt de vegetatie zich te ontwikkelen van ruig grasland naar een natte en voedselrijke vegetatie behorend tot de Riet-klasse (Verbond van Grote zeggen).

4.5 Fauna

Tijdens de onderzoeksperiode zijn in 2004, 2005 en 2006 verschillende faunagroepen gemonitord. Gezien het kleine aantal meetjaren is het lastig aan te geven of en welke ontwikkelingen er in deze periode hebben plaats gevonden. Er is wel gekeken naar de verschillen in soortensamenstelling tussen de verschillende perioden. Het is uiteraard wel mogelijk om een vergelijking te maken met de voorgaande periode. Hieronder wordt per deelgebied van een paar diergroepen kort aangegeven welke soorten voorkomen en indien bekend wordt ook ingegaan op trends.

Logtse Baan

Voordat het retentiegebied Logtse Baan werd aangelegd, lagen hier weilanden en maïsackers. De natuurwaarde was dus niet erg hoog. Er broedden Kieviten en een enkele Veldleeuwerik. Soms kwam een Grutto en Watersnip tot broeden. Rond 2000 was het project Logtse Baan gerealiseerd. Het gebied werd al snel zeer belangrijk als overwinteringsplaats en pleisterplaats voor vogelsoorten als Grutto, Wulp, Kievit, Watersnip en Kempfaan. Verder overwinteren en pleisteren er honderden watervogels (o.a. Wilde eend, Wintertaling, Krakeend, Pijlstaart, Slobeend, Kuifeend, Smient, Zaagbekken, Grauwe gans, Kleine zwaan en Wilde zwaan). Ook vinden in de winter veel roofvogels er hun voedsel (Blauwe kiekendief, Havik, Sperwer, Slechtvalk, Buizerd en Torenavalk). Tijdens de trek worden veel Blauwe reigers, Zilverreigers, Gewone ooievaars en Zwarte ooievaars waargenomen.

Veel watervogels komen in dit gebied ook tot broeden (o.a. Bergeend, Wilde eend, Wintertaling, Zomertaling, Slobeend, Kuifeend, Dodaars, Gewone fuut, Grauwe gans, Nijlgans en Canadese gans, Meerkoet, Knobbelzwaan en Waterhoen). Voor niet-watervogels is het terrein minder geschikt als broedgebied vanwege de snel wisselende waterstand. Toch broeden er jaarlijks diverse paartjes Blauwborst, Graspieper, Roodborsttapuit, Grasmus, Rietgors, Bosrietzanger, Kleine karekiet en de laatste jaren broedt er het Porseleinhoen en Sprinkhaanzanger.

In het traject van de Logtse Baan zijn in de Beerze naast algemene soorten ook enkele bijzondere vissoorten aangetroffen: Bempje, Riviergrondel, Kopvoorn en Serpeling (tijdens RAVON excursie 2006). Van de amfibieën vinden Kleine groene kikker (Poelkikker), Middelste groene kikker, Grote groene kikker (Meerkikker), Bruine kikker, Heikikker, Gewone pad, Kleine watersalamander en Vinpootsalamander hier hun leef- en voortplantingsgebied. Veel dagvlinders komen hier af op bloeiende plantensoorten als Grote kattenstaart en Akkerdistel. Bijzondere soorten zijn Koninginnepage en Kleine parelmoervlinder. Meer algemene soorten zijn er natuurlijk ook, waaronder Argusvlinder, Kleine vos, Oranjetipje en Groentje. Verspreid over het terrein liggen talloze watertjes, poeltjes en beekjes die belangrijk leefgebied vormen voor libellen. Een nieuwkomer is de Vuurlibel. Ook bevolken Weidebeekjuffer, Beekrombout, Kanaaljuffer, Blauwe breedscheenjuffer, Glassnijder, Plasrombout, Bruine winterjuffer, diverse soorten heidelibellen en pantserjuffers het gebied.

De Logtse Velden

De Logtse Velden worden gekenmerkt door de aanwezigheid van voormalige hooilandjes, van diverse afmetingen. Sinds het gebied omdijkt is in 1990 doet het gedeeltelijk dienst als waterberginggebied.

In het natte gebied komen er veel vogels tot broeden. In 2006 werd er een BSP-telling (Bijzondere Soorten Project) gedaan door de Vogelwerkgroep-Midden Brabant. Zij telden 26 soorten, waaronder: Ijsvogel, Blauwborst, Kleine bonte specht, Buizerd, Koekoek, Krakeend, Bosuil, Havik, Zwarte specht, Groene specht, Slobeend, Zomertortel, Waterral, Dodaars, Houtsnip, Nachtegaal en Wielewaal. Er zijn geen duidelijke veranderingen in de vogelpopulatie waargenomen in de afgelopen jaren.

In dit natte gebied komen uiteraard veel libellensoorten voor: maar liefst 35 soorten zijn hier gevestigd. Van Beekrombout, Weidebeekjuffer en Bosbeekjuffer loopt er een meetnetroute langs de Beerze. Verder komt ook de Rodelijstsoort Glassnijder voor. Ook bij de libellen zijn er de afgelopen jaren geen duidelijke veranderingen waargenomen.

Hoewel het gebied nog steeds veel en ook bijzondere soorten herbergt, neemt het aantal vlin-
dersoorten hier af. In totaal komen er nu nog 35 soorten vlinders in en om de Logtse Velden voor. De omdijking van het gebied heeft de vlinderfauna waarschijnlijk geen goed gedaan omdat het water sindsdien langer blijft staan. Volwassen vlinders kunnen wegvliegen, maar als ei, rups of pop zal de vlinder verloren gaan als ze enkele uren tot weken onder water terecht komt. Ook kunnen waardplanten verdwijnen of van onvoldoende kwaliteit zijn als gevolg van waterberging. Een soort die er nagenoeg verdwenen is, is Bont dikkopje. Het Bont dikkopje voelt zich thuis in enigszins vochtige graslanden met Pijpenstrootje. In de Logtse Velden waren deze biotopen volop aanwezig aan de randen van blauwgraslandjes en in ruigtestroken tussen de onderlinge blauwgraslandjes/hooilandjes. Inmiddels heeft dit biotoop op veel plaatsen plaats gemaakt voor soorten als Liesgras, zuringsoorten en Brandnetel. Momenteel is het Bont dikkopje hier alleen nog te vinden op de dijken. Een soort die ook lijkt te lijden van de langdurige aanwezigheid van de hoge waterstand is Grote weerschijnvlinder. De eieren worden laag bij de grond afgezet (op een à twee meter hoogte) en de soort overwintert als jonge rups. De waardplant is Boswilg. Onbekend is of een boswilg, die langdurig in het water staat, nog wel geschikt is als voedsel voor de rups van de Grote weerschijnvlinder. Van alle boswilgen in de Kampina staat 90% langs de dijken in de Logtse velden. Sinds de aanleg van deze dijken is de Grote weerschijnvlinder sterk achteruitgegaan. Hetzelfde geldt voor de Kleine ijsvogelvlinder.

De Smalbroeken

Dit voor het publiek niet toegankelijke gebied is uiterst waardevol als bosreservaat en door de aanwezigheid van diverse blauwgraslanden. Verder liggen er veel heideterreintjes in het gebied. Dit gebied wordt de afgelopen jaren (bewust) niet of nauwelijks door Beerzewater beïnvloed. Het Beerzewater is nog zodanig eutroof dat regelmatige overstroming waarschijnlijk funest zal zijn voor de blauwgraslandjes en de hier voorkomende karakteristieke fauna soorten. Tot de kwaliteit van de Beerze voldoende verbeterd is wordt er daarom voorlopig voor gekozen om geen overstroming toe te staan in dit bijzondere gebied.

In de Smalbroeken zitten veel broedvogels. Roofvogelsoorten zoals Buizerd, Havik, Sperwer, Wespandief, Bosuil en Ransuil brengen hier hun jongen groot. Verder broeden hier regelmatig Houtsnip, Wielewaal, Goudvink, Fluitier, Blauwborst, Bonte vliegenvanger, Nachtegaal, Zwarte specht, Kleine bonte specht, Groene specht en Ijsvogel. Het zijn enkele van de vele tientallen soorten die er voorkomen.

Van de vlindersoorten komen de volgende Rodelijstsoorten voor in de Smalbroeken: Bont dikkopje, Grote weerschijnvlinder, Heideblauwtje, Kleine ijsvogelvlinder en Koninginnepage. De Kleine ijsvogelvlinder vindt in deze bossen een uitermate geschikte biotoop; deze soort neemt jaarlijks geleidelijk licht in aantal toe. Er zijn tientallen libellensoorten te vinden in de Smalbroeken. Het gebied herbergt naast algemene soorten ook Rodelijstsoorten: Bandheidlibel, Beekrombout, Bosbeekjuffer, Bruine winterjuffer, Glassnijder en Tengere pantserjuffer.

5 Discussie, conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de resultaten aan de hand van de specifieke onderzoeksvragen bediscussieerd. Vervolgens wordt ingegaan op belangrijke 'overgebleven' kennisvragen en op aanbevelingen ten aanzien van inrichting en beheer.

5.1 Onderzoeksvragen

- Hoe verloopt waterberging in het retentiegebied en in het benedenstrooms gelegen natuurgebied?
- Hoe is de waterkwaliteit van de beek, en hoe verandert deze bij hoogwater?
- Verbetert de waterkwaliteit na passering van het retentiegebied?
- Hoeveel slib blijft achter na hoogwater, en van welke kwaliteit is dit?
- Wat zijn effecten van waterberging op vegetatie?

Hoe verloopt waterberging in het retentiegebied en in het benedenstrooms gelegen natuurgebied?

Het retentiegebied Logtse Baan is aangelegd om water te kunnen bergen in tijden van wateroverschot. Duidelijk is dat de Logtse Baan technisch gezien goed functioneert als retentiegebied. In het voormalige landbouwgebied kan ongeveer 80 cm op maaiveld worden geborgen. Het gebied reageert snel wanneer het beekpeil stijgt. Met name in de winterperiode, wanneer grondwaterstanden hoog zijn en weinig berging in de bodem mogelijk is, stroomt het gebied snel vol met Beerzewater. In elke winter binnen de onderzoeksperiode hebben zich inundaties voorgedaan. Voor de aanleg is een inundatieduur van ongeveer 100 dagen per jaar ingeschat. In de praktijk blijkt echter dat meer dan de helft van het gebied veel langer onder water staat.

Onverwacht was dat (beperkte) zomer-inundaties regelmatig optreden. Inundaties in de zomer treden minder snel op doordat de grondwaterstanden dan vaak dieper zijn en er meer berging van water in de onverzadigde zone mogelijk is. Toch bleken de zomerbuien zodanig extreem en langdurig dat zich in 2004 en 2006 korte inundaties manifesteerden. Overstroming in de zomerperiode wordt als minder gunstig gezien aangezien dit de biologisch actieve periode is waardoor (eventuele negatieve) effecten van overstroming naar verwachting sterker zullen zijn (zie o.a. Runhaar *et al.* 2004). Anderzijds passen bij de gekozen beheersvorm geen hoge botanische ambities (natuur heeft dan ook een nevenfunctie in de Logtse Baan). De inundaties hebben wel bijgedragen aan nattere standplaatscondities voor de vegetatie. De hele onderzoeksperiode was gemiddeld over alle locaties in de Logtse Baan en in de Logtse Velden het grondwaterniveau bijna 200 dagen hoger dan 20 cm onder maaiveld (wortelzone). Locaties waar het inundatiewater lang bleef staan bleken ook langer hogere grondwaterstanden te hebben en zijn daarmee beter gebufferd tegen droogte tijdens langdurige warme perioden in de zomer.

Ten aanzien van de inrichting en wijze van waterberging in de Logtse Baan en met name het stroomafwaarts gelegen natuurgebied Logtse Velden zijn wel zorgpunten te melden. De inundatieduur in beide gebieden is erg lang. In de Logtse Velden is dit onwenselijk, zeker als de lange duur gepaard gaat met een gestage eutrofiëring. De lange inundatieduur in de Logtse Baan hangt onder meer samen met het stuwven van het water door de debietreductie bij de Brinksdijk. In de Logtse Velden hangt de lange inundatieduur tevens samen met de weerstand tegen het wegstromen. Uitgangspunt voor de Logtse Velden is geweest dat, door de aanwezigheid van

kaden langs de Beerze, de inundaties beperkt zouden zijn. Dat is echter niet het geval. De hoogten van de kaden variëren tussen 9,20 m en 9,80 m +NAP, maar de inundaties manifesteren zich al bij lagere beekpeilen: vanaf het moment dat het Beerzepeil boven het maaiveld (van de beemden) uitkomt. De kaden blijken niet voldoende waterkerend. Er zijn vele kortsluitingen die een beperkte weerstand hebben zodat er ook in de Logtse Velden al snel inundaties plaatsvinden. Nadat het Beerzepeil gezakt is kan het overstromingswater niet rechtstreeks terugstromen naar de Beerze. Dit verlengt de inundatieduur zodanig dat deze in de Logtse Velden langer is dan in de Logtse Baan³. Het uitgangspunt voor de inundatieduur was juist het omgekeerde. Deze verlenging voltrekt zich in het groeiseizoen.

Daarnaast zijn de inundaties tamelijk diep. Hoewel de gemiddelde waarden voor inundatiediepte in de Logtse Baan en Logtse Velden enkele decimeters was, is uit de metingen op te maken dat de inundatiediepte regelmatig is opgelopen tot 80 cm. Dit is ongunstig voor kleine of immobiele fauna en voor sommige (laagblijvende) planten. Hiervoor is het wenselijker dat de inundatie zich beperkt tot een maximale inundatiediepte van 20 cm (bijvoorbeeld door het gebied wat ruimer te dimensioneren of minder te stuwen). Anderzijds kan een grote inundatiediepte gunstig zijn voor de ontwikkeling van Grote zeggenvegetatie. Het hangt er dus van af welk doel men voor ogen heeft.

Het beheer is gericht op het tegengaan van inundaties in Smalbroeken (de oostkant van de Beerze⁴; hier zijn de blauwgraslanden gelegen). De verwachting was dat Smalbroeken 1 maal per 5 à 10 jaar zou inunderen. Ook in Smalbroeken zijn kaden aanwezig langs de Beerze die moeten voorkomen dat inundatie gemakkelijk optreedt. Tevens is het stuwbeheer hierop afgestemd⁵. Desondanks zijn gedeelten of zelfs gehele beemden enkele keren geïnundeerd (één keer zijn deze te herleiden naar technische problemen met de stuw). Uit het slib- en waterkwaliteitsonderzoek bleek dat het inundatiewater op de blauwgraslanden dan soms ook deels uit beekwater bestaat (2004, 2006). Net zoals in de Logtse Velden gaat ook in Smalbroeken het peil in de beemden nagenoeg gelijk op met het peil van de Beerze doordat de kaden onvoldoende functioneren als waterkering. Het lijkt er overigens op dat de (over)stromingspatronen in beide deelgebieden wisselend zijn. Indien het beheer erop gericht blijft om overstromingen vanuit de Beerze in de Smalbroeken (oostkant) tegen te gaan, dan is het zinvol de afvoer over de stuw in de Brinksdijk verder te beperken, bijvoorbeeld tot een maximum peil van 8,80 m +NAP.

Hoe is de waterkwaliteit van de beek, en hoe verandert deze bij hoogwater?

De waterkwaliteitsnormen (MTR: Maximaal Toelaatbaar Risico) van een aantal stoffen worden regelmatig overschreden: van nikkel vrijwel altijd, en van koper, zink en sulfaat bij hogere waterafvoeren. Dergelijke resultaten zijn consistent met bevindingen uit het STROMON project (Rozemeijer *et al.*, 2005).

Er zijn te weinig metingen aan het grondwater verricht om hieruit conclusies over de invloed van waterberging op grondwaterkwaliteit te kunnen trekken. Wel is gesignaleerd dat de norm (MTR) voor fosfaat (totaal), nikkel, cadmium en zink op vrijwel alle meetpunten is overschreden.

Uit de waterkwaliteitsanalyses in de beek bleek dat meetwaarden van stoffen over de zomerperiode weinig verschillen. In perioden van hoge afvoeren (met name in de winter en het voorjaar)

3 In de Logtse Baan (ter hoogte van LB-2 en LB-3) is de gemiddelde inundatieduur 143 dagen en in de beemden van de Logtse Velden 173 dagen (bij de meetlocaties m.u.v. LV-1).

4 Aan de westkant ligt juist overstromingsgrasland.

5 Bij een benedenstroomspeil bij de stuw in de Brinksdijk van 9,05 m +NAP wordt het water omgeleid. Alleen bij extreme afvoeren wordt water doorgelaten en zullen er inundaties plaats kunnen vinden. Dit heeft zich in de onderzoeksperiode niet voorgedaan.

nemen daarentegen de concentraties van de meeste stoffen toe. Dan stijgen het zwevend stofgehalte en het gehalte aan hieraan gebonden stoffen, zoals een aantal metalen en gebonden fosfaat. Dit kan waarschijnlijk voor een belangrijk deel verklaard worden door afspoeling en hogere stroomsnelheden in de beek. Ook komt dan een groter aandeel ondiep, en relatief (ten opzichte van het diepere grondwater) vervuild grondwater in de beek terecht. Stoffen die vooral vanuit het grondwater worden aangevoerd, zijn nikkel, sulfaat en chloride. Er zijn ook ruimtelijke verschillen gesignaleerd. Voor veel stoffen blijken bij hoge en - in mindere mate - lage afvoeren concentraties bij de instroom van het retentiegebied iets hoger te zijn dan bij uitstroom.

Gemiddeld genomen nemen stofconcentraties dus toe als de waterafvoer hoger is. Maar wat gebeurt er als er in deze periode een plotselinge peilstijging plaatsvindt? Bemonsteringen ten tijde van hoogwater (februari 2005) wijzen uit dat er dan iets verandert. Sommige stofconcentraties stijgen sterk, terwijl andere juist tijdelijk afnemen. Ook zijn de ruimtelijke verschillen groter dan anders. Alleen bij het instroompunt van het retentiegebied Logtse Baan (BZ-1) vindt een zeer sterke stijging van het zwevend stofgehalte en hieraan gebonden stoffen (zoals koper, zink, ijzer en gebonden fosfaat) plaats. Als de Beerze de Logtse Baan verlaat, zijn concentraties weer gedaald. Doordat de stroomsnelheid van meegevoerd water in de Logtse Baan afneemt kan meegevoerd zand en slib bezinken. Stoffen gebonden aan dit zwevend stof bezinken daarmee ook in de Logtse Baan. Van stoffen die vooral uit het grondwater (nikkel, sulfaat, chloride) komen is juist een tijdelijke afname in concentratie te zien (dit terwijl gemiddeld gezien ook deze stofgehalten stijgen bij hogere afvoer, zie boven), vermoedelijk als gevolg van verdunning.

Verbeterd de waterkwaliteit na passering van het retentiegebied?

Met het achterblijven van stoffen in retentiegebied de Logtse Baan verbetert de waterkwaliteit van de Beerze stroomafwaarts. Uit het onderzoek is niet gebleken dat deze verbetering wordt gevolgd door een verslechtering. De stoffen blijven daadwerkelijk achter in het gebied. Met het huidige onderzoek is verdere kwantificering van het rendement van retentie in de Logtse Baan echter niet goed mogelijk (hiervoor dienen de debieten bij in- en uitstroompunt bekend te zijn). In de zomerperiode lijkt het er op dat de Logtse Baan door (water)plantengroei in en langs de beek voor een waterkwaliteitsverbetering zorgt. De opneembare nutriënten nemen in deze perioden iets af. Het gaat absoluut gezien echter om kleine verschillen. Keerzijde van de waterkwaliteitsverbetering stroomafwaarts van het retentiegebied is dat slib en aangehechte stoffen ter plekke achterblijven.

Hoeveel slib blijft achter na hoogwater, en van welke kwaliteit is dit?

In het retentiegebied Logtse Baan blijft de grootste hoeveelheid sediment achter. Eenmalig (2004) was dit (op één locatie nabij de beek) zelfs 45 kg/m². In andere jaren worden dichtbij de beek hoeveelheden van ca. 4.5 kg/m² aangetroffen. Er kunnen meerdere verklaringen zijn voor de variatie tussen de jaren: grote ruimtelijke variatie in het sedimentatiepatroon nabij de beek, verschil in aantal en intensiteit van de overstromingen tussen de seizoenen, activiteiten bovenstrooms en/of stabiliteit van de beekbodem in het gebied zelf (in het seizoen 2003-2004 was de morfologie van de beek nog volop in beweging). Ondanks de variabiliteit is duidelijk dat er consequent meer sedimenteert in de Logtse Baan dan in de andere deelgebieden. Dit gebied functioneert in feite als zand- en slibvang. Stroomafwaarts, in het natuurgebied de Logtse Velden, sedimenteert er zoals gezegd minder. Anderzijds bezinkt hier relatief meer organische stof. Hier hechten relatief meer nutriënten en metalen aan. In Smalbroeken is eenmalig sediment aangetroffen in één van de blauwgraslanden, als gevolg van een technische storing aan de stuw Brinksdijk.

Zowel in de Logtse Baan als de Logtse Velden sedimenteert (meestal⁶) het meeste materiaal dicht bij de beek en op de laagst gelegen locaties. Dit is te verklaren uit het principe dat de gesedimenteerde hoeveelheid afhankelijk is van de afstand tot de beek en de hoogte van de waterkolom. Het organisch stofgehalte en hieraan gebonden stoffen (nutriënten, metalen) neemt juist toe met de afstand tot de beek. Echter, doordat de totale gesedimenteerde massa dan afneemt is de totale sedimentatie aan deze gebonden stoffen nog steeds het hoogst dichtbij de beek.

Hoe verhoudt de samenstelling van het sediment zich ten opzichte van de bodem? In overstromingsvlakten die regelmatig overstromen en in evenwicht zijn, is de textuursamenstelling van het sediment veelal gelijk aan de textuursamenstelling van de bodem. Dat is duidelijk niet het geval in het onderzoeksgebied de Logtse Baan. Het percentage zand in de bodem is vaak vele malen hoger dan in het sediment, terwijl het organisch stofgehalte in het sediment hoger is dan in de bodem. Dit betekent dat met de aanvoer van het sediment de bodem voedselrijker wordt. Ook concentraties koper en zink in het sediment zijn veel hoger dan die in de bodem. De bodem zal zich dus langzaam 'opladen' met deze metalen. Het is niet bekend hoe snel dit proces zal verlopen of in hoeverre dit toxische effecten zal hebben. Wel kan vastgesteld worden dat de normen (Besluit Bodemkwaliteit en MTR) voor zink, koper, nikkel en cadmium op bijna alle meetlocaties en meetjaren overschreden worden.

Niet alleen de hoeveelheid metalen in bodem en sediment is relevant, ook de hoeveelheid die in de vegetatie (gras) terecht komt. Een deel van het gebied wordt begraasd en het vlees wordt voor consumptie gebruikt. Schattingen wijzen uit dat de metaal toxiciteit in de huidige situatie waarschijnlijk niet van grote betekenis is. Mogelijk kan dit in de toekomst veranderen wanneer de bodem verzuurt en de sedimentaanvoer hoog blijft.

Wat zijn effecten van waterberging op vegetatie?

In de huidige - niet experimentele - opzet is het strikt genomen niet mogelijk om de effecten van waterberging op vegetatie precies te bepalen. Wel is vastgesteld hoe de vegetatie zich ontwikkelt onder de huidige omstandigheden, waarbij waterberging en beheer beide een sleutelrol spelen. Effecten van waterberging zijn een combinatie van effecten van inundatieduur, -diepte, -tijdstip, -frequentie en waterkwaliteit (incl. sediment).

Ten opzichte van de oorspronkelijk agrarische functie zijn de natuurwaarden vooruit gegaan met de aanleg van het natuurontwikkelingsproject de Logtse Baan. In een relatief korte periode nam de biodiversiteit fors toe. Deze toename is grotendeels toe te schrijven aan een uitgangssituatie met lage natuurwaarden en aan het creëren van kaal substraat waardoor pioniersoorten (tijdelijk) worden bevoordeeld. De vegetatie is tamelijk voedselrijk en bevat veel algemene moerassoorten als Pitrus (*Juncus effusus*). De soms aanzienlijke toename in hoogte duidt op een gestage toename van de biomassa productie. In de Logtse Baan lijkt sprake te zijn van successie van lage moerasvegetatie naar wilgenbos en -struweel, met name op de ondiep afgegraven meetlocatie, waar veel sedimenteert en de inundatieduur lang is. Hier neemt de productiviteit duidelijk toe en vindt zelfs met beheer (afvoer van nutriënten) aanrijking met fosfor en soms stikstof door overstroming plaats. De snelle successie gaat ten koste van zowel pioniersoorten als laagblijvende grasland- en moerassoorten.

Er zijn echter ook rode lijst soorten waargenomen: Waterlepelkje (*Ludwigia palustre*) en Rijstgras (*Leersia oryzoides*), soorten die gedijen onder zeer natte (en dynamische) omstandigheden.

6 De overstromingspatronen in de Logtse Velden en Smalbroeken lijken niet altijd hetzelfde te zijn.

De Logtse velden, sinds 1989 ingericht als overstromingsgebied, zijn sinds de jaarlijkse overstromingen veranderd van laag productieve graslanden naar hoog productieve graslanden en Grote zegge-vegetatie (met name de zeldzame Associatie van Blaaszegge; *Caricetum vesicariae*). Deze zijn deels goed ontwikkeld en deels gedomineerd door Hennegras (*Calamagrostis canescens*). Sinds de start van de pilot in 2004 is het soortenaantal duidelijk toegenomen. Nieuwkomers als Wateraardbei (*Potentilla palustris*) en afname van Hennegras geven aan dat de botanische kwaliteit is toegenomen. Toch is er reden tot zorg. De gemiddelde hoogte van de vegetatie is in de meetperiode 2004-2007 gestaag toegenomen, en de productiviteit is op sommige plekken hoog. Deze negatieve ontwikkelingen kunnen waarschijnlijk niet alleen verklaard worden door aanvoer van nutriënten en vochtige groeicondities, maar ook door achterstallig beheer. Indien er gemaaid en afgevoerd wordt wijst een schatting uit dat er geen externe eutrofiëring plaats zal vinden.

De blauwgraslanden in Smalbroeken zijn goed ontwikkeld. De ontwikkeling van de soortensamenstelling duidt wel op een zekere verrijking. Mogelijk is er een relatie met overstroming van beekwater (2004, 2006), maar dit is onzeker. Van verzuring of verarming van botanische waarden lijkt hoe dan ook geen sprake te zijn.

Samenvattend: In de huidige situatie gaat waterberging in het retentiebekken Logtse Baan en het natuurgebied Logtse Velden in grote delen gepaard met lange inundatieduur en -diepte, en de aanvoer van eutroof beekwater. In combinatie met onvoldoende beheer (niet consequent maaien en afvoeren, te extensief begrazen) leidt deze vorm van waterberging tot verruiging en (in zeer extensief begraasde terreinen) zelfs tot snelle bosvorming. In hooilanden is het risico van verruiging het grootst op de plekken die het langst onder water staan. Als beheer echter consequent en voldoende intensief uitgevoerd wordt cq. kan worden, kan waterberging samengaan met ontwikkeling van botanisch hoogwaardige vegetatie (gezien de ontwikkeling in de Logtse Velden). Het is hierbij wel van belang uit te gaan van realistische doelen. Een terugkeer naar de situatie van decennia geleden (blauwgraslanden in de Logtse Velden) lijkt nauwelijks meer haalbaar en is zeker niet te verenigen is met het gebruik als bergingsgebied met periodieke inundaties. De kansen voor natuurontwikkeling in de Logtse Velden liggen nu veeleer in de verdere ontwikkeling van de aanwezige Grote zeggen-vegetatie.

5.2 Kennisvragen

Met deze studie is meer inzicht ontstaan over effecten van waterberging op natuur. Er zijn echter belangrijke vragen die nog niet afdoende kunnen worden beantwoord:

- Wat zijn lange termijn effecten, oftewel wat is het toekomstperspectief?
- Wat zijn effecten van waterberging op fauna?
- Wat zijn onderliggende processen; onder welke hydrologische voorwaarden mag waterberging in natuur(ontwikkelings)gebieden plaatsvinden?

Onderstaand wordt voor zover mogelijk ingegaan op deze vragen. Aanbevolen wordt om deze vragen nader te beantwoorden middels onderbouwing met monitoring en/of onderzoek.

Wat zijn lange termijn effecten, oftewel wat is het toekomstperspectief?

De onderzoeksperiode is relatief kort geweest, waardoor lange termijn effecten van waterberging op voorhand niet precies duidelijk zijn. Op basis van de bevindingen tot nu toe kan echter wel één en ander 'voorspeld' worden.

De invloed van het beekwater zal met name bepaald worden door het achterblijven van voedselrijk, met zware metalen vervuild sediment. Hoe snel dit proces van oplading verloopt en hoe 'ernstig' dit is is nog niet bekend. De grote hoeveelheden gesedimenteerde nutriënten in het retentiegebied dragen waarschijnlijk in belangrijke mate bij aan een versnelde successie en verbossing. Vooralsnog is de beschikbaarheid van zware metalen in de Logtse Baan vrij laag door een hoge pH van de bodem. De toekomstverwachting is dat de pH zal dalen waardoor de beschikbaarheid van de zware metalen toeneemt, en daarmee de toxiciteit. Streefwaarden en interventiewaarden worden op diverse meetlocaties overschreden wat op termijn een beheerprobleem kan veroorzaken voor de natuurbeheerder.

Verwacht mag worden dat door autonome ontwikkelingen (regelgeving bemesting, aanpak overstorten, etc) en extra inspanningen ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water de waterkwaliteit van de Beerze in de toekomst zal verbeteren. Dit vergroot de mogelijkheden om waterberging te kunnen combineren met hogere natuurwaarden. Wanneer de gewenste waterkwaliteit wordt bereikt om overstroming van (schr)ale natuur zonder problemen toe te laten is op basis van de huidige stand van kennis nog moeilijk vast te stellen. Dit hangt voor een belangrijk deel af van de natuurdoelen die voor dergelijke gebieden worden nagestreefd.

Niet alleen waterkwaliteit, ook de fysieke aspecten van waterberging spelen een sleutelrol. Handhaving van de lange inundatieduur in combinatie met onvoldoende intensief beheer⁷ zal zowel in het retentiebekken als het natuurgebied Logtse Velden leiden tot verdergaande toename van productiviteit en verruiging. Door langdurige inundatie zijn delen van het gebied onbereikbaar voor vee of het benodigd materieel. Als beheer consequent en voldoende intensief uitgevoerd wordt cq. kan worden, kan waterberging samengaan met ontwikkeling van botanisch hoogwaardige vegetatie (gezien de ontwikkeling in de Logtse Velden. Grote zeggenvegetatie komt op landelijke schaal weinig voor).

De blauwgraslanden in Smalbroeken lijken zich bij ongewijzigd beleid te kunnen handhaven mits verdere inundaties kunnen worden voorkomen.

Onduidelijk is in hoeverre klimaatsverandering met grotere extremen in temperatuur en hydrologie en verschuivingen in neerslagperiodes uiteindelijk gaan doorwerken in de vegetatieontwikkeling. Waterberging lijkt wat dat betreft een mogelijkheid om een buffer te creëren tegen situaties met extreme droogte. Anderzijds is overstroming in de zomermaanden voor de ontwikkeling van vegetatie mogelijk ongunstig (zie o.a. Runhaar *et al.* 2004). Piekafvoeren in de zomer kunnen problematisch zijn doordat aangevoerde stoffen in die periode ook het meest schadelijk zijn, de toplaag van de bodem minder verzadigd is met water waardoor er meer indringing plaats kan vinden van voedselrijk beekwater, doordat processen als interne eutrofiëring een grotere rol kunnen spelen⁸, en door het fysiek aanwezig zijn van het water (zuurstoftekort planten, afsterven indien te lang onder water).

Wat zijn effecten van waterberging op fauna?

Onderzoek aan fauna is in het huidige onderzoek marginaal aan bod gekomen. Ook in andere studies wordt de fauna vaak buiten beschouwing gelaten, niet in de laatste plaats omdat beantwoording van kennisvragen over deze groep complex is. Met betrekking tot effecten van waterberging op fauna zijn oorzaak- en effectrelaties en hoe deze (op langere termijn) op populatieniveau uitwerken veelal onbekend.

7 In de zomermaanden wordt de Logtse Baan beweide door runderen. Dit is de enige toegepaste beheervorm in dit gebied. De vegetatieontwikkeling gaat in een hoger tempo dan met zomerbegrazing kan worden bijgehouden. In de Logtse Velden is het aanwezige pakket dood plantenmateriaal de resultante van het niet consequent maaien van deze terreinen.

8 In dit pilotgebied zal interne eutrofiëring waarschijnlijk minder een rol spelen omdat de beschikbaarheid van P erg laag is.

Er kunnen wel aannames gedaan worden. In natuurontwikkelingsgebieden zijn in de meeste gevallen eerder kansen dan risico's voor fauna. Zoals goed is te zien in de Logtse Baan profiteren met name (water)vogels van de combinatie waterberging en natuurontwikkeling. Maar ook andere dieren zijn verschenen na de aanleg van het natuurontwikkelingsgebied. In bestaande, niet robuuste, natuurgebieden zullen van de diergroepen vogels, vissen, amfibieën, vlinders en libellen met name vlinders te lijden hebben van waterberging. Dit direct als gevolg van verdrinking (in het ei-, juveniele en popstadium), of indirect als gevolg van verdwijning van waardplanten of specifieke condities. Hetzelfde gaat op voor andere niet-water gebonden diersoorten die tijdens waterberging immobiel en dicht bij de grond aanwezig zijn (ook bijvoorbeeld tijdens winterslaap) of afhankelijk zijn van specifieke condities die als gevolg van waterberging verdwijnen (bijvoorbeeld waardplanten en bepaalde vegetatiestructuur). Van de overige genoemde diergroepen zijn de afgelopen jaren geen duidelijke negatieve of positieve ontwikkelingen gesignaleerd.

Onder welke hydrologische voorwaarden mag waterberging in natuur(ontwikkelings)gebied en plaatsvinden?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is het nodig kennis te hebben van onderliggende processen. Zonder een experimentele opzet (*cf.* pilots Harderbos en Hunze en/of laboratoriumproeven) is het strikt genomen niet mogelijk om de belangrijkste factoren ten aanzien van overstroming op vegetatie en fauna exact te bepalen. Hierdoor is het lastig om eenduidige aanbevelingen te kunnen doen over de randvoorwaarden voor waterberging. Uit de metingen is wel duidelijk geworden hoe waterberging in dit pilotgebied gekenmerkt kan worden, en hoe de natuur (in dit geval vooral vegetatie) zich ontwikkelt onder deze omstandigheden. Daar lopen echter ook andere factoren doorheen. Het beheer is daarin een sleutelfactor (zie boven). In de volgende paragraaf worden aanbevelingen gedaan op basis van de tot nu toe opgedane kennis in deze pilot.

Voor de blauwgraslanden in Smalbroeken is de vraag onder welke omstandigheden waterberging wel toelaatbaar is. Voornaamste knelpunt bij overstroming van blauwgraslanden is het eutrofe beekwater. In 2004 is door een technische storing van de stuw het gebied overstroomd, waarna een flinke hoeveelheid sediment achterbleef. In het sediment werden hoge fosforgehalten gemeten, wat ongunstig is omdat de blauwgraslanden (in tegenstelling tot de overige meetlocaties) fosfor-gelimiteerd zijn. Er zijn aanwijzingen dat sindsdien verrijking van de vegetatie is opgetreden (hoewel een causaal verband in deze opzet niet kan worden aangetoond). Mogelijk omdat nadien geen slib meer is afgezet, de grondwaterstand hoog was (geen indringing) en/of omdat er voldoende kwel is heeft het gebied zijn hoge botanische waarde behouden. Voor de graslanden is het evenwel zeer van belang om de ijzerrijke en basenrijke kwel te versterken. Een schone kwelstroom van voldoende omvang kan een belangrijke factor zijn om de blauwgraslanden in het gebied veilig te stellen.

5.3 Aanbevelingen beheer en inrichting

Ten aanzien van de inrichting en beheer van waterberging-natuur(ontwikkelings)gebieden kunnen verscheidene aanbevelingen worden gedaan. Uiteraard zal de *kwaliteit van het beekwater verbeterd* moeten worden. Ook zou in het huidige onderzoeksgebied *meer ruimte* beschikbaar moeten komen om meer natuurlijke overstromingsgebieden (meestromende berging) te kunnen realiseren. Het ideaal beeld is dat het beekdal voldoende ruimte krijgt zodat de diverse karakteristieke habitats zich weer kunnen ontwikkelen, zoals relatief voedselarme en droge stroomdalvegetatie op zandige oeverwallen langs de Beerze en natte graslanden of Grote zeggebegroeiingen daarachter in combinatie met her en der enige bosontwikkeling met onder

andere wilgen en elzen, en plassen met Riet. Tegen de beekdalflanken zou, buiten het bereik van de inundaties, blauwgrasland zich kunnen ontwikkelen op plekken waar sprake is van voldoende kwel. Binnen ruimer gedimensioneerde waterbergingsgebieden met voldoende reliëf is het optreden van diepe, langdurige inundatie minder een probleem omdat er ook voldoende plekken met ondiepe en kortdurende inundaties zullen zijn, en droge plekken (vluchtplaatsen fauna). Overigens kunnen diepe, langdurige inundaties ook wenselijk zijn voor bepaalde beschermde diersoorten. Dit is bijvoorbeeld nodig om paaigebied te creëren voor de Kwabaal, een zeldzame vissoort.

Onder de huidige omstandigheden (beperkte beschikbare ruimte, matige waterkwaliteit, beperkte kwel) is het lastig pasklare aanbevelingen te geven. Niet alleen zijn er nog kennisvragen, ook is veel afhankelijk van wat men voor ogen heeft. Kiest men bijvoorbeeld voor natuurlijke of gestuurde berging? Worden bepaalde natuurdoelen aangepast of wordt gekozen voor 'tuinieren' om bijzondere vegetatie te behouden? Daarbij kunnen sommige maatregelen gunstig zijn voor het ene doel, maar ongunstig voor het andere. Water- en natuurbeheerders zullen gezamenlijk moeten bepalen wat de prioriteiten zijn.

Met de huidige waterkwaliteit, of specifiek de sedimentkwaliteit, doet zich een dilemma voor. Welke strategie is wenselijk: het nastreven van grotere waterbergingsgebieden waardoor de belasting met voedselrijk en verontreinigd slib meer verspreid wordt over een groter gebied en de kans op normoverschrijding wordt verkleind, of kiezen voor concentratie van vervuilde sedimenten op één kleine plek zodat het op termijn gesaneerd kan worden? (of een combinatie) Uiteraard zal een keuze hierin sterk bepaald worden door de mate van vervuiling van het sediment. Aanbevolen wordt, ter onderbouwing van deze beslissing, de bodemanalyses op termijn te herhalen om de mate en snelheid van 'oplading' van het gebied te bepalen. Ook zal metaanalyse van de vegetatie meer duidelijkheid verschaffen over de mate van toxiciteit. Onderzoek bovenstrooms kan uitwijzen wat de herkomst is van het gesedimenteerde materiaal en welk bovenstrooms landgebruik het meest bijdraagt aan het transport van (verontreinigd en voedselrijk) sediment via de beek bij piekafvoeren. Mogelijk zijn er bij de bron nog maatregelen mogelijk waardoor dit materiaal niet in het beekstelsysteem terecht komt. Als op basis van de huidige metingen besloten wordt om verdere accumulatie tegen te gaan, kan *aanleg van een slibvang* bovenstrooms van de Logtse Baan worden overwogen. Ook de aanleg van bufferstroken of een helofytenfilter bovenstrooms kan toevoer van organische stof en aangehechte stoffen beperken (eerst zuiveren, dan bergen). Hoe dan ook zal indien op den duur interventiewaarden worden overschreden of toxische effecten gesignaleerd worden, *sanering door afgraven* nodig zijn. Overigens blijkt uit de resultaten dat het diepe afgraven (30 cm) een duidelijk schonere bodem (nutriënten en metalen) heeft opgeleverd dan ondiep graven (15 cm). Als gekozen blijft worden voor het tegengaan van overstromingen van Smalbroeken, is het aan te bevelen om de *peilinstelling van de stuw te verlagen* naar een maximum peil van bijvoorbeeld 8.80 m +NAP. In de Logtse Velden zou het *aanpassen of verwijderen van de kaden en (beperkt) herstel van drainerende werking middels greppels* het uitstromen kunnen versnellen. Dit laatste is effectief maar zal per saldo verdroging enigszins doen toenemen (ten opzichte van de Heilooop en drinkwaterwinning zal dit echter beperkt zijn). Herstel van de kwelstroom zou voor de natuur uiteraard gunstig zijn, maar is waarschijnlijk moeilijk realiseerbaar omdat dit een verlaging van de drainerende werking van de Heilooop en het achterliggende landbouwgebied zou vergen. Ten aanzien van het natuurbeheer blijft voorlopig *intensiever beheer* nodig. In de Logtse Baan wordt naast zomerbeweiding ook maaibeheer aanbevolen om snelle verruiging en verbossing tegen te gaan. In de Logtse Velden blijft regelmatig maaien en afvoeren nodig.

6 Referenties

- Athmer W.H.G.J., M.H. Jalink & E.J. Schrama (1997) Winplaatsonderzoek Oirschot. Fase 2: Regionale systeemanalyse. Rapport KIWA, nr. KOA 97.073, Nieuwegein.
- Beije, H.M., G.J. Baaijens. 1985. Effecten van ingrepen in de waterhuishouding op de vegetatie in het Beerzedal. RIN-rapport 85/20. Leersum.
- Barkman, J.J., H. Doing & S. Segal, 1964. Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. Acta Botanica Neerlandica 13: 394-419.
- Chardon, W.J. 1995. Fosfaatvormen in dierlijke mest en hun effectiviteit. Verslag van een literatuuronderzoek. Rapport Inst. voor Agrobiol. en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek, 53, 33 pp.
- Dijk, W. van (red.) 1999. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegroondsgroentengewassen. PAV, Lelystad, publ. nr. 95.
- Jalink MH (1995) Globale hydro-ecologische analyse van natuurgebieden rond de winning Oirschot. Voorstudie voor de keuze van onderzoekslocaties voor het project Diepe Kwel. Rapport KIWA, nr. SWE 95.027, Nieuwegein.
- Jalink MH, EJ Schrama & WHGJ Athmer (1997) Winplaatsonderzoek Oirschot. Fase 3: Lokale systeemanalyse van het Beerzedal bij de Kampinase Heide. Rapport KIWA, nr. KOA 97.074, Nieuwegein.
- Jansen, A.M.W., Ertsen, A.C.D., 2007. Ecohydrologische quickscan natte natuurparel Kampina. Rapportnummer 9R9090/R00012/902005/DenB, Royal Haskoning, in opdracht van Waterschap de Dommel.
- Locher, W.P., H. de Bakker. 1990. Bodemkunde van Nederland. Deel 1 Algemene bodemkunde. Malmberg. Den Bosch.
- Maas, G.J., B. Makaske, P.W.F.M. Hommel, B.S.J. Nijhof & H.P. Wolfert. 2003. Verstoring en successie; rivierdynamiek en stroomdalvegetaties in de uiterwaarden van de Rijntakken. Alterra rapport 759. Wageningen.
- Marrs, R.H. 1993. Soil fertility and nature conservation in Europe: Theoretical considerations and practical management solutions. Adv. Ecol. Res. 24: 241-284.
- Middelkoop, H., 2000. Heavy-metal pollution of the river Rhine and Meuse floodplains in the Netherlands. Geologie en Mijnbouw 79(4), Utrecht, 411-428.
- Olde Venterink H.G.M., 2000. Nitrogen, phosphorus and potassium flows controlling plant productivity and species richness: eutrophication and nature management in fens and meadows. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Rietra, R.P.J.J., P.F.A.M. Römkens & J. Japenga, 2004. Cd en Zn in bodem en landbouwgewassen in de Kempen. Onderzoek naar relatie tussen Cd en Zn-gehalte in de bodem en in gewas in de gemeente Cranendonck. Alterra rapport 974, Wageningen.

- Rietra, R.P.J.J., P.F.A.M. Römken & J. Japenga. 2004. Cd en Zn in bodem en landbouwgewassen: onderzoek naar relatie tussen cadmium en Zngehalte in de bodem en in het gewas in de gemeente Cranendonck. Alterra rapport 1167, Wageningen.
- Rietra, R.P.J.J., P.F.A.M. Römken & F.P. Sival. 2005. Cd in bodem en gewas op zes graslandlocaties in het natuurgebied de Malpiebeemden. Alterra briefadvies, Wageningen (op aanvraag verkrijgbaar bij de auteur).
- Römken, P.F.A.M., L.T.C. Bonten, R.P.J.J. Rietra, J. E. Groenenberg, A.C.C. Plette en J. Brill en, Uitspoeling van zware metalen uit landbouwgronden, Schatting van de bijdrage van uitspoeling aan de belasting van het oppervlaktewater: modelaanpak en resultaten, Alterra rapport 791, RIZA rapport 2003.018, Wageningen/Lelystad, 2003.
- Römken, P.F.A.M., Rietra, R.P.J.J., & F.P. Sival. 2006. Cd in bodem en gras in het natuurgebied in en nabij de Malpiebeemden: Onderzoek naar de kwaliteit van veevoer in relatie tot gezondheidsrisico's voor grazers. Alterra rapport 1299, Wageningen.
- Rozemeijer, J., H.P. Broers, H. Passier & B. van der Grift 2005, Een quickscan inventarisatie van de bijdrage van het grondwater aan de oppervlaktewaterkwaliteit in Noord-Brabant Deelrapport I van het Aquaterra/STROMON project. Rapport NITG 05-186-A (concept)
- Runhaar, J., G. Arts, W. Knol, B. Makaske en N. van den Brink, 2004. Waterberging en Natuur: kennisoverzicht ten behoeve van de regionale waterbeheerders, STOWA rapport 2004-16, ISBN 90-5773-252-1.
- Schaffers, A.P. 2000. In situ annual nitrogen mineralization predicted by simple soil properties and short-period field incubation. *Plant and Soil* 221: 205–219.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1995. De Vegetatie van Nederland. Deel 2: Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus Press; Uppsala / Leiden. 358 pp.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda, 1996. De Vegetatie van Nederland. Deel 3: Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Opulus Press; Uppsala / Leiden. 356 pp.
- Schrama EJ, F Lüers & MWA de Haan (2001) Optimalisatie hydrologisch meetnet Kampina. Evaluatie en herziening. Rapport KIWA, nr. KOA 01.043, Nieuwegein.
- Sival, F.P. & W.J. Chardon. 2002. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat. SKB rapport SV-511. CUR, Gouda.
- Sival, F.P., W.J. Chardon & M.M. van der Werff. 2004. Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat: evaluatie van verschrallingsmaatregelen. Alterra rapport 951. Alterra, Wageningen.
- Sival, F.P., B. Makaske, G.J. Maas & J. Runhaar. 2005. Floodplain sedimentation regulating vegetation productivity on small rivers? NCR-publication 26-2005. Wageningen.
- Sival, F.P., M.J.P.M. Riksen, L. Verbeek, E. van der Lippe. 2008. Hermeandering, waterberging en natuurontwikkeling in het Beerzedal: case de Logtse Baan; Wageningen, Alterra-rapport 1576.
- Sival, F.P., A. Makaske, G.J. Maas, H.. ten Beest. In prep. Overstroming en vegetatie: sedimentatie en nutriëntenaanvoer in kleine rivier- en beekdalgraslanden. Alterra rapport 1065.

Steiger, J. en Gurnell, A.M., 2002. Spatial hydrogeomorphological influences on sediment and nutrient deposition in riparian zones: observations from Garonne River, France. *Geomorphology* 1192, Elsevier.

Tunney, H., A. Breeuwisma, P.J.A. Withers & P.A.I. Ehlert. 1997. Phosphorus fertilizer strategies: present and future. In: H. Tunney, O.T. Carton, P.C. Brookes and A.E. Johnston (eds). *Phosphorus loss from soil to water*. CAB International 1997, pp. 177-203.

Verbeek, L., 2005. Vegetatieontwikkeling in het beekdal van de Beerze. Overstroming en sedimentatie in een waterbergingsgebied. Rapport Wageningen UR, Erosie en Bodem- & Waterconservering, Wageningen.

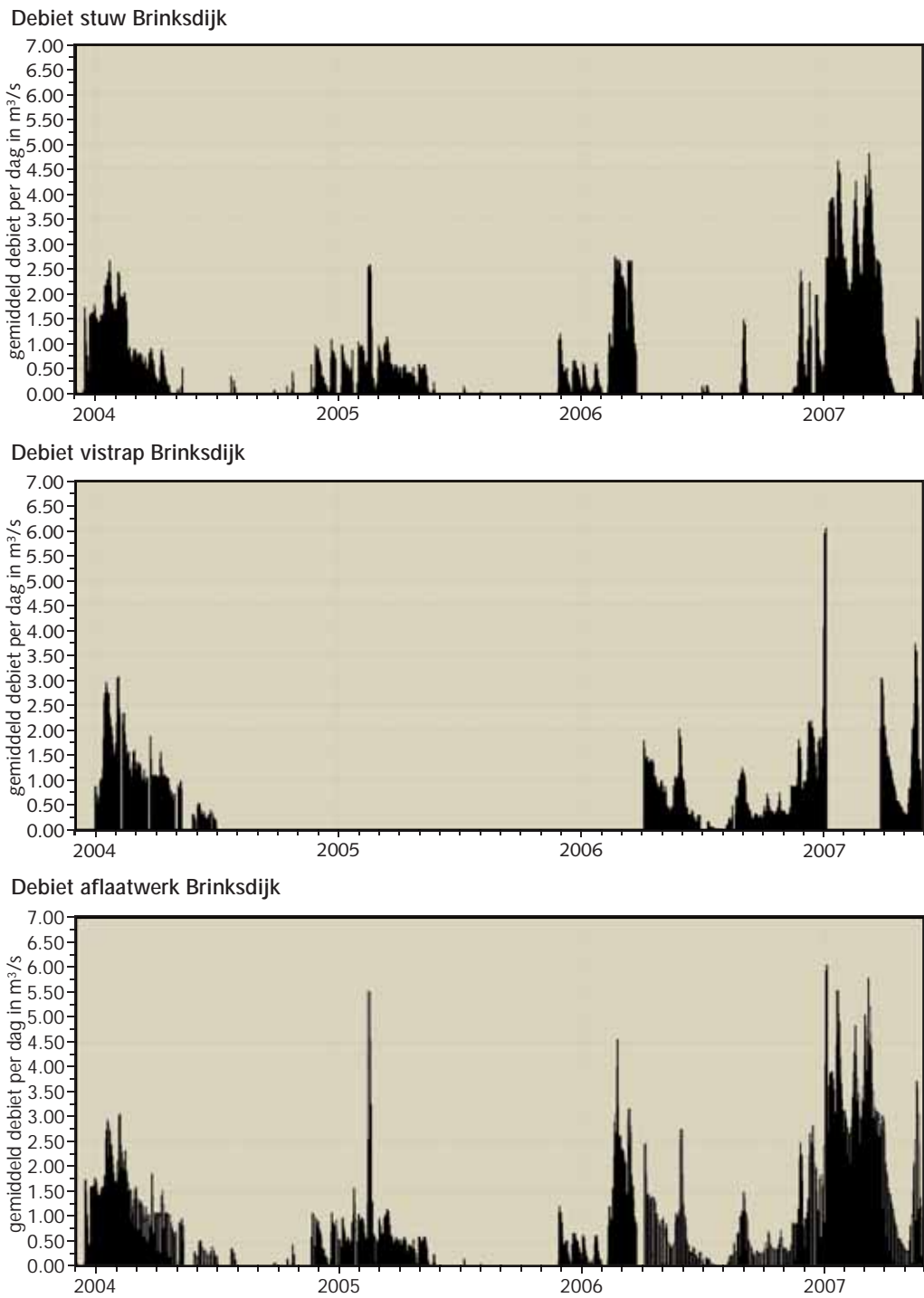
Verhagen, F, H.P. Broers, A. Krikken, J. Rozemeijer, R. van Ek, M. van Vliet, B. van der Grift, R. Heerdink, R. Knoben, 2007. Invloed van grondwater op oppervlaktewater: regionale differentiatie in Noord-Brabant, Royal Haskoning/TNO, 9S5637/R0001/900642/DenB.

Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra en T. Westra, 1987. Nederlandse oecologische flora. Wilde planten en hun relaties. Deel 2. IVN, VARA en VEWIN. 304 pp.

Wirdum, G. van, 1991. Vegetation and hydrology of floating rich-fens, Proefschrift, Universiteit van Amsterdam.

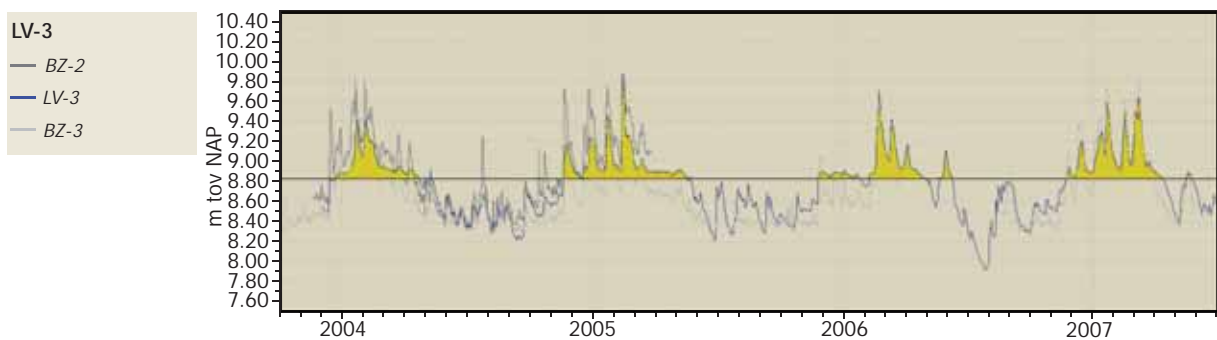
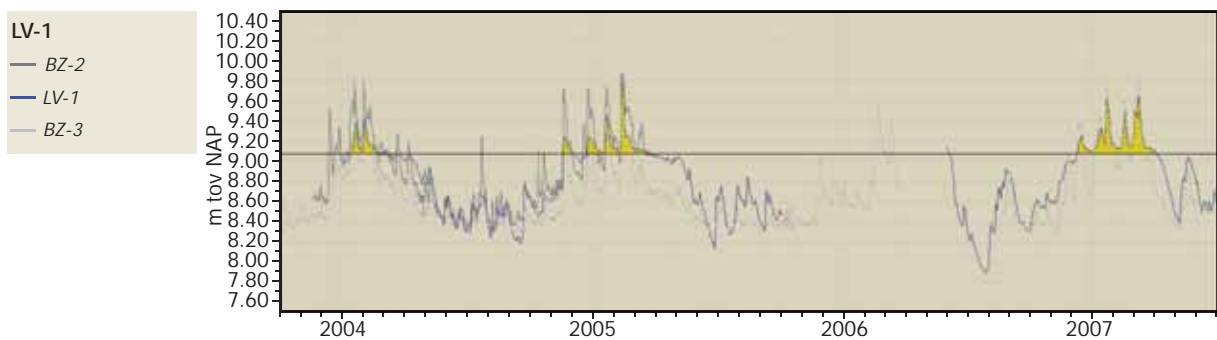
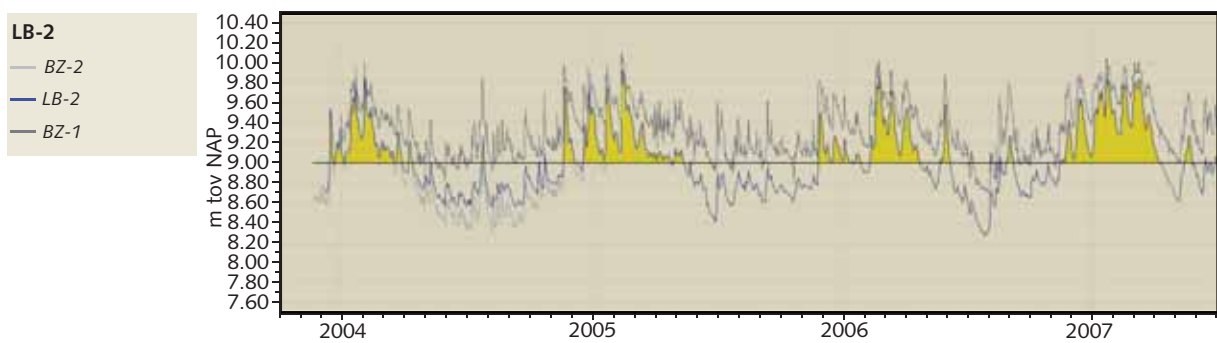
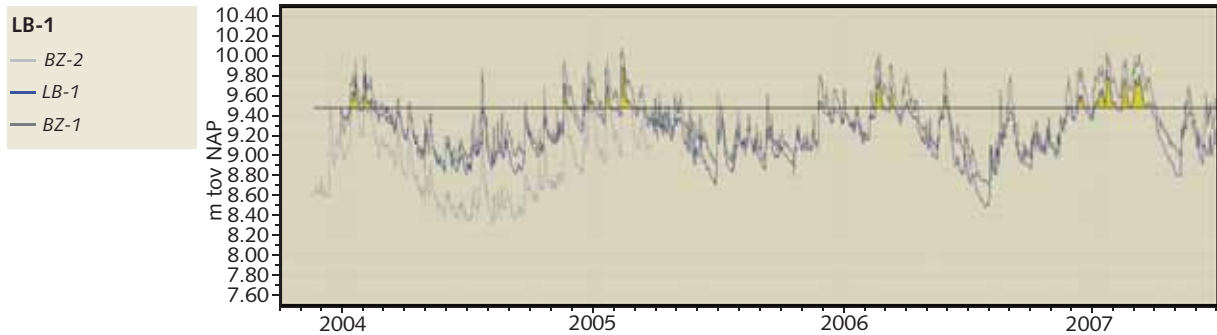
7 Bijlagen

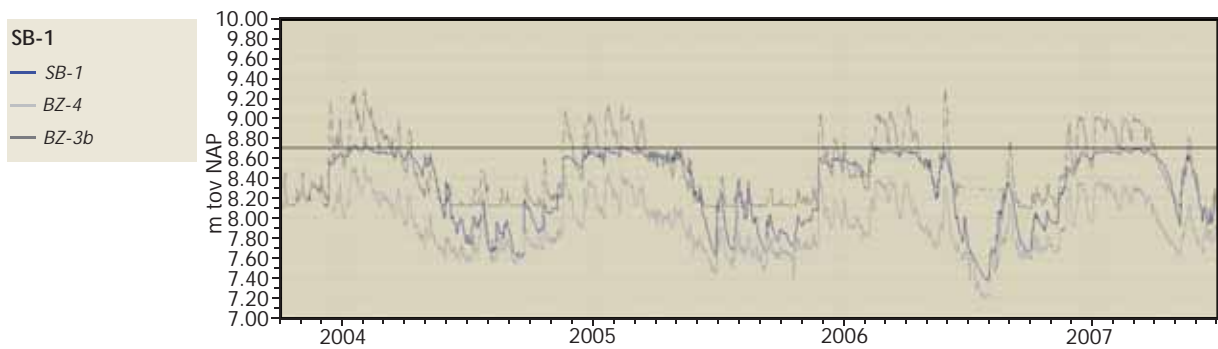
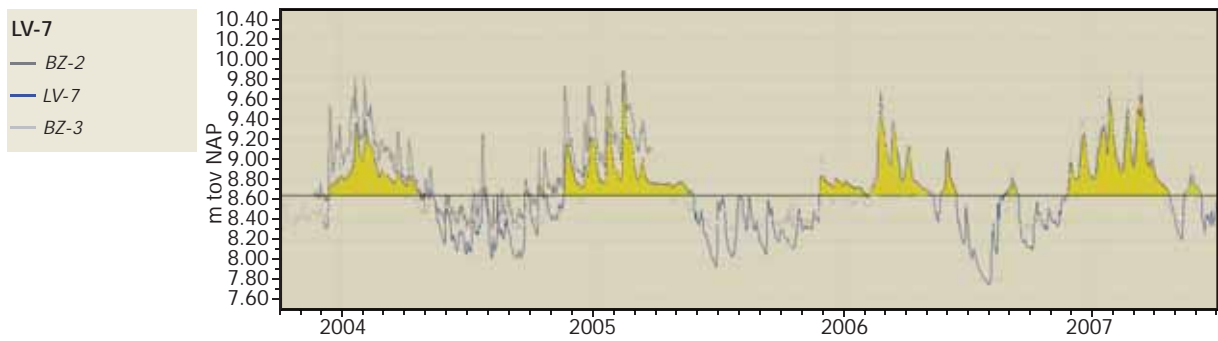
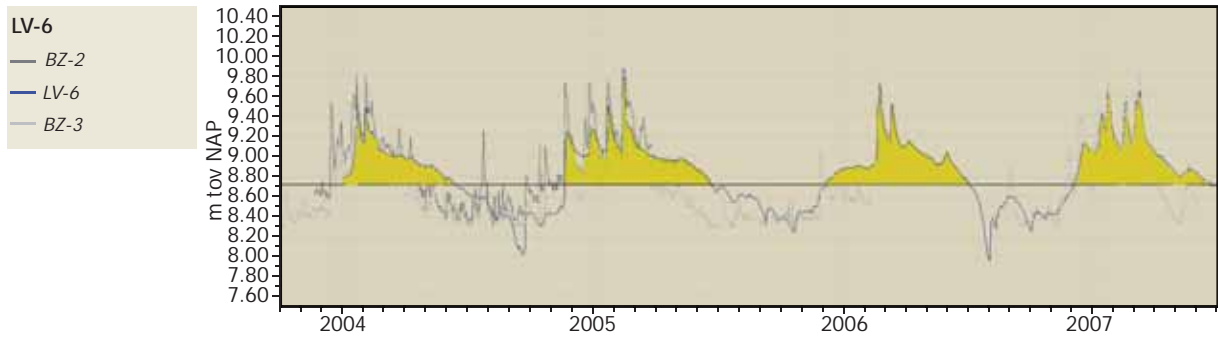
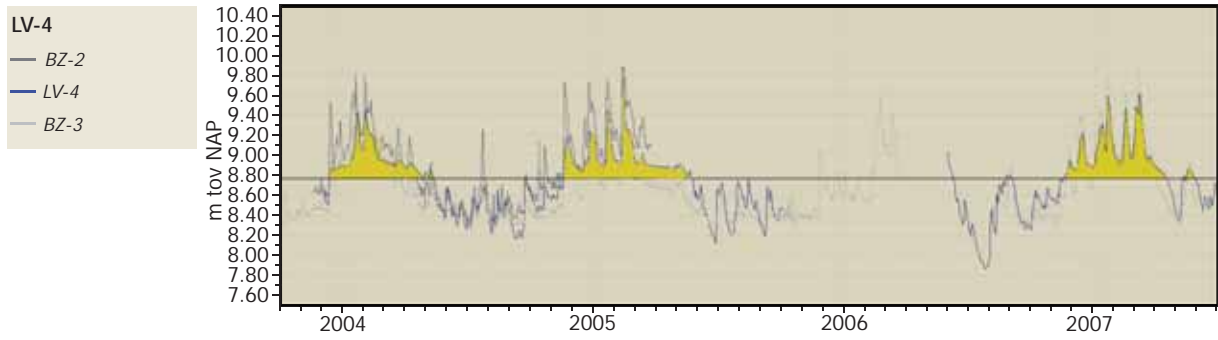
Bijlage I. Debeten



Bijlage II. Grondwaterstanden

Verloop van de grondwaterstand en open waterpeil en de periode en hoogte van inundatie (in geel) voor de verschillende locaties. Voor de grafieken van LB-3, LV-2 en SB-4: zie figuur 4.3 tot en met 4.5.



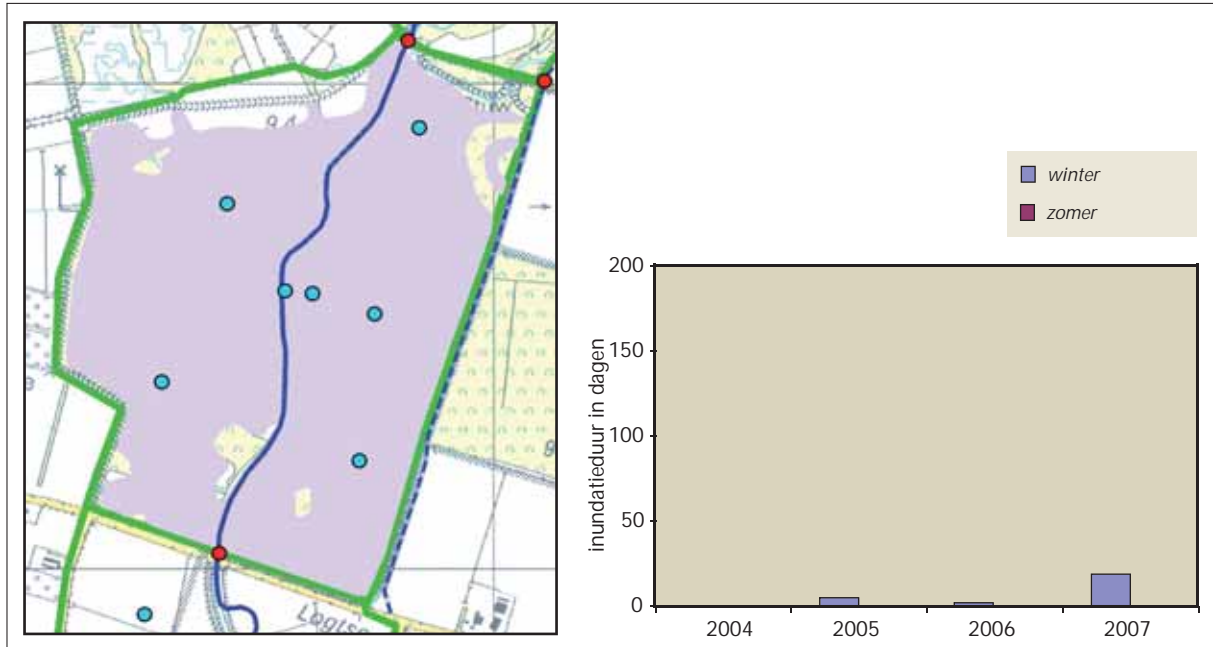


Bijlage III. Beschrijving van de inundaties per meetlocatie.

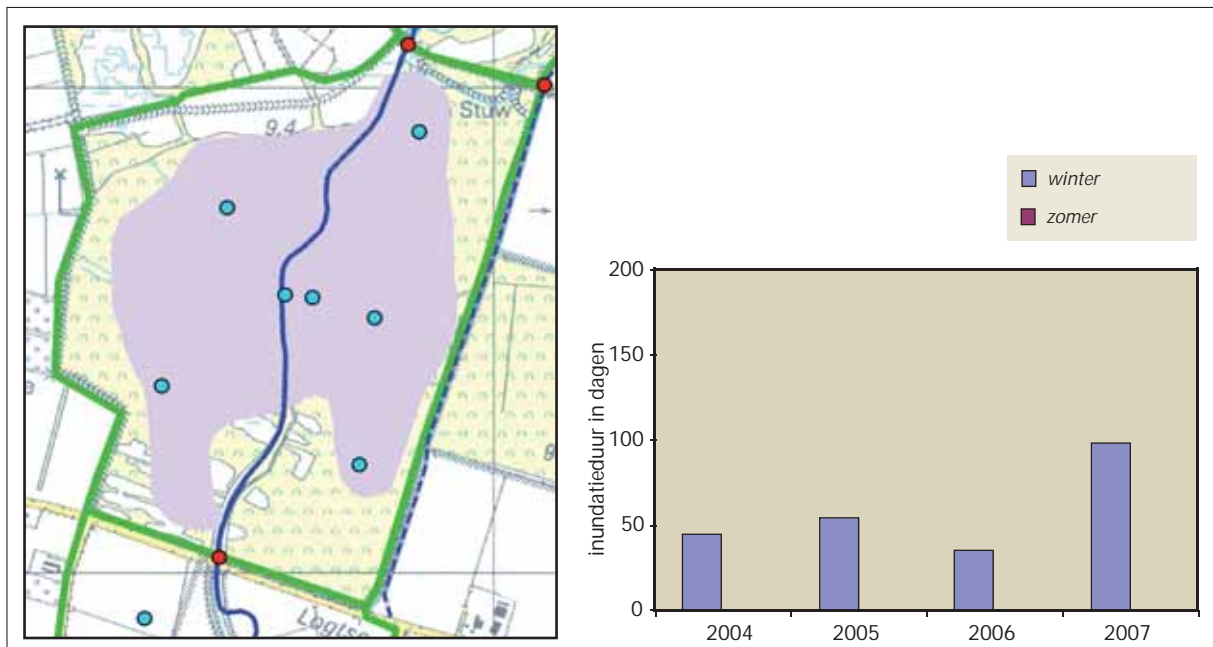
Meetpunt	Opmerkingen
LB-1	Deze locatie die in het hoger gelegen deel van de Logtse Baan ligt is slechts een deel van de winterperiode geïnundeerd, namelijk alleen tijdens "echte" pieken die kortstondig zijn. De totale inundatieduur is hier nog wel 4 tot 12 weken per jaar geweest. De gemiddelde diepte was met ongeveer 0,10 m gering.
LB-2 en LB-3	Hier gaan de peilen nagenoeg gelijk op met het peil bij de Logtse Brug. Het verloop is grillig en het peil zakt op diverse tijdstippen terug tot het maaiveld of er net onder. De totale inundatieduur is 16 à 22 weken per jaar, met een gemiddelde diepte variërend van 0,24 tot 0,39 m.
LV-1	Deze locatie hoort tot de hogere delen van de Logtse Velden en is dan ook niet lang geïnundeerd: 8 tot 16 weken per jaar. De diepte van deze inundaties was gemiddeld 0,10 à 0,15 m.
LV-2	De jaarlijkse inundatieduur is 19 tot 26 weken, de diepte gemiddeld 0,12 tot 0,25 m. Maaiveldhoogte is vergelijkbaar met LV-3, en de inundaties starten op hetzelfde moment.
LV-3	Evenals LV-2 zijn de inundaties hier aaneengesloten en vergelijkbaar met elkaar.
LV-4	Het peilverloop (ten opzichte van NAP) is hier nagenoeg hetzelfde als bij LV-2 en LV-3, alleen door de lagere ligging van het maaiveld is het hier eerder geïnundeerd en is de inundatiediepte groter. Dit resulteert in een inundatietijd van 21 tot 27 weken per jaar, en een gemiddelde diepte van 0,29 m. De grondwaterstanden zakken in de zomerperiode iets verder uit dan bij LV-2 en LV-3.
LV-6	Het peilverloop (ten opzichte van NAP) is nagenoeg hetzelfde als bij LV-2. Door de lagere ligging duurt het echter langer voordat het water tot onder het maaiveld zakt, wat resulteert in een inundatieduur van 23 tot 30 weken per jaar, en een gemiddelde inundatiediepte van 0,25 m tot 0,33 m. Op deze locatie is de langste inundatie geregistreerd. Dit ondanks het feit dat het maaiveld bij LV-7 significant lager is gelegen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de drainage bij LV-6 meer stagneert dan aan de andere zijde van de Beerze(LV-7).
LV-7	Hier heeft het peilverloop dezelfde trend als LV-3 en LV-4, alleen een aantal cm lager. Omdat het maaiveld relatief lager ligt dan het verschil in peil is hier een grotere gemiddelde inundatiediepte van 0,22 m tot 0,34 m, met een inundatieduur van 21 tot 29 weken per jaar. De grondwaterstanden zakken hier dieper uit dan bij LV-3 en LV-4.
SB-1	Dit hogere gedeelte van Smalbroeken staat een zeer geringe tijd (maximaal 11 dagen per jaar) onder water. De waterschijf boven het maaiveld is ook gering met gemiddeld 0,02 m. Gedeeltelijk zal dit neerslag zijn maar ook hier zou invloed van infiltratie vanuit de Beerze kunnen zijn. De combinatie van de hoge ligging en de aanwezige kaden langs de Beerze beperken inundaties hier.
SB-4	Ook hier is de inundatie gering door een relatief hoge ligging. Lagere delen in de nabijheid van SB-4 zijn mogelijk wel geïnundeerd omdat de grondwaterstanden bij SB-4 tot net onder het maaiveld zijn gestegen. De geregistreerde inundatieduur is hier maximaal 23 dagen met een gemiddelde diepte van 0,02 m to 0,08 m.

Bijlage IV. Verspreiding inundaties Logtse Velden en Smalbroeken

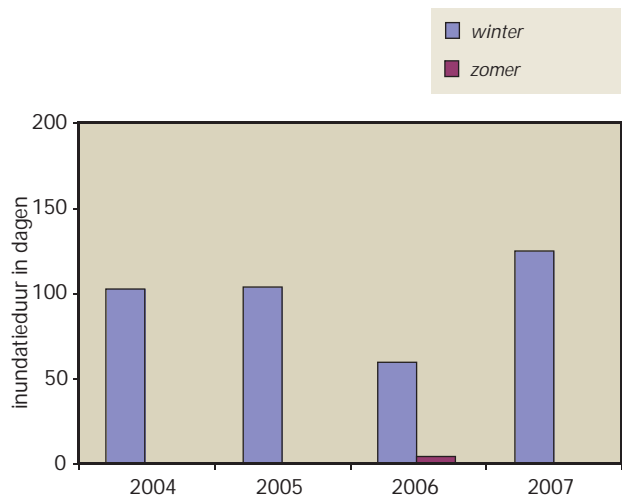
Voor de Logtse Velden en Smalbroeken de geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve minimale duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept).



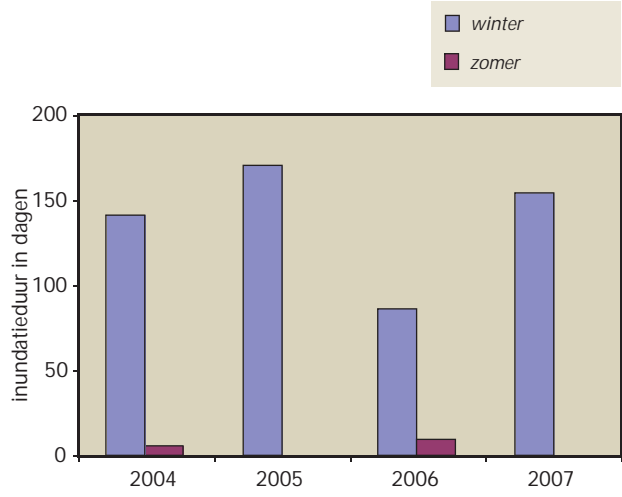
Inundatie A Logtse Velden. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve minimale duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept).



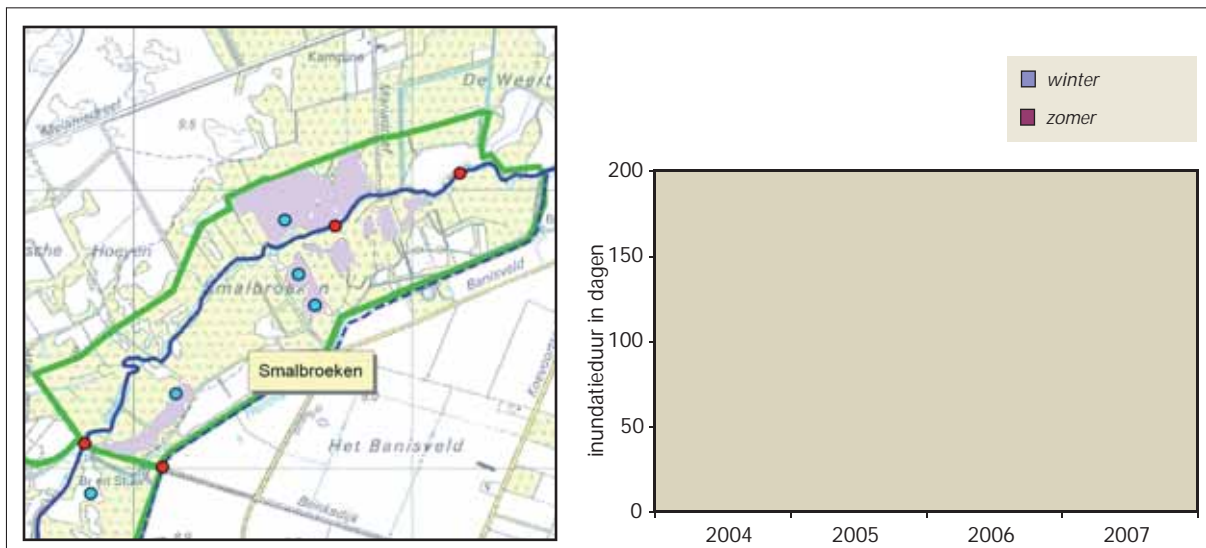
Inundatie B Logtse Velden. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve minimale duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept).



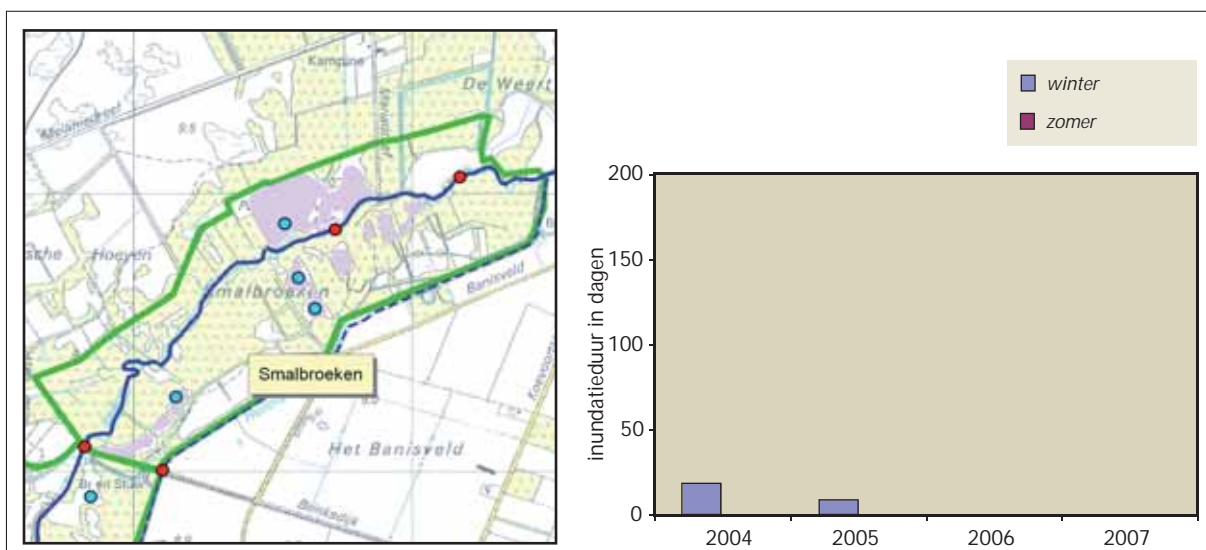
Inundatie C Logtse Velden. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve minimale duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept).



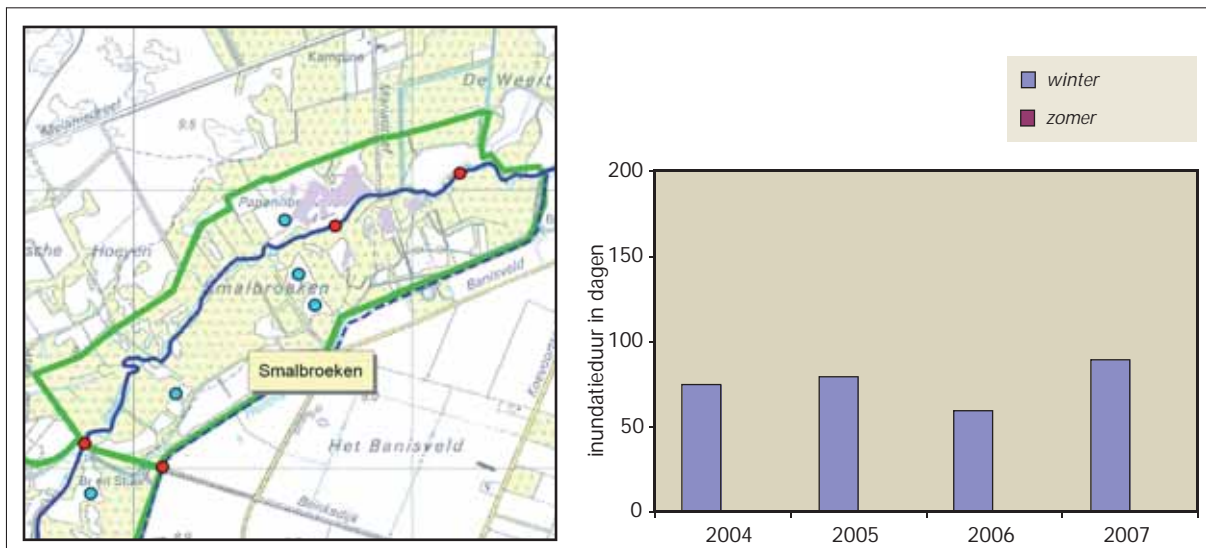
Inundatie D Logtse Velden. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve minimale duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept).



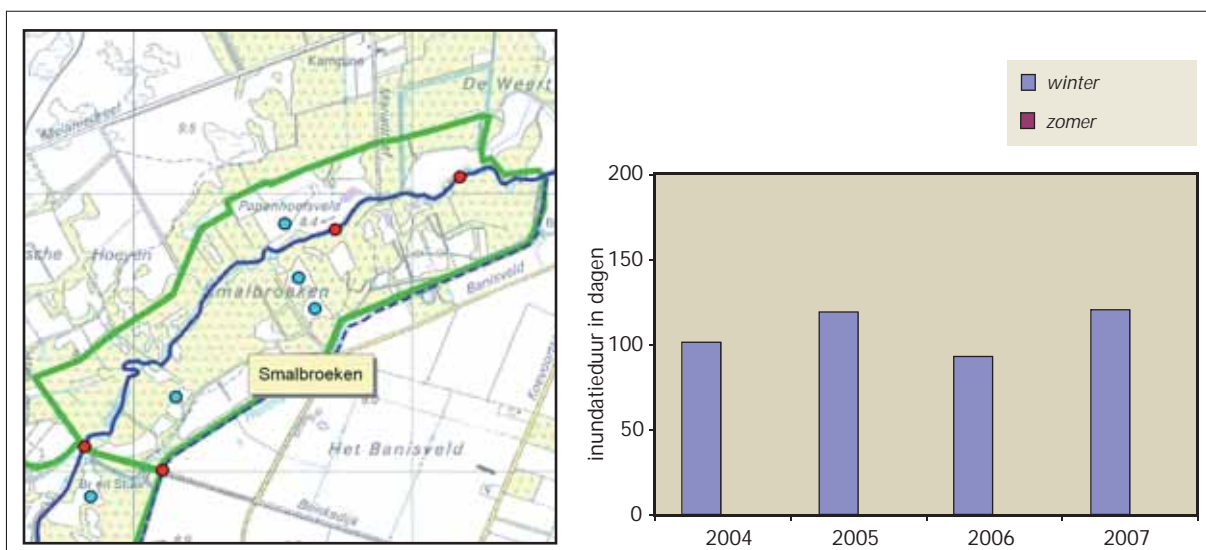
Inundatie A Smalbroeken. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve minimale duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept). NB: Het middengebied van Smalbroeken is niet meegenomen omdat hier te weinig gegevens van bekend zijn.



Inundatie B Smalbroeken. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve minimale duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept). NB: Het middengebied van Smalbroeken is niet meegenomen omdat hier te weinig gegevens van bekend zijn.



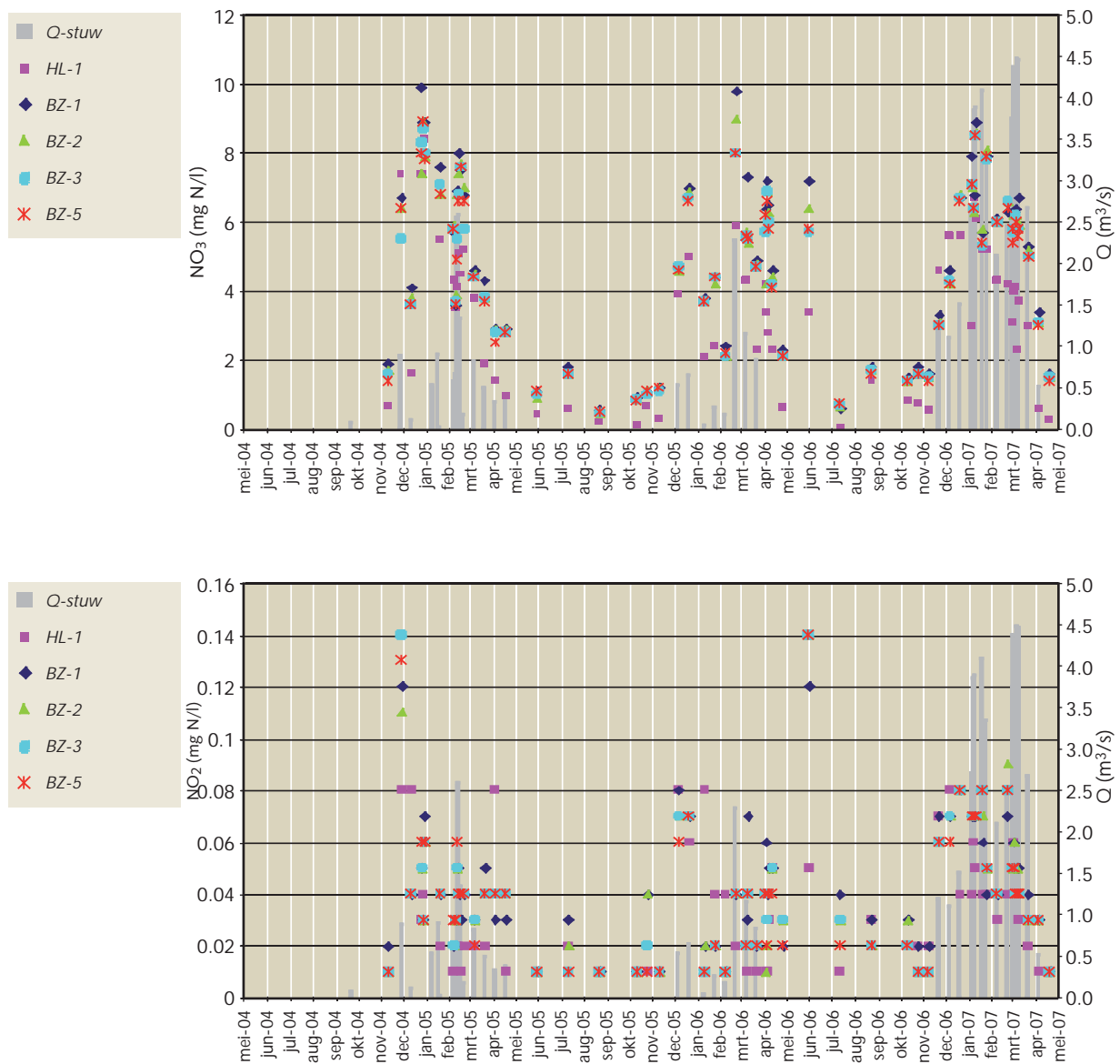
Inundatie C Smalbroeken. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve minimale duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept). NB: Het middengebied van Smalbroeken is niet meegenomen omdat hier te weinig gegevens van bekend zijn.



Inundatie D Smalbroeken. Geschatte verspreiding van inundatie met indicatieve minimale duur gedurende de onderzoeksperiode tijdens winter (okt. t/m mei) en zomer (juni t/m sept). NB: Het middengebied van Smalbroeken is niet meegenomen omdat hier te weinig gegevens van bekend zijn.

Bijlage V. Oppervlaktewaterkwaliteit

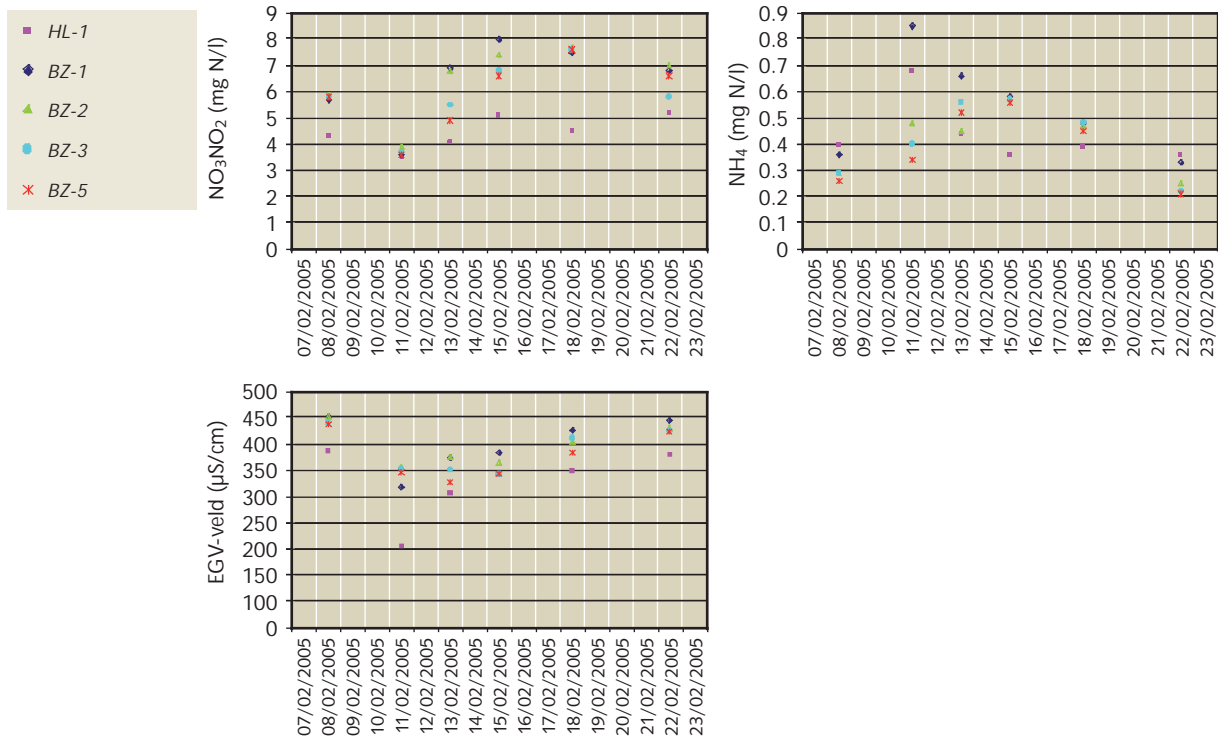
A. Reguliere metingen; nitraat en nitriet



B. Oppervlaktewaterkwaliteit tijdens hoogwater

(Concentratie)verloop van som nitraat/nitriet, ammonium en electrisch geleidend vermogen tijdens 'hoogwater' (februari 2005) op vijf locaties in de Beerze (BZ-1: Viermannekesbrug/ instroompunt Logtse Baan; BZ-2: uitstroompunt Logtse Baan; BZ-3: bovenstreams stuw Brinksdijk/uitstroompunt Logtse Velden; BZ-5: uitstroompunt Smalbroeken) en Heiloo (HL-1: Heiloo/instroompunt Logtse Baan).

Concentratieverlopen tijdens hoogwater van overige gemeten stoffen staan in paragraaf 4.1.2.

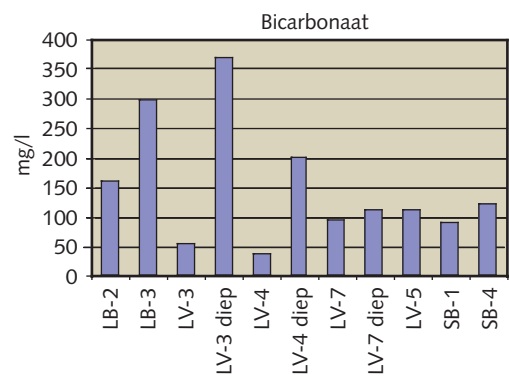
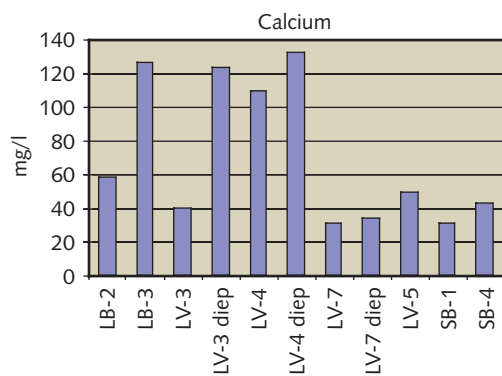
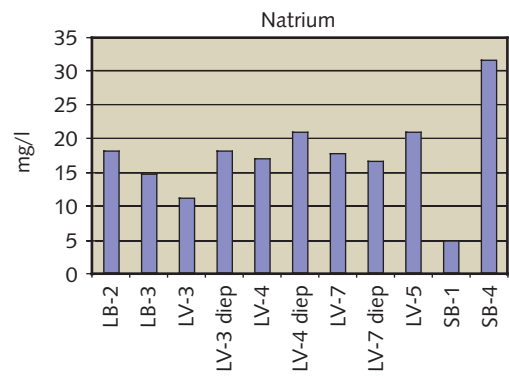
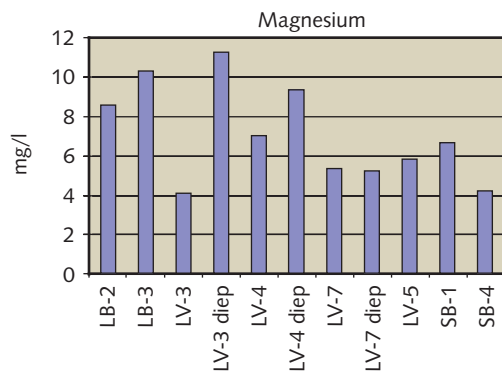
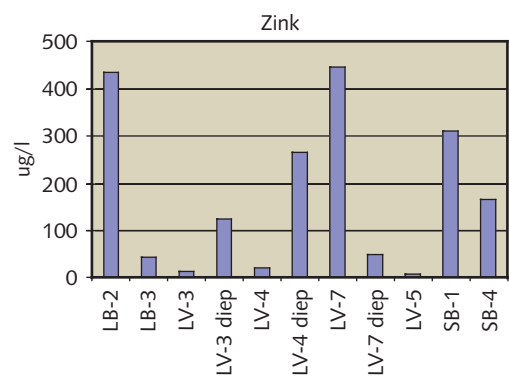
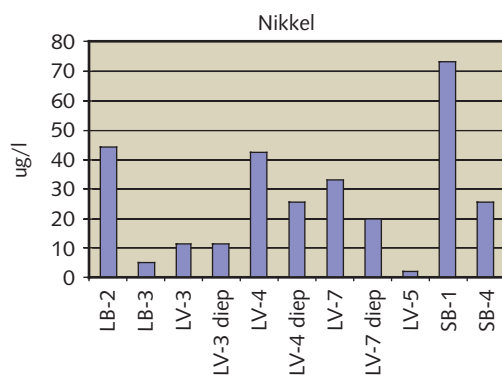
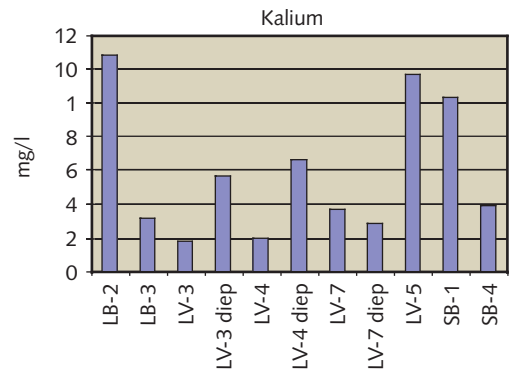
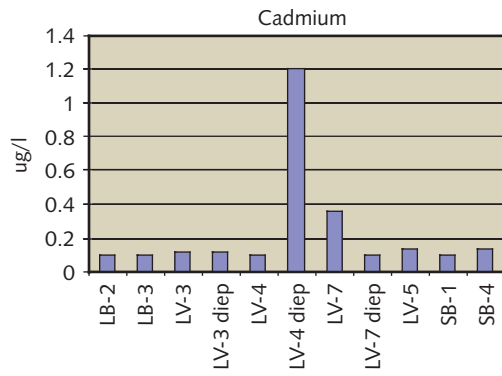


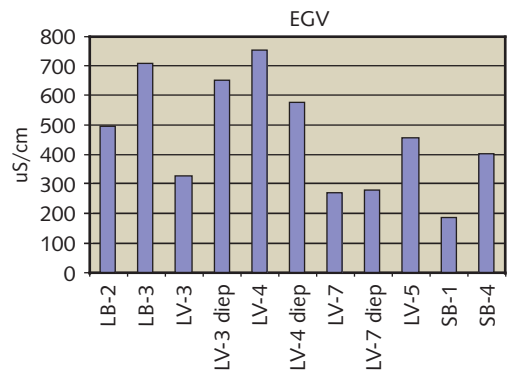
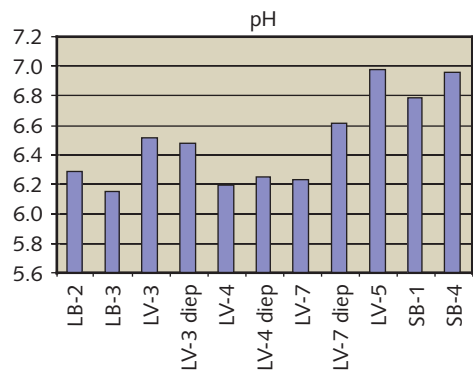
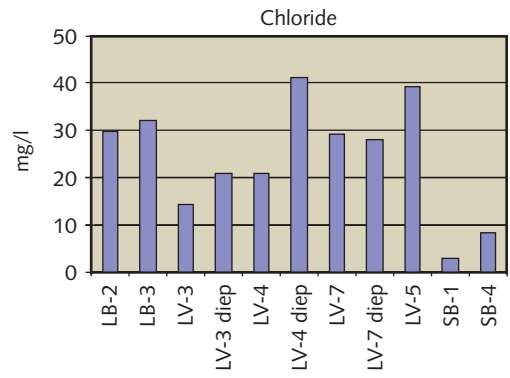
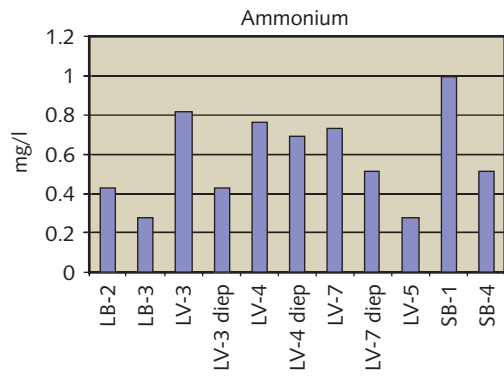
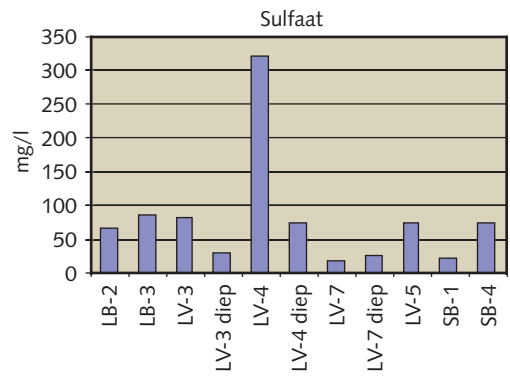
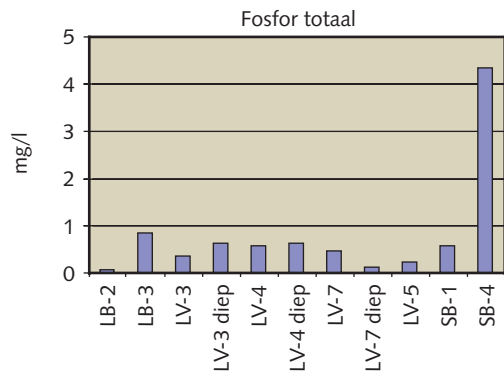
Bijlage VI. Absolute waarden in- en uitstroompunt Logste Baan.

NB: de relatieve waarden uit figuur 4.28 zijn berekend door eerst per monsterdatum het verschil tussen BZ-1 en BZ-2 te berekenen, en vervolgens het gemiddelde van deze verschillen te nemen. Dit is dus niet hetzelfde als de gemiddelden van BZ-1 en BZ-2 in onderstaande tabel van elkaar af te trekken.

parameter	eenheid	Overstromingsituatie						Niet overstromingsituatie					
		BZ-1			BZ-2			BZ-1			BZ-2		
		gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem	min	max
zwevend stof	mg/l	12	2	94	7	1	20	5	1	12	5	1	18
Zn	µg/l	74	20	130	57	20	110	16	3	45	14	3	51
Cd	µg/l	0,30	0,10	0,88	0,19	0,10	0,38	0,12	0,10	0,20	0,12	0,10	0,22
Cu	µg/l	5,2	1,8	11,0	4,2	1,6	7,1	1,7	1,0	2,9	1,5	1,0	2,8
Ni	µg/l	36,0	17,0	90,0	29,7	15,0	45,0	16,9	7,8	33,0	15,5	6,8	29,0
Fe	mg/l	2,5	1,5	13,6	1,5	1,0	2,8	1,6	0,7	4,3	1,3	0,5	3,4
TPO ₄	mgP/l	0,16	0,06	0,78	0,10	0,05	0,25	0,09	0,04	0,22	0,09	0,04	0,22
oPO ₄	mgP/l	0,03	0,01	0,10	0,03	0,01	0,08	0,03	0,01	0,15	0,02	0,01	0,09
NO ₃	mgN/l	6,2	2,8	9,8	5,9	2,8	8,9	1,9	0,6	4,4	1,8	0,5	4,2
NO ₂	mgN/l	0,05	0,02	0,12	0,05	0,01	0,14	0,02	0,01	0,04	0,02	0,01	0,04
NO ₃ NO ₂	mgN/l	6,3	2,9	9,9	5,9	2,9	9,0	1,9	0,6	4,4	1,8	0,5	4,2
NH ₄	mgN/l	0,34	0,05	0,85	0,25	0,04	0,86	0,19	0,04	1,10	0,15	0,04	0,96
SO ₄	mg/l	82	53	100	80	51	100	76	56	98	72	52	93
Cl	mg/l	33	21	50	32	22	46	38	30	48	36	28	51
EGV	uS/cm	412	298	584	403	316	535	406	328	488	398	324	470

Bijlage VII. Grondwaterkwaliteit





Bijlage VIIIA. Bodembeschrijving meetlocaties

locatie	diepte (cm)	bodembeschrijving
LB-1	0 - 12	zand, aP, bruin
	12 - 40	zand, cP, geel/roestig, vrij schoon
	40 - 50	zand, idem, lemig
	50 - 75	zand, idem, veel organische stof, begroeiingsresten
	75 > 150	zand, cP, blond, middelfijn
LB-2	0 - 20	klei, humeus, iets zand
	20 - 30	klei/veen, zeer sterk humeus
	30 - 45	veen/zand aP geleidelijke overgang
	45 > 170	zand, grijs, bovenin iets doorgroeid
LB-3	0 - 15	zand, iets humeus
	15 - 16	zand, geel, enkel spoortje doorgroeiing
	16 > 100	zand blauwgrijs, vrij zacht, (U=100-120)
LV-1	0 - 16	klei/teeltaarde, sterk humeus
	16 - 45	klei, zwaar, bruin
	45 - 62	klei, idem, humeus tot sterk humeus
	62 > 170	zand, acP, fraai
LV-2	0 - 20	zode, klei, humeus, veel doorgroeiing
	20 - 70	zand, acP, lemig, mooi doorgroeid
	70 - 120	zand, cP, schoon
	120 > 170	zand, idem, vrij veel doorgroeiingsresten
LV-3	0 - 30	veen, onderin iets kleilig
	30 - 50	zand, sterk kleilig, bovenin wat humeus, aP
	50 - 170	zand, grijs, U=100, cP, vrij hard
	170 > 330	zand, grijs/blond, middelfijn, cP, vrij hard, enkele grindjes
LV-4	0 - 45	veen, bovenin zode en daarna ook sterk hum. klei
	45 - 60	zand, aP, mooi doorgroeid
	60 > 170	zand, cP, grijs
LV-5	0 - 25	klei, zeer sterk humeus, iets zandig
	25 - 70	zand, wat lemig, kleilig
	70 - 120	klei, zandig, mooi doorgroeid
	120 > 350	zand, soms iets lemig, vrij fijn, ook wat doorgroeiings materiaal
LV-6	0 - 30	veen/zand, sterk zandig, zode
	30 - 90	veen, soms wat kleilig
	90 - 125	zand, acP, iets doorgroeid
	125 > 170	zand, idem, iets doorgroeid, lemig, fijnzandig
LV-7	0 - 10	veen, sterk kleilig, sterk humeus
	10 - 22	klei, weinig
	22 - 90	zand, acP, enkele doorgroeiingsresten
	90 > 100	zand, cP, vrijwel schoon
SB-1	0 - 13	klei, humeus, bouwvoor
	13 - 25	zand, ijzer/roesthoudend, wat lemig
	25 - 35	zand, geel/grijs
	35 - 75	zand, grijs
	75 > 155	zand, blauw/grijs
SB-4	0 - 15	klei, humeus, gras zode
	15 - 30	zeer hard, roest/ijzer, veraard/versteend, donker bruin, zand?
	30 - 80	zand, bP, bruin, iets lemig
	80 - 310	zand, cP, middelfijn, lichtgeel overgaand in grijs, iets lemig
	310 > 370	zand, idem, iets meer lemig, vrij fijn, soms duidelijke lemige banden

Bijlage VIII.B. Bodemkwaliteit

Code	Datum	lutum; <2 µm %	silt; 2-50; µm %	zand; >50 µm %	Organisch stof	Grondsoort (Locher & de Bakker 1990)	pH (KCl)	N-totaal (g/kg)
LB-2	juni 2004	11,7	36,9	51,4	10,4	humusrijke zavel	5,5	4,1
LB-3	juni 2004	9,7	27,8	62,6	0,9	zeer humusarme zavel	6,2	0,3
LV-3	juni 2004	5,5	18,7	75,8	22,2	venig zand	4,1	9,4
LV-4	juni 2004	13,1	31,9	55,0	43,3	veen	4,7	18,5
LV-7	juni 2004	5,3	13,3	73,0	10,6	humusrijke zand	4,3	4,0
SB-1	juni 2004	9,0	26,9	64,1	17,1	venig zand	4,3	4,9
SB-2	juni 2004	5,8	14,5	79,7	6,9	zeer humeus zand	4,2	2,4
SB-3	juni 2004	16,5	39,3	44,2	8,3	humusrijke zavel	4,2	2,5
SB-4	juni 2004	16,1	66,7	17,2	10,6	humusrijke zavel	4,4	3,4
A-1	juni 2004	2,9	7,5	89,6	3,8	matig humeus zand	4,8	0,7
A-3	juni 2004	1,1	0,4	98,5	0,5	uiterst humuarm zand	5,6	0,1
A-6	juni 2004	4,6	4,3	91,0	3,3	matig humeus zand	5,0	0,8
B-1	juni 2004	2,7	6,6	90,8	7,8	zeer humeus zand	5,4	1,5
B-3	juni 2004	4,1	10,2	85,8	6,3	zeer humeus zand	5,2	1,9
B-6	juni 2004	3,3	7,9	88,8	5,4	zeer humeus zand	5,5	1,7
C-1	juni 2004	1,6	3,6	94,8	4,0	matig humeus zand	5,8	0,7
C-3	juni 2004	2,9	6,9	90,2	6,6	zeer humeus zand	5,1	1,8
C-5	juni 2004	4,3	9,9	85,7	4,6	matig humeus zand	5,4	1,2

Beschikbare hoeveelheden met behulp van een 0,01 M CaCl₂ extractie

Code	Datum	pH-CaCl ₂	N-NO ₃ (mg/kg)	N-NH ₄ (mg/kg)	N _{ts} (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	S (mg/kg)	Ec ms/m
LB-2	april 2004	5,7	2	4	23	0,2		44	13
LB-3	april 2004	5,4	2	6	27	0,1		28	12
LV-3	april 2004	4,4	0	5	39	0,1		84	19
LV-4	april 2004	4,9	1	14	84	0,2		72	19
LV-7	april 2004	4,5	0	4	35	0,0		46	14
SB-1	april 2004	4,6	3	5	36	0,0		11	7
SB-2	april 2004	4,4	0	6	33	0,0		9	6
SB-3	april 2004	4,4	0	5	28	0,0		10	7
SB-4	april 2004	4,7	3	3	27	0,1		27	9
LB-2	juni 2004	5,7	3	3	22	0,2	46	44	18
LB-3	juni 2004	6,5	0	3	9	0,0	18	28	31
LV-3	juni 2004	4,4	3	8	48	0,3	68	84	36
LV-4	juni 2004	4,9	4	13	80	0,3	103	72	28
LV-7	juni 2004	4,6	0	7	36	0,1	71	46	13
SB-1	juni 2004	4,6	3	7	41	0,1	62	11	7
SB-2	juni 2004	4,3	0	3	24	0,1	34	9	6
SB-3	juni 2004	4,3	0	6	31	0,1	34	10	6
SB-4	juni 2004	4,6	4	6	34	0,1	61	27	10

P-totaal (mg/kg)	K-totaal (mg/kg)	Pw (mgP2O5/l)	P-All (mgP/kg)	Cd-totaal (mg/kg)	Cu-totaal (mg/kg)	Zn-totaal (mg/kg)	Cd-CaCl2 (mg/kg)	Cu-CaCl2 (mg/kg)	Zn-CaCl2 (mg/kg)	Fe-CaCl2 (mg/kg)
863	1493	9,2	73	0,00	10,67	135	0,0	0,1	1,4	1,9
132	504	5,7	17	0,00	0,00	15	0,0	0,0	0,9	2,0
1469	2145	5,7	74	4,00	18,66	223	0,2	0,0	15,3	9,7
1990	1490	5,3	38	4,00	22,67	243	0,1	2,6	12,3	10,0
515	752	2,7	11	0,00	6,67	75	0,2	0,0	15,6	35,6
1386	879	3,1	9	4,00	6,67	91	0,1	0,0	6,4	1,5
188	377	4,6	8	0,00	2,67	23	0,2	0,0	6,7	30,9
386	375	4,2	6	0,00	2,67	23	0,1	0,0	7,3	25,1
2916	500	4,6	51	4,00	6,67	63	0,1	0,0	4,1	1,1
310	-	-	60	0,75	2,39	73	-	-	-	-
70	-	-	20	0,11	0,43	21	-	-	-	-
790	-	-	70	0,78	7,87	98	-	-	-	-
480	-	-	170	0,42	8,23	48	-	-	-	-
770	-	-	60	0,62	7,90	69	-	-	-	-
440	-	-	70	0,62	6,39	73	-	-	-	-
100	-	-	10	0,09	0,74	17	-	-	-	-
430	-	-	40	0,50	6,92	64	-	-	-	-
280	-	-	160	0,45	4,30	48	-	-	-	-

Bijlage VIII.C. Sediment kwaliteit

Code	jaar	massa/ mat g/ mat	massa g/m ²	OS %	lutum % <2µm	silt % 2- 50µm	leem % <50µm	zand % >50µm	org. stof g/m ²	lutum g/m ²	silt g/m ²	leem g/m ²	zand g/m ²	N-totaal g/kg
LB-2	2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LB-3	2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LV-3	2004	89	355	17,9	10,50	33,2	43,7	56,3	63,4	31	97	127	164	5,5
LV-4	2004	30	120	41,3	25,50	72,2	97,7	2,3	49,4	18	51	69	2	10,7
LV-7	2004	13	50	48,3	22,30	53,4	75,7	24,3	24,3	6	14	20	6	14,0
SB-1	2004	14	55	44,0	7,73	32,3	40,0	60,0	24,1	2	10	12	18	9,0
SB-2	2004	58	231	45,1	23,20	73,4	96,6	3,4	103,9	29	93	122	4	12,7
SB-3	2004	11	42	41,3	24,30	55,6	79,9	20,1	17,5	6	14	20	5	12,7
SB-4	2004	10	39	39,5	6,84	29,7	36,5	63,5	15,3	2	7	9	15	8,3
A-1	2004	-	21020	0,92	2,0	11,3	13,4	86,6	193,6	425	2358	2782	18044	0,3
A-3	2004	-	6630	2,12	4,1	11,5	15,5	84,5	140,3	263	743	1006	5484	0,5
A-6	2004	-	400	24,97	28,0	59,7	87,7	12,3	99,1	84	179	263	37	8,0
B-1	2004	-	17870	1,53	3,3	9,2	12,5	87,5	274,0	588	1612	2200	15397	0,5
B-3	2004	-	560	21,76	21,5	59,0	80,5	19,5	121,9	94	259	353	85	7,2
B-6	2004	-	560	27,81	14,6	42,0	56,6	43,4	138,0	59	170	229	175	9,4
C-1	2004	-	45440	0,57	1,4	3,2	4,6	95,4	261,0	633	1428	2060	43121	0,1
C-3	2004	-	1130	12,92	13,7	41,3	55,0	45,0	145,4	135	406	541	443	4,7
C-5	2004	-	180	26,25	17,6	48,9	66,5	33,5	47,7	23	65	88	44	10,6
LB-2	2005	236	944	29,8	26,3	64,9	91,2	8,8	65,7	174	431	605	58	11
LB-3	2005	42	166	34,6	21,8	58,6	80,4	19,6	74,4	24	64	87	21	16
LV-3	2005	23	93	61,1	39,9	59	98,9	1,1	158,9	14	21	36	0	21
LV-4	2005	39	158	53,1	25,8	73,5	99,3	0,7	134,0	19	54	74	1	18
LV-7	2005	28	111	38,6	23,3	49,8	73,1	26,9	81,8	16	34	50	18	16
SB-1	2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB-2	2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB-3	2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB-4	2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LB-2	2006	1104	4416	7,9	9,9	24,5	34,4	65,7	350,6	402,1	994,4	1396,5	2669,0	3
LB-3	2006	24	96	51,0	21,7	55,8	77,5	22,5	48,8	10,2	26,1	36,3	10,5	20
LV-3	2006	8	32	62,7	28,0	54,6	82,6	17,4	20,1	3,3	6,5	9,9	2,1	25
LV-4	2006	48	190	48,9	21,6	75,4	97,0	3,1	93,1	21,0	73,3	94,3	3,0	22
LV-7	2006	28	112	64,0	30,6	59,7	90,3	9,7	71,6	12,3	24,1	36,4	3,9	25
SB-1	2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB-2	2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB-3	2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB-4	2006	4	14	28,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9

	P- totaal mg/kg	P g/kg	K mg/kg	N g/m ²	P g/m ²	N kg/ha	P kg/ha	As- totaal mg/kg	Cd- totaal mg/kg	Cu- totaal mg/kg	Ni- totaal mg/kg	Zn- totaal mg/kg	Cd mg/m ²	Cu mg/m ²	Ni mg/m ²	Zn mg/m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1451	1,5	-	5,2	0,92	52,3	9,2	-	1,2	51,1	-	278,8	0,4	18,1	-	99,0	
2841	2,8	-	1,4	0,63	13,8	6,3	-	2,8	68,9	-	315,9	0,3	8,2	-	37,8	
3084	3,1	-	0,7	0,25	7,0	2,5	-	5,3	140,7	-	628,3	0,3	7,1	-	31,6	
1144	1,1	-	0,5	0,25	4,9	2,5	-	1,7	109,7	-	222,5	0,1	6,0	-	12,2	
14287	14,3	-	2,9	3,80	29,3	38,0	-	1,3	47,8	-	154,3	0,3	11,0	-	35,6	
3854	3,9	-	0,5	0,30	5,4	3,0	-	4,5	118,6	-	487,3	0,2	5,0	-	20,6	
1427	1,4	-	0,3	0,10	3,2	1,0	-	4,4	146,7	-	453,1	0,2	5,7	-	17,6	
222	0,2	-	5,3	4,8	52,7	47,6	-	1,3	2,3	12,4	61,1	26,5	49,3	259,8		
444	0,4	-	3,6	3,1	35,6	31,4	-	1,8	7,2	21,2	133,2	12,0	47,6	140,3	882,7	
6110	6,1	-	3,2	2,4	31,9	24,4	-	13,5	83,8	191,7		5,3	33,2	76,1	500,6	
332	0,3	-	8,1	6,3	81,3	63,3	-	0,9	5,2	22,7	84,0	15,4	92,8	405,8		
4376	4,4	-	4,1	2,6	40,6	25,7	-	7,4	53,3	194,9	938,8	4,2	29,9	109,2	525,8	
3345	3,3	-	5,3	2,3	52,6	22,5	-	6,4	41,9	239,1	836,1	3,5	23,4	133,5	466,8	
101	0,1	-	5,3	4,7	53,1	47,5	-	0,4	1,5	9,6	30,2	19,5	67,5	434,2		
2270	2,3	-	7,7	2,8	76,7	28,0	-	4,6	27,9	163,8	661,3	5,1	31,4	184,4	744,4	
2940	2,9	-	1,9	0,8	19,2	7,8	-	9,1	70,2	300,4		1,7	12,8	54,6	260,9	
3676	3,7	-	10,8	3,5	107,7	34,7	1,31	4,03	55	240	774	3,8	52,1	227,1	730,9	
2352	2,4	-	2,6	0,4	26,0	3,9	1,71	2,16	199	44	536	2,0	187,9	41,9	505,9	
4053	4,1	-	1,9	0,4	19,2	3,8	1,24	3,73	301	72	637	3,5	283,8	68,4	601,3	
3582	3,6	-	2,8	0,6	27,7	5,7	0,46	3,46	141	57	319	3,3	133,5	53,8	301,2	
2876	2,9	-	1,8	0,3	17,8	3,2	2,91	3,44	249	90	506	3,3	234,7	84,9	478,1	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
950	0,9	799	11,2	4,2	112,0	41,9		0,9	10,3	50,6	129,6	0,9	9,7	47,8	122,4	
2822	2,8	1500	2,0	0,3	19,6	2,7		1,6	164,6	21,3	268,3	1,5	155,5	20,1	253,4	
5885	5,9	1361	0,8	0,2	7,9	1,9		3,8	371,7	43,9	463,7	3,6	351,1	41,5	438,0	
12968	13,0	476	4,1	2,5	41,5	24,7		2,7	134,7	32,0	199,0	2,5	127,2	30,3	187,9	
4052	4,1	2236	2,8	0,5	28,2	4,5		4,8	463,6	60,0	470,7	4,6	437,8	56,7	444,6	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1818	1,8	1877	0,1	0,0	1,3	0,3		2,0	377,1	15,9	131,8	1,9	356,1	15,0	124,5	

Bijlage IX. Raaien en pq's (vegetatie)

A. Overzichtskaarten



Smalbroeken: SB-2, SB-3 en SB-4



Smalbroeken: SB-1



Logtse Velden: LV-3, LV-4 en LV-7



Logtse Baan: LB-2 en LB-3

B. Coördinaten

De coördinaten geven het midden van de proefvlakken aan. De bodemonsters zijn per locatie gestoken, niet per pq.

Code	PQ nummer	X-coördinaat	Y-coördinaat
LB-2	pq1	146582	394791
LB-2	pq2	146593	394801
LB-2	pq3	146605	394811
LB-2	pq4	146616	394821
nabij LB-2	exclosure	146591	394818
LB-3	pq1	146296	394893
LB-3	pq2	146301	394907
LB-3	pq3	146306	394921
LB-3	pq4	146311	394935
LV-4	pq1	146624	395565
LV-4	pq2	146608	395566
LV-3	pq3	146789	395537
LV-3	pq4	146808	395538
LV-7	pq1	146846	395896
LV-7	pq2	146849	395907
LV-7	pq3	146863	395915
LV-7	pq4	146868	395921
SB-1	pq1	147172	396271
SB-1	pq2	147186	396274
SB-1	pq3	147201	396276
SB-3	pq1	147595	396696
SB-3	pq2	147584	396694
SB-2	pq3	147653	396586
SB-2	pq4	147640	396611
SB-4	pq1	147567	396870
SB-4	pq2 e	147544	396902
SB-4	pq3	147535	396918
SB-4	pq4	147527	396931

Bijlage X. Synoptische tabel van de permanente proefvlakken langs de Beerze (2006).

Gebiedscode	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B			
	SB-4		LB-2		LB-3		LV-3 & 4		LV-7		SB-1			SB-2 & 3	
Omschrijving	Begraasd		Logtse baan NO		Logtse baan NW		Logtse velden		Liesgras-grasland		Meander-grasland		Blauw-grasland		
Aantal opnamen	4		5		4		4		4		3		4		
Algemene soorten															
<i>Agrostis stolonifera</i>	100	23	100	38	100	36	25	2	100	4	67	4	50	4	Fioringras
<i>Poa trivialis</i>	100	11	20	2	25	2	25	2	50	3	67	3	.	.	Ruw beemdgras
<i>Cardamine pratensis</i>	100	3	.	.	25	2	100	2	100	2	100	3	75	2	Pinksterbloem
<i>Galium palustre</i>	75	3	100	3	50	3	100	3	100	4	100	3	50	11	Moeraswalstro
<i>Juncus acutiflorus</i>	50	3	40	3	50	2	25	2	25	3	33	2	100	5	Veldrus
<i>Ranunculus flammula</i>	50	2	20	3	75	2	75	2	75	3	100	3	100	4	Egelboterbloem
<i>Ranunculus repens</i>	50	5	20	2	.	.	25	1	50	3	100	6	50	3	Kruipende boterbloem
<i>Glyceria maxima</i>	25	1	40	11	25	2	50	4	75	14	33	2	.	.	Liesgras
<i>Myosotis scorpioides</i>	.	.	100	4	50	3	50	3	50	3	100	3	75	2	Moerasverg.-mij-nietje
<i>Lysimachia vulgaris</i>	.	.	20	3	25	2	100	9	100	22	67	3	100	9	Grote wederik
Begraasde terreinen															
<i>Trifolium repens</i>	75	4	.	.	25	3	.	.	.	.	.	.	.	.	Witte klaver
<i>Cirsium arvense</i>	50	3	20	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Akkerdistel
<i>Juncus articulatus</i>	50	2	.	.	50	3	.	.	.	.	.	.	.	.	Zomprus
<i>Persicaria hydropiper</i>	25	3	20	2	25	2	.	.	.	.	.	.	.	.	Waterpeper
<i>Juncus bufonius</i>	25	3	.	.	75	3	.	.	.	.	.	.	.	.	Greppelrus
<i>Leptobr. pyriforme</i>	25	3	.	.	50	4	.	.	.	.	.	.	.	.	Slankmos
<i>Leont. autumnalis</i>	25	2	.	.	50	2	.	.	.	.	.	.	.	.	Vertakte leeuwentand
Weiland															
<i>Brachyth. rutabulum</i>	75	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Gewoon dikkopmos
<i>Cirsium vulgare</i>	75	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Speerdistel
<i>Agrostis capillaris</i>	50	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Gewoon struisgras
<i>Lolium perenne</i>	50	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Engels raaigras
<i>Epilobium obscurum</i>	50	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Donkergroene b.wed.
<i>Scutel. galericulata</i>	25	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Blauw glidkruid
<i>Carex hirta</i>	25	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ruige zegge
<i>Physcom. pyriforme</i>	25	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Gew. knikkertjesmos
<i>Prunella vulgaris</i>	25	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Gewone brunel
<i>Cerastium fontanum</i>	25	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Gewone hoornbloem
<i>Phleum pratense</i>	25	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Timoteegras
<i>Myosotis laxa</i>	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Zompverg.-mij-nietje
<i>Anthriscus sylvestris</i>	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Fluitenkruid
<i>Carex paniculata</i>	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Pluimzegge
<i>March. polymorpha</i>	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Parapluitjesmos
Natuurontwikkeling															
<i>Salix cinerea</i>	.	.	100	10	100	9	.	.	.	.	.	.	.	.	Grauwe wilg
<i>Lycopus europaeus</i>	.	.	100	3	100	2	.	.	.	.	.	.	.	.	Wolfspoot
<i>Rorippa amphibia</i>	.	.	100	3	50	2	.	.	.	.	.	.	.	.	Gele waterkers
<i>Salix alba</i>	.	.	60	4	100	4	.	.	.	.	.	.	.	.	Schietwilg
<i>Alisma pl. -aquatica</i>	.	.	40	2	75	2	.	.	.	.	.	.	.	.	Grote waterweegbree
<i>Bidens tripartita</i>	.	.	20	1	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.	Veerdelig tandzaad
LB-2															
<i>Rumex obtusifolius</i>	.	.	100	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ridderzuring
<i>Scirpus sylvaticus</i>	.	.	20	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Bosbies
<i>Stachys palustris</i>	.	.	20	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Moerasandoorn

F: frequentie (%); B: karakteristieke bedekking (%).

Gebiedscode	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B			
	SB-4		LB-2		LB-3		LV-3 & 4		LV-7		SB-1			SB-2 & 3	
Omschrijving	Begraasd		Logtse baan NO		Logtse baan NW		Logtse velden		Liesgrasland		Meandergrasland		Blauwgrasland		
Aantal opnamen	4		5		4		4		4		3		4		
<i>Salix aurita</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	1	Geoorde wilg
<i>Luzula multiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	3	Veelbl. veldbies
<i>Caltha palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	3	Dotterbloem
<i>Ranunculus acris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	3	Scherpe boterbloem
<i>Ajuga reptans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	2	Kruipend zenegroen
<i>Gent. pneumonanthe</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	1	Klokjesgentiaan
Overige soorten															
<i>Achillea ptarmica</i>	50	3	20	3	25	2	25	2	.	.	.	.	.	.	Wilde bertram
<i>Alopec. geniculatus</i>	25	4	20	3	.	.	.	.	.	.	67	2	0	.	Geknikte vossenstaart
<i>Callierg. cuspidata</i>	25	3	.	.	.	.	25	2	75	3	100	5	25	3	Gewoon puntmos
<i>Callitriche species</i>	.	.	20	2	50	4	.	.	25	3	33	2	.	.	Sterrenkroos (G)
<i>Calystegia sepium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	25	2	33	2	.	.	Haagwinde
<i>Carex acuta</i>	.	.	.	.	25	3	75	9	25	2	33	2	25	2	Scherpe zegge
<i>Carex vesicaria</i>	.	.	80	5	100	8	100	10	50	3	100	3	25	2	Blaaszegge
<i>Cirsium palustre</i>	25	8	.	.	.	.	.	.	.	.	33	8	.	.	Kale jonker
<i>Eleocharis palustris</i>	.	.	100	11	75	4	.	.	.	.	33	4	.	.	Gewone waterbies
<i>Equisetum fluviatile</i>	.	.	20	2	.	.	.	.	25	1	.	.	.	.	Holpijp
<i>Filipendula ulmaria</i>	.	.	20	2	.	.	.	.	.	.	33	1	25	1	Moerasspirea
<i>Glyceria fluitans</i>	25	3	60	3	.	.	.	.	.	.	67	20	.	.	Mannagras
<i>Holcus lanatus</i>	100	8	.	.	.	.	.	.	.	.	100	36	100	3	Gestreepte witbol
<i>Juncus effusus</i>	100	44	100	14	100	4	50	3	.	.	100	2	.	.	Pitrus
<i>Lotus pedunculatus</i>	25	3	100	2	75	4	.	.	25	4	.	.	50	2	Moerasrolklaver
<i>Lys. nummularia</i>	.	.	100	7	75	3	.	.	.	.	33	2	.	.	Penningkruid
<i>Lythrum salicaria</i>	.	.	100	3	100	6	25	1	25	2	.	.	.	.	Grote kattenstaart
<i>Mentha aquatica</i>	.	.	100	22	75	11	.	.	.	.	67	6	25	3	Watermunt
<i>Mentha arvensis</i>	25	2	.	.	75	2	.	.	.	.	33	2	.	.	Akkermunt
<i>Persicaria amphibia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	50	2	.	.	25	1	Veenwortel
<i>Phalaris arundinacea</i>	25	2	100	3	.	.	75	5	100	11	100	5	.	.	Rietgras
<i>Phragmites australis</i>	.	.	.	.	75	3	.	.	50	2	.	.	.	.	Riet
<i>Rhytid. squarrosus</i>	25	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50	21	Gewoon haakmos
<i>Rum. hydrolapathum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	25	1	33	1	.	.	Waterzuring
<i>Rumex crispus</i>	.	.	60	2	.	.	25	1	.	.	.	.	.	.	Krulzuring
<i>Taraxacum species</i>	25	3	.	.	.	.	.	.	.	.	33	2	.	.	Paardenbloem (G)
<i>Urtica dioica</i>	75	9	.	.	.	.	25	1	.	.	.	.	.	.	Grote brandnetel
<i>Veronica scutellata</i>	.	.	.	.	25	2	25	2	.	.	67	2	.	.	Schildereprijs

F: frequentie (%); B: karakteristieke bedekking (%).

Bijlage XI. Vegetatie 2004 -2007

A. Veranderingen in begraasde terreinen

Terrein	SB-4				LB-2				LB-3			
	2004		2007		2004		2007		2004		2007	
Jaar	37		43		41		41		37		41	
Soortenaantal	37		43		41		41		37		41	
Gem. bed. kruidlaag (%)	91		96		79		90		36		74	
Gem. bed. moslaag (%)	4		2		3		0		2		2	
Gem. hoogte (cm)	26		95		27		76		13		100	
Frequentie / Bedekking	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B
<i>Achillea ptarmica</i>	50	3	50	3	.	.	20	3	.	.	25	2
<i>Agrostis capillaris</i>	.	.	50	3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis stolonifera</i>	100	33	100	23	100	42	100	38	75	28	100	36
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	.	.	.	.	80	2	40	2	75	3	75	2
<i>Alopecurus geniculatus</i>	50	8	25	4	100	8	20	3	75	3	.	.
<i>Anthriscus sylvestris</i>	.	.	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bidens cf. tripartita</i>	.	.	.	.	60	3	20	1	.	.	25	1
<i>Brachythecium rutabulum</i>	100	6	75	3	20	3	.	.	.	.	.	.
<i>Calliergonella cuspidata</i>	50	3	25	3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Callitriche species</i>	.	.	.	.	20	2	20	2	50	3	50	4
<i>Cardamine flexuosa</i>	.	.	.	.	20	3	.	.	.	.	.	.
<i>Cardamine pratensis</i>	100	4	100	3	.	.	.	.	.	.	25	2
<i>Carex acuta</i>	.	.	.	.	80	9	.	.	.	.	25	3
<i>Carex acutiformis</i>	.	.	.	.	20	2	.	.	.	.	25	2
<i>Carex hirta</i>	25	3	25	3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex oeder ssp. oederi</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	25	2	.	.
<i>Carex paniculata</i>	.	.	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex pseudocyperus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50	7
<i>Carex rostrata</i>	.	.	.	.	.	.	20	2	.	.	.	.
<i>Carex vesicaria</i>	.	.	80	5	.	.	80	5	100	3	100	8
<i>Cerastium fontanum vulg.</i>	25	3	25	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cirsium arvense</i>	.	.	50	3	20	2	20	3	.	.	.	.
<i>Cirsium palustre</i>	25	3	25	8	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cirsium vulgare</i>	.	.	75	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eleocharis palustris</i>	.	.	.	.	60	4	100	11	75	7	75	4
<i>Elymus repens</i>	.	.	.	.	20	2	20	3	.	.	.	.
<i>Epilobium obscurum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Equisetum fluviatile</i>	.	.	.	.	.	.	20	2	.	.	.	.
<i>Festuca rubra</i>	25	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Filipendula ulmaria</i>	.	.	.	.	20	2	.	.	.	.	.	.
<i>Galium palustre</i>	.	.	75	2	100	2	100	3	50	3	50	3
<i>Galium uliginosum</i>	50	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glyceria fluitans</i>	75	3	25	3	80	3	60	3	.	.	.	.
<i>Glyceria maxima</i>	.	.	25	1	20	2	40	11	.	.	25	2
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	75	3	.	.
<i>Holcus lanatus</i>	100	3	100	8	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Juncus acutiflorus</i>	25	3	50	3	40	2	40	3	.	.	50	2
<i>Juncus articulatus</i>	.	.	50	2	80	4	.	.	75	4	50	3
<i>Juncus bufonius</i>	75	3	25	3	60	4	.	.	100	6	75	3
<i>Juncus conglomeratus</i>	25	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Juncus effusus</i>	75	48	100	44	100	10	100	14	50	3	100	4
<i>Leersia oryzoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	3
<i>Leontodon autumnalis</i>	25	3	25	2	.	.	.	.	.	.	50	2
<i>Leptobryum pyriforme</i>	.	.	25	3	.	.	.	.	.	.	50	4
<i>Lolium perenne</i>	50	4	50	3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lot corniculatus cornicul.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	25	2	.	.

Terrein	SB-4				LB-2				LB-3			
	2004		2007		2004		2007		2004		2007	
Jaar	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B
Frequentie / Bedekking	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B
<i>Lotus pedunculatus</i>	25	2	25	3	60	2	100	2	25	3	75	4
<i>Ludwigia palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50	23
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	25	2	.	.	20	2	.	.	.	.	.	.
<i>Lycopus europaeus</i>	.	.	.	.	60	3	100	3	25	3	100	2
<i>Lysimachia nummularia</i>	.	.	.	.	80	19	100	7	25	2	75	3
<i>Lysimachia vulgaris</i>	.	.	.	.	40	3	20	3	.	.	25	2
<i>Lythrum portula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	50	3	.	.
<i>Lythrum salicaria</i>	.	.	.	.	100	4	100	3	100	9	100	6
<i>Marchantia polymorpha</i>	.	.	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Mentha aquatica</i>	25	3	.	.	100	8	100	22	100	4	75	11
<i>Mentha arvensis</i>	.	.	25	2	.	.	.	.	.	.	75	2
<i>Myosotis laxa</i>	25	2	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Myosotis palustris</i>	.	.	.	.	100	5	100	4	75	3	50	3
<i>Phalaris arundinacea</i>	25	3	25	2	40	2	100	3	.	.	.	.
<i>Philonotis species</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	50	4	.	.
<i>Phleum pratense</i>	.	.	25	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phragmites australis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	25	8	75	3
<i>Physcomitrium pyriforme</i>	.	.	25	3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Plantago major</i>	.	.	.	.	40	3	.	.	25	2	.	.
<i>Poa annua</i>	25	3	.	.	20	2	.	.	25	4	.	.
<i>Poa pratensis</i>	50	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Poa trivialis</i>	100	10	100	11	20	4	20	2	25	2	25	2
<i>Pohlia nutans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	25	4	.	.
<i>Persicaria hydropiper</i>	50	3	25	3	60	3	20	2	.	.	25	2
<i>Polygonum mitis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	3
<i>Ranunculus acris</i>	25	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus flammula</i>	100	3	50	2	80	3	20	3	75	3	75	2
<i>Ranunculus repens</i>	50	6	50	5	.	.	20	2	.	.	.	.
<i>Rhytidia squarrosus</i>	.	.	25	3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rorippa amphibia</i>	.	.	.	.	.	.	100	3	.	.	50	2
<i>Rorippa austriaca</i>	.	.	.	.	80	3	.	.	.	.	.	.
<i>Rorippa nasturtium-aquat.</i>	.	.	.	.	20	3	.	.	.	.	.	.
<i>Rorippa species</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	25	2	.	.
<i>Rorippa sylvestris</i>	.	.	.	.	20	3	.	.	.	.	.	.
<i>Rumex crispus</i>	.	.	.	.	.	.	60	2	.	.	.	.
<i>Rumex obtusifolius</i>	.	.	.	.	60	2	100	2	25	2	.	.
<i>Sagina nodosa</i>	25	3	.	.	.	.	.	.	25	4	.	.
<i>Salix alba s.l.</i>	.	.	.	.	.	.	60	4	25	2	100	4
<i>Salix cinerea</i>	.	.	.	.	100	3	100	10	75	3	100	9
<i>Salix x rubens</i>	.	.	.	.	40	3	.	.	100	4	.	.
<i>Salix viminalis</i>	.	.	.	.	.	.	20	1	.	.	.	.
<i>Scirpus lacustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	25	2	50	2
<i>Scirpus sylvaticus</i>	.	.	.	.	.	.	20	8	.	.	.	.
<i>Scutellaria galericulata</i>	25	8	25	8	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sium latifolium</i>	.	.	.	.	20	2	20	1	.	.	.	.
<i>Solanum dulcamara</i>	.	.	.	.	.	.	20	2	.	.	.	.
<i>Sparganium erectum</i>	.	.	.	.	.	.	20	1	.	.	.	.
<i>Stachys palustris</i>	.	.	.	.	.	.	20	3	.	.	.	.
<i>Taraxacum species</i>	50	2	25	3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trifolium repens</i>	75	7	75	4	100	4	.	.	50	3	25	3
<i>Urtica dioica</i>	50	3	75	9	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica arvensis</i>	50	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica catenata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	50	3	.	.
<i>Veronica scutellata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	2

Markering: rood = afname; groen = toename (bij bedekking minimaal 10%; bij hoogte minimaal 10 cm).
F: frequentie (%); B: karakteristieke bedekking (%).

B. Veranderingen in hoilanden

Terrein	LV-3 + LV-4				LV-7				SB-1				SB-2 + SB-3			
	2004		2007		2004		2007		2004		2007		2004		2007	
Soortenaantal	17		30		23		29		29		40		40		42	
Gem. bed. kr.I. (%)	85		78		86		90		82		68		85		76	
Gem. bed. m.I. (%)	1		0		16		0		18		4		50		14	
Gem. hoogte (cm)	51		81		38		89		33		93		27		63	
Freq. / Bedekking	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B
<i>Achillea ptarmica</i>	.	.	25	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis canina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100	12
<i>Agrostis capillaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	75	10	.	.
<i>Agrostis stolonif.</i>	.	.	25	2	100	19	100	4	.	.	67	4	25	8	50	4
<i>Ajuga reptans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	2
<i>Alopecurus genic.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	100	4	67	2	.	.	.	.
<i>Anthoxanthum od.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	67	2	25	4	75	3
<i>Calamagrostis can.</i>	100	78	100	58	100	12	100	53	100	13	67	13	50	36	75	4
<i>Call. cordifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	33	2	.	.	.	.
<i>Calliergonella cus.</i>	.	.	25	2	25	18	75	3	67	28	100	5	25	38	25	3
<i>Callitriche species</i>	.	.	.	.	.	.	25	3	.	.	33	2	.	.	.	.
<i>Caltha pal. ssp pal.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50	2	25	3
<i>Calystegia sepium</i>	.	.	.	.	.	.	25	2	.	.	33	2	.	.	.	.
<i>Cardamine prat.</i>	100	3	100	2	100	5	100	2	100	4	100	3	50	4	75	2
<i>Carex acuta</i>	50	3	75	9	.	.	25	2	67	6	33	2	.	.	25	2
<i>Carex disticha</i>	25	3	50	6	75	5	100	3	.	.	.	.	25	2	25	2
<i>Carex nigra</i>	25	3	75	3	.	.	25	2	.	.	33	2	.	.	75	2
<i>Carex oed. oedoca</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	2	.	.
<i>Carex ovalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	1	.	.
<i>Carex panicea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	75	16	50	23
<i>Carex vesicaria</i>	100	8	100	10	75	7	50	3	100	10	100	3	25	4	25	2
<i>Cirsium dissectum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	3	75	4
<i>Cirsium palustre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	33	3	33	8	25	2	.	.
<i>Convolvulus arv.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	33	3	.	.	.	.	.	.
<i>Danthonia decumb.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	8	50	4
<i>Drepanocladus ad.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	75	5
<i>Eleocharis palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	33	4	25	4	.	.
<i>Epilobium species</i>	25	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Equiset. fluviatile</i>	.	.	.	.	.	.	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca ovina s.l.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50	4
<i>Festuca rubra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50	6	.	.
<i>Filipendula ulmaria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	33	1	.	.	25	1
<i>Galium palustre</i>	100	4	100	3	100	5	100	4	100	3	100	3	50	3	50	11
<i>Galium uliginosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	67	4	.	.	.	.	.	.
<i>Gent. pneumon.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	1
<i>Glechoma hederac.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	33	2	33	3	.	.	.	.
<i>Glyceria fluitans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	100	17	67	20	.	.	.	.
<i>Glyceria maxima</i>	50	4	50	4	75	17	75	14	67	3	33	2	.	.	.	.
<i>Holcus lanatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	33	4	100	36	50	3	100	3
<i>Humulus lupulus</i>	.	.	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hypnum cupressif.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	68	.	.
<i>Iris pseudacorus</i>	.	.	25	2	25	2	50	2	100	2	100	2	50	2	75	2
<i>Juncus acutiflorus</i>	.	.	25	2	50	8	25	3	.	.	33	3	100	10	100	5
<i>Juncus conglom.</i>	.	.	25	2	.	.	.	.	.	.	33	2	75	5	75	3
<i>Juncus effusus</i>	25	2	50	3	25	2	.	.	67	5	100	2	.	.	.	.
<i>Lotus pedunculatus</i>	.	.	.	.	50	8	25	4	.	.	.	.	25	3	50	2
<i>Luzula multiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	3	25	3
<i>Lysimachia numm.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	33	2	25	2	.	.

Terrein	LV-3 + LV-4				LV-7				SB-1				SB-2 + SB-3			
	2004		2007		2004		2007		2004		2007		2004		2007	
	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B
Jaar																
Freq. / Bedekking																
<i>Lysimachia vulg.</i>	100	4	100	9	75	15	100	22	33	3	67	3	100	8	100	9
<i>Lythrum salicaria</i>	.	.	25	1	.	.	25	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Mentha aquatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	33	3	67	6	25	3	25	3
<i>Mentha arvensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	33	2	.	.	.	.
<i>Molinia caerulea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	3	50	11
<i>Myosotis palustris</i>	50	4	50	3	100	4	50	3	100	3	100	3	50	2	75	2
<i>Phalaris arundin.</i>	75	9	75	5	.	.	100	11	100	6	100	5	.	.	.	.
<i>Phragmites austr.</i>	.	.	.	.	.	.	50	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Plantago lanceolata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	33	1	.	.	.	.
<i>Poa palustris</i>	.	.	25	2	100	4	50	2	100	6	.	.	.	.	.	.
<i>Poa trivialis</i>	.	.	25	2	50	4	50	3	33	4	67	3	.	.	.	.
<i>Polygonum amph.</i>	.	.	.	.	50	4	50	2	.	.	.	.	.	.	25	1
<i>Potentilla erecta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50	6	50	3
<i>Potentilla palustris</i>	.	.	25	2	50	3	50	2	.	.	.	.	25	4	25	2
<i>Quercus robur</i>	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus acris</i>	.	.	.	.	25	2	.	.	.	.	.	.	25	2	25	3
<i>Ranunculus flamm.</i>	75	2	75	2	100	3	75	3	100	4	100	3	75	8	100	4
<i>Ranunculus repens</i>	.	.	25	1	50	6	50	3	67	4	100	6	.	.	50	3
<i>Rhytidadelph. sq.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50	43	50	21
<i>Rorippa palustris</i>	.	.	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rumex acetosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	33	3	33	2	25	3	25	3
<i>Rumex crispus</i>	.	.	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rumex hydrolap.</i>	.	.	.	.	.	.	25	1	.	.	33	1	.	.	.	.
<i>Salix aurita</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	1
<i>Salix repens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50	23	50	21
<i>Scutellaria galeric.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	33	3	.	.	.	.	.	.
<i>Stellaria palustris</i>	50	4	75	2	50	6	50	2	33	3	67	2	25	3	25	3
<i>Succisa pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50	3	50	6
<i>Taraxacum species</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	33	2	33	2	.	.	.	.
<i>Thalictrum flavum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	33	2	.	.	.	.
<i>Urtica dioica</i>	.	.	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica catenata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	33	2	.	.	25	4	.	.
<i>Veronica scutellata</i>	.	.	25	2	.	.	.	.	.	.	67	2	.	.	.	.
<i>Veronica species</i>	25	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Markering: rood = afname; groen = toename (bij bedekking minimaal 10%); bij hoogte minimaal 10 cm).
F: frequentie (%); B: karakteristieke bedekking (%).

C. Mogelijke waarnemerseffecten

Determinatie 2004		Determinatie 2006		Gebied
<i>Agrostis capillaris</i>	Gewoon struisgras	<i>Agrostis canina</i>	Moerasstruisgras	SB-2 & 3
<i>Bidens species</i>	Tandzaad (G)	<i>Bidens tripartita</i>	Veerdelig tandzaad	LB-2
<i>Carex oederi ssp. oederi</i>	Dwergzegge	<i>Carex oederi ssp. oedocarpa</i>	Geelgroene zegge	LB-3
<i>Convolvulus arvensis</i>	Akkerwinde	<i>Calystegia sepium</i>	Haagwinde	SB-1
<i>Hypnum cupressiforme</i>	Gewoon klauwtjesmos	<i>Drepanocladus aduncus</i>	Gewoon sikkelmoss	SB-2 & 3
<i>Pohlia nutans</i>	Gewoon peermoss	<i>Leptobryum pyriforme</i>	Slankmoss	LB-3
<i>Sagina nodosa</i>	Sierlijke vetmuur	<i>Sagina procumbens</i>	Kruipend vetmuur	SB-4
<i>Salix x rubens</i>	Bindwilg	<i>Salix alba s.l. *)</i>	Schietwilg *)	LB-2
<i>Veronica catenata</i>	Rode waterereprijs	<i>Ludwigia palustris</i>	Waterlepeltje	LB-3

Verschillen in soortensamenstelling die waarschijnlijk zijn terug te voeren op waarnemerseffecten.
 *) incl. bastaarden met *Salix fragilis* (Kraakwilg).

D. Nutrientgehalten in vegetatie

Code	Jaar	Drogestof g/m ²	N g/kg	P g/kg	K g/kg	N/P	N/K	K/P	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha
LB2	2004	373	9,4	2,2	14,3	4,2	0,7	6,4	35,0	8,4	53,2
LB3	2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LV3	2004	868	7,1	1,2	6,5	6,1	1,1	5,5	61,8	10,2	56,0
LV4	2004	320	13,8	1,7	5,0	7,9	2,8	2,9	44,2	5,6	16,0
LV7	2004	709	8,5	1,3	7,0	6,5	1,2	5,4	60,0	9,2	50,0
SB1	2004	499	10,9	1,3	4,1	8,3	2,6	3,1	54,6	6,6	20,7
SB2	2004	341	11,6	0,8	8,1	15,4	1,4	10,7	39,7	2,6	27,6
SB3	2004	281	13,9	0,8	6,2	17,1	2,2	7,7	38,9	2,3	17,4
SB4	2004	730	11,9	1,8	10,1	6,5	1,2	5,5	86,6	13,3	73,7
LB2	2005	593	14,3	2,2	23,2	6,6	0,6	10,7	84,6	12,8	137,6
LB3	2005	286	14,1	1,8	16,7	7,6	0,8	9,1	40,2	5,3	47,7
LV3	2005	639	13,2	1,7	10,6	8,0	1,2	6,4	84,5	10,6	68,0
LV4	2005	402	15,0	1,8	8,0	8,4	1,9	4,5	60,5	7,2	32,3
LV7	2005	764	12,9	1,7	13,3	7,6	1,0	7,9	98,2	12,9	101,3
SB1	2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB2	2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB3	2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB4	2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LB21	2006	497	23,5	2,8	37,2	8,4	0,6	13,3	116,7	13,9	184,9
LB3	2006	248	19,5	2,6	23,1	7,6	0,8	9,0	48,4	6,4	57,2
LV3	2006	594	15,3	2,0	13,9	7,8	1,1	7,1	91,1	11,7	82,9
LV4	2006	488	17,2	2,2	9,0	7,8	1,9	4,1	83,7	10,8	44,0
LV7	2006	546	13,0	2,1	13,9	6,3	0,9	6,7	71,2	11,3	76,0
SB1	2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB2	2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB3	2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SB4	2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

N gelimiteerd= $N/P < 14,5; N/K < 2,1$
 P gelimiteerd= $N/P > 14,5; K/P > 3,4$
 K gelimiteerd= $N/K > 2,1; K/P < 3,4$
 (Olde Venterink et al. 2004)

