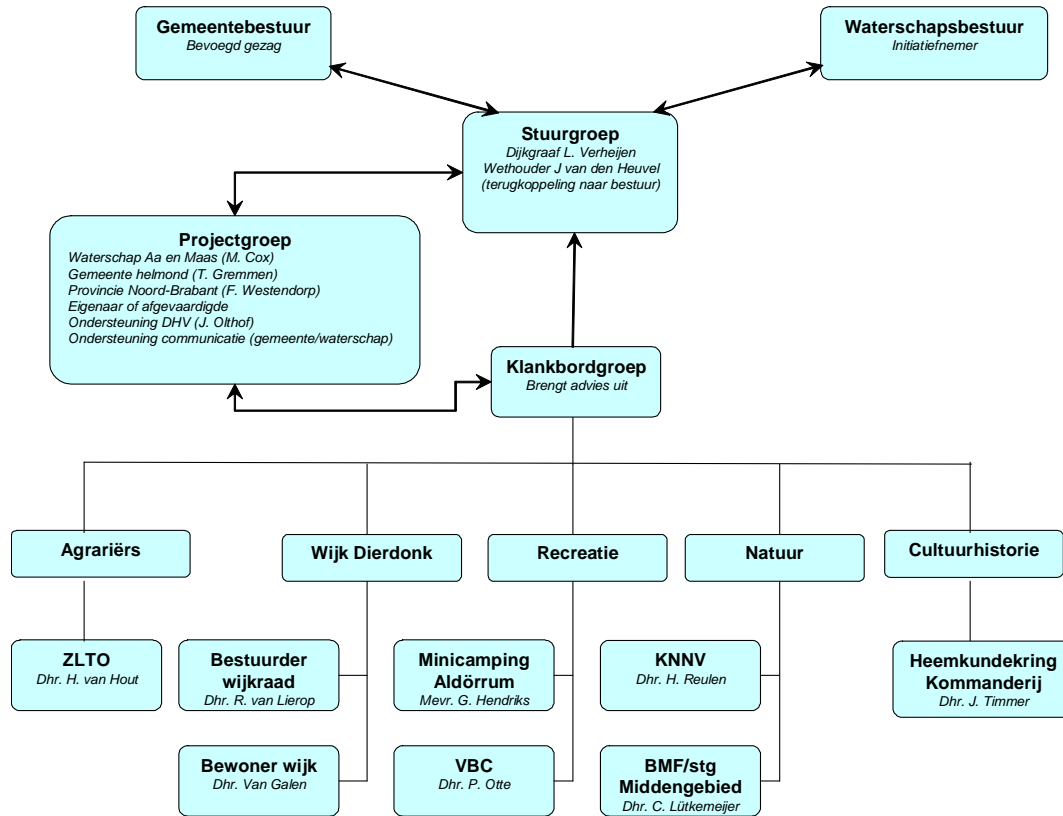


BIJLAGE 1 Projectorganisatie



BIJLAGE 2 Adviezen klankbordgroep

Advies klankbordgroep op de startnotitie Bakelse Beemden (DHV, 2005)

Vastgesteld door de Klankbordgroep Bakelse Beemden op 13 december 2005 in het Grotels Hof te Bakel

Algemeen standpunt

- Bakelse Beemden moet pronkstuk worden
- Klankbordgroep signaleert kansen, risico's goed in beeld brengen in MER
- Van bedreigingen kansen maken
- Het gebied mag onder voorwaarden veranderen (bv andere natuur dan huidige)
- Respect voor huidige economische gebruikers

Suggesties voor planvorming Zoek naar vorm en hoeveelheid waterberging die niet ten koste gaat van natuur, cultuurhistorie, archeologie, landschappelijke, morfologische en recreatieve waarden (oude meanders), maar waarden versterkt

- Dus nader onderzoek naar flora en fauna, bomen, archeologische waarden etc (verleden en heden).
- Concrete inrichtingsvoorstellen (historisch padenstructuur, vissteigers etc) plek geven in plan
- Breng variatie in alternatieven wat betreft extensieve recreatie (wel of geen scheiding recreatie-ecologie, wel of geen aansluiting op regionale netwerken)
- Breng mogelijkheden voor ruimtelijke variatie in beeld: bv open gebied versus bos voor bos, wel of geen dijken
- Bekijk opgave in samenhang met boven- en benedenstrooms gebied
- Alternatieven ontwikkelen vanuit integrale Reconstructiegedachte
- Eisen soorten als uitgangspunt voor inrichting (bv variatie in waterbodemdpte voor vissen, paaiplaats)
- Plan ontwikkelen vanuit actuele versus potentiële natuurwaarden (bv verdrogingsbestrijding, natuurlijk bos)
- Kansen benutten van grondverwerving (ook buiten plangebied)

Te onderzoeken effecten in MER

- Beschermde soorten + inventarisatie
- Potentiële natuurwaarden
- Grondwaterveranderingen Dierdonk, landbouw en natuur

DHV B.V.

- Landbouwkundige structuur en landbouwkundige bedrijfsvoering (huiskavel)
- Effecten recreatie op natuur
- Effecten ontgraven op natuur, archeologische, morfologische waarden
- Waterkwaliteit
- Grondbalans (hoeveelheid en kwaliteit)

Algemeen startnotitie

- Redactionele aanpassingen
- referentiebeelden waterberging
- Verduidelijking begrip concreet waterbergingsgebied
- Verduidelijking relatie plangebied en totaal concreet aangewezen waterbergingsgebied

Advies klankbordgroep op de alternatieven m.e.r Bakelse Beemden

Vastgesteld door de Klankbordgroep Bakelse Beemden op 1 mei 2007 in het Grotels Hof te Bakel

Advies over alternatieven

Principes en uitwerking tav water en natuur van de alternatieven zijn akkoord.

Voor het integrale alternatief is het advies om geen nieuwe aansluiting op de wijk te maken, maar gebruik te maken van het bestaande pad en dit aan te sluiten op de grondwal.

Breng de potenties voor natuur goed in beeld en onderbouw op basis daarvan de keuze voor het natuurdoeltype

Laat de integrale aanpak terugkomen in varianten voor de alternatieven, mn irt recreatie en cultuurhistorie

- Toegankelijkheid behouden en versterken irt bestaande en toekomstige routestructuren en rustgebieden
- Afstemming grondwal en gracht rond boerderij
- Geen nieuwe aansluiting op woonwijk, maar benut de bestaande poort

Voorkeur voor alternatieven is verdeeld:

- bewoners en KNNV > natuuralternatief,

- historische vereniging en recreatieve ondernemers> integraal alternatief
- overige leden kunnen goed uit de voeten met zowel het natuur als het integrale alternatief

Definitief advies wordt gegeven obv de uitkomsten van het MER

Aandachtspunten MER/beoordeling

- Effecten van droogte/droogval op vissterfte in beeld brengen
- Functioneren watersysteem natuuralternatief onder normale/jaarlijkse omstandigheden
- Externe werking landbouwgronden door drempels
- Plaats alternatief irt andere plannen en kijk over de grenzen van het plangebied heen (recreatie, natuur, waterberging)
- Goed onderbouwen wat hier voor natuur en recreatie bereikt kan worden

Uitzoeken in vervolgtraject

(Financiële) mogelijkheden en medewerking grondeigenaren herstel cultuurhistorie

- Herstel gracht Dierdonk
- Routestructuur Scheepstal en Muizenhol

Zorg voor communicatie omgeving + grondeigenaar

Maak afspraken over beheer, onderhoud en handhaving

Leg bestemming en functies vast: geen bebouwing tussen wal en bebouwing.

DHV B.V.

Advies klankbordgroep op het voorkeursalternatief (VKA) en de recreatie varianten MER Bakelse Beemden (DHV, 2007)

Vastgesteld door de Klankbordgroep Bakelse Beemden op 16 oktober 2007 in het Grotels Hof te Bakel

Advies over VKA en varianten recreatie

Voorkeursalternatief (VKA)

De klankbordgroep staat positief tegenover VKA met de volgende aanscherpingen:

- kade ter hoogte van hoeve Dierdonk verleggen
- kade zacht inpassen in het landschap
- huidige ligging Bakelse Aa vanaf Bakelse brug tot aan het bos kan als kavelsloot gehandhaafd blijven in overleg met eigenaren, ook gewenst vanuit cultuurhistorie
- kavelsloot langs bos kan worden ingezet voor afwatering ed

- Beheer moet geregeld zijn
- Regeling voor de aansprakelijkheid bij evt verontreiniging door inundatie
- Maak vooraf afspraken met de eigenaren

Variant recreatie

- Fiets- en wandelroute aan de westzijde via historische route Scheepstal en aantakking naar het noorden
- Rustgebied in het oostelijk gebied
- Wandelroutes in het middengebied
- Bij inrichting optimalisatie voor verschillende gebruikers zoals bedoeld in het begrip stedelijk uitloopgebied uit het reconstructieplan

BIJLAGE 3 Ecohydrologische systeemanalyse

Bakelse Beemden

Ecohydrologische systeemanalyse

dossier : A3581-01.001
registratienummer :
versie : 1

Waterschap Aa en Maas

september 2006
versie 1

INHOUD	BLAD
1 SAMENVATTING	5
2 HISTORISCHE ONTWIKKELING EN GRONDGEBRUIK	7
3 DOELEN	9
3.1 Waterberging	9
3.2 Natuur	9
4 INVENTARISATIE ABIOTIEK	11
4.1 Morfologie en bodem	11
4.2 Oppervlaktewatersysteem	12
4.3 Grondwatersysteem	12
5 INVENTARISATIE BIOTIEK	15
5.1 Flora en Vegetatie	15
5.2 Vogels	15
5.3 Vissen	15
5.4 Amfibieën en reptielen	15
5.5 Libellen	15
6 SYNTHESE: KNELPUNTEN EN OPLOSSINGSRICHTINGEN,	17
6.1 Ecohydrologisch profiel Bakelse beemden	17
6.2 Knelpunten: confrontatie Provinciale natuurdoelen en huidig systeem	17
6.3 Knelpunten: confrontatie Streefbeeld natuurlijk beekdalsysteem en huidig systeem	18
6.4 Oplossingsrichtingen	19
7 COLOFON	21

1 SAMENVATTING

Dit rapport beschrijft het functioneren van ecologische en hydrologische systeem van het landgoed Bakelse Beemden en de Bakelse Aa binnen de Ecologische Hoofdstructuur. Het doel van toekomstige maatregelen is het waterbeheer optimaal te laten aansluiten bij de natuurdoelen en het natuurlijk systeem. De ecosysteemanalyse verschaft inzicht in de relaties tussen geologie, hydrologie en ecologie. Hiermee wordt de ecologische haalbaarheid van de natuurdoelen bepaald. Deze samenvatting gaat in op de knelpunten in relatie tot het functioneren van het beekdalsysteem en mogelijke oplossingsrichtingen

Het oppervlaktewatersysteem in de Bakelse Beemden is in de loop der jaren aangepast door de mens. Vóór 1953 is de Bakelse Aa rechtgetrokken en er zijn zijwatergangen gegraven. De Bakelse Aa is daarom nu een rechte watergang met een ruim profiel, verbreed en verdiept ten opzichte van de historische loop. Dit heeft gevolgen gehad voor zowel het oppervlaktewatersysteem als het grondwatersysteem. Oppervlaktewaterstanden fluctueren minder dan voorheen, grondwaterstanden zijn verlaagd en kwelstromen zijn beïnvloed.

Uit de confrontatie van de kenmerken van het huidige watersysteem met de eisen die de Provinciale natuurdoeltypen aan het watersysteem stellen, zijn de volgende knelpunten afgeleid:

- Vochtig Berken-Eikenbos / Berkenbroekbos: De grondwaterstand is in het voorjaar en in de zomer te laag.
- Droog Beuken-Eikenbos: De grondwaterstand is in de zomer aan de hoge kant.
- Vochtig Beuken-Eikenbos / Eiken-Haagbeukenbos / Vogelkers-Essenbos:
 - Eiken-Haagbeuken: te weinig kwel in wortelzone en de grondwaterstanden zijn aan de lage kant.
 - Vogelkers-Essenbos: De grondwaterstand is in het voorjaar aan de lage kant.

De Provinciale natuurdoeltypen zijn opgesteld voor realisatie bij het huidige watersysteem. Er zijn plannen om het watersysteem van het plangebied de Bakelse Beemden anders in te richten, dit biedt de mogelijkheid om andere natuurdoelen (behorend bij een natuurlijker watersysteem) na te streven. In dit document zijn streefbeelden voor het beekdal geschetst.

Mogelijke oplossingen om Provinciale natuurdoeltypen of natuurdoelen behorend bij een natuurlijker watersysteem, te realiseren zijn:

- Het verhogen van het oppervlaktewaterpeil van de Bakelse Aa (opzetten van een stuw)
- Detailontwatering in het plangebied dempen
- Maaiveld verlagen, rabatten egaliseren.
- Verkleinen beekprofiel, verhogen beekpeil
- Stroming en erosie/sedimentatie bevorderen

Leeswijzer

Het rapport bestaat uit de volgende hoofdstukken:

- Historische ontwikkeling en gebruik
- Natuurdoelen voor het plangebied Bakelse Beemden en streefbeeld voor het beekdal
- Huidige situatie abiotiek;
- Huidige situatie biotiek;
- Synthese (met kansen, knelpunten en oplossingen)

DHV B.V.

2 HISTORISCHE ONTWIKKELING EN GRONDGEBRUIK

Huidig grondgebruik, ontwikkeling door de jaren heen.

De Bakelse Beemden hebben houtproductie als voornaamste functie en derhalve zijn ze grotendeels beplant met populieren. Boswerkzaamheden, waaronder het geheel klepelen van de, rond de jonge populieren staande begroeiing, vinden vaak plaats in het voorjaar en de zomer. Reden hiertoe is dat de Bakelse Beemden te nat zijn om in de herfst met zwaardere machines te bewerken. Tot begin 90er jaren waren veel percelen voorzien van de snelgroeïende populieren, tevens werden er veel dennen onder deze populieren aangeplant. Deze dennen zijn halverwege de 90er jaren weggehaald. De grond is nog te bemest door de toenmalige weilanden (jaren 50). De percelen van deze vroegere weilanden zijn nu voorzien van o.a. een weelderige bramengroei, brandnetel en hondsdrif. Een klein gedeelte van het bekenstelsel van de Bakelse Beemden heeft nog enig kwelwater waardoor hier plantensoorten groeien zoals waterviolier en waterranonkel. Tevens wordt het gebied gekenmerkt door verdroging. Eind juni, begin juli staan de meeste sloten droog. Hoe meer men van de Bakelse Aa afgaat; hoe droger het gebied is. Met name aan de noordelijke zijde is dit het geval.

Ingrepen in het watersysteem van de Bakelse Aa

In Bijlage 0 zijn 4 historische kaarten te zien van het gebied rondom de Bakelse Beemden. Het betreft kaarten met tijdsintervallen van 50 jaar, 1850, 1900, 1950 en heden (situatie voor aanleg van de wijk Dierdonk). Op de historische kaarten is duidelijk te zien dat het oppervlaktewatersysteem de Bakelse Aa in de loop der jaren is aangepast. In de loop der tijd (vóór 1953) is de Bakelse Aa rechtgetrokken en voorzien van steile oevers en er zijn zijwatergangen gegraven, waardoor het water snel afgevoerd wordt. De historische waterloop stroomde sterk meanderend door natte, periodiek overstromende beemden of weilanden. Uit de hoogtekarten is op meerdere locaties langs de Bakelse Aa de historische loop van de Bakelse Aa nog steeds zichtbaar in de vorm van laagtes in het gebied. In het verleden zorgden voornamelijk perioden met hoge afvoeren ervoor dat de meanders van de beek zich verplaatsten. In Bijlage 0 is bijvoorbeeld te zien dat de meanders zoals deze in 1850 aanwezig waren verschillen van de meanders in 1900. Een deel van deze veranderingen in de beekloop zijn waarschijnlijk al het gevolg van menselijk handelen.

De Bakelse Aa is nu een rechte watergang met een ruim profiel, verbreed en verdiept ten opzichte van de historische loop. Ten behoeve van het agrarisch gebruik is de af- en ontwatering verbeterd door de vergroting van het beekprofiel en de aanleg van watergangen en detailontwatering. Dit is voornamelijk gedaan vanuit de wens om het omliggende land beter geschikt te maken voor landbouwkundig gebruik. Om houtproductie in de Bakelse Beemden mogelijk te maken zijn rabatten aangelegd. Rabatten werden in het verleden vaak toegepast op vochtige tot natte grond. Om de grondwaterstand te verlagen om hakhoutcultuur mogelijk te maken werden greppels gegraven waarbij de vrijgekomen grond op dijkjes (hoge gronden) kwam te liggen. Deze dijkjes werden beplant. Deze greppels zorgen voor een versnelde afvoer zodat grond bewerkbaar wordt.

Begin 21^{ste} eeuw is de woonwijk Dierdonk aangelegd. Deze woonwijk is in het laagste deel van het beekdal aangelegd. Het watersysteem is hierdoor beïnvloed. De woonwijk heeft een oppervlaktewatersysteem gekregen waarmee het gebied via een gemaal afgewaterd wordt op de Zuid-Willemsvaart. De aanleg van de woonwijk heeft naar verwachting gezorgd voor verlaging van grondwaterstanden ter plaatse van de woonwijk en de omgeving.

Daarnaast wordt grondwater onttrokken voor beregening en drinkwaterbereiding. Tevens heeft de aanleg van de Zuid Willemsvaart het landschap beïnvloed.

DHV B.V.

Door alle bovengenoemde ingrepen in het gebied zijn de grondwaterstanden verlaagd en wordt het water versneld uit het gebied afgevoerd waardoor onder meer overstromingen enkel ter hoogte van de graslanden tussen de wijk Dierdonk en de beek nog voorkomen.

3 DOELEN

3.1 Waterberging

In het reconstructieplan is geconstateerd dat er meer veerkracht in het systeem moet komen om in de toekomst berekend te zijn op neerslagpieken en overstromingen te voorkomen. Omdat de Bakelse Beemden een natuurlijke laagte is, is deze bij uitstek geschikt voor waterberging. Bakelse beemden is in de reconstructie concreet aangewezen als een van de vijf gebieden die voor 2009 ingezet worden voor waterberging.

3.2 Natuur

Voor het realiseren van de doelen voor natuur heft de commissie mer twee alternatieven aangedragen:

1. Referentiealternatief: realiseren doelen Groene Hoofdstructuur
2. Natuuralternatief op basis van een ecohydrologische systeemanalyse en de hydrologische standplaatseisen van gewenste, ter plaatse passende natuurdoeltypen

In het laatste natuuralternatief is tevens ruimte om invulling te geven aan de doelen vanuit de Kaderrichtlijn Water.

Realiseren doelen Groene Hoofdstructuur (referentiealternatief)

De bossen in de Bakelse Beemden zijn aangewezen als Groene Hoofdstructuur. De Groene Hoofdstructuur valt samen met de Ecologische Hoofdstructuur. Binnen de Ecologische Hoofdstructuur worden natuurgebieden behouden, ontwikkeld en beheerd en is uitwisseling van dieren mogelijk via ecologische verbindingzones. Voor de bossen in de Bakelse Beemden gaat het om de omvorming van de populierbossen tot natuurlijke bossen gebonden aan vochtige (centrale deel) tot droge gronden (flanken).

De Ecologische verbindingzone langs de Aa moet ingericht worden als een nat kralensnoer. De zone verbindt gebieden waarin soorten leven die natte en vochtige omstandigheden nodig hebben. Het natte kralensnoer is opgebouwd uit een corridor van natuurvriendelijke oevers en stapstenen bestaande uit een poel, moeras, grasland, struweel en bos. De verbinding dient voor amfibieën zoals Kamsalamander en de Groene kikker, dagvlinders (Bont dikkopje) en libellen. In bijlage 9 is het streefbeeld voor de Bakelse Aa visueel in een schema weergegeven.

Door de provincie Noord-Brabant zijn aan de Groene Hoofdstructuur natuurdoeltypen toegekend. In bijlage 8 zijn de natuurdoeltypen op kaart weergegeven. De hydrologische randvoorwaarden voor de natuurdoeltypen zijn afgeleid uit Waterlood:

Natuurdoeltype	GVG	Droogtestress	GLG	Herkomst water	Overstromingstolerantie
	<i>cm-mv</i>	<i>dagen</i>	<i>cm-mv</i>		
Droog Berken-Eikenbos	70 - 90	20 - 30	> 160	regenwater	nooit
Vochtig Berken-Eikenbos	30 - 45	5 tot 15	< 160	regenwater	nooit
Berkenbroek	0 - 30	10 tot 25	< 70	regenwater	nooit
Droog Beuken-Eikenbos	> 40		> 140	regenwater	nooit
Vochtig Beuken-Eikenbos	> 40		90 -130 -mv	regenwater	nooit
Eiken-Haagbeuken	> 40		60 - 130 -mv	kwel/grondwater	nooit
Vogelkers-Essenbos	20- 60		50 - 150 -mv	oppervlaktewater	regelmatig-nooit

De vochtige natuurdoeltypen zijn gebonden aan grondwaterstanden rond het maaiveld in het voorjaar en gevoelig voor droogte. De gevoeligheid voor overstroming varieert afhankelijk van duur en periode van de overstroming.

Natuuralternatief: streefbeeld natuurlijk beek(dal)systeem

Voor het natuuralternatief wordt uitgegaan van de ontwikkeling van zoveel mogelijk kenmerken van een natuurlijk laagland beek(dal)systeem:

- Half open tot dicht beekdal met afwisseling van beekdalgraslanden, zeggemoeras en bos (berken of elzenbroekbos).
- Beeksysteem: meer ruimte voor meandering, periodieke overstroming, passeerbaar voor vissen. Een beek met de kenmerken van natuurlijke laaglandbeek uit het streefbeeld beken en krekken.

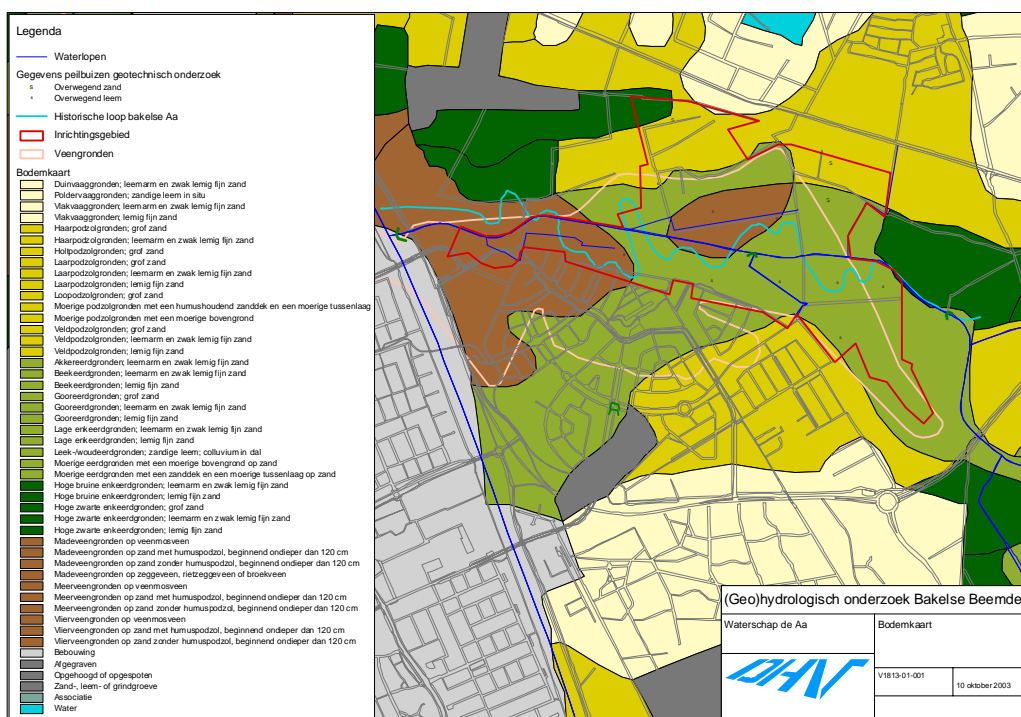
In de onderstaande tabel zijn de doelrealisaties van de verschillende karakteristieken van het beek(dal)systeem weergegeven.

Doelrealisatie		“Goed”	“Zeer goed”
Hydrologie	Verhang (m/km)	< 1	<1
	Stroomsnelheid (m/sec)	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5
	Voeding	Gemengd (< 40% neerslag)	Gemengd
	Watervoerendheid	> 50 weken/jaar	> 50 weken/jaar
	Frequentie overstroming	> 0	< 60 dagen/jaar
	Peilfluctuatie (m)	< 1	< 1
	Insnijding (m)	<1	< 0,6
Morfologie	Profielvorm	Asymmetrisch	Asymmetrisch
	Tracévorm	Slingerend tot meanderend	Slingerend
		Sinuositeit > 1,2	Sinuositeit > 1,5
	Substraat	Zand, leem	Zand, leem
	Sedimentatie en erosie	Matig	Matig
	Transporterend vermogen	25 – 150 m3/jaar	25 – 150 m3/jaar
Waterkwaliteit	Zuurgraad (pH)	5,5 – 7,5	5,5 – 7,5
	Kalkgehalte (mg/l)	10 – 80	10 – 80
	Hardheid (dH)	< 10	1 – 5
	Ijzer (mg/l)	-	-
	Nutrienten (mg/l)		
	N-NO3-		< 0,35
	Ortho-P	0,06	0,05
Ecologie	Macrofauna	Beekjuffer, > 2 soorten haften, > 5 kokerjuffers	
	Vissen	Kopvoorn, Serpeling, BERPJE, rivierdonderpad	
	Macrophyten	Fonteinkruident, egelskop, waterranonkel	
	Zoogdieren	Waterspitsmuis, Otter, Bever	

4 INVENTARISATIE ABIOTIEK

4.1 Morfologie en bodem

- De Bakelse Beemden liggen in het dal van de Bakelse Aa. Maaiveldhoogten variëren van 15 tot 18 m+NAP;
- Bijlage 1 toont de grotere waterlopen zoals in het gebied voorkomen, deze worden beheerd door het Waterschap Aa en Maas. Er komen ook kleinere watergangen voor die niet op de kaart staan, deze worden particulier beheerd;
- Een groot deel van het plangebied bevat veengronden. Deze gebieden met veengronden staan weergegeven op de kaart in figuur 1. Veen in een sterk uiteenlopende dikte komt in de dalen voor, waarbij diktes van enkele meters geen zeldzaamheid zijn. Voor een groot deel is dat veen inmiddels ontgonnen. Van de oorspronkelijke dikte, die meer dan 6 meter bedroeg, bleef zo slechts het onderste deel over. Uit de Historische atlas is de historische loop van de Bakelse Aa achterhaald. Deze historische waterloop stroomde sterk meanderend rondom het huidige verloop van de Bakelse Aa. De historische loop doorkruist de huidige Bakelse Aa meerdere malen, zoals te zien is in figuur 1. De historische loop van de Bakelse Aa is nog steeds zichtbaar in de vorm van laagtes in het gebied. Diverse meanders, die op de hoogtekartaat zichtbaar zijn in de vorm van lager gelegen delen, komen exact overeen met de meanders op de historische kaart. Uiteraard is niet de gehele historische loop van de Bakelse Aa terug te vinden op de hoogtekarten aangezien in de loop der jaren de gronden van het gebied veelvuldig bewerkt zijn als gevolg van o.a. landbouw en bebouwing [DHV¹, 2004].



figuur 1 Bodemkaart van het interessegebied [DHV¹, 2004]

4.2 Oppervlaktewatersysteem

- De Bakelse Aa is een watergang die de afwatering verzorgt van het bovenstrooms gelegen gebied;
- De watergang is onderverdeeld in een aantal stuwpannen, direct benedenstrooms en bovenstrooms van het plangebied staan de stuwen 061/ST-a en 061/ST-b;
- Oppervlaktewaterpeilen van de Bakelse Aa zijn relatief constant in de tijd, gereguleerd door stuwen. Slechts bij extreme afvoeren stijgt het oppervlaktewaterpeil. De Bakelse Aa zet het omliggende land slechts bij extreme afvoeren onder water.
- De huidige stroomsnelheid in de verbrede Bakelse Aa zijn laag. Oorspronkelijk waren stroomsnelheden hoger omdat de Bakelse Aa een kleiner doorstroomprofiel bezat.
- Het oppervlaktewater in de Bakelse Aa zal in de loop der tijd voedselrijker zijn geworden door uitspoeling van nutriënten uit landbouwgronden.
- De loop van de Bakelse Aa is in zijn huidige vorm nagenoeg gefixeerd. De beek heeft geen mogelijkheid om haar loop te verleggen. In het verleden zorgden voornamelijk perioden met hoge afvoeren ervoor dat de meanders van de beek zich verplaatsten. In Bijlage 0 is bijvoorbeeld te zien dat de meanders zoals deze in 1850 aanwezig waren verschillen van de meanders in 1900. Een deel van deze veranderingen in de beekloop zijn waarschijnlijk al het gevolg van menselijk handelen.

4.3 Grondwatersysteem

Bijlage 5 en 6 tonen gegevens van meetlocaties van grondwaterstanden en -stijghoogten in de omgeving van het interessegebied. Bijlagen 1, 2 en 3 geven inzicht in hoge en lage grondwaterstanden in het plangebied en omgeving op basis van een aantal bronnen, te weten:

- Historische gegevens van opnamen (in de omgeving van de Bakelse Beemden: kwartaalreeksen) van grondwaterstanden (geïnterpoleerd op landelijke schaal) begin jaren '50 (COLN-studie);
- Gebiedsdekkende informatie over huidige GHG, GVG en GLG (aangeleverd door het Waterschap Aa en Maas);
- Resultaten van het grondwatermodel, ontwikkeld voor het plangebied. Voor twee momenten in 1998 zijn berekeningsresultaten opgenomen.

Zie Bijlage 4 voor een uitleg per bron. Interessante conclusie die op basis van Bijlage 0 kan worden getrokken is dat het rechttrekken van de Bakelse Aa vóór het jaar 1953 heeft plaatsgevonden. Dit betekent dat de kartering van grondwaterstanden in het kader van de COLN studie van toepassing zijn op een situatie met een rechtgetrokken beek. De verwachting is dat in de natuurlijke situatie (vóór het rechttrekken van de beek), de grondwaterstanden dichter onder maaiveld voorkwamen dan Bijlage 2 laat zien (voor de situatie in de jaren '50; COLN studie).

Huidige grondwaterstand karakteristieken voor het plangebied zijn:

GHG 40-70 cm-mv

GLG 100-200 cm-mv

GVG 40-100 cm-mv

Kwel in het plangebied

Kwel is in algemene termen gedefinieerd als "het uittreden van grondwater". Het gaat om een bepaalde hoeveelheid water die per tijdseenheid uittreedt (kwelflux). Het uittreden kan gebeuren van het grondwatersysteem (de verzadigde zone) naar het oppervlaktewatersysteem

(afvoer), naar de (vaak onverzadigde) wortelzone van vegetatie (verdamping) of direct naar het aardoppervlak (in gebieden met veel variatie in reliëf). Informatie over kwelstromen voor het gebied van de Bakelse Beemden zou kunnen worden ontleend aan:

- De studie STONE (kwelflux, mm/d);
- Het Waterdoelenmodel (kweldruk, m);
- Het door DHV ontwikkelde grondwatermodel (kwelflux, mm/d en kweldruk, m).

Voor ecologische vraagstukken is voornamelijk kwelflux interessant. Daarnaast is de bestemming van de kwelflux van belang. Is deze bestemming het oppervlaktewater, is dit de wortelzone van planten of treedt het kwelwater aan het aardoppervlak uit? Voor het plangebied Bakelse Beemden kunnen kwelstromen het beste worden geanalyseerd met het door DHV ontwikkelde grondwatermodel. Dit model is toegesneden op het plangebied en geeft op grondwaterstandmetingen. Resultaten van het grondwatermodel laten zien dat er in het grootste deel van het plangebied kweldruk heerst. Dit is in overeenstemming met gegevens volgens de database van STONE. Het Waterdoelenmodel laat afwijkende resultaten zien. Waarschijnlijk als gevolg van het regionale karakter van dit model, het is niet geïkht voor het plangebied.

Door veranderingen in de waterhuishouding is niet zozeer de totale hoeveelheid kwelflux veranderd¹. Wat veranderde is de locatie waar dit kwelwater uittreedt. Omdat de Aa gekanaliseerd is, een betere afvoercapaciteit verkreeg en daarmee het oppervlaktewaterpeil is verlaagd is, ligt het voor de hand dat het uittreden van kwelwater zich concentreerde in de Aa. Kwelwater dat in een natuurlijker watersysteem nog aan maaiveld of in kleine zijslotjes uittrad, treedt tegenwoordig enkel in de hoofdloop en enkele zijwatergangen uit.

Analyses van grondwaterkwaliteit

Er zijn geen analyses van grondwaterkwaliteit beschikbaar in het interessegebied (zie ook Bijlage 7). Wanneer inzicht in grondwaterkwaliteit gewenst is, kan er voor worden gekozen om analyses van grondwaterkwaliteit uit te voeren. Er zouden op verschillende locaties op verschillende diepten analyses kunnen worden gedaan. Wanneer op een aantal momenten in een jaar deze analyses worden gedaan, geeft dit samen met inzicht in grondwaterstromingsrichting, informatie over de variatie van ondiepe grondwaterkwaliteit gedurende het jaar.

¹ n.b.: de totale hoeveelheid kwelflux in het beekdal zal worden beïnvloed door veranderingen in bijvoorbeeld grondwaterwinning voor drinkwater bereiding of het onttrekken van grondwater ten behoeve van beregening.

5 INVENTARISATIE BIOTIEK

Bronnen: Veldonderzoek Natuurbalans (2004), KNNV (1994-2004), provincie Noord-Brabant (1996) en waarnemingen DHV (2004).

5.1 Flora en Vegetatie

Het gebied bestaat namelijk grotendeels uit soortenarme populierenbossen met brandnetels en soms maïs in de ondergroei, afgewisseld met naaldbossen. Brede Wespenorchis komt het meest voor langs de laan door het bos die de Bakelse Aa kruist. Gewone Dotterbloem is op een aantal plekken aangetroffen langs een waterloop ten noorden van de Bakelse Aa. In deze waterloop staat tevens Waterviolier, dit duidt op de aanwezigheid van kwel en vochtige tot natte standplaatsen.

5.2 Vogels

De waargenomen vogelsoorten zijn kenmerkend voor bossen, (riet)moerassen, graslanden en open water. De meeste soorten zijn vrij algemeen in Nederland. Minder algemene vogels die zijn aangetroffen: Groene specht, Steenuil en Geelgors (Rode lijst) en Boomleeuwerik en Zwarte specht (vogelrichtlijnsoorten).

5.3 Vissen

De vissamenstelling van de Aa en aangrenzende sloten wordt gekenmerkt door soorten gebonden aan stilstaand en stromend water. Blankvoorn en Baars zijn de twee soorten waarvan veruit de hoogste aantallen zijn gevangen. Kleine modderkruiper is een goede derde.

5.4 Amfibieën en reptielen

Binnen de Bakelse Beemden zijn drie soorten amfibieën waargenomen, Middelste groene kikker, Bruine kikker en Gewone pad. De aangetroffen soorten zijn in Nederland algemeen voorkomend.

5.5 Libellen

Er zijn geen beschermde libellen in het gebied waargenomen. De meest algemene libellen die de KNNV heeft waargenomen zijn de Blauwe breedscheenjuffer en de Weidebeekjuffer, soorten gebonden aan stromend c.q. zuurstofrijk water.

DHV B.V.

6 SYNTHESE: KNELPUNTEN EN OPLOSSINGSRICHTINGEN,

6.1 Ecohydrologisch profiel Bakelse beemden

Hieronder beschrijven we de samenhang van de biotiek en de abiotiek in het plangebied van de Bakelse beemden. Uit de inventarisatie van de biotiek en abiotiek blijkt dat:

Kwelifhankelijke vegetatie

In het plangebied treedt kwel uit in de Bakels Aa en een zijwatergang. In deze zijwatergang staat Waterviolier en Waterranonkel, dit duidt op de aanwezigheid van kwel en vochtige tot natte standplaatsen [Ecoscan, DHV, 2004].

Grondwaterstanden en voorkomende vegetatie

Gemiddeld Laagste Grondwaterstanden in het plangebied zijn 100 á 200 cm-mv. De Bakelse Aa zet het plangebied zelden onder water bij extreme afvoeren. De huidige vegetatie bestaat uit populierenbossen, naaldbossen, brandnetels, brede wespenorchis en gewone dotterbloem. De huidige grondwaterstanden sluiten aan bij deze voorkomende vegetatie.

Stroomsnelheden van water in de Bakelse Aa en vissoorten

De stroomsnelheid in de Bakelse Aa is laag. De vissamenstelling van de Aa en aangrenzende sloten wordt gekenmerkt door soorten gebonden aan stilstaand en stromend water.

Voedselrijkdom van het oppervlaktewater

Het oppervlaktewater van de Bakelse Aa is naar verwachting voedselrijk. De bovenlaag van de bodem in het plangebied is naar verwachting ook voedselrijk. Hierdoor komen soorten als bramen, hondsdraf en brandnetels voor als ondergroei onder de bomen.

6.2 Knelpunten: confrontatie Provinciale natuurdoelen en huidig systeem

Voor de Bakelse Beemden geldt het volgende als streefbeeld binnen de Provinciale Natuurdoelen:

- Gradiënt van vochtige en droge bossen in het beekdal en de flanken
- Bakelse Aa ingericht als een ecologische verbindingzone: binnen de EHS in de vorm van meandering, daarbuiten is minder ruimte (natuurvriendelijke oevers)
- Bakelse Aa is passeerbaar voor vissen.

In 2003 is op basis van de natuurdoeltypenkaart de watervraag van de verschillende natuurdoeltypen bepaald en vergeleken met de actuele situatie. Hierin verscheen het gebied de Bakelse Beemden als een gebied waar de huidige grondwatersituatie niet voldoet aan de gewenste grondwatersituatie en daarom zijn de Bakelse Beemden als verdroogd aangegeven.

De hydrologische voorwaarden van de door de provincie opgestelde natuurdoeltypen zijn geconfronteerd met de huidige hydrologische situatie. De resultaten van deze confrontatie zijn in bijlage 10 weergegeven en hieronder samengevat. Met name voor de vochtige natuurdoeltypen voldoet de huidige situatie niet:

- Vochtig Berken-Eikenbos / Berkenbroekbos: De grondwaterstand is in het voorjaar en in de zomer te laag. Een toename van 30-80 cm is gewenst. In de toekomst kan er mogelijk een knelpunt ontstaan als het gebied frequenter overstroomt met voedselrijk beekwater.

DHV B.V.

- Droog Beuken-Eikenbos: De grondwaterstand is in de zomer aan de hoge kant. Een daling van 40 cm is gewenst.
- Vochtig Beuken-Eikenbos / Eiken-Haagbeukenbos / Vogelkers-Essenbos:
 - Eiken-Haagbeuken: De herkomst van het water komt niet geheel overeen met de gewenste situatie. In het gebied is momenteel te weinig kwel in wortelzone en de grondwaterstanden zijn aan de lage kant om dit natuurdoeltype te voeden.
 - Vogelkers-Essenbos: De grondwaterstand is in het voorjaar aan de lage kant. Een stijging van de voorjaarsgrondwaterstand van 20 tot 40 cm is gewenst.

De bovengenoemde knelpunten ontstaan grotendeels doordat grondwaterstanden te laag zijn en er te weinig kwel in de wortelzone aanwezig is. De verlaging van grondwaterstanden en de afname van kwel in de wortelzone zijn ontstaan door in de loop der jaren getroffen ingrepen, zoals:

- kanalisatie Bakelse Aa
- vergroting van het beekprofiel Bakelse Aa
- aanleg van watergangen en detailontwatering
- grondwaterwinning
- beregening uit grondwater
- bemaling woonwijk Dierdonk

6.3 Knelpunten: confrontatie Streefbeeld natuurlijk beekdalsysteem en huidig systeem

Voor de Bakelse Beemden is in de workshop d.d. 27 september 2006 het volgende afgeleid als streefbeeld voor een natuurlijk Beekdalsysteem:

- Half open tot dicht beekdal met afwisseling van beekdalgraslanden, zeggemoeras en bos (berken of elzenbroekbos).
- Beeksysteem: meer ruimte voor meandering, periodieke overstroming, passeerbaar voor vissen. Een beek met de kenmerken van natuurlijke laaglandbeek uit het streefbeeld beken en krekken.
- Monding van de Bakelse Aa bij het kanaal benutten voor stapsteen

De knelpunten, waarvoor een oplossing dient te worden gevonden om een natuurlijk beekdalsysteem te realiseren, zijn vergelijkbaar met die voor de Groene Hoofdstructuur, maar groter omdat de ambitie hoger ligt:

- De huidige inrichting voorziet niet in de randvoorwaarden om bovenstaand streefbeeld van een natuurlijk beekdal te realiseren. Om bovenstaande streefbeeld te realiseren dienen veranderingen aan het watersysteem plaats te vinden. Door de vorm van de beek te veranderen (kleiner profiel, verwijderen van stuwen) kan de beek weer meanderen en stijgen oppervlaktewaterstanden en stroomsnelheden.
- Lage grondwaterstanden: Het grondwater is in het voorjaar ca 30 cm te laag voor de vochtige natuurdoeltypen. Bij een beek met hogere oppervlaktewaterstanden zullen grondwaterstanden in de omgeving van de beek ook verhoogd worden.
- Geen kwelwater in de wortelzone. De aanvoer van kwel en gebufferd grondwater wordt afgevangen door de beek en enkele afwateringsloten en komt daardoor minder in de wortelzone terecht.

6.4 Oplossingsrichtingen

Hieronder wordt een aantal mogelijke ingrepen in de waterhuishouding genoemd om de hierboven beschreven knelpunten op te lossen. Vervolgens is een inschatting is gedaan van de effecten op het hydrologische systeem. Het gaat om;

- Hogere grond- en oppervlaktewaterstanden (grondwaterstanden zullen toenemen door het verhogen van de beekbodem in combinatie met versmalling van het natte profiel, in die mate dat oppervlaktewaterstanden stijgen).
- Ruimte geven aan de beek door verwijderen van stuwen en het laten meanderen van de beek (dit bevordert stroomsnelheden en erosie/sedimentatieprocessen)
- Detailontwatering verwijderen. Dit geeft mogelijk weinig effect omdat het meeste water reeds in de aangrenzende landbouwgebieden wordt afgevangen.
- Maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren in het gehele stroomgebied
- Afgraven van de grond en verwijderen van de rabatten is een discussiepunt. Minimaal reliëfvolgend ontgraven en goed onderzoeken waar ontgraven een bijdrage kan leveren aan bijvoorbeeld de ontwikkeling van schraallanden. Bij het verwijderen van de rabatten speelt de historische waarde een rol.

Effecten van inrichtingsmaatregelen op oppervlakte- en grondwatersysteem

- Het verhogen van het peil in de beek met 20 cm zal naar ruwe schatting in het plangebied zorgen voor een stijging van GHG én GLG van 0 tot 20 cm.
- Het dempen van detailontwatering in het plangebied heeft als gevolg dat in natte tijden het water minder makkelijk het plangebied verlaat. De drainage wordt bemoeilijkt. Na afloop van een natte tijd zullen grondwaterstanden langer op een hoger niveau zijn. Het ligt in de verwachting dat het dempen van detailontwatering effecten zal hebben op lage grondwaterstanden in het plangebied.
- Het egaliseren van rabatten en verlagen van het maaiveld in het interessegebied zorgt ervoor dat grondwaterstanden gemiddeld dichter onder maaiveld zullen voorkomen.

Effecten van inrichtingsmaatregelen op kwelfluxen kunnen worden geanalyseerd met het DHV grondwatermodel.

GEBRUIKTE LITERATUUR

- [COLN, 1958] De Landbouwwaterhuishouding in de Provincie Noord-Brabant. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland – T.N.O. Ir. J.J. ouwe en Ir. B. Vrijhof. Rapport nummer 11. 1958.
- [DHV¹, 2004] (Geo)hydrologisch onderzoek Bakelse Beemden. Analyse van de bergingsmogelijkheden en het effect hiervan op het grond- en oppervlaktewatersysteem in de Bakelse Beemden en omgeving. Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas. Dossier: V1813-01-001. maart 2004.
- [DHV², 2004] Bijlagenrapport, Behorend bij '(Geo)hydrologisch onderzoek Bakelse Beemden'. Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas. Dossier: V1813-01-001. maart 2004.
- [DHV, 2004] Ecoscan Bakelse Beemden. Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas. Dossier: W1702-01.001. December 2004.
- [Finke et. al, 2002] Klimaatrepresentatieve grondwaterdynamiek in Waterschap De Aa. Auteurs: P.A. Finke, M.F.P. Bierkens, D.J. Brus, J.W.J. van der Gaast, T. Hoogland, M. Knotters, F. de Vries. Alterra rapport 180. Wageningen 2002.
- [Provincie en Waterschappen Noord-Brabant] Streefbeelden voor beken en kreken in Noord-Brabant. ISBN: 90-9015859-6. April 2002.
- [STONE] <http://geodesk.girs.wau.nl/stone/stone.htm>
- [Royal Haskoning] Ecologische streefbeelden voor ecologische verbindingzones. Dossier: 9P6712. November 2004.
- [Waterdoelenmodel] o.a. in: "Grootschalige grondwatermodellering voor regionaal waterbeheer". In: Informatie. Nummer 13, Juli 2003 (TNO)

7 COLOFON

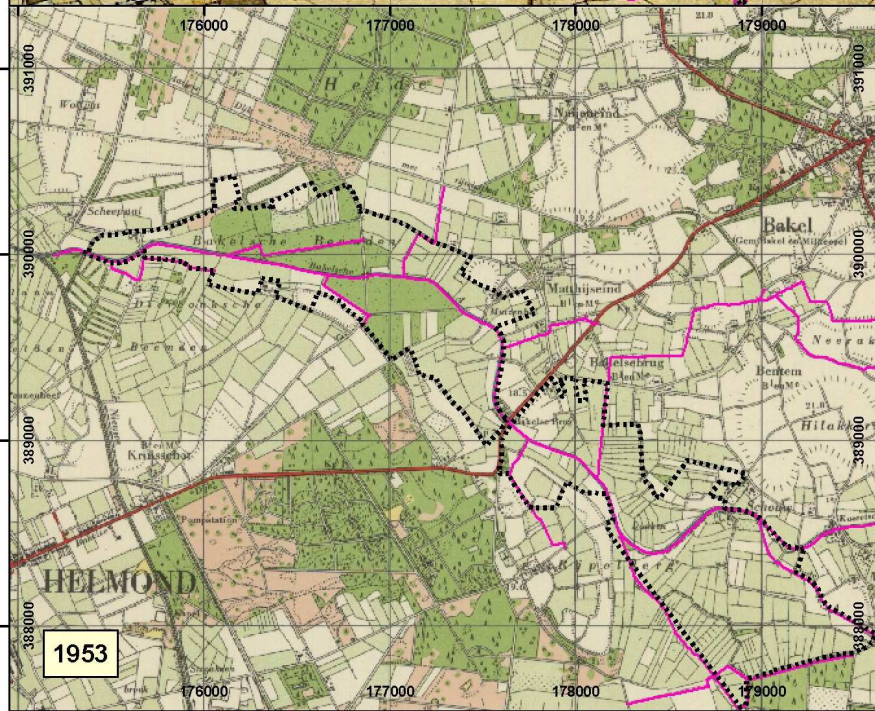
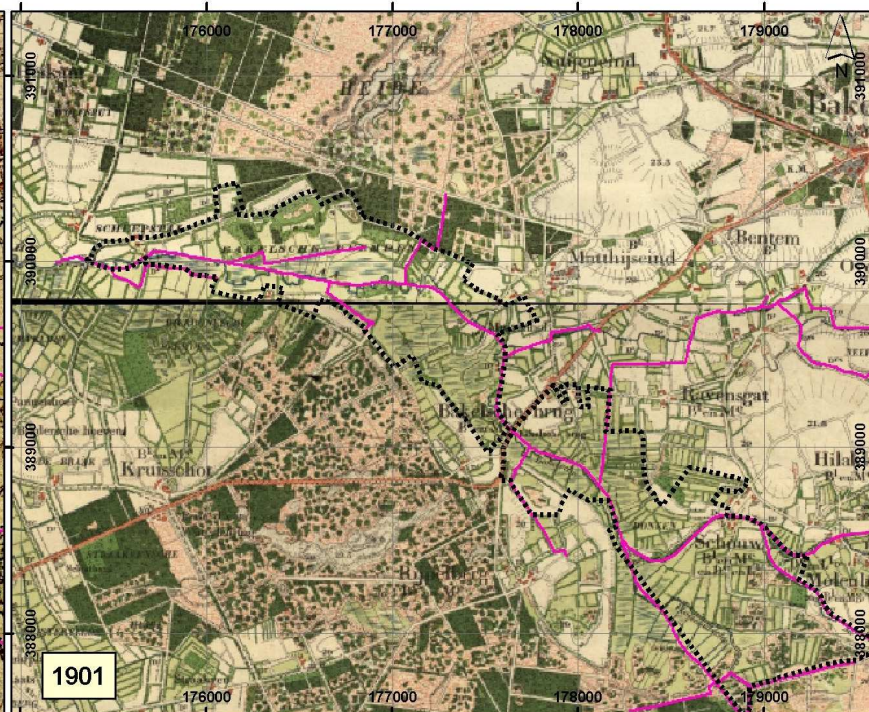
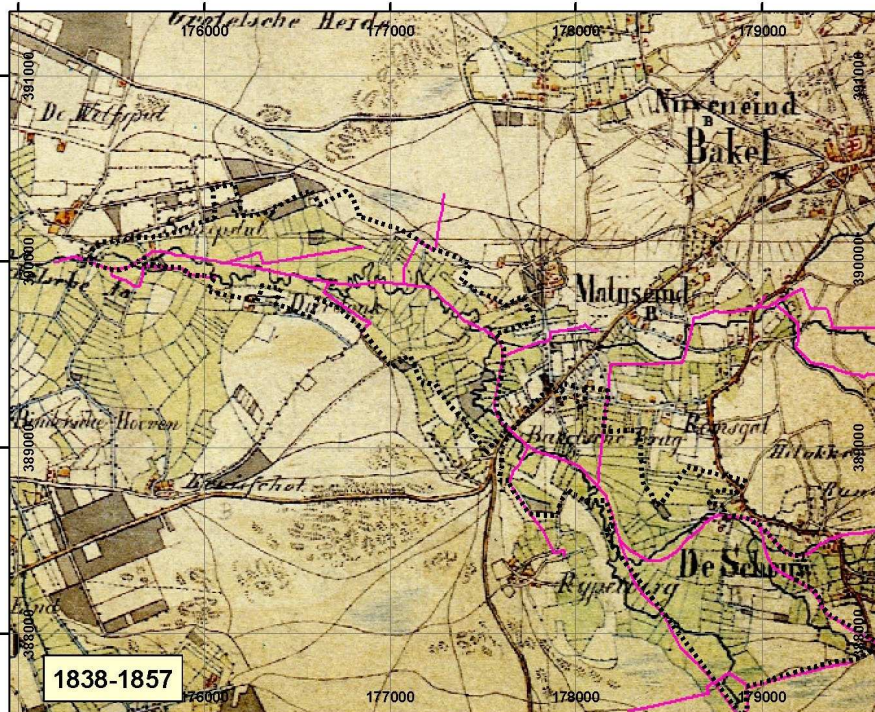
{TC \ 1 "1 COLOFON"}

Oprachtgever	: Waterschap Aa en Maas
Project	: Bakelse Beemden
Dossier	: A3581-01.001
Omvang rapport	: 21 pagina's
Auteur	: Martine ten Kate, Roel Velner
Bijdrage	:
Projectleider	: Janet Olthof
Projectmanager	: Jan Bouman
Datum	: 21 september 2006
Naam/Paraaf	:

DHV B.V.

*Ruimte en Mobiliteit
Laan 1914 nr. 35
3818 EX Amersfoort
Postbus 1132
3800 BC Amersfoort
T (033) 468 20 00
F (033) 468 28 01
E info@dhv.nl
www.dhv.nl*

BIJLAGE 0 Historische topografische kaarten van het interessegebied



Legenda
 — Waterlopen (huidig)

BIJLAGE 0
Historische kaarten

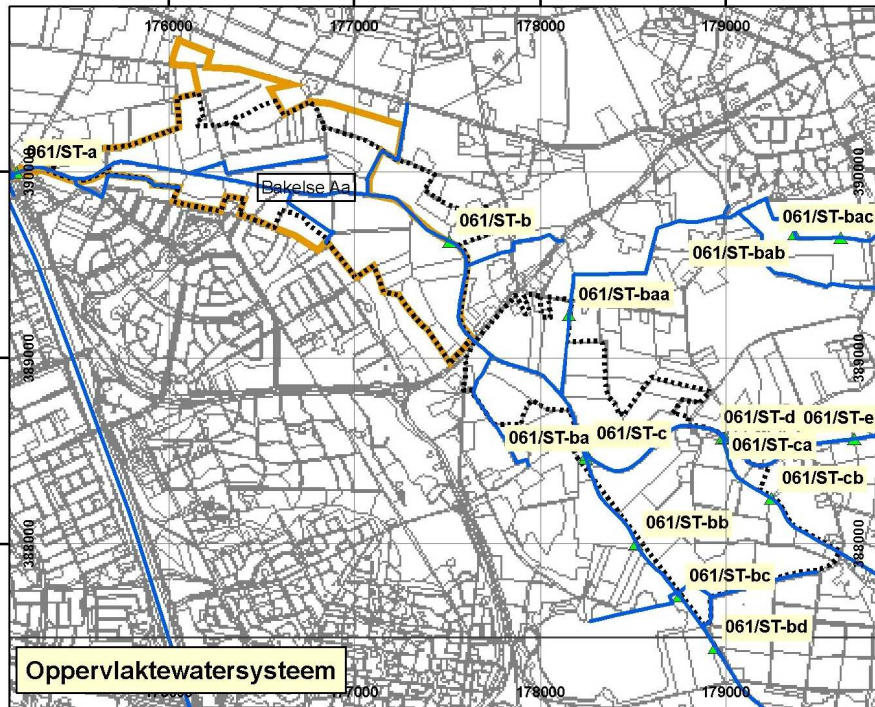
20 september, 2006 15:00:08
 histkrtn.mxd

Projectnaam: Bakelse Beemden
 Projectnummer: A3581-01-001
 Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
 Kaartnaam: Historische kaarten
 Kaartnummer:
 Versie: Definitief
 Opgesteld door: Roel Velner

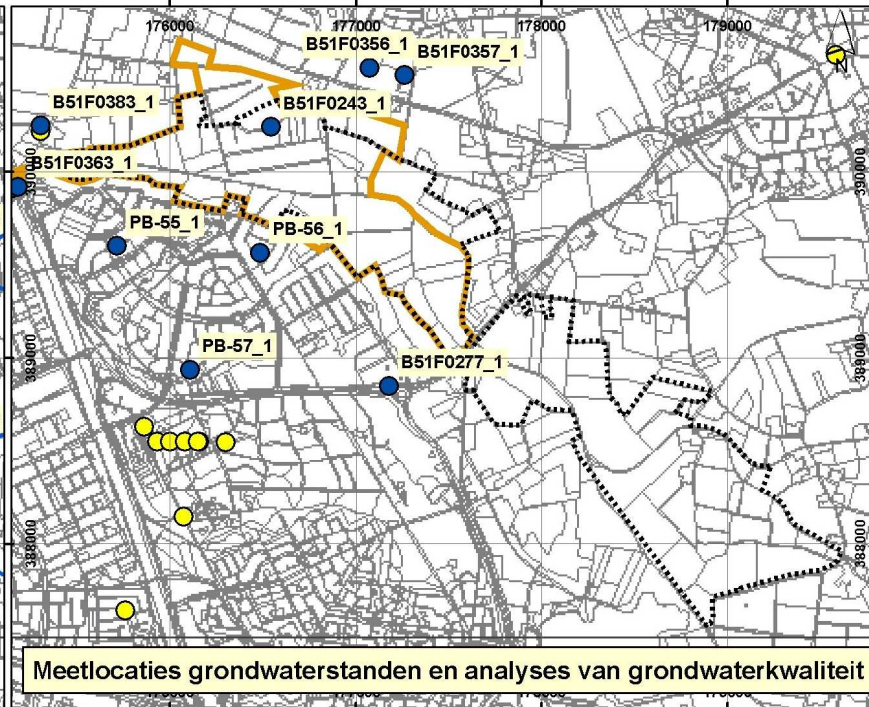


BIJLAGE 1

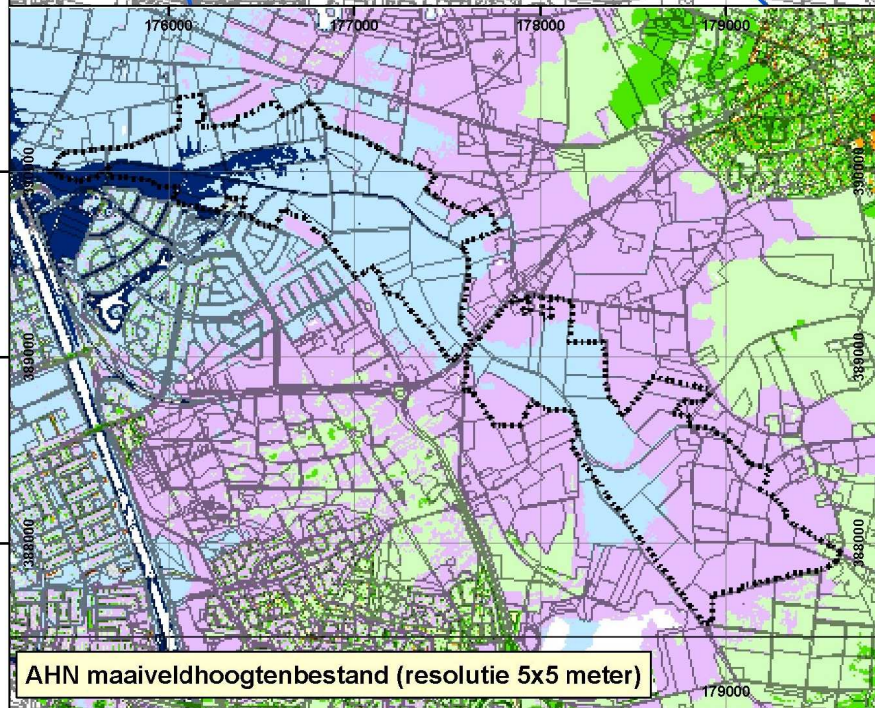
Interessegebied en meetlocaties op kaart



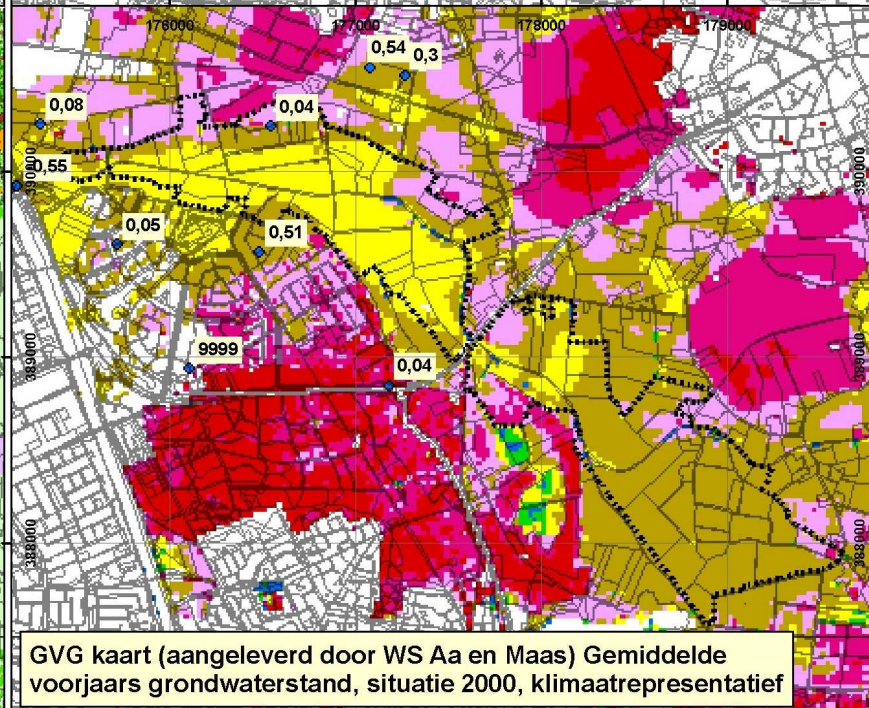
Oppervlaktewatersysteem



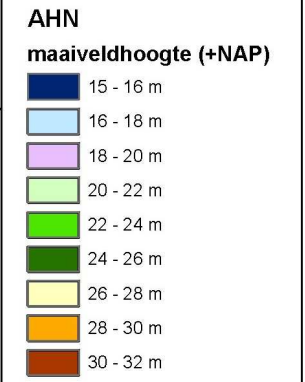
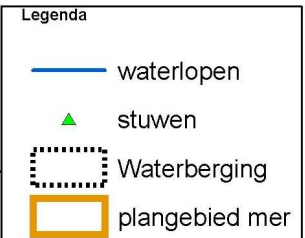
Meetlocaties grondwaterstanden en analyses van grondwaterkwaliteit



AHN maaielveldhoogtenbestand (resolutie 5x5 meter)



GVG kaart (aangeleverd door WS Aa en Maas) Gemiddelde voorjaars grondwaterstand, situatie 2000, klimaatrepresentatief



Voor legenda GVG zie BIJLAGE 2

BIJLAGE 1
INTERESSEGEBIED

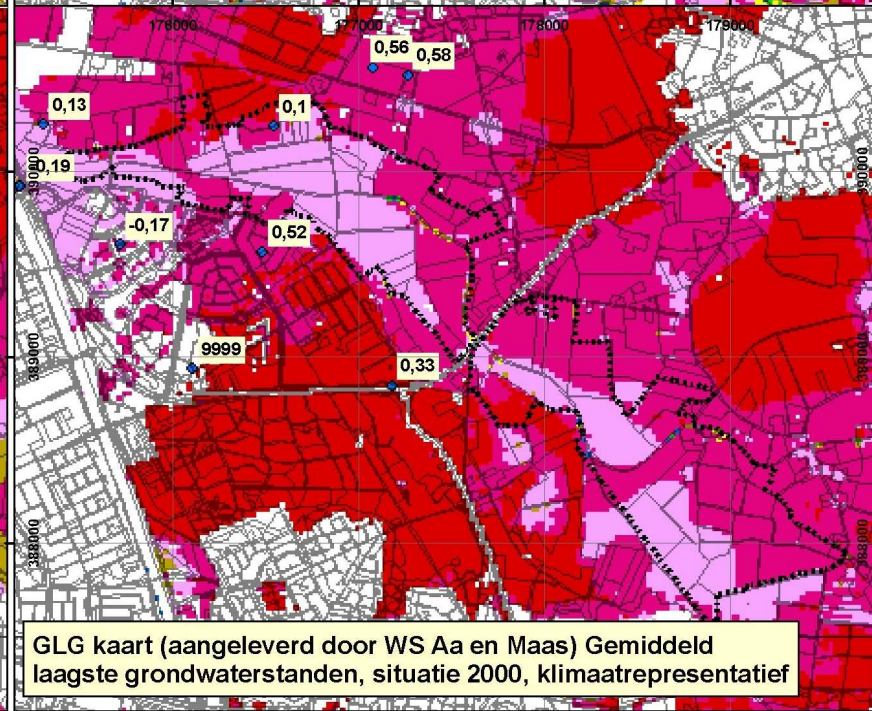
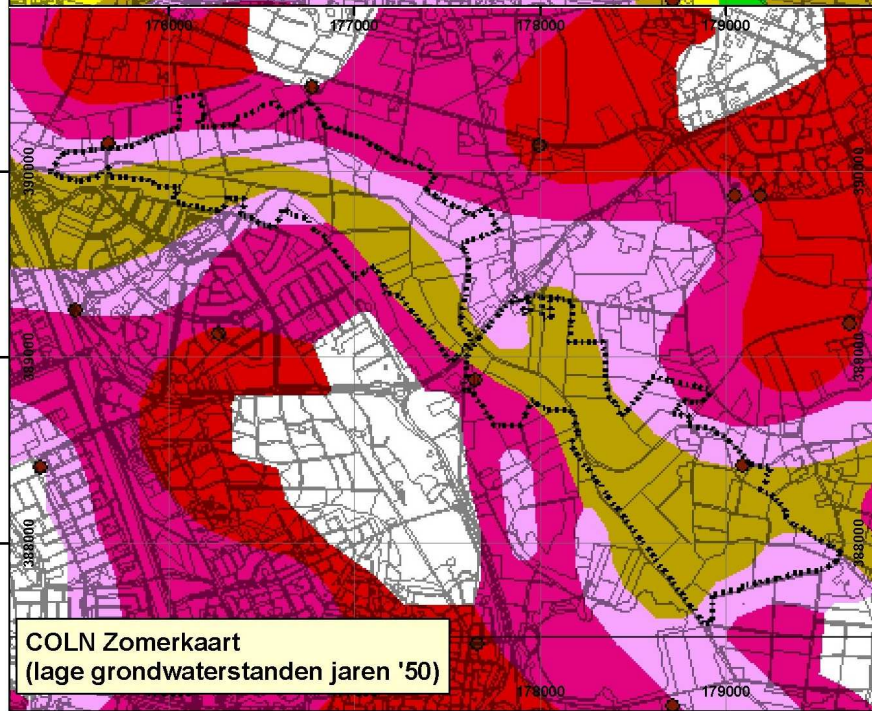
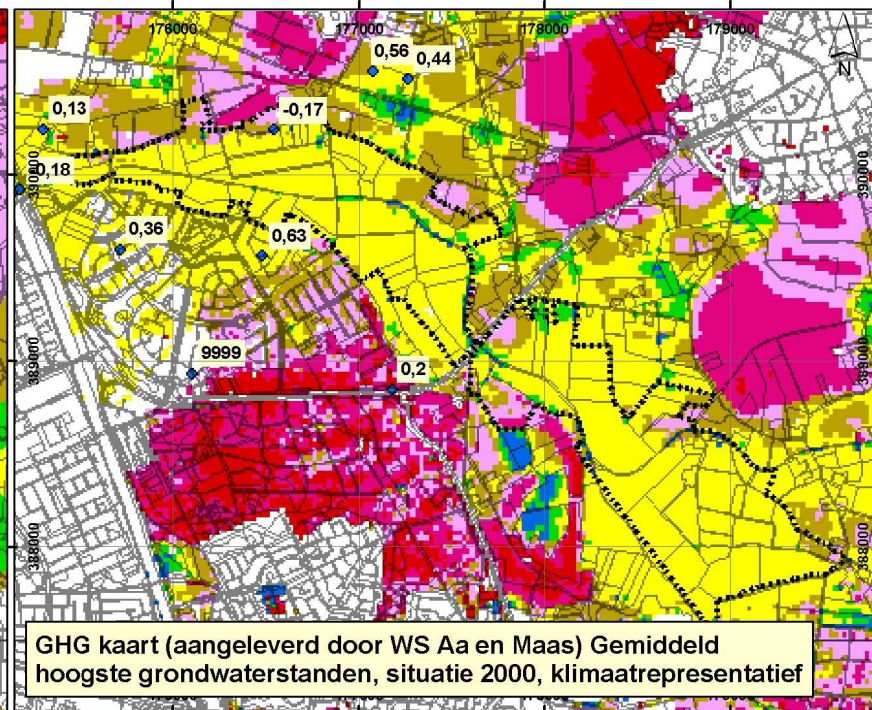
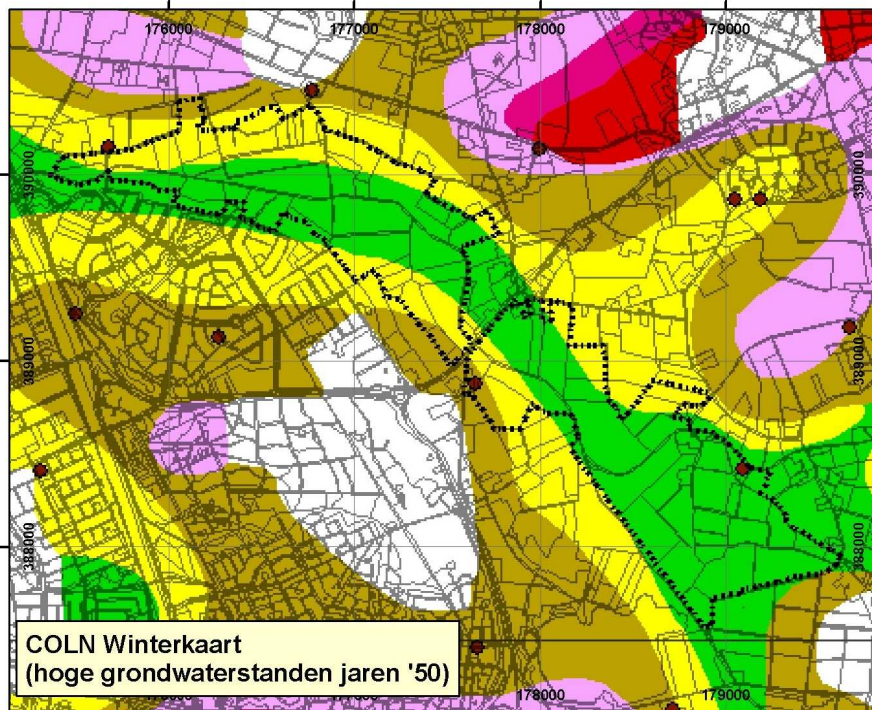
13 september, 2006 10:40:24
locaties.mxd

Projectnaam: Bakelse Beemden
 Projectnummer: A3581-01-001
 Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
 Kaartnaam: Locaties
 Kaartnummer:
 Versie: Definitief
 Opgesteld door: Roel Velner



BIJLAGE 2

Grondwaterstanden COLN en gebiedsdekkend bestand GxG



Legenda

Grondwaterstand (-mv)

- 0-20 cm
- 20-40 cm
- 40-70 cm
- 70-100 cm
- 100-140 cm
- 140-200 cm
- > 200 cm

bron: [Finke et al., 2002]

● afwijking [m]

Vergelijking van GLG en GHG bepaald op basis van meetreeksen met GLG en GHG in gebiedsdekkend bestand.

0.58

Betekend: grondwaterstand (GLG of GHG) op basis van meetreeksen 58 cm dieper onder maaiveld dan volgens gebiedsdekkend bestand.

9999

9999 betekent dat bij de vergelijking van GxG o.b.v. meetreeksen en gebiedsdekkend grid niet mogelijk is vanwege het ontbreken van waarden voor een van de twee bronnen

kwartaalopname grondwaterstand

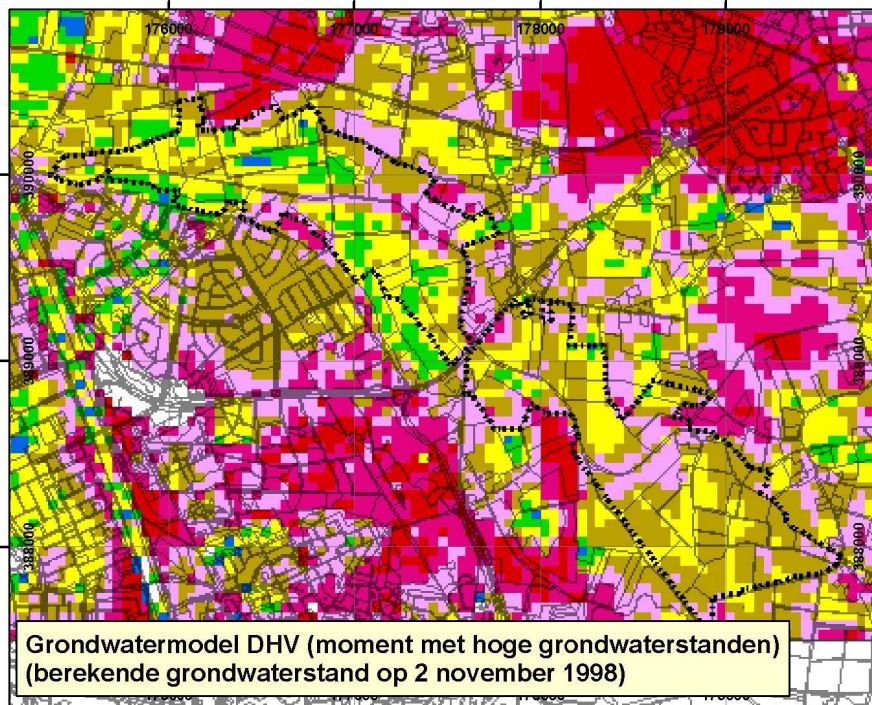
● COLN: opnamen

BIJLAGE 2
COLN en GxG

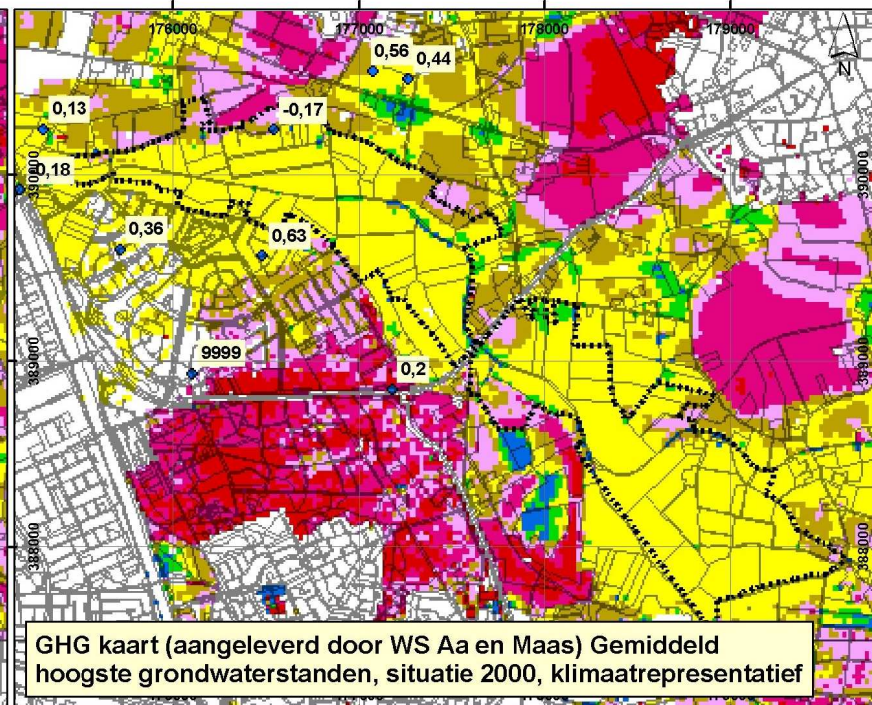
29 augustus, 2006 11:53:24
COLNGxG.mxd

Projectnaam: Bakelse Beemden
Projectnummer: A3581-01-001
Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Kaartnaam: COLN en GxG
Kaartnummer:
Versie: Definitief
Opgesteld door: Roel Velner

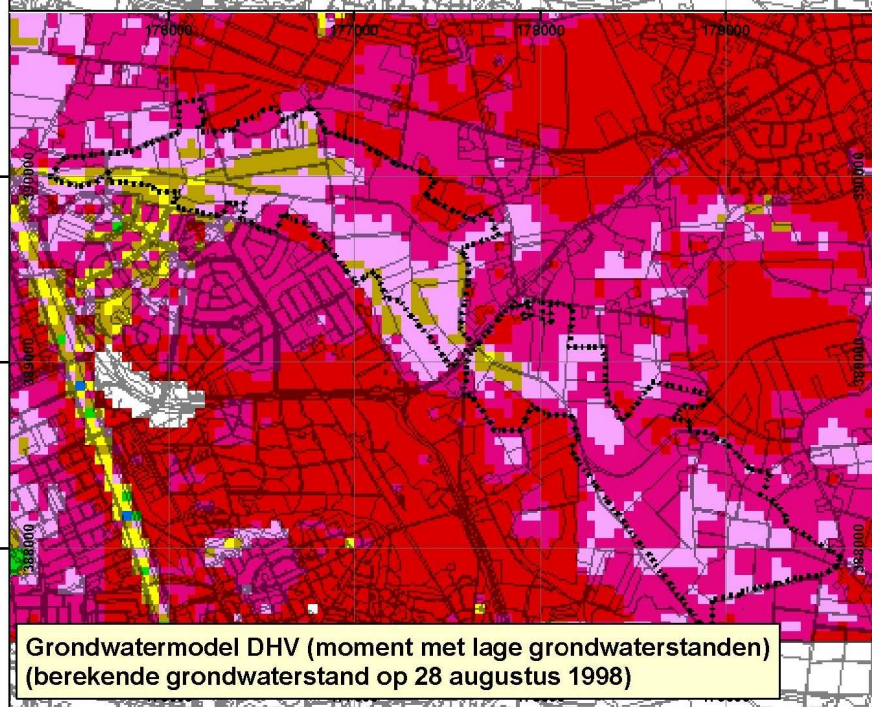
BIJLAGE 3 Resultaten grondwatermodel DHV en gebiedsdekkend bestand GxG



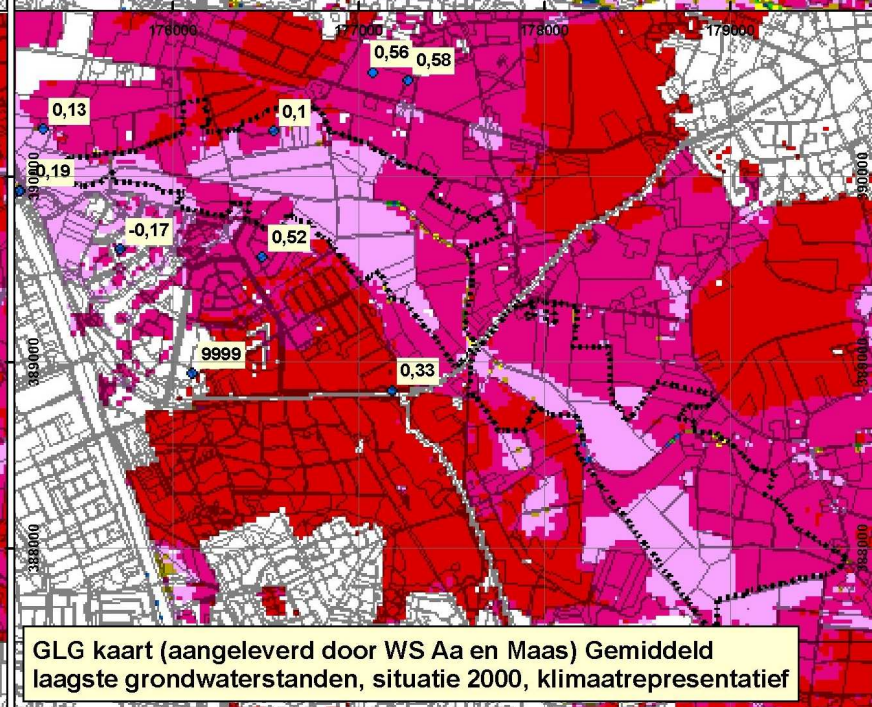
Grondwatermodel DHV (moment met hoge grondwaterstanden)
(berekende grondwaterstand op 2 november 1998)



GHG kaart (aangeleverd door WS Aa en Maas) Gemiddeld
hoogste grondwaterstanden, situatie 2000, klimaatrepresentatief



Grondwatermodel DHV (moment met lage grondwaterstanden)
(berekende grondwaterstand op 28 augustus 1998)



GLG kaart (aangeleverd door WS Aa en Maas) Gemiddeld
laagste grondwaterstanden, situatie 2000, klimaatrepresentatief

Legenda

Grondwaterstand (-mv)

- 0-20 cm
- 20-40 cm
- 40-70 cm
- 70-100 cm
- 100-140 cm
- 140-200 cm
- > 200 cm

bron: [Finke et al., 2002]

● afwijking [m]

Vergelijking van GLG en GHG bepaald op basis van meetreeksen met GLG en GHG in gebiedsdekkend bestand.

0,58

Betekend: grondwaterstand (GLG of GHG) op basis van meetreeksen 58 cm dieper onder maaiveld dan volgens gebiedsdekkend bestand.

9999

9999 betekent dat bij de vergelijking van GxG o.b.v. meetreeksen en gebiedsdekkend grid niet mogelijk is vanwege het ontbreken van waarden voor een van de twee bronnen

BIJLAGE 3
MODEL en GxG

29 augustus, 2006 11:53:35
MODGxG.mxd

Projectnaam: Bakelse Beemden
Projectnummer: A3581-01-001
Opdrachtgever: Waterschap Aa en Maas
Kaartnaam: GRONDWATERMODEL en GxG
Kaartnummer:
Versie: Definitief
Opgesteld door: Roel Velner

BIJLAGE 4 Aanvullende informatie over broninformatie grondwaterstand

Onderstaande alinea's hebben betrekking op: bijlagen 1, 2 en 3. Deze geven inzicht in hoge en lage grondwaterstanden in het plangebied en omgeving op basis van een aantal bronnen, te weten:

1. Historische gegevens van opnamen (in de omgeving van de Bakelse Beemden: kwartaalreeksen) van grondwaterstanden (geïnterpoleerd op landelijke schaal) begin jaren '50 (COLN-studie);
2. Gebiedsdekkende informatie over huidige GHG en GLG (aangeleverd door het Waterschap Aa en Maas);
3. Resultaten van het grondwatermodel, ontwikkeld voor het plangebied. Voor twee momenten in 1998 zijn berekeningsresultaten opgenomen.

Aanvullende informatie per bron:

1. Begin jaren '50 zijn er in grote delen van Nederland half-maandelijkse en kwartaalopnamen van grondwaterstanden gedaan. Deze opnamen werden gedaan in opdracht van de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland [COLN, 1958]. De opnamen hebben ten grondslag gelegen aan het verbeteren van de waterhuishoudkundige situatie ten behoeve van de landbouw. De opnamen zijn uitgevoerd vóór de periode waarin ingrepen zijn gedaan, daardoor geven de COLN kaarten een goed beeld van hoge en lage grondwaterstanden vóór het rechte trekken van de Bakelse Aa en het graven van zijwatergangen.
2. De kaarten met gebiedsdekkend afgeleide GVG², GLG³ en GHG⁴ (ook wel GxG genoemd) zijn vergeleken met GVG, GLG en GHG bepaald op basis van meetreeksen van grondwaterstanden in het gebied (zie voor de meetlocaties, de GxG-waarden en grafieken de tabel en figuren in Bijlagen 4 en 5). De afwijkingen op puntlocaties zijn op kaart weergegeven. Afwijkingen op locaties buiten het plangebied kunnen het gevolg zijn van meerdere oorzaken, bijvoorbeeld ruis in de gebiedsdekkend afgeleide maaiveldhoogtekaart in stedelijk gebied. De afwijkingen buiten het plangebied zijn voor deze hydrologische systeembeschrijving minder interessant. De afwijkingen op locatie B51F0243_1 zijn klein. Dit is reden om aan te nemen dat de gebiedsdekkende informatie over GxG, aangeleverd door het Waterschap, een goed beeld geven van GxG.
3. DHV ontwikkelde een grondwatermodel voor het gebied Bakelse Beemden en omgeving [DHV¹, 2004] en [DHV², 2004]. Dit model rekent het jaar 1998 door en levert berekende grondwaterstanden op tijdsintervallen van 10 dagen. Voor twee momenten zijn in Bijlage 3 berekeningsresultaten opgenomen (een moment met relatief lage en een moment met relatief hoge grondwaterstanden). Een vergelijking van berekeningsresultaten voor het moment met hoge grondwaterstanden met de GHG kaart, leidt tot de conclusie dat het patroon van grondwaterstanden in beide kaarten goed overeenstemt. De mate van detail en variatie is groter bij berekeningsresultaten van het grondwatermodel, vanwege gedetailleerde invoer van het oppervlaktewatersysteem. Hetzelfde geldt voor een vergelijking van berekeningsresultaten voor het moment met lage grondwaterstanden met de GLG kaart. De momenten die zijn gekozen zijn niet geheel representatief voor GLG en GHG. Het moment met relatief hoge grondwaterstanden is een te natte beeld om representatief te zijn voor GHG, idem geeft het moment met relatief lage grondwaterstanden een te natte weergave om representatief te zijn voor GLG. Wanneer echter twee beter geschikte momenten gekozen worden, is het model goed bruikbaar om bijvoorbeeld effecten van inrichtingsmaatregelen op GxG in te schatten (zie volgende paragraaf).

² Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand

³ Gemiddeld Laagste Grondwaterstand

⁴ Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand

BIJLAGE 5
Eigenschappen meetlocaties grondwaterstand⁵

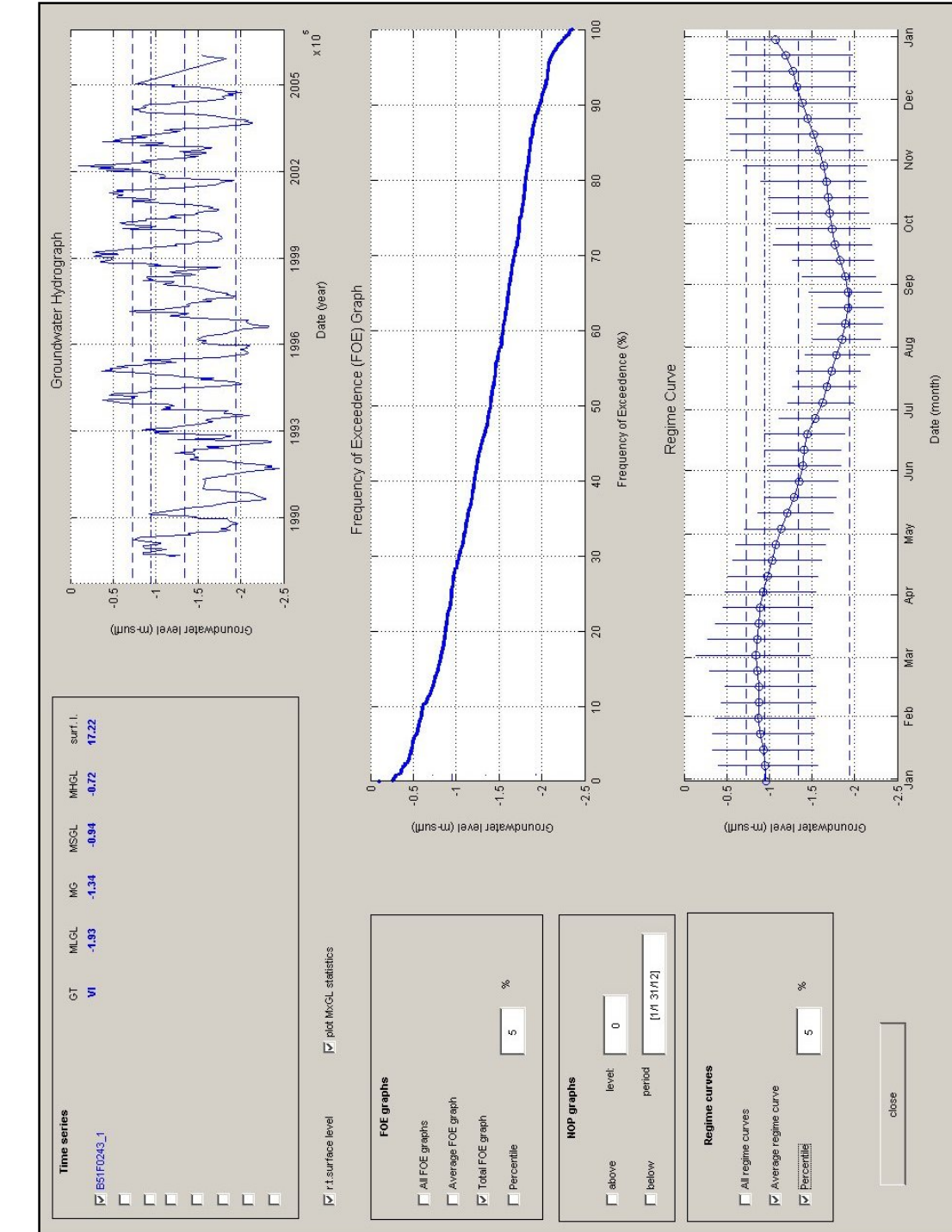
NAME	XCOORD	YCOORD	ZCOORD	SURF LEV	MLGL	MSGL	MGL	MHGL
Locatie-nummer	x coördinaat	y coördinaat	gemiddelde filterdiepte	Maaiveld-hoogte	GLG t.o.v. NAP	GVG t.o.v. NAP	Gemiddelde grondwater-stand t.o.v. NAP	GHG t.o.v. NAP
(_: filternummer)	[m]	[m]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]
B51F0225_1	176270	391300	14.74	17.29	15.25	16.05	15.75	16.21
B51F0243_1	176541	390242	14.11	17.22	15.29	16.28	15.88	16.50
B51F0277_1	177175	388850	16.75	19.33	16.49	17.19	16.88	17.33
B51F0356_1	177070	390560	15.67	18.82	16.59	17.32	17.02	17.55
B51F0357_1	177260	390520	15.63	18.63	16.40	17.43	17.00	17.56
B51F0362_1	175140	389910	12.67	15.17	14.50	14.85	14.79	15.05
B51F0363_1	175180	389920	13.37	15.34	14.51	14.95	14.78	15.12
B51F0383_1	175300	390250	14.83	16.30	14.95	15.46	15.30	15.65
B51F0436_1	174530	391490	13.96	15.47	14.10	14.68	14.51	14.86
PB-55_1	175716	389603	NaN	16.37	15.07	15.34	15.26	15.46
PB-56_1	176484	389566	NaN	17.51	15.53	16.17	15.87	16.33
PB-57_1	176106	388937	NaN	18.09	15.48	16.16	15.90	16.32

NAME	XCOORD	YCOORD	ZCOORD	GT	GLG(MV)	GVG(MV)	GG(MV)	GHG(MV)
Locatie-nummer	x coördinaat	y coördinaat	gemiddelde filterdiepte	Grondwatertrap	GLG t.o.v. maaiveld	GVG t.o.v. maaiveld	Gemiddelde grondwaterstand t.o.v. maaiveld	GHG t.o.v. maaiveld
(_: filternummer)	[m]	[m]	[m+NAP]	[-]	[m t.o.v. maaiveld]	[m t.o.v. maaiveld]	[m t.o.v. maaiveld]	[m t.o.v. maaiveld]
B51F0225_1	176270	391300	14.74	VII	2.04	1.24	1.54	1.08
B51F0243_1	176541	390242	14.11	VI	1.93	0.94	1.34	0.72
B51F0277_1	177175	388850	16.75	VIII	2.84	2.14	2.45	2.00
B51F0356_1	177070	390560	15.67	VII	2.23	1.50	1.80	1.27
B51F0357_1	177260	390520	15.63	VII	2.23	1.20	1.63	1.07
B51F0362_1	175140	389910	12.67	II	0.67	0.32	0.38	0.12
B51F0363_1	175180	389920	13.37	III	0.83	0.39	0.56	0.22
B51F0383_1	175300	390250	14.83	VI	1.35	0.84	1.00	0.65
B51F0436_1	174530	391490	13.96	VI	1.37	0.79	0.96	0.61
PB-55_1	175716	389603	NaN	VII	1.30	1.03	1.11	0.91
PB-56_1	176484	389566	NaN	VII	1.98	1.34	1.64	1.18
PB-57_1	176106	388937	NaN	VIII	2.61	1.93	2.19	1.77

⁵ Meetreeksen grondwaterstanden verkregen uit DINOloket, gecontroleerd en afgeleide gegevens bepaald met MENYANTHES (www.menyantes.nl)

BIJLAGE 6

Meetreeksen grondwaterstand en afgeleide gegevens⁶

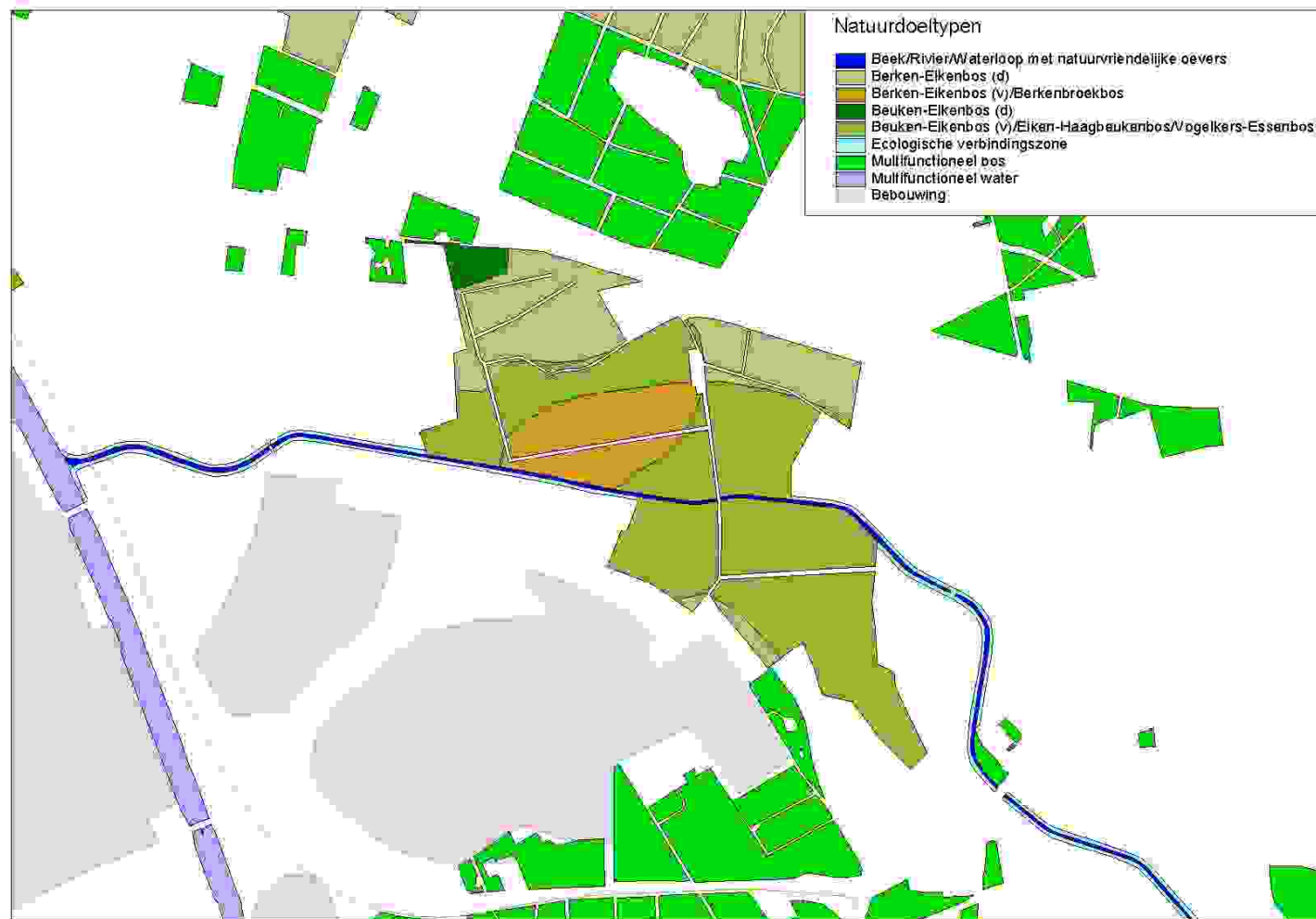


⁶ Meetreeksen grondwaterstanden verkregen uit DINOloket, gecontroleerd en afgeleide gegevens bepaald met MENYANTHES (www.menyantes.nl)

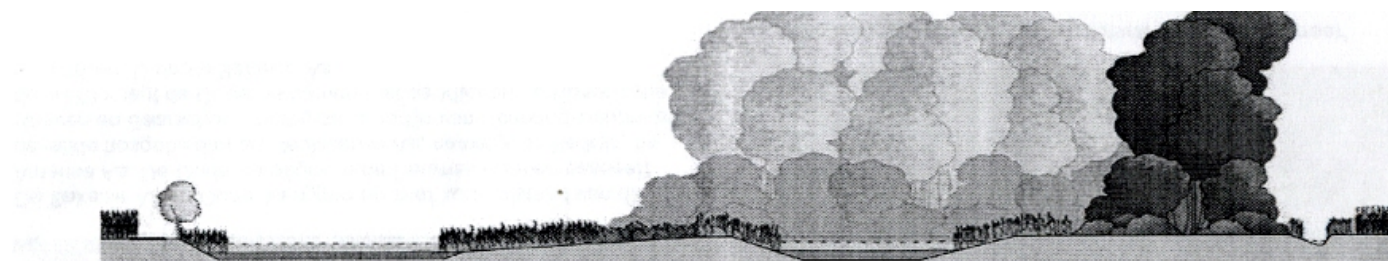
BIJLAGE 7 Eigenschappen meetlocaties grondwaterkwaliteit (DINOloket)

name	xcoord	ycoord	surflev	upfiltlev	lowfiltlev	origin
Locatie-nummer	x coördinaat	y coördinaat	Maaiveld- hoogte	bovenkant filterdiepte	onderkant filterdiepte	bron
(_: filternummer)	[m]	[m]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[-]
B52A0116_1	182675	393300	25.00	17.90	15.90	GWO
B51F0113_1	176072	388145	19.00	15.00	14.00	GWO
B52A0116_2	182675	393300	25.00	13.90	11.90	GWO
B51F0113_2	176072	388145	19.00	9.00	8.00	GWO
B51F0095_1	179580	390630	22.20	5.60	-3.40	GWO
B52C0046_1	182060	386040	23.80	3.20	2.20	GWO
B52A0032_1	181100	387670	22.60	3.00	2.00	GWO
B52A0116_3	182675	393300	25.00	2.80	0.80	GWO
B51F0011_1	175930	388550	18.90	-3.10	-21.10	GWO
B51F0013_1	176080	388550	18.90	-4.30	-24.30	GWO
B51H0020_1	173933	387391	18.60	-6.40	-21.40	GWO
B51F0053_1	179580	391550	21.20	-8.90	-9.90	GWO
B51F0113_3	176072	388145	19.00	-10.00	-11.00	GWO
B51F0096_1	177750	393040	18.60	-10.20	-11.20	GWO
B52A0055_1	182740	393015	24.60	-10.40	-11.40	GWO
B51F0014_1	176155	388550	19.00	-11.00	-26.50	GWO
B51H0038_1	179090	386570	21.60	-11.60	-12.60	GWO
B51F0016_1	176300	388545	19.00	-12.00	-26.00	GWO
B51F0012_1	176000	388550	19.00	-12.20	-24.10	GWO
B51H0023_1	178880	386600	21.50	-12.50	-27.50	GWO
B51F0093_1	175300	390220	16.60	-13.50	-14.50	GWO
B51F0015_1	176150	388550	19.10	-13.90	-28.90	GWO
B51H0024_1	178440	386660	21.60	-15.40	-30.40	GWO
B51F0047_1	175760	387640	17.50	-19.60	-20.60	GWO
B51F0102_1	175860	388630	18.20	-21.80	-23.80	GWO
B51F0102_2	175860	388630	18.20	-107.80	-109.80	GWO
B51F0102_3	175860	388630	18.20	-156.80	-158.80	GWO
B51F0102_4	175860	388630	18.20	-237.90	-257.80	GWO
B51F0102_5	175860	388630	18.20	-264.50	-266.50	GWO






BIJLAGE 8 Groene Hoofdstructuur natuurdoeltypen (provincie Noord-Brabant)



BIJLAGE 9 Streefbeeld ecologische verbindingszone Bakelse Aa



	Onderhoudpad en oever	Water en waterbodem	Plas dras	Grasland	Stapsteen met poelen	houtwal	Opmerkingen
Inrichting en beheer							
Das	migratie		foerageren	foerageren		migratie	
Kamsalamander		leefgebied	leefgebied		leefgebied	leefgebied	Forse stapstenen zijn van meer belang dan een migratieroute
Amfibieën overig/algemeen			leefgebied	leefgebied	voortplanting	leefgebied	
Dagvlinders van natte habitats	leefgebied			leefgebied			
drijvende waterweegbree		leefgebied	leefgebied		leefgebied		Stelt specifieke eisen aan de waterkwaliteit
zandhagedis	migratie			migratie/leefgebied		migratie/leefgebied	Heeft voorkeur voor droge zandgronden
knoflookpad				leefgebied	voortplanting		Heeft open zand en korte vegetatie nodig

Recreatie en waterberging					
Das	Geen nachtelijke verstoring				
Kamsalamander	Betreding beperken				Geen inundatie poelen
Amfibieën overig/algemeen	Betreding beperken				Geen inundatie poelen
Dagvlinders van natte habitats	Betreding beperken				
Drijvende waterweegbree	Oever en watervegetatie niet beschadigen				
zandhagedis	Betreding beperken				
knoflookpad	Betreding beperken				Geen inundatie poelen

BIJLAGE 10 Confrontatie hydrologische randvoorwaarden natuurdoeltypen en huidige situatie Bakelse beemden

Natuurdoeltypen	GVG			GLG			Herkomst water		Overstromingstolerantie	
	<i>Gewenst</i>	<i>Huidig</i>	<i>Huidig</i>	<i>Gewenst</i>	<i>Huidig</i>	<i>Huidig</i>	<i>Gewenst</i>	<i>Huidig</i>	<i>Gewenst</i>	<i>Huidig</i>
	<i>cm-mv</i>	<i>cm-mv</i>	<i>verschil</i>	<i>cm-mv</i>	<i>cm-mv</i>	<i>cm verschil</i>				
Beek/Rivier/Waterloop met natuurvriendelijke oevers										
Droog Berken-Eikenbos	70 - 90	100-200		> 160	140 >200		regenwater		nooit	
Vochtig Berken-Eikenbos	30 - 45	40-70		< 160	100-140		regenwater		nooit	
Berkenbroek	0 - 30	40-70	10 - 40cm	< 70	100-140	30 - 80 cm	regenwater		nooit	
Droog Beuken-Eikenbos	> 40	100-200		> 140	100-140		regenwater		nooit	
Vochtig Beuken-Eikenbos	> 40	40-100		90 -130 -mv	100-140		regenwater		regelmatig-nooit	
Eiken-Haagbeuken	> 40	40-100		60 - 130 -mv	100-140		kwel/grondwater		nooit	
Vogelkers-Essenbos	20- 60	40-100		50 - 150 -mv	100-140		oppervlaktewater		regelmatig-nooit	

voldoet
voldoet onvoldoende
voldoet niet

BIJLAGE 4 Ecoscan Bakelse Beemden

Ecoscan Bakelse Beemden





Ecoscan Bakelse Beemden

dossier W1702-01.001
registratienummer MD-WR20040548
versie 2

INHOUD	BLAD
1 INLEIDING	5
2 HERINRICHTING VAN DE BAKELSE BEEMDEN	7
2.1 Ligging en karakteristiek plangebied	7
2.2 Toekomstige herinrichting van de Bakelse Beemden	8
3 NATUURWETGEVING EN –BELEID	9
3.1 Flora en faunawet	9
3.2 Provinciaal beleid	11
4 NATUURWAARDEN EN BEOORDELING EFFECTEN	13
4.1 Bronnen en werkwijze	13
4.2 Voorkomen van beschermde soorten	13
4.3 Effecten op natuurwaarden	25
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	29
5.1 Effecten op huidige natuurwaarden	29
5.2 Mitigerende maatregelen tijdens de uitvoering	30
5.3 Mogelijkheden voor ontwikkeling van natuurwaarden	31
6 COLOFON	33

BIJLAGEN

1	Overzicht beschermingsregimes nieuwe AMvB Flora- en faunawet
2	Methode veldinventarisatie 2004
3	Voorkomen vlinders en libellen (waarnemingen KNNV)

1 INLEIDING

Het waterschap Aa en Maas, de eigenaar van het landgoed de Bakelse Beemden en de gemeente Helmond werken samen aan een integrale visie en herinrichting van het landgoed de Bakelse Beemden. De Bakelse Beemden liggen ten noordoosten van de bebouwde kom. Doel is het behoud van het karakter van het landgoed, herstel en ontwikkeling van landschappelijke en natuurlijke waarden, waarbij ecologie, opvang van piekafvoer, water en recreatief medegebruik centraal staan. De Bakelse Beemden en de Bakelse Aa zijn onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur.

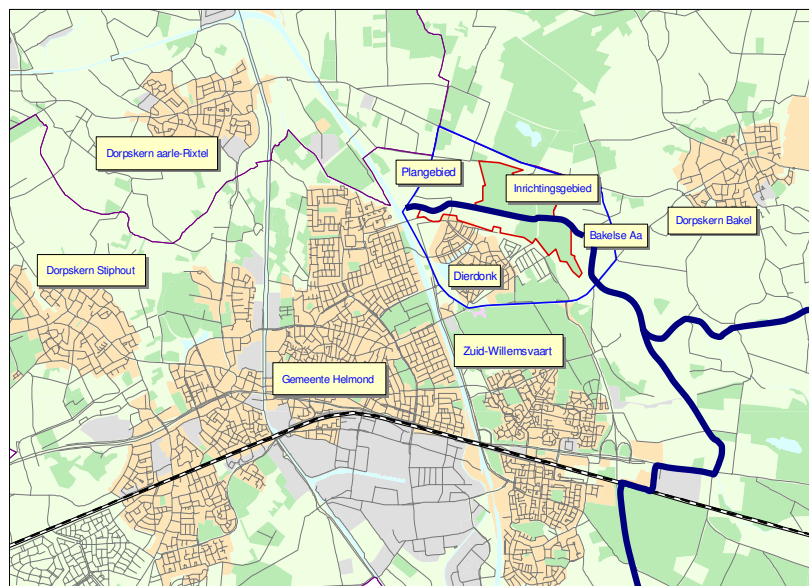
In 2004 is door DHV een studie uitgevoerd naar de mogelijkheden voor waterberging en de geohydrologische effecten van de waterberging. Dit onderzoek heeft uitgewezen dat het bergingsgebied bij kan dragen aan de reductie van piekafvoeren in het stroomgebied van de Aa en verwaarloosbare effecten heeft op de grondwaterstanden in de naastgelegen wijk Dierdonk.

De verschillende mogelijke werkzaamheden die nodig zijn om de doelen te realiseren, zoals het grondverzet en het kappen van bomen, hebben in meer of mindere mate effect op de huidige natuurwaarden in het gebied. De Flora- en Faunawet maakt het noodzakelijk om voorafgaand aan ruimtelijke ingrepen te onderzoeken of er negatieve effecten zijn op beschermde plant- en diersoorten. Deze toets is noodzakelijk voor de daadwerkelijke uitvoering van de werkzaamheden, maar ook voor de goedkeuring van (een wijziging van) een bestemmingsplan.

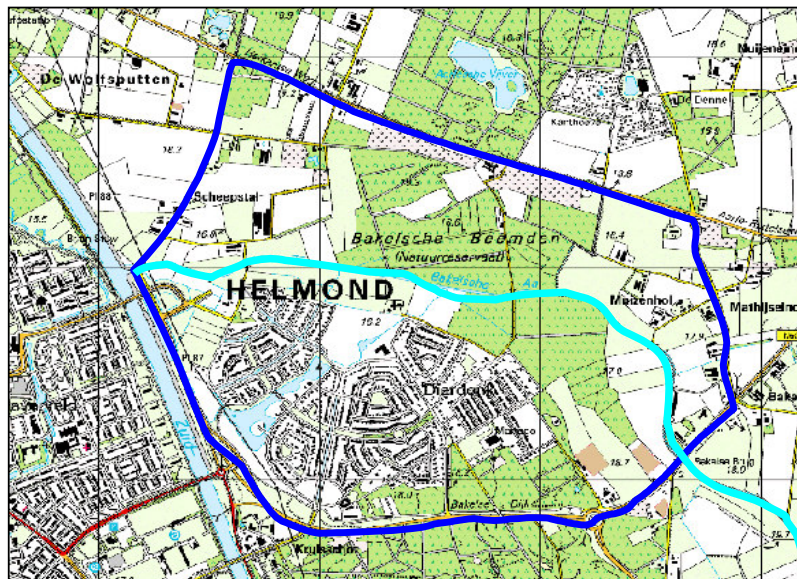
Het waterschap Aa en Maas heeft DHV gevraagd om de natuurwaarden binnen het inrichtingsgebied te inventariseren. De inventarisatie moet voldoende informatie bieden voor de toets aan de Flora- en Faunawet (beschermde soorten) en het optimaliseren van het ontwerp/inrichtingsmodel (mitigerende en compenserende maatregelen). Hiervoor heeft DHV de ecoscan ontwikkeld.

De ecoscan is uitgevoerd op basis van een veldinventarisatie van Natuurbalans, gegevens van KNNV, provincie Noord-Brabant en de atlas voor Nederlandse Zoogdieren.

Figuur 1 Ligging plangebied en inrichtingsgebied in de omgeving



- Plangebied
- Inrichtingsgebied
- Bakelse Aa



d

2 HERINRICHTING VAN DE BAKELSE BEEMDEN

Dit tweede hoofdstuk biedt een korte beschrijving van de ligging en karakteristiek van het plangebied (2.1). Vervolgens wordt de mogelijk herinrichting van de Bakelse Beemden beschreven volgens het inrichtingsmodel uit het reeds uitgevoerde hydrologisch onderzoek (2.2).

2.1 Ligging en karakteristiek plangebied

De Bakelse Beemden liggen ten noordoosten van de bebouwde kom van Helmond. Het landgoed beslaat een oppervlakte van ± 70 ha. en wordt in tweeën gedeeld door de Bakelse Aa. Aan de oostkant wordt het *plangebied* begrensd door de Mathijseind. De noordgrens van het plangebied is de Heikantsweg en de zuidgrens is de Wolfsputterbaan. Tot slot is de topografische grens aan de westkant van het gebied de Zuid-Willemsvaart en de Scheepstal.

De Bakelse Beemden hebben houtproductie als voornaamste functie en derhalve zijn ze grotendeels beplant met populieren. Boswerkzaamheden, waaronder het geheel klepelen van de, rond de jonge populieren staande begroeiing, vinden vaak plaats in het voorjaar en de zomer. Reden hiertoe is dat de Bakelse Beemden te nat zijn om in de herfst met zwaardere machines te bewerken.

Tot begin 90er jaren waren veel percelen voorzien van de snelgroeïende populieren, tevens werden er veel dennen onder deze populieren aangeplant. Deze dennen zijn halverwege de 90er jaren weggehaald. De grond is nog te bemest door de toenmalige weilanden (jaren 50). De percelen van deze vroegere weilanden zijn nu voorzien van o.a. een weelderige bramengroei, brandnetel en hondsdrif. Een klein gedeelte van het bekenstelsel van de Bakelse Beemden heeft nog enig kwelwater waardoor hier plantensoorten groeien zoals waterviolier en waterranonkel. Hoe meer men van de Bakelse Aa afgaat; hoe droger het gebied is. Met name aan de noordelijke zijde is dit het geval. Tevens wordt het gebied gekenmerkt door verdroging. Eind juni, begin juli staan de meeste sloten droog. De Bakelse Aa is in de vorige eeuw rechtgetrokken en voorzien van steile oevers, waardoor het water snel afgevoerd wordt.



De Bakelse Aa aan de westzijde (foto links) en oostzijde (foto rechts) van het plangebied

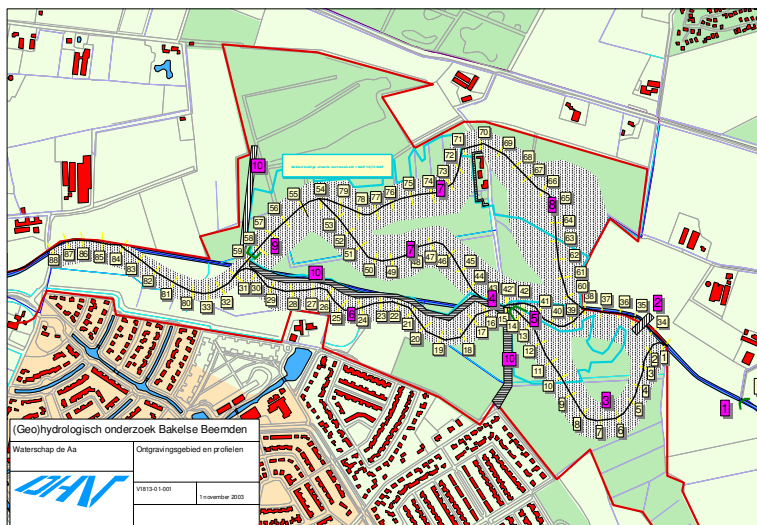
2.2 Toekomstige herinrichting van de Bakelse Beemden

Het doel van de toekomstige herinrichting van de Bakelse Beemden is het behoud van het karakter van het landgoed, herstel en ontwikkeling van landschappelijke en natuurlijke waarden, waarbij ecologie, opvang van piekafvoer, water en recreatief medegebruik centraal staan.

In het geohydrologisch onderzoek is een inrichtingsmodel op hoofdlijnen uitgewerkt. Dit inrichtingsmodel biedt mogelijkheden voor waterberging, maar is nog niet vastgesteld en getoetst aan de andere doelen en huidige waarden van het gebied. Wel omvat het inrichtingsmodel in ieder geval de natuurvriendelijke inrichting van de Bakelse Aa, het verhogen van de bergingscapaciteit (opvang piekafvoer) en de omvorming van het populierenbos naar meer natuurlijk bos met inheemse soorten. De inrichting vindt plaats binnen de gemeente Helmond en is van invloed op de directe omgeving van de aangrenzende wijk Dierdonk. Door de inrichting ontstaat voor de gemeente Helmond een kans tot de ontwikkeling van duurzame natuur-, en landschapswaarden en verbetering van de waterhuishouding. Naar verwachting zal ongeveer 45-50 ha ingezet worden voor waterberging. In dit deel vinden grootschalige ingrepen plaats, waaronder het kappen van bomen en een ontgronding. De gemeente Helmond heeft 14 ha in eigendom die in het westen aansluiten op de Bakelse Beemden en wil deze gronden betrekken bij de planontwikkeling. Deze hebben een landbouwkundige functie en bestaan uit akkers en weilanden.

Najaar 2003 is een studie uitgevoerd naar de waterbergingsmogelijkheden in het gebied de Bakelse Beemden. Uitgangspunt is dat de huidige wateroverlast in de aangrenzende woonwijk Dierdonk niet mag toenemen. Om in het onderzoeksgebied een maximaal bergingsvolume te creëren, is een aantal technische maatregelen opgesteld en getoetst variërend van de aanleg van dammen en dijken tot het omleggen van de Bakelse Aa, hermeandering en de aanleg van een bergingsgebied (zie Figuur 2). De voorgenoemde maatregelen leiden tot een aanzienlijke hoeveelheid grondverzet (ongeveer 300.000 m³).

Figuur 2 Inrichtingsmodel voor waterberging



3 NATUURWETGEVING EN –BELEID

Voor de toetsing van de effecten dient met natuurwetgeving en -richtlijnen rekening gehouden te worden. Het grondverzet in de gebieden die een bepaalde status van bescherming genieten en de overige werkzaamheden kunnen effecten hebben op door de Flora- en Faunawet beschermde planten en dieren en hun biotopen. In dit kader dienen de volgende vragen beantwoord te worden:

- 1. Flora- en Faunawet: worden de verbodsbepalingen voor beschermde soorten overtreden?*
- 2. Provinciaal natuurbeleid: aan welke voorwaarden dient de herinrichting te voldoen volgens de doelstellingen van de EHS en het provinciaal beschermingsregime?*

De werkzaamheden vallen niet binnen (de externe werking van) een speciale beschermingszones vanuit de Habitatrichtlijn en Vogelrichtlijn. De soortenbescherming uit de Habitat- en Vogelrichtlijn is in zijn geheel geïmplementeerd in de Flora- en Faunawet. Daarom zijn deze richtlijnen niet nader behandeld.

In het voorliggend hoofdstuk worden de twee bovenstaande categorieën van wetgeving en beleid nader beschreven en is aangegeven op welke wijze getoetst moet worden.

3.1 Flora en faunawet

Sinds 1 april 2002 is de Flora- en Faunawet van kracht. De wet richt zich op de bescherming van in het wild levende planten en dieren. Nieuw in de Flora- en Faunawet is de erkenning dat dieren, ook zonder direct nut voor de mens, waardevol zijn. De Flora- en Faunawet beschermt naast de zeldzame en bedreigde ook de algemenere soorten die van nature in Nederland voorkomen. Het beschermingsregime varieert wel afhankelijk van de status van de soort. In bijlage 1 is een overzicht van de beschermingsregimes per soort opgenomen volgens de nieuwe AMvB Flora- en faunawet, die naar verwachting begin 2005 van kracht wordt (zie ook kader op de volgende bladzijde).

De wet gaat uit van het *nee, tenzij-beginsel*. Dit houdt in dat in beginsel alle schadelijke handelingen ten aanzien van beschermde planten en dieren verboden zijn. Slechts onder strikte voorwaarden zijn afwijkingen van de verbodsbepalingen mogelijk. Voor beschermde soorten gelden de volgende verbodsbepalingen:

- Het is verboden planten te plukken, verzamelen, af te snijden, uit te steken, te vernielen, te beschadigen, te ontwortelen of op enigerlei wijze van hun groeiplaats te verwijderen;
- Het is verboden dieren opzettelijk te verontrusten;
- Het is verboden nesten, holen of andere voortplantings- of vaste rust- of verblijfplaats te vernielen, uit te halen, weg te nemen of te verstoren;
- Het is verboden eieren te zoeken, te rapen, uit het nest te nemen, te beschadigen of te vernielen.

Indien ruimtelijke ingrepen leiden tot overtreding van de verbodsbepalingen dan moet gekeken worden of de werkzaamheden kunnen worden aangepast, zodat deze niet of minder schadelijk zijn en dient in sommige gevallen ontheffing aangevraagd te worden bij LASER Dordrecht (zie bijlage 1). Ook met een ontheffing is bij het uitvoeren van de inrichtingsmaatregelen de algemene zorgplicht van toepassing, die vraagt om een zorgvuldig 'groen' handelen. Voor broedvogels is voor verstoring of vernietiging van nesten als gevolg van ruimtelijke ingrepen geen ontheffing mogelijk.

Voor het aanvragen van ontheffing worden de volgende zaken gevraagd: een actuele inventarisatie van beschermde soorten, een beschrijving van de te verwachten schade, een onderbouwing van de keuze van de locatie en periode van uitvoering en een beschrijving van mitigerende en compenserende maatregelen. Mitigerende en compenserende maatregelen volgen uit het principe om schade zoveel mogelijk te beperken en kunnen als voorwaarde bij de ontheffing opgenomen zijn.

Aanpassing Besluit vrijstelling Flora- en Faunawet

De ministerraad heeft op 9 juli 2004 ingestemd met een wijziging van het Besluit vrijstelling beschermde dier- en plantensoorten. Dit besluit hoort bij de Flora- en faunawet, en geldt ook voor de soorten van de Vogel-en Habitatrichtlijn die onder deze wet vallen. Door de aanwezigheid van beschermde dier- en plantensoorten ontstonden knelpunten bij regulier beheer, gebruik en onderhoud én bij ruimtelijke projecten. Met de wijziging worden deze knelpunten opgelost. Bij veel van de werkzaamheden of gebruik is het na in werking treding van het besluit niet langer nodig om een ontheffing aan te vragen om bijvoorbeeld beschermde dieren te verstoren of beschermde planten te maaien. In plaats hiervan gaat een vrijstelling gelden. Om gebruik te kunnen maken van de vrijstelling is het wel nodig om te werken volgens een door de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit goed te keuren gedragscode. Alleen als het gaat om bepaalde veel voorkomende soorten is het niet nodig volgens een dergelijke gedragscode te werken. De wijziging van het besluit treedt naar verwachting aan het eind 2004 /begin 2005 in werking, 8 weken na publicatie in het Staatsblad.

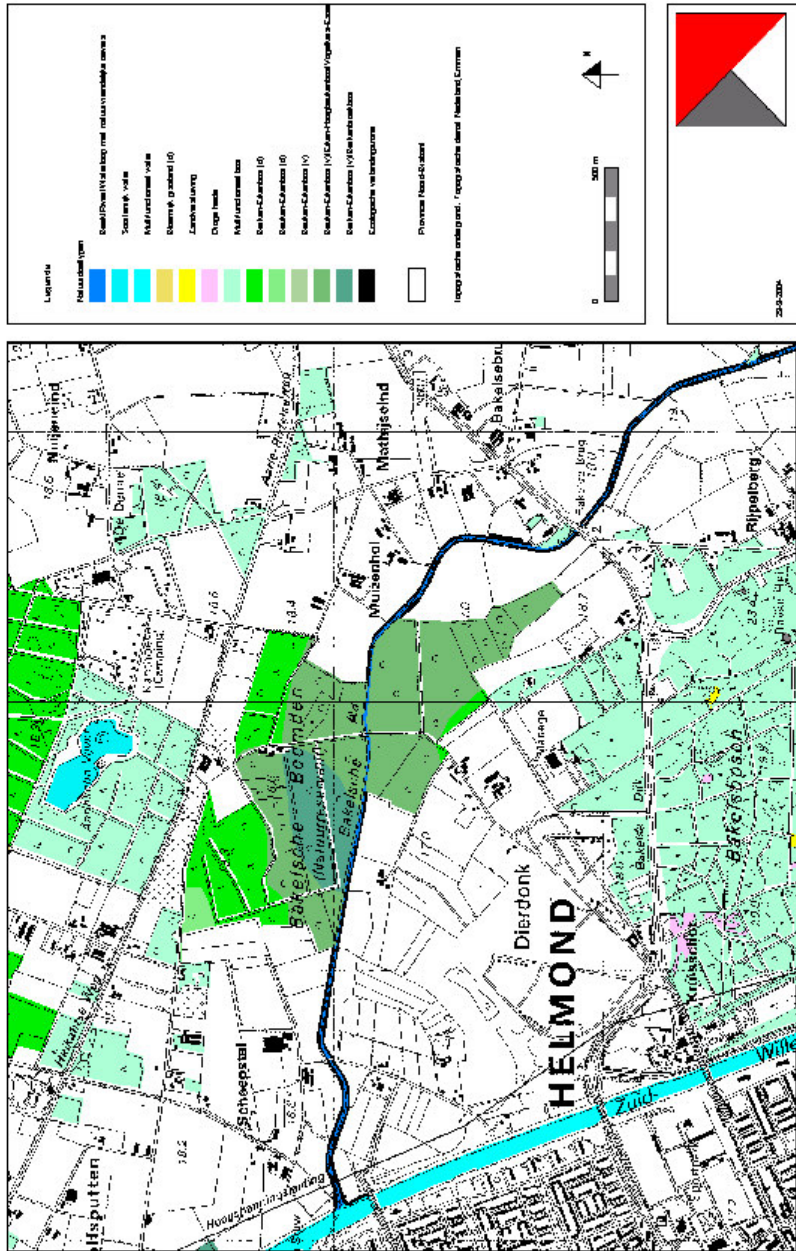
3.2 Provinciaal beleid

In het Streekplan van 2002 zijn alle bestaande en nieuwe natuurgebieden in de Groene hoofdstructuur (GHS) opgenomen. De GHS bestaat uit GHS-natuur (valt samen met de EHS) en GHS-landbouw en er geldt een beschermingsregime van nee-tenzij (compensatiebeginsel). De planologische bescherming wordt in gemeentelijke bestemmingsplannen vastgelegd. De Bakelse Beemden is onderdeel van de GHS natuur.

In het natuurgebiedsplan Oost-Brabant van de provincie Noord-Brabant is de landelijke Ecologische Hoofdstructuur uit het Structuurschema Groene Ruimte op perceelsniveau uitgewerkt en begrensd. Met het natuurgebiedsplan wordt sturing gegeven aan de Subsidieregeling Natuurbeheer 2000. De natuurdoeltypenkaart geeft invulling aan de doelen voor de Ecologische Hoofdstructuur. In figuur 3 zijn de natuurdoeltypen voor de Bakelse Beemden weergegeven. Voor de bossen gaat het om de omvorming van de populierenbossen tot natuurlijke bossen gebonden aan vochtige (centrale deel) tot droge gronden (flanken). Het deel van de Bakelse Aa dat grenst aan de landbouwgronden is aangewezen als ecologische verbindingszone. Er zijn verscheidene subsidievormen binnen de Subsidieregeling Natuurbeheer 2000 om deze natuurdoeltypen te realiseren.

DHV Water, Natuur en Ruimte / Natuurbalans Limes Divergens

Figuur 3 Natuurdoeltypen voor de Ecologische Hoofdstructuur binnen de Bakelse Beemden



4 NATUURWAARDEN EN BEOORDELING EFFECTEN

In dit hoofdstuk worden de verwachte effecten van de ingreep op de natuurwaarden omschreven en getoetst aan de bepalingen uit de in hoofdstuk 3 beschreven wetgeving en beleidslijnen.

4.1 Bronnen en werkwijze

Om inzicht te krijgen in de natuurwaarden van het plangebied heeft in de periode april-augustus 2004 Adviesbureau Natuurbalans Limes Divergens een veldinventarisatie uitgevoerd naar de voorkomende flora en fauna. In bijlage 2 is de wijze van inventariseren van de verschillende soortgroepen toegelicht. Afhankelijk van de soortgroep zijn de gegevens uit de veldinventarisatie van Natuurbalans van de zomer van 2004 aangevuld met de volgende bronnen:

- waarnemingen KNNV van de afgelopen 10 jaar
- broedvogelkartering provincie Noord-Brabant uit 1996
- kartering plantensoorten (deels 1999 en deels 2001)
- de Atlas van de Nederlandse Zoogdieren is gebruikt voor het afleiden van het potentieel voorkomen van kleine grondgebonden zoogdieren. Deze gegevens zijn echter niet volledig en op kleine schaal beschikbaar

4.2 Voorkomen van beschermde soorten

In deze paragraaf wordt per soortgroep ingegaan op de beschermde soorten die in het plangebied voorkomen. In bijlage 2 is een compleet overzicht gegeven van de aangetroffen diersoorten in het gebied en zijn de verspreidingsgegevens van de flora opgenomen.

Flora

Het gebied bestaat namelijk grotendeels uit soortenarme populierenbossen met brandnetels en soms maïs in de ondergroei, afgewisseld met naaldbossen. In het inrichtingsgebied zijn in 2004 twee beschermde plantensoorten aangetroffen. Het betreft Gewone dotterbloem en Brede wespenorchis. Beide soorten zijn in Nederland vrij algemeen en staan niet op de Rode Lijst (zie Tabel 1).

Tabel 1. Beschermde en bedreigde flora binnen het onderzoeksgebied (Natuurbalans Limes Divergens, 2004)

soort	status	
	Flora- en Faunawet	Rode Lijst
Brede wespenorchis	√	
Gewone dotterbloem	√	

Brede Wespenorchis komt het meest voor langs de laan door het bos die de Bakelse Aa kruist. Gewone Dotterbloem is op een aantal plekken aangetroffen langs een waterloop

ten noorden van de Bakelse Aa (zie figuur 4). In deze waterloop staat tevens Waterviolier, dit duidt op de aanwezigheid van kwel en vochtige tot natte standplaatsen. In de kartering van aandachtsoorten van de provincie Noord-Brabant uit deels 1999 en deels 2001 zijn naast de Gewone dotterbloem en Brede wespenorchis de volgende niet beschermde plantensoorten aangetroffen:

- Koningsvaren
- Waterviolier
- Holpijp
- Bosbies

Figuur 4 Verspreiding beschermde flora in 2004



VERSPREIDING BESCHERMDE FLORA IN 2004

bron: inventarisatie Natuurbalans 2004

- gewone dotterbloem
- brede wespenorchis

----- begrenzing onderzoeksgebied



Vleermuizen

Het onderzoek naar vleermuizen heeft de aanwezigheid van twee soorten aangetoond; Gewone Dwergvleermuis en Laatvlieger (zie Tabel 2). Zoals alle vleermuizen in Nederland zijn beide soorten beschermd en opgenomen op bijlage IV van de Europese Habitatrichtlijn, wat inhoudt dat de soort strikt beschermd is.

In alle gevallen hadden de waarnemingen betrekking op jagende dieren. Aangezien beide soorten gebouwbewonende soorten zijn, is aanwezigheid van kolonies van een van deze soorten binnen het bosgebied van de Bakelse Beemden uitgesloten. De meest kansrijke locatie voor vleermuiskolonies vormt de noord-zuid gerichte laan die de Bakelse Aa kruist. Aanwezigheid van (kolonies van) boombewonende vleermuizen is echter niet aangetoond.

Tabel 2. Voorkomen vleermuizen binnen het onderzoeksgebied (Natuurbalans Limes Divergens, 2004)

soort	status			aantal locaties	max. aantal individuen per ronde
	Flora- en Faunawet	Habitatrichtlijn	Rode Lijst		
Gewone dwergvleermuis	√	IV		5	9
Laatvlieger	√	IV		2	2

Overige zoogdieren

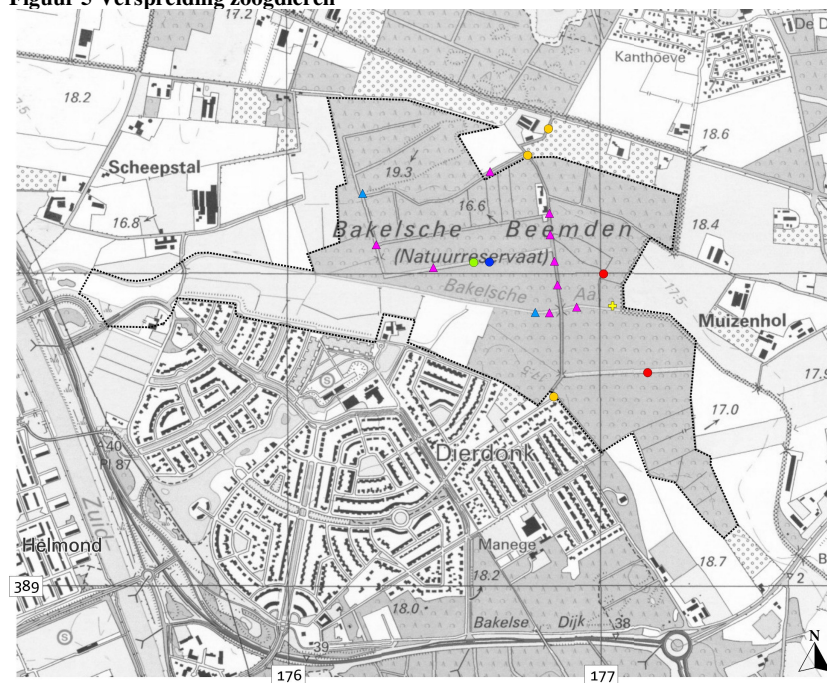
In het veldonderzoek van 2004 zijn naast de vleermuizen de middelgrotere zoogdieren geïnventariseerd. Ree, Konijn, Mol en Egel zijn waargenomen binnen het onderzoeksgebied. In Nederland komen alle vier de aangetroffen zoogdiersoorten algemeen voor en zijn niet bedreigd. Door de KNNV zijn de afgelopen jaren Buning, Eekhoorn, Haas, Hermelijn, Vos en Wezel waargenomen. Daarnaast is uit de Atlas van de Nederlandse Zoogdieren afgeleid dat een aantal kleine grondgebonden zoogdieren potentieel in het gebied kunnen voorkomen. Tabel 3 toont de soorten inclusief status. Alle soorten zijn beschermd volgens de Flora- en Faunawet.

Tabel 3. Voorkomen overige zoogdieren binnen het onderzoeksgebied

soort	status			aantal locaties	Bron				
	Flora en Faunawet	Habitatrichtlijn	Rode Lijst		Natuurbalans	KNNV	Provincie Noord-Brabant	Natuurloket	Atlas Nederlandse Zoogdieren
Ree	√			2	√	√			
Konijn	√			3	√	√			
Mol	√			1	√				
Egel	√			1	√	√			
Buning	√					√			
Eekhoorn	√					√			
Haas	√					√			
Hermelijn	√					√			

soort	status			aantal locaties	Bron				
	Flora en Faunawet	Habitatrichtlijn	Rode Lijst		Natuurbalans	KNNV	Provincie Noord-Brabant	Natuurloket	Atlas Nederlandse Zoogdieren
Vos	√					√			
Wezel	√					√			
Bosmuis	√								√
Dwergmuis	√								√
Veldmuis	√								√
Woelrat	√								√
Rosse woelmuis	√								√
Huisspitsmuis	√								√
Dwergspitsmuis	√								√

Figuur 5 Verspreiding zoogdieren



VERSPREIDING FAUNA IN 2004

bron: inventarisatie Natuurbalans 2004

- ree
 - konijn
 - mol
 - egel
 - ★ mierenhoop
 - ▲ gewone dwergvleermuis
 - ▲ laatvlieger
- begrenzing onderzoeksgebied



Vogels

In Tabel 4 en Tabel 5 staan de door Natuurbalans, KNNV en provincie waargenomen broedvogels en gasten/doortrekkende vogels. In 2004 heeft geen broedvogelkartering plaatsgevonden, vanwege de late start van de veldinventarisatie. In een eenmalig veldbezoek zijn de broedvogelsoorten genoteerd. Met de gegevens van de KNNV en provincie is echter een goed beeld te krijgen van de voorkomende soorten.

De waargenomen vogelsoorten zijn kenmerkend voor bossen, (riet)moerassen, graslanden en open water. De meeste soorten zijn vrij algemeen in Nederland.

Groene specht en Grote karekiet staan beide op de Rode Lijst, respectievelijk als kwetsbaar en bedreigd. De waarneming van Grote karekiet op 3 juni berust naar alle waarschijnlijkheid op een doortrekkend individu. Geschikt biotoop voor deze zeer kritische moerasvogelsoort bestaat uit brede waterriet zones (>3m). Binnen het onderzoeksgebied is dit niet aanwezig. Groene en Zwarte specht zijn waargenomen in het bosgebied van de Bakelse Beemden.

Tabel 4 Voorkomen broedvogels binnen het inrichtingsgebied

Soort	Status			Bron	KNNV	Provincie Noord-Brabant 1996
	Flora- en Faunawet	VRL	RL			
Bonte vliegenvanger	√				1998	
Boomkruiper	√			X		X
Boomleeuwerik	√	√			2000	X
Boompieper	√				1999-2000	
Bosrietzanger	√			X	1993	
Bosuil	√			X		X
Buizerd	√			X	2000	X
Ekster	√					
Europese kanarie	√					X
Fazant	√				X	
Fitis	√			X	X	
Geelgors	√		√		X	X
Gekraagde roodstaart	√				X	
Goudhaantje	√			X	X	
Goudvink	√				< 1998	
Grasmus	√			X	X	X
Grauwe vliegenvanger	√				< 1997	X
Groene specht	√		√	X	X	X
Groenling	√				X	X
Grote bonte specht	√			X	X	X
Grote lijster	√				X	X
Havik	√				2000	X
Heggemus	√				X	
Holenduif	√				X	X

DHV Water, Natuur en Ruimte / Natuurbalans Limes Divergens

Soort	Status			Bron		
	Flora- en Faunawet	VRL	RL	Natuurbalans 2004	KNNV	Provincie Noord-Brabant 1996
Houtduif	√			X	X	
Kauw	√				X	
Kievit	√			X		
Kleine bonte specht	√				X	X
Kleine karekiet	√			X		
Koekoek	√			X	X	X
Koolmees	√				X	
Kuifmees	√			X	X	X
Mandarijneend	√				1998	
Matkop	√				X	X
Merel	√			X	X	
Nachte gaal	√				< 1998	
Nijlgans	√				2001	
Pimpelmees	√				X	
Ransuil	√				X	
Rietgors	√			X	X	
Ringmus	√				X	
Roodborst	√			X	X	
Scholekster	√			X		
Sperwer	√				X	X
Spotvogel	√				1994	X
Spreeuw	√				X	
Sprinkhaanrietzanger	√				1999	
Stार्टmees	√			X	X	X
Steenuil	√		√		<1998	X
Tjiftjaf	√			X	X	
Torenvlak	√				X	
Tortelduif	√					X
Tuinfluitter	√			X		X
Vink	√			X	X	
Vlaamse gaai	√				X.	
Vuurgoudhaantje	√					X
Waterhoen	√				X	
Wielewaal	√				2001	X
Wilde eend	√			X	X	
Winterkoning	√			X	X	
Witte kwikstaart	√			X		
Zanglijster	√			X	X	X
Zomertortel	√				2001	

Soort	Status			Bron		
	Flora- en Faunawet	VRL	RL	Natuurbalans 2004	KNNV	Provincie Noord-Brabant 1996
Zwarte kraai	√			X	X	
Zwarte mees	√			X	X	
Zwarte roodstaart	√				X	
Zwarte specht	√	√		X	X	X
Zwartkop	√			X	X	X

Tabel 5 Voorkomen gastvogels binnen het inrichtingsgebied

Soort	Status			Voorkomen	
	Ffwet	VRL	RL	Natuurbalans 2004	KNNV
Blauwe reiger	√			X	X
Bokje	√				1998
Boomklever	√			X	X
Boomvalk	√				X
Grote karekiet	√			X (doortrekkend)	
Houtsnip	√				X
Koperwiek	√				X
Kramsvogel	√				X
Meerkoet	√				X
Ooievaar	√				1999
Patrijs	√				X
Turkse Tortel	√				X
Watersnip	√				< 1990
IJsvogel	√				X (zeldzaam)
Keep	√				X
Sijs	√				X
Putter	√				X
Kneu	√				X
Kruisbek	√				1993

Amfibieën en reptielen

Binnen het onderzoeksgebied zijn in totaal drie soorten amfibieën waargenomen. Van groene kikker kon niet in alle gevallen worden bepaald om welke soort het ging, namelijk Middelste groene kikker of Poelkikker. Deze waarnemingen zijn aangeduid met “groene kikker onbepaald”. De aangetroffen soorten zijn in Nederland algemeen voorkomend.

Tabel 6. Voorkomen amfibieën binnen het onderzoeksgebied

soort	Status		aantal locaties	max. aantal individuen per dag	Bron
	FFwet	RL			
Groene Kikker onbepaald	√		2	25 ad	Natuurbalans
Middelste Groene Kikker	√		1	1 ad	Natuurbalans
Bruine Kikker	√		6	1 ad, 1 juv, 150 larf	Natuurbalans
Gewone Pad	√		3	1 juv, >500 larf	Natuurbalans

Veel van de waarnemingen zijn afkomstig uit de slootjes in de weilanden die liggen tussen de wijk Dierdonk en de Bakelse Aa. Hier zijn alle soorten uit de tabel aangetroffen. Bruine kikker is verder nog aangetroffen in het bosgebied van de Bakelse beemden en aan de oostkant ervan. Overigens lagen vrijwel alle sloten binnen het bosgebied tijdens de eerste ronde in juni al droog. Gewone pad is de enige soort die is aangetroffen in de Bakelse Aa. Door de KNNV is geen specifiek onderzoek gedaan naar amfibieën, maar is tijdens een van de rondes wel de Alpenwatersalamander aangetroffen. De resultaten uit 2004 van Natuurbalans wijzen erop dat deze soort niet (meer) in het gebied voorkomt.

Minder algemene amfibieën zijn niet aangetroffen. Hiervoor bieden de Bakelse Beemden in hun huidige staat ook weinig kansen. Hoewel landbiotoop in ruime mate aanwezig is, is met name het ontbreken van geïsoleerde, visvrije wateren een oorzaak voor de afwezigheid van de meer bijzondere soorten.

Figuur 6 Verspreiding amfibieën



VERSPREIDING AMFIBIEËN IN 2004

bron: inventarisatie Natuurbalans 2004

- gewone pad
- bruine kikker
- middelste groene kikker
- groene kikker onbepaald

..... begrenzing onderzoeksgebied



Vissen

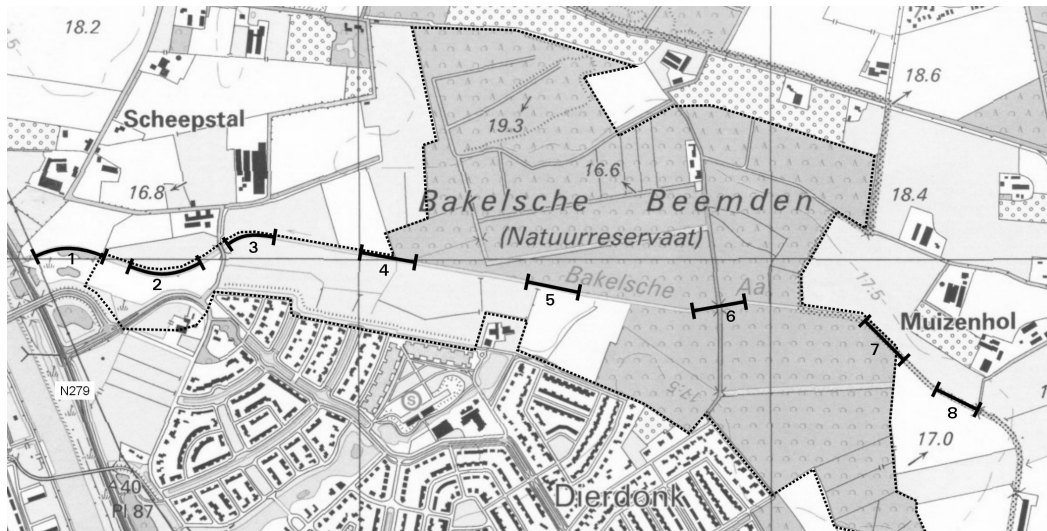
Het visonderzoek, dat zowel met elektrovisapparatuur als met een steeknet heeft plaatsgevonden, heeft binnen het onderzoeksgebied in totaal 20 verschillende vissoorten opgeleverd. Eerst worden de resultaten van de visbemonstering in de Bakelse Aa besproken. Vervolgens komen de waarnemingen uit overige sloten aan bod.



Visbemonstering in de Bakelse Aa met behulp van elektrovisapparatuur

Tijdens de elektrovisserij zijn acht trajecten bemonsterd (zie Figuur 7 voor de ligging). In tabel 5 is per traject weergegeven welke soorten zijn aangetroffen. In totaal heeft de elektrovisserij bemonstering van de Bakelse Aa 19 verschillende vissoorten opgeleverd. In bijlage 2 staat een totaal overzicht van alle vangsten per lengteklasse.

Figuur 7 Ligging van de trajecten voor elektrovisserij



Tabel 7. Aangetroffen vissoorten in de Bakelse Aa per bemonsterd traject.

soort	status			traject								totaal
	FFwet	HRL	RL	1	2	3	4	5	6	7	8	
Eurytoop												
Baars				57	18	35	48	57	24	59	32	330
Blankvoorn				85	147	47	82	118	30	54	108	671
Brasem					1		3				3	7
Brasem/kolblei ¹				1	2			1				4
Driedoornige stekelbaars								1			2	3
Kleine modderkruiper	√	II		7	1	14	4	14	4	20		64
Kolblei					12	1	1	1	1	2	12	30
Paling			GE					1			1	2
Pos							3	3	1	2	2	11
Snoekbaars											1	1
Limnofiel												
Amerikaanse hondsvij							1	1				2
Giebel										1		1
Kroeskarper			KW							1		1
Rietvoorn				4	14	1	8		2	10	12	51
Snoek				3	7	1		11		6	7	35
Vetje			KW		1		1	4		2		8
Zeelt				3	7		1	1		2		14
Rheofiel												
Alver				2	3				1	2		8
Bermpje	√			1				1	1	3		6
Riviergrondel								2	3	1	4	10

¹ Bij kleine vissen is het onderscheid tussen brasem en kolblei moeilijk te maken.

Onder status is vermeld of de soort is opgenomen op de Flora- en faunawet (FFwet), of de soort is opgenomen op de Europese Habitatrichtlijn (HRL) met vermelding van de bijlage en of de soort is opgenomen op de landelijke Rode Lijst (RL; GE=gevoelig, KW=kwetsbaar).

Twee van de aangetroffen vissoorten, Bermpje en Kleine modderkruiper, hebben een (inter)nationaal beschermde status. Drie soorten zijn bedreigd in Nederland en staan vermeld op de landelijke Rode Lijst, namelijk Paling, Kroeskarper en Vetje.

Blankvoorn en Baars zijn de twee soorten waarvan veruit de hoogste aantallen zijn gevangen. Dit zijn ook de enige twee soorten die in alle trajecten zijn aangetroffen. Kleine modderkruiper is een goede derde. Het aantal kleine modderkruipers zal waarschijnlijk hoger liggen, aangezien als gevolg van het troebele water veel exemplaren gemist zullen zijn. Hetzelfde geldt voor het Bermpje, waarvan slechts enkele exemplaren zijn aangetroffen.

Op basis van de voorkeur van vissen voor stroomsnelheid, paaisubstraat en migratiegedrag is in Tabel 7 de volgende indeling gemaakt:

- Eurytope soorten: alle stadia van deze vissoorten komen zowel in stilstaand als stromend water voor. Tot deze groep behoren de meest voorkomende soorten.
- Limnofiele soorten: dit zijn soorten waarbij alle levensstadia gebonden zijn aan stilstaand water met een rijke begroeiing.
- Rheofiele soorten: een of meerdere levensstadia zijn gebonden aan stromend water.

Uitgaande van het aantal vissen (1259 vissen) behoren veruit de meeste (bijna 90%) tot de eurytope soorten. Dit hoge aandeel wordt met name veroorzaakt door de grote aantallen baars en blankvoorn. De limnofiele soorten beslaan ca. 9% van het totale aantal, terwijl het resterende deel, zo'n 2%, behoort tot de rheofiele soorten.

Uitgaande van de verschillende soorten vissen (19 soorten) is het aandeel limnofiele soorten met 47% eveneens in de meerderheid. Het aandeel eurytope soorten bedraagt ca 37%. Het resterende deel van 16% bestaat uit rheofiele soorten.

Duidelijk is dat het overgrote aandeel van de aangetroffen vissen behoort tot algemene soorten van stilstaand tot zwak stromend water. Het aandeel van de stroomminnende soorten (alver, biermpje en riviergrondel) ligt beduidend lager, hoewel de aanwezigheid van deze groep niet verwaarloosd mag worden. Toch is dit aandeel laag voor de monding van de Bakelse Aa, die vrij opzwembaar is vanuit de Zuid-Willemsvaart. Oorzaken hiervoor zijn:

- Aanwezige stuwen in de Bakelse Aa, waardoor de beek slechts beperkt opzwembaar is.
- Variatie in stroomrichting; deze draait regelmatig om door scheepvaart op de Zuid-Willemsvaart.
- Matige waterkwaliteit.
- Van een natuurlijke morfologie van een Brabantse laaglandbeek is geen sprake gezien de strakke vorm van de huidige beekloop met steile oevers.

Met een steeknet zijn de overige sloten binnen het plangebied onderzocht op aanwezige vissen. Dit visonderzoek heeft 3 soorten opgeleverd; Driedoornige stekelbaars, Tiendoornige stekelbaars en Vetje. De waarneming van driedoornige stekelbaars komt uit de Bakelse Aa. Het Vetje is gevonden in een sloot vlak bij de uitmonding van de Bakelse Aa in het kanaal. Alle waarnemingen van Tiendoornige stekelbaars hebben betrekking op sloten in de graslanden tussen Dierdonk en de Bakelse Aa.

Libellen en vlinders

Libellen en vlinders zijn niet geïnventariseerd door Natuurbalans in 2004. De KNNV heeft de afgelopen 10 jaar libellen en vlinders geïnventariseerd. In bijlage 3 is een overzicht opgenomen. De waargenomen libellen en dagvlinders zijn niet beschermd. Ook het Natuurloket laat zien dat dagvlinders in het gebied redelijk tot goed zijn onderzocht en dat er geen beschermde soorten voorkomen.

De meest algemene libellen die de KNNV heeft waargenomen zijn de Blauwe breedscheenjuffer en de Weidebeekjuffer, soorten gebonden aan stromend c.q. zuurstofrijk water.

Overige soorten

Op de noordoever van de Bakelse Aa is in de bosrand een nest van bosmieren aangetroffen (zie figuur 5 en 9). Bosmieren zijn beschermd krachtens de Flora- en faunawet.

Figuur 9 Mierenest van bosmier.



4.3 Effecten op natuurwaarden

De effecten op de natuurwaarden zijn afhankelijk van de definitieve inrichtingsmaatregelen, deze worden nader uitgewerkt door het waterschap, de eigenaar van het landgoed de Bakelse Beemden en de gemeente in overleg met de omgeving. In deze paragraaf is een inschatting van de effecten gemaakt op basis van de voorstellen uit het hydrologisch onderzoek en de doelstellingen vanuit het provinciaal natuurbeleid. Bij de beschrijving van de effecten op de natuurwaarden in het plangebied moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke (tijdens uitvoering) en permanente (nieuwe inrichting) effecten.

Het doel van de toekomstige herinrichting van de Bakelse Beemden is het behoud van het karakter van het landgoed, herstel en ontwikkeling van landschappelijke en natuurlijke waarden en waterberging. De huidige beperkte natuurwaarden van het gebied zullen naar verwachting toenemen door een natuurvriendelijke inrichting van de beek en omvorming (deels door kap) van de populierenbossen naar meer natuurlijke bossen. Er komt meer structuurvariatie en natuurlijker bos, waardoor er nieuwe biotopen worden gecreëerd die de natuurwaarden versterken.

Tijdens de uitvoering kunnen er tijdelijke effecten optreden van de bestaande natuurwaarden. De herinrichting van de beek en de waterbergingsgebieden leidt tot tijdelijke verstoring van (biotopen van) beschermde soorten. Door het grondverzet en het kappen van bomen verdwijnen biotopen en worden planten verwijderd. De tijdelijke

effecten wegen naar verwachting echter niet op tegen de permanente positieve effecten van het herstel van de beek en de omvorming naar natuurlijker bossen. De werkelijke effecten zijn afhankelijk van de uiteindelijk gekozen inrichting.

Flora

Voor de aanleg van een nevenloop / bergingsgebied benedenstrooms van de dam (2) is veel grondverzet nodig. De Gewone Dotterbloem kan hierdoor worden vernietigd. Hiervoor moet ontheffing in het kader van de Flora- en Faunawet aangevraagd worden. De effecten kunnen verzacht worden door de aanleg van de nevengeul zo te realiseren dat de standplaats van de Gewone dotterbloem zo veel mogelijk gehandhaafd blijft. De aanleg van een dijk tussen de hoofdloop en het bergingsgebied vernietigt een gedeelte van de standplaats van de Brede Wespenorchis. Op dit moment moet voor deze soort ontheffing in het kader van de Flora- en Faunawet aangevraagd worden. In de toekomst wordt voor deze soort waarschijnlijk vrijstelling gegeven, als de Algemene Maatregel van Bestuur artikel 75 Flora- en faunawet goedgekeurd wordt. De algemene zorgplicht blijft overigens wel gewoon gelden. De overige aangetroffen plantensoorten zijn niet beschermd.

Bij de herinrichting is het van belang de potenties voor de ontwikkeling van kwelgebonden vegetaties zoveel mogelijk te benutten. In het hydrologisch model is in het noordoosten van het inrichtingsgebied een verlaging van de grondwaterstanden berekend.

Zoogdieren en Vleermuizen

Bij de herinrichting van het plangebied kunnen vaste rust- of verblijfplaatsen (holen en nesten) van de beschermde soorten Mol, Egel, Konijn, Eekhoorn, Ree, Vos, Bunzing, Wezel, Hermelijn, Haas en een groot aantal kleine zoogdieren worden verstoord en vernietigd. Bovendien is het niet uit te sluiten dat dieren verwond of gedood zullen worden. Hiervoor moet ontheffing aangevraagd worden. Daarnaast dient bij de uitvoering zoveel mogelijk voorkomen te worden dat dieren worden gedood door te zorgen dat deze kunnen vluchten naar het aangrenzende gebied.

De laan in het plangebied die door het bos de Bakelse Aa kruist wordt enkel gebruikt als foerageer- en doortrekgebied door vleermuizen. Daarnaast blijven de groenstructuren die hier een functie in hebben behouden. Om deze redenen is geen ontheffing van de Flora- en Faunawet nodig voor de vleermuizen.

De effecten op zoogdieren kunnen worden verzacht door bij de aanleg van nieuwe water- en groenstructuren rekening te houden met de biotoopeisen van zoogdieren. Het gaat dan om open waterpartijen en aaneengesloten beplantingsstructuren met ruimte voor ondergroei van struweel en ruigte. Voor vleermuizen is het belangrijk dat de laan die door het bos de Bakelse Aa kruist behouden blijft. In deze laan staan veel oude bomen die uitermate geschikt zijn voor vleermuizen. Voordat er bomen in deze laan gekapt worden, moet worden gecheckt of de bomen inmiddels wel gebruikt worden als verblijfplaatsen door vleermuizen.

Broedvogels

Voor broedvogels specifiek waardevolle biotopen zijn in principe niet aan te wijzen. Potentiële locaties hoeven bij toekomstige inrichtingsmaatregelen niet te worden ontzien.

De huidige monotone situatie van het populierenbos zal door de nieuwe inrichting voor broedvogels alleen maar gevarieerder worden.

Ontheffing voor het vernietigen of verstoren van nesten is niet mogelijk. Dit betekent dat de werkzaamheden buiten het broedseizoen moeten plaatsvinden.

Op veel soorten zal de realisatie en vormgeving van de Bakelse Beemden juist een positief effect hebben, waaronder de Rode lijst soorten Groene Specht, Geelgors en Steenuil. Door het kappen van bomen, het verwijderen van struiken en gronddepot buiten het broedseizoen uit te voeren worden effecten voorkomen.

Voor de bosvogels is het belangrijk dat de oudere bomen, bijvoorbeeld langs de laan, zoveel mogelijk gehandhaafd blijven.

Vissen

De vissen profiteren naar verwachting van het herstel en hermeandering van de beek. Hierdoor ontstaat nieuw biotoop en verbetert de leefsituatie.

Bij het grondverzet in de beek kunnen vaste rust- of verblijfplaatsen van vissen verstoord of vernietigd worden. Ook kunnen vissen worden verwond of gedood.

Amfibieën en reptielen

Door de hermeandering van de beek en de omvorming van de bossen verbetert het leefgebied van amfibieën. Er komt ruimte voor nieuwe biotopen van o.a. Bruine kikker, Gewone Pad, Groene kikker en Kleine watersalamander. Dit kan bijvoorbeeld door het graven van poelen. De werkelijke effecten zijn afhankelijk van de uiteindelijke inrichting. Bij aanleg van dammen in de Bakelse Aa en ander grondverzet kunnen vaste rust- of verblijfplaatsen van amfibieën verstoord en vernietigd worden. Ook kunnen amfibieën worden verwond of gedood.

Libellen en vlinders

Er komen geen beschermde soorten voor en daardoor zijn er geen effecten op beschermde soorten. Ook hier geldt dat een natuurvriendelijke inrichting van het gebied en de omvorming van de bossen (meer overgangszones met zoom- en mantelvegetatie) een bijdrage kan leveren aan de natuurwaarden van het gebied de Bakelse Beemden.

Overige soorten

Het kappen van bos ten behoeve van het aanleggen van een nevengeul en waterbergingsgebied kan effecten hebben op het nest van de Bosmier. Hiervoor moet ontheffing worden aangevraagd.

DHV Water, Natuur en Ruimte / Natuurbalans Limes Divergens

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Effecten op huidige natuurwaarden

De effecten op de natuurwaarden zijn afhankelijk van de definitieve inrichtingsmaatregelen, deze worden nader uitgewerkt door het waterschap, de eigenaar van het landgoed de Bakelse Beemden en de gemeente in overleg met de omgeving. Op basis van de voorstellen uit het hydrologisch onderzoek en de doelstellingen vanuit het provinciaal natuurbeleid is een inschatting gemaakt van de effecten.

De huidige beperkte natuurwaarden van het gebied zullen naar verwachting toenemen door een natuurvriendelijke inrichting van de beek en omvorming (deels door kap) van de populierenbossen naar meer natuurlijke bossen. Er komt meer structuurvariatie en natuurlijker bos, waardoor er nieuwe biotopen worden gecreëerd die de natuurwaarden versterken. Tijdens de uitvoering kunnen er tijdelijke effecten optreden van de bestaande natuurwaarden. De herinrichting van de beek en de waterbergingsgebieden leidt tot tijdelijke verstoring van (biotopen van) beschermde soorten. Door het grondverzet en het kappen van bomen verdwijnen biotopen en worden planten verwijderd. Het is niet te verwachten dat de werkzaamheden leiden tot significant negatieve effecten op populatieniveau van de beschermde soorten. De tijdelijke effecten wegen naar verwachting echter niet op tegen de permanente positieve effecten van het herstel van de beek en de omvorming naar natuurlijker bossen. De werkelijke effecten zijn afhankelijk van de uiteindelijk gekozen inrichting.

Op dit moment dient voor het overtreden van verbodsbepalingen voor alle beschermde soorten nog een ontheffing aangevraagd te worden. Na publicatie van het besluit vrijstelling is dit alleen nog nodig voor de minder algemene soorten. In tabel 6 is aangegeven voor welke soorten (op dit moment nog) ontheffing in het kader van artikel 75 van de Flora- en Faunawet aangevraagd moet worden en waar in de toekomst een vrijstelling voor gaat gelden.

Tabel 8 Beschermde soorten waarvoor mogelijk ontheffing aangevraagd moet worden

Soort	Verbodsbepaling	Flora- en Faunawet	Vrijstelling
Brede wespenorchis	Vernietiging	+	+
Gewone dotterbloem	Vernietiging	+	+
Eekhoorn	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	gedragscode
Egel	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Mol	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Ree	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Konijn	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Bunzing	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Haas	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Hermelijn	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Vos	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Wezel	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Bosmuis	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Dwergmuis	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Veldmuis	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Woelrat	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Rosse woelmuis	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Huisspitsmuis	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Dwergspitsmuis	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Groene kikker onbepaald	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Middelste groene kikker	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Bruine kikker	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Gewone pad	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+
Berpje	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	
Kleine Modderkruiper	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	
Bosmier	Vernietiging, verontrusting, doden, verwonden	+	+

5.2 Mitigerende maatregelen tijdens de uitvoering

Om schade aan natuur te voorkomen en/of te beperken moet men zorgen voor vluchtmogelijkheden voor kleine zoogdieren, amfibieën en de Kleine Modderkruiper uit de sloten en indien nodig het wegvangen van de vissen en elders uitzetten.

Negatieve effecten op beschermde soorten worden zoveel mogelijk voorkomen door enkele belangrijke groenstructuren zoals de laanbeplanting te handhaven bijvoorbeeld ten behoeve van fouragerende vleermuizen.

Het kappen van bomen en het grondverzet vindt bij voorkeur plaats buiten het broedseizoen (maart-juli). Het eventueel dempen van sloten kan het beste plaatsvinden buiten de winterperiode en voortplantingsperiode van amfibieën en vissen (september-oktober).

Tijdens de uitvoering moet ervoor zorggedragen worden dat dieren kunnen vluchten.

5.3 Mogelijkheden voor ontwikkeling van natuurwaarden

Om het aantal stroomminnende soorten in de Bakelse Aa te vergroten dienen er visstrappen worden aangelegd. Verder zouden er maatregelen moeten worden getroffen om de variatie in stroomrichting, deze draait regelmatig om door scheepvaart op de Zuid-Willemsvaart, te beperken. De waterkwaliteit kan verbeterd worden, door bijvoorbeeld een helofytenfilter, moerasontwikkeling en vermindering van lozingen en uitspoeling van nutriënten uit de landbouw. Door herinrichting/hermeandering van de beek krijgt de beek meer structuurvariatie en geschikte biotopen.

Oude bomen, in het bijzonder de laan, hebben een grote waarde als broedplaats vanwege holten en spleten. Aanbevolen wordt om oudere laanbeplanting of in ieder geval een deel te laten staan.

In het dal van de Bakelse beemden, waar de gewone dotterbloem voorkomt, is kwel aanwezig. Deze potenties kunnen benut worden bij de ontwikkeling van soortenrijke natte graslanden.

Het gebied bestaat momenteel voornamelijk uit populierenbos. Om de natuurwaarden te verhogen kan dit populierenbos omgevormd te worden tot een gemengd structuurrijker bos door delen te kappen.

6 COLOFON

Oprachtgever	: Waterschap Aa en Maas
Project	: Ecoscan Bakelse Beemden
Dossier	: W1702-01.001
Omvang rapport	: 33 pagina's
Auteur	: Martine ten Kate
Bijdrage	: D. W. Heijkers, R. Aukema, P. van Hoof, N. van Rens (Natuurbalans)
Projectleider	: Janet Olthof
Projectmanager	: B. Humblet
Datum	: december 2004
Naam/Paraaf	:

BIJLAGE 1 Overzicht beschermingsregimes nieuwe AMvB Flora- en faunawet

In deze bijlage staan de verschillende beschermingsregimes voor flora en fauna. De tabellen en toelichting op de tabellen in de bijlage zijn van belang bij ontheffingverlening voor artikel 75 en bij vrijstellingen in het kader van het *Besluit houdende wijziging van een aantal algemene maatregelen van bestuur in verband met wijziging van artikel 75 van de Flora- en faunawet en enkele andere wijzigingen* (AMvB artikel 75). Vogelsoorten zijn in deze tabellen niet apart opgenomen. Alle vogelsoorten in Nederland zijn beschermd (behalve exoten). Toelichting tabel 1

- Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud of bestendig gebruik of ruimtelijke ontwikkelingen, geldt een vrijstelling voor de soorten in tabel 1 voor artikel 8 t/m 12 van de Flora- en faunawet. Aan deze vrijstelling zijn geen aanvullende eisen gesteld. Voor deze activiteiten hoeft geen ontheffing aangevraagd worden.
- Voor andere activiteiten dan hierboven genoemd is voor de soorten in tabel 1 een ontheffing nodig. Een ontheffingaanvraag voor deze soorten wordt getoetst aan het criterium ‘doet geen afbreuk aan gunstige staat van instandhouding van de soort’ (zgn. lichte toets).

Tabel 1: Algemene soorten

Zoogdieren	Reptielen en amfibieën
aardmuis <i>Microtus agrestis</i>	bruine kikker <i>Rana temporaria</i>
bosmuis <i>Apodemus sylvaticus</i>	gewone pad <i>Bufo bufo</i>
dwergmuis <i>Micromys minutus</i>	middelste groene kikker <i>Rana esculenta</i>
bunzing <i>Mustela putorius</i>	kleine watersalamander <i>Triturus vulgaris</i>
dwerfspitsmuis <i>Sorex minutus</i>	meerkikker <i>Rana ridibunda</i>
egel <i>Erinaceus europaeus</i>	Mieren
gewone bosspitsmuis <i>Sorex araneus</i>	behaarde rode bosmier <i>Formica rufa</i>
haas <i>Lepus europeus</i>	kale rode bosmier <i>Formica polyctena</i>
hermelijn <i>Mustela erminea</i>	stronkmier <i>Formica truncorum</i>
huisspitsmuis <i>Crocidura russula</i>	zwartrugbosmier <i>Formica pratensis</i>
konijn <i>Oryctolagus cuniculus</i>	Vaatplanten
mol <i>Talpa europea</i>	aardaker <i>Lathyrus tuberosus</i>
ondergrondse woelmuis <i>Pitymys subterraneus</i>	akkerklokje <i>Campanula rapunculoides</i>
ree <i>Capreolus capreolus</i>	brede wespenorchis <i>Epipactis helleborine</i>
rosse woelmuis <i>Clethrionomys glareolus</i>	breed klokje <i>Campanula latifolia</i>
tweekleurige bosspitsmuis <i>Sorex coronatus</i>	dotterbloem <i>Caltha palustris</i>
veldmuis <i>Microtus arvalis</i>	gewone vogelmelk <i>Ornithogalum umbellatum</i>
vos <i>Vulpes vulpes</i>	grasklokje <i>Campanula rotundifolia</i>
wezel <i>Mustela nivalis</i>	grote kaardenbol <i>Dipsacus fullonum</i>
woelrat <i>Arvicola terrestris</i>	kleine maagdenpalm <i>Vinca minor</i>
Slakken	knikkende vogelmelk <i>Ornithogalum nutans</i>
wijngaardslak <i>Helix pomatia</i>	koningsvaren <i>Osmunda regalis</i>
	slanke sleutelbloem <i>Primula elatior</i>
	zwanebloem <i>Butomus umbellatus</i>

Toelichting tabel 2

- Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud of bestendig gebruik of ruimtelijke ontwikkelingen, geldt een vrijstelling voor de soorten in tabel 2 voor artikel 8 t/m 12 van de Flora- en faunawet, mits activiteiten worden uitgevoerd op basis van een door de minister van LNV goedgekeurde gedragscode. Hetzelfde geldt voor alle vogelsoorten. Een gedragscode moet door een sector of ondernemer zelf opgesteld worden en ingediend voor goedkeuring.
- Voor andere activiteiten dan hierboven genoemd is voor de soorten in tabel 2 een ontheffing nodig. Een ontheffingaanvraag voor deze soorten wordt getoetst aan het criterium ‘doet geen afbreuk aan gunstige staat van instandhouding van de soort’. Dit is niet van toepassing op alle vogelsoorten (zie toelichting tabel 3)

Tabel 2: overige soorten

Zoogdieren	Vaatplanten
Damhart <i>Dama dama</i>	Aangebrande orchis <i>Orchis ustulata</i>
Edelhert <i>Cervus elaphus</i>	Aapjesorchis <i>Orchis simia</i>
Eekhoorn <i>Sciurus vulgaris</i>	Beenbreek <i>Narthecium ossifragum</i>
Grijze zeehond <i>Halichoerus grypus</i>	Bergklokje <i>Campanula rhomboidalis</i>
Grote bosmuis <i>Apodemus flavicollis</i>	Bergnactorchis <i>Platanthera chlorantha</i>
Steenmarter <i>Martes foina</i>	Bijenorchis <i>Ophrys apifera</i>
Wild zwijn <i>Sus scrofa</i>	Blaasvaren <i>Cystopteris fragilis</i>
Reptielen en amfibieën	Blauwe zeedistel <i>Eryngium maritimum</i>
Alpenwatersalamander <i>Triturus alpestris</i>	Bleek bosvogeltje <i>Cephalantera damasonium</i>
Levendbarende hagedis <i>Lacerta vivipara</i>	Bokkenorchis <i>Himantoglossum hircinum</i>
<u>Dagvlinders</u>	Brede orchis <i>Dactylorhiza majalis majalis</i>
Moerasparelmoervlinder <i>Euphydryas aurinia</i>	Bruinrode wespenorchis <i>Epipactis atrorubens</i>
Vals heideblauwtje <i>Lycaeides idas</i>	Daslook <i>Allium ursinum</i>
Vissen	Dennenorchis <i>Goodyera repens</i>
Bermpje <i>Noemacheilus barbatulus</i>	Duitse gentiaan <i>Gentianella germanica</i>
Kleine modderkruiper <i>Cobitis taenia</i>	Franjementiaan <i>Gentianella ciliata</i>
Meerval <i>Silurus glanis</i>	Geelgroene wespenorchis <i>Epipactis muelleri</i>
Rivierdonderpad <i>Cottus gobio</i>	Gele helmbloem <i>Pseudofumaria lutea</i>
Kevers	Gevlekte orchis <i>Dactylorhiza maculata</i>
vliegend hert <i>Lucanus cervus</i>	Groene nactorchis <i>Coeloglossum viride</i>
Kreeftachtigen	Groensteel <i>Asplenium viride</i>
rivierkreeft <i>Astacus astacus</i>	Grote keverorchis <i>Listera ovata</i>
	Grote muggenorchis <i>Gymnadenia conopsea</i>
	Gulden sleutelbloem <i>Primula veris</i>
	Harlekijn <i>Orchis morio</i>
	Herfstschroeforchis <i>Spiranthes spiralis</i>
	Hondskruid <i>Anacamptis pyramidalis</i>
	Honingorchis <i>Herminium monorchis</i>
	Jeneverbes <i>Juniperus communis</i>

Vaatplanten	Vaatplanten
Klein glaskruid <i>Parietaria judaica</i>	welriekende nachtorchis <i>Platanthera bifolia</i>
kleine keverorchis <i>Listera cordata</i>	wilde gagel <i>Myrica gale</i>
kleine zonnedaauw <i>Drosera intermedia</i>	wilde herfsttijloos <i>Colchicum autumnale</i>
klokjesgentiaan <i>Gentiana pneumonanthe</i>	wilde kievitsbloem <i>Fritillaria meleagris</i>
kluwenklokje <i>Campanula glomerata</i>	wilde marjolein <i>Origanum vulgare</i>
koraalwortel <i>Corallorhiza trifida</i>	wit bosvogeltje <i>Cephalanthera longifolia</i>
kruisbladgentiaan <i>Gentiana cruciata</i>	witte muggenorchis <i>Pseudorchis albida</i>
lange ereprijs <i>Veronica longifolia</i>	zinkvioltje <i>Viola lutea calaminaria</i>
lange zonnedaauw <i>Drosera anglica</i>	zomerklokje <i>Leucojum aestivum</i>
mannetjesorchis <i>Orchis mascula</i>	zwartsteel <i>Asplenium adiantum-nigrum</i>
maretak <i>Viscum album</i>	
moeraswespenorchis <i>Epipactis palustris</i>	
muurbloem <i>Erysimum cheiri</i>	
parnassia <i>Parnassia palustris</i>	
pijlscheefkelk <i>Arabis hirsuta sagittata</i>	
poppenorchis <i>Aceras anthropophorum</i>	
prachtklokje <i>Campanula persicifolia</i>	
purperorchis <i>Orchis purpurea</i>	
rapunzelklokje <i>Campanula rapunculus</i>	
rechte driehoeksvaren <i>Gymnocarpium robertianum</i>	
rietorchis <i>Dactylorhiza majalis praetermissa</i>	
ronde zonnedaauw <i>Drosera rotundifolia</i>	
rood bosvogeltje <i>Cephalanthera rubra</i>	
ruig klokje <i>Campanula trachelium</i>	
schubvaren <i>Ceterach officinarum</i>	
slanke gentiaan <i>Gentianella amarella</i>	
soldaatje <i>Orchis militaris</i>	
spaanse ruiter <i>Cirsium dissectum</i>	
steenanker <i>Dianthus deltoides</i>	
steenbreekvaren <i>Asplenium trichomanes</i>	
stengelloze sleutelbloem <i>Primula vulgaris</i>	
stengelomvattend havikskruid <i>Hieracium amplexicaule</i>	
stijf hardgras <i>Catapodium rigidum</i>	
tongvaren <i>Asplenium scolopendrium</i>	
valkruid <i>Arnica montana</i>	
veenmosorchis <i>Hammarbya paludosa</i>	
veldgentiaan <i>Gentianella campestris</i>	
veldsalie <i>Salvia pratensis</i>	
vleeskleurige orchis <i>Dactylorhiza incarnata</i>	
vliegenorchis <i>Ophrys insectifera</i>	
vogelnestje <i>Neottia nidus-avis</i>	
voorjaarsadonis <i>Adonis vernalis</i>	
wantsenorchis <i>Orchis coriophora</i>	
waterdrieblad <i>Menyanthes trifoliata</i>	
weideklokje <i>Campanula patula</i>	

Toelichting tabel 3

- Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud of bestendig gebruik, geldt een vrijstelling voor de soorten in tabel 3 voor artikel 8 t/m 12 van de Flora- en faunawet, mits activiteiten worden uitgevoerd op basis van een door de minister van LNV goedgekeurde gedragscode. Deze vrijstelling is enigszins beperkt; voor activiteiten die zijn te kwalificeren als bestendig beheer en onderhoud in de landbouw en bosbouw en bestendig gebruik geldt geen vrijstelling voor artikel 10 van de Flora- en faunawet. Ook niet op basis van een gedragscode. Voor soorten in tabel 3 moet voor deze activiteiten voor artikel 10 een ontheffing aangevraagd worden. Een gedragscode moet door een sector of ondernemer zelf opgesteld worden en ingediend voor goedkeuring.
- Als iemand activiteiten onderneemt die zijn te kwalificeren als ruimtelijke ontwikkeling geldt voor soorten in tabel 3 geen vrijstelling. Ook niet op basis van een gedragscode.
- Voor activiteiten in het kader van bestendig beheer en onderhoud in de landbouw en bosbouw en bestendig gebruik is voor artikel 10 voor de soorten in tabel 3 een ontheffing nodig. Evenals voor activiteiten in het kader van ruimtelijke ontwikkeling en voor andere activiteiten dan hierboven genoemd. Een ontheffingaanvraag voor deze soorten wordt getoetst aan drie criteria: 1) er is sprake van een in of bij de wet genoemd belang, 2) er is geen alternatief, 3) doet geen afbreuk aan gunstige staat van instandhouding van de soort. Deze drie criteria vormen de zgn. uitgebreide toets. De drie criteria staan naast elkaar en niet na elkaar (aan alle drie moet voldaan zijn). Hetzelfde geldt voor alle vogelsoorten.

Tabel 3a: soorten bijlage 1 AMvB

Zoogdieren	Dagvlinders
das <i>Meles meles</i>	bruin dikkopje <i>Erynnis tages</i>
boomarter <i>Martes martes</i>	dwerghlauwtje <i>Cupido minimus</i>
eikelmuis <i>Eliomys quercinus</i>	dwergdikkopje <i>Thymelicus acteon</i>
gewone zeehond <i>Phoca vitulina</i>	groot geaderd witje <i>Aporia crataegi</i>
veldspitsmuis <i>Crocidura leucodon</i>	grote ijsvogelvlinder <i>Limenitis populi</i>
waterspitsmuis <i>Neomys fodiens</i>	heideblauwtje <i>Plebejus argus</i>
Reptielen en amfibieën	iepepage <i>Strymonidia w-album</i>
adder <i>Vipera berus</i>	kalkgraslanddikkopje <i>Spialia sertorius</i>
hazelworm <i>Anguis fragilis</i>	keizersmantel <i>Argynnis paphia</i>
ringslang <i>Natrix natrix</i>	klaverblauwtje <i>Cyaniris semiargus</i>
vinpootsalamander <i>Triturus helveticus</i>	purperstreeparemoervlinder <i>Brenthis ino</i>
vuursalamander <i>Salamandra salamandra</i>	rode vuurvlinder <i>Palaeochrysopehanus hippothoe</i>
Vissen	rouwmantel <i>Nymphalis antiopa</i>
beekprik <i>Lampetra planeri</i>	tweekleurig hooibeestje <i>Coenonympha arcania</i>
bittervoorn <i>Rhodeus cericeus</i>	veenbesparemoervlinder <i>Bolaria aquilonais</i>
elrits <i>Phoxinus phoxinus</i>	veenhooibeestje <i>Coenonympha tullia</i>
gestippelde alver <i>Alburnoides bipunctatus</i>	veldparemoervlinder <i>Melitaea cinxia</i>
grote modderkruiper <i>Misgurnus fossilis</i>	woudparemoervlinder <i>Melitaea diamina</i>
rivierprik <i>Lampetra fluviatilis</i>	zilvervlek <i>Clossiana euphrosyne</i>
	Vaatplanten
	groot zee gras <i>Zostera marina</i>

Tabel 3b: soorten bijlage IV HR

Zoogdieren	Dagvlinders
baardvleermuis <i>Myotis mystacinus</i>	donker pimperlblauwtje <i>Maculinea nausithous</i>
bechstein's vleermuis <i>Myotis bechsteini</i>	grote vuurvliinder <i>Lycaena dispar</i>
bever <i>Castor fiber</i>	pimperlblauwtje <i>Maculinea teleius</i>
bosvleermuis <i>Nyctalus leisleri</i>	tjimbblauwtje <i>Maculinea arion</i>
brandt's vleermuis <i>Myotis brandtii</i>	zilverstreephooibeestje <i>Coenonympha hero</i>
bruinvis <i>Phocoena phocoena</i>	Libellen
euraziatische lynx <i>Lynx lynx</i>	bronslibel <i>Oxygastra curtisii</i>
franjestaat <i>Myotis nattereri</i>	gaffellibel <i>Ophiogomphus cecilia</i>
gewone dolfin <i>Delphinus delphis</i>	gevekte witsnuitlibel <i>Leucorrhinia pectoralis</i>
gewone dwergvleermuis <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	groene glazenmaker <i>Aeshna viridis</i>
gewone grootoorvleermuis <i>Plecotus auritus</i>	noordse winterjuffer <i>Sympecma paedisca</i>
grijze grootoorvleermuis <i>Plecotus austriacus</i>	oostelijke witsnuitlibel <i>Leucorrhinia albifrons</i>
grote hoefijzerneus <i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	rivierrombout <i>Stylurus flavipes</i>
hamster <i>Cricetus cricetus</i>	sierlijke witsnuitlibel <i>Leucorrhinia caudalis</i>
hazelmuis <i>Muscardinus avellanarius</i>	Kevers
ingekorven vleermuis <i>Myotis emarginatus</i>	brede geelrandwaterroofkever <i>Dytiscus latissimus</i>
kleine dwergvleermuis <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	gestreepte waterroofkever <i>Graphoderus bilineatus</i>
kleine hoefijzerneus <i>Rhinolophus hipposideros</i>	heldenbok <i>Cerambyx cerdo</i>
laatvlieger <i>Eptesicus serotinus</i>	juchtleerkever <i>Osmoderma eremita</i>
meervleermuis <i>Myotis dasycneme</i>	Tweekleppigen
mopsvleermuis <i>Barbastella barbastellus</i>	bataafse stroommossel <i>Unio crassus</i>
nathusius' dwergvleermuis <i>Pipistrellus nathusii</i>	Reptielen en amfibieën
noordse woelmuis <i>Microtus oeconomus</i>	boomkikker <i>Hyla arborea</i>
otter <i>Lutra lutra</i>	geelbuikvuurpad <i>Bombina variegata</i>
rosse vleermuis <i>Nyctalus noctula</i>	gladde slang <i>Coronella austriacus</i>
tuimelaar <i>Tursiops truncatus</i>	heikikker <i>Rana arvalis</i>
tweekleurige vleermuis <i>Vespertilio murinus</i>	kamsalamander <i>Triturus cristatus</i>
vale vleermuis <i>Myotis myotis</i>	knoflookpad <i>Pelobates fuscus</i>
watervleermuis <i>Myotis daubentonii</i>	muurhagedis <i>Podarcis muralis</i>
wilde kat <i>Felis silvestris</i>	poelkikker <i>Rana lessonae</i>
witflankdolfijn <i>Lagenorhynchus acutus</i>	rugstreeppad <i>Bufo calamita</i>
witsnuitdolfijn <i>Lagenorhynchus albirostris</i>	vroedmeesterpad <i>Alytes obstetricans</i>
Vissen	zandhagedis <i>Lacerta agilis</i>
houting <i>Conogonox oxyrrhynchus</i>	
steur <i>Acipenser sturio</i>	
Vaatplanten	
drijvende waterweegbree <i>Luronium natans</i>	
groenknolorchis <i>Liparis loeselii</i>	
kruidend moerasscherm <i>Apium repens</i>	
zomerschroeforchis <i>Spiranthes aestivalis</i>	

DHV Water, Natuur en Ruimte / Natuurbalans Limes Divergens

BIJLAGE 2 Methode veldinventarisatie 2004

In deze bijlage is de methode van de veldinventarisatie van Natuurbalans in de zomer van 2004 beschreven. De veldinventarisatie was specifiek gericht op in Nederland beschermde en/of bedreigde diersoorten (op basis van Flora- en faunawet, Habitatrichtlijn en Rode Lijst). De soortgroepen die tijdens de veldinventarisatie zijn onderzocht zijn:

- flora
- amfibieën
- vissen
- zoogdieren (incl. vleermuizen)
- broedvogels

Flora

Binnen het plangebied is speciale aandacht uitgegaan naar oevers van waterlopen, het bosgebied en akkerranden. Bijzondere plantensoorten zijn ingetekend op topografisch kaartmateriaal, waarbij elke locatie een stip heeft gekregen. De aantallen zijn in klassen genoteerd. Wanneer soorten vlakvormig of lijnvormig verspreid voorkomen en niet tot een locatie te reduceren zijn, is de soort per landschapselement (perceel of berm) opgenomen.

De vegetatiekartering heeft plaatsgevonden in twee rondes, waarvan de eerste ronde op 3 juni is uitgevoerd en de tweede ronde op 23 augustus.

Amfibieën

Alle amfibieën zijn krachtens de Flora- en faunawet beschermd. Enkele soorten, zoals kamsalamander en rugstreeppad, genieten ook Europese bescherming (Conventie van Bern en Habitatrichtlijn).

Door middel van twee bemonsteringen met een steeknet zijn locaties met open water binnen het onderzoeksgebied onderzocht op aanwezigheid van amfibieën. De eerste bemonstering heeft plaatsgevonden op 3 juni 2004. Op dat moment zijn larven van vroeg voortplantende soorten zoals bruine kikker en gewone pad en volwassen watersalamanders te vinden. De tweede ronde heeft plaatsvinden op 15 juli 2004. In deze periode kunnen volwassen groene kikkers en larven hiervan worden waargenomen, evenals salamanderlarven.

Vissen

In Nederland wordt een aantal vissoorten beschermd krachtens de Flora- en faunawet. Binnen het onderzoeksgebied komen mogelijk kleine modderkruiper en biermpje voor. Onderzoek naar het voorkomen van beschermde vissoorten heeft plaatsgevonden op een aantal representatieve monsterpunten binnen het onderzoeksgebied. Afgezien van de wettelijke perikelen van de mogelijke aanleg van de waterberging zal de toekomstige inrichting zorgen voor kansen voor vissoorten. Vanuit dit gezichtspunt is het visonderzoek als een goede nul-meting te zien.

Afhankelijk van het watertype heeft de bemonstering plaats gevonden met een steeknet of door middel van elektrovisserij. Met een steeknet zijn de sloten binnen het

onderzoeksgebied bemonsterd. Dit onderdeel van het vissenonderzoek is in combinatie met het amfibieënonderzoek uitgevoerd. De bemonstering van de Bakelsche Aa heeft op 17 juli plaatsgevonden en is uitgevoerd door middel van elektrovisserij vanaf een boot. Daarbij is de Bakelse Aa vanaf de N279 (bij de uitmonding in de Zuid-Willemsvaart) tot aan de stuw bij Muizenhol bemonsterd. In totaal zijn binnen dit deel van de Bakelse Aa acht representatieve trajecten onderzocht, elk met een lengte van circa 100 m.

Broedvogels

In 2004 heeft geen broedvogelinventarisatie plaatsgevonden. Het onderzoek naar de waarde van het plangebied voor broedvogels heeft zich beperkt tot een eenmalig veldbezoek op 3 juni 2004. Tijdens dit veldbezoek zijn broedvogelsoorten genoteerd en zijn waardevolle en potentiële biotopen in beeld gebracht. Afgezien van dit bezoek zijn ook de bijzondere broedvogelwaarnemingen afkomstig uit andere inventarisatierondes genoteerd.

Aan de hand hiervan is de kwaliteit van het gebied beschreven met het oog op de toekomstige inrichting.

Vleermuizen

Alle vleermuissoorten zijn in Nederland beschermd. Alle soorten zijn bovendien opgenomen in de EU-Habitatrichtlijn. In het zomerseizoen verlaten vleermuizen kort na zonsopgang hun kolonieplaatsen om te gaan jagen. Vlak voor zonsopkomst keren ze weer terug. Hierbij zijn drie typen terreingebruik te onderscheiden: kolonieplaats, trekroute en foerageergebied. Daarnaast maken de dieren gebruik van winterverblijven.

Het vleermuisonderzoek is uitgevoerd met behulp van batdetectors (type Pettersson D100 en D240). Bij twijfel over de determinatie op grond van geluid zijn geluidsopnames worden gemaakt die met behulp van software nader geanalyseerd werden.

Vleermuizen verblijven overdag in kolonies. Het type kolonieplaats is afhankelijk van de soort en bestaat doorgaans uit holten in (oude) bomen of gebouwen (zolders, spouwmuur). Tijdens het onderzoek is specifiek naar kolonies gezocht. De beste tijd om dit te onderzoeken is kort voor zonsopkomst, wanneer de vleermuizen naar hun kolonieplaatsen terugkeren en vaak voor de invliegopening zwermen. De invliegperiode is relatief kort. Het onderzoek heeft plaatsgevonden in juli.

Zoogdieren

Aan de hand van sporenonderzoek (prenten, uitwerpselen, knaag- en vraatsporen etc) en zichtwaarnemingen is het onderzoeksgebied onderzocht op het voorkomen van de wat grotere zoogdieren, zoals marterachtigen, ree, vos en das.

Voor deze inventarisatie zijn geen aparte rondes uitgevoerd. Volstaan is met spoor- en zichtwaarnemingen die tijdens andere inventarisaties zijn gedaan.

Overige soorten

Bijzondere waarnemingen van soorten die niet onder een van de doelgroepen vallen zijn eveneens genoteerd en kort opgenomen in deze rapportage.

BIJLAGE 3 Voorkomen vlinders en libellen (waarnemingen KNNV)

Waarnemingen van de KNNV van de afgelopen 10 jaar (geen beschermde soorten).

Juffers	Nachtvlinders	Nachtvlinders
Weidebeekjuffer	Wilgehoutrups	Grote beervlinders
Houtpantserjuffer	Essehoutboorder	Witte tijger
Azuurwaterjuffer	Hoornaarvlinder	Grijze beervlinder
Lantaarntje	Rietvink	Gele tijgervlinder
Vuurjuffer	Snuitspinner	Kleine beervlinder (algemeen)
Blauwe breedscheenjuffer	Kameeltje	Sint Jacobsvlinder
	Agaatspinner	Dwerghuismoeder
Echte libellen	Berkebrandvlerkvlinder	Gammauil
Gewone oeverlibel	Zic-zac vlinder	Bruine snuituil
Steenrode heidelibel	Gele eenstaart	Schaapje
Viervlek	Berke-eenstaart	Bont schaapje
Platbuik	Bruine eenstaart	Agaatvlinder
Venwitsnuitlibel (Rode Lijst)	Braamspinner	Koperuil
Smaragdlibel	Lieveling	Roestje
Blauwe glazenmaker	Geogde bandspanner	Gestreepte dennerupsvlinder
	Vals zwartopwitje	Langsrietmot
Dagvlinders	Gestreepte goudspanner	Meidoornstippelmot
Zwartspriddikkopje	Hagedoornvlinder	Vijfvingerige veder mot
Groot dikkopje	Dennespanner	Muntvlindertje
Koninginnepage	Sneeuwspanner	Brandnetelmotje
Oranjetip	Gerande spanner	Bladroller
Groot koolwitje	Witte grijsbandspanner	
Klein koolwitje	Porseleinspanner	
Klein geaderd witje	Berkespanner	
Citroenvlinder	Vliervlinder	
Eikepage	Wintervlinder	
Kleine vuurvlinder	Dennepijlstaart	
Boomblauwtje	Pauwoogpijlstaart	
Dagpauwoog	Populierepijlstaart	
Distelvlinder	Kolibrievlinder	
Atalanta	Groot avondrood	
Gehakkelde aurelia	Wapendrager	
Landkaartje	Eikeprocessierups	
Bruin zandoogje	Nonvlinder	
Koelvinkje	Donsvlinder	
Oranje zandoog	Meriansborstel	
Hooibeestje	Roodkraagje	
Bont zandoogje	Kleine vierstip	

BIJLAGE 5 Achtergrondrapport Hydraulica en morfologie

Herinrichting Bakelse Beemden

MER Achtergrondrapport Hydraulica & Morfologie

dossier : X2191.01.001

registratienummer : WG-SE20070890

versie : 2.1

Waterschap Aa en Maas

november 2007

Definitief

INHOUD**BLAD**

1	INLEIDING	5
1.1	Gebiedsbeschrijving	5
1.2	Leeswijzer	6
2	ALTERNATIEVEN	7
2.1	Doelen en uitgangspunten alternatieven	7
2.2	Alternatieven	8
2.2.1	Waterbergingsalternatief	9
2.2.2	Natuuralternatief	9
2.2.3	Integraal alternatief	10
3	METHODIEK	13
3.1	Berekeningen	13
3.2	Afvoerafdeling	13
3.3	Effectiviteit Bergingsgebied	15
4	BEEK TOPOGRAFIE	17
4.1	Meandertopografie voor het Natuuralternatief	17
4.2	Meandertopografie voor het Integraal alternatief	18
5	GEUL GEOMETRIE	21
5.1	Stabiel geulontwerp	21
5.2	Geulvormende afvoer	22
5.3	Afleiding beekbreedte	23
5.4	Afleiding meanderlengte	24
5.5	Verhang en Sinuositeit	25
5.6	Afleiding geuldiepte	26

DHV B.V.

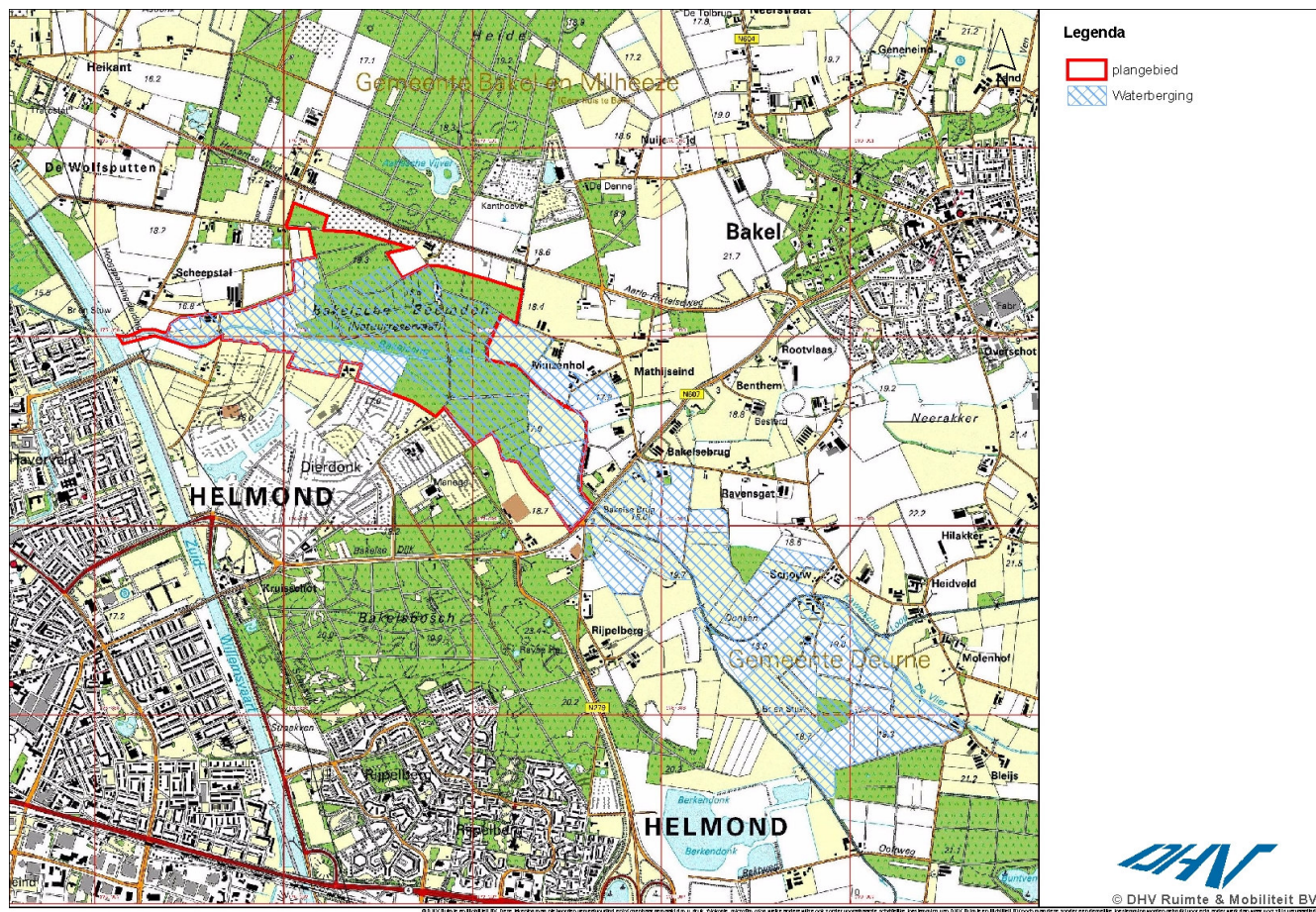
5.7	Aanpassing Ontwerp	26
6	MODELSCHEMATISATIE	27
6.1	Algemene uitgangpunten	27
6.2	Profielen	28
6.2.1	Profielen Natuuralternatief	28
6.2.2	Profielen Integraal alternatief	29
6.2.3	Profielen overige trajecten	29
6.3	Ruwheid	30
7	HYDRAULISCHE EFFECTEN	33
7.1	Inzet berging bij alternatieven	33
7.2	Resultaten lage afvoer	36
7.3	Resultaten hoge afvoer	39
8	MORFOLOGIE	43
8.1	Bodemsamenstelling	43
8.2	Morfologische veranderingen in de geul	44
8.3	Slibdepositie	44
8.4	Morfodynamiek na aanleg	46
9	MITIGERENDE MAATREGELEN	49
9.1	Maatregelen tegen hoogwater	49
10	VOORKEURSALTERNATIEF	51
11	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	53
11.1	Conclusies	53
11.2	Aanbevelingen voor nader onderzoek	54
12	REFERENTIES	57

13 COLOFON

59

BIJLAGEN

- 1 Inundatiebeelden
- 2 Stroomsnelheid
- 3 Korrelsamenstelling



figuur 1: Ligging plangebied Bakelse beemden en waterbergingsgebied Dierdonk

1 INLEIDING

In het Reconstructieplan De Peel is voor de Bakelse Beemden een integrale opgave opgenomen om waterberging te realiseren, de natuur te versterken en het gebied als stedelijk uitloopgebied te behouden of te ontwikkelen. Om deze opgave te kunnen realiseren is een herinrichting van het gebied noodzakelijk.

Het waterschap zoekt naar oplossingen om wateroverlast nu en in de toekomst te voorkomen. In plaats van water zo snel mogelijk af te voeren wordt ruimte voor water gezocht door water langer vast te houden en water te bergen. Voor het beheersgebied van Aa en Maas gaat het er ook om afvoeren vanuit de beken niet af te wentelen op de Maas. De Bakelse Beemden is onderdeel van het in het Reconstructieplan De Peel begrensde waterbergingsgebied Dierdonk. (zie **Error! Reference source not found.**).

Bij de herinrichting van de Bakelse Beemden dient rekening gehouden te worden met de landschappelijke en historische waarden en het huidige economische (agrarische) gebruik van het gebied.

Voor de realisatie van de waterberging is een wijziging nodig van het geldende bestemmingsplan door de gemeente Helmond. Ter onderbouwing van dit besluit is een Milieueffectrapport opgesteld waarin verschillende alternatieven voor de herinrichting van de Bakelse Beemden zijn beoordeeld op milieueffecten.

In dit rapport worden de hydraulische en morfologische effecten beschreven van de alternatieven voor het MER "Herinrichting Bakelse Beemden". Dit rapport beschrijft de methodiek die is toegepast voor het bepalen van beektopografie, en geulgeometrie van de verschillende ontwerpen van de Bakelse Aa. Het achtergrondrapport dient ter onderbouwing van de effectbeschrijving in de Milieueffectrapportage (MER) Bakelse Beemden.

1.1 Gebiedsbeschrijving

Het plangebied bestaat uit het bosgebied van Bakelse Beemden en agrarische gebruikte gronden ten westen en oosten van het landgoed. Het landgoed de Bakelse Beemden was tot de jaren '50 in gebruik als grasland en is daarna omgevormd tot productiebos. Tot begin 90'er jaren waren veel percelen voorzien van grotendeels snelgroeiende populieren. Het gebied is mede door de aanwezige ontwateringssloten verdroogd. De Bakelse Aa is in de vorige eeuw rechtgetrokken en het profiel is verruimd, waardoor het water snel afgevoerd wordt. Ten zuiden van het landgoed ligt de wijk Dierdonk. Deze wijk is deels in het beekdal gebouwd.

Het studiegebied is groter dan het plangebied en betreft het gebied waarbinnen effecten van de maatregelen nog merkbaar kunnen zijn. Dit is het plangebied én de omgeving ervan. De begrenzing van het studiegebied verschilt per te onderzoeken effect. Zo zal het studiegebied voor de berekeningen van de grondwatereffecten bestaan uit de woonwijk Dierdonk en de omliggende landbouwpercelen. Het plangebied is weergegeven in figuur 1

1.2 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de methodiek, uitgangspunten en de hydraulische effecten van de verschillende alternatieven van de MER Bakelse Beemden. In hoofdstuk 2 worden de verschillende alternatieven kort toegelicht, waarbij met name gefocust wordt op de hydraulische en morfologische aspecten van de ontwerpen. In hoofdstuk 3 wordt de methodiek beschreven, waarin de volgende twee hoofdstukken verder op in wordt gegaan. In hoofdstuk 4 wordt voornamelijk ingegaan op de afleiding van de beektopografie, en in hoofdstuk 5 op de geulgeometrie. In hoofdstuk 6 wordt de modelschematisatie behandeld, en in hoofdstuk 7 de hydraulische effecten. Als laatste worden de morfologische effecten besproken waarna afgesloten wordt met maatregelen ter aanpassing van het ontwerp.

2 ALTERNATIEVEN

2.1 Doelen en uitgangspunten alternatieven

In de startnotitie en de richtlijnen MER (Commissie MER, 2006) zijn de doelen voor de verschillende functies van het gebied weergegeven. Voor de ontwikkeling van alternatieven zijn harde uitgangspunten bepaald waaraan alle alternatieven moeten voldoen. Daarnaast zijn er doelen waarvan de invulling per alternatief anders kan zijn. Een voorbeeld is de manier waarop de recreatieve ontsluiting wordt vormgegeven. Het bergen van 215.000 m³ water bij een piekafvoer die eens per 100 jaar voorkomt en het realiseren van de voor natuur gewenste grondwaterstanden zijn voorbeelden van harde uitgangspunten. De harde uitgangspunten hebben tot gevolg dat de verschillen tussen de alternatieven op het eerste gezicht minder groot zijn, toch zijn er vooral voor de inrichting van de beek zelf grote verschillen. In tabel 1 zijn de hydraulisch en morfologisch meest belangrijkste uitgangspunten van de alternatieven opgenomen.

tabel 1: Uitgangspunten waar alle alternatieven aan moeten voldoen

Water
De waterbergingsgebieden in het stroomgebied moeten zorgen dat de werknormen niet worden overschreden bij klimaatsveranderingen (waterschap hanteert hiervoor het midden-scenario)
Benedenstrooms van de Bakelse Brug tot aan het kanaal moet in de Bakelse Beemden, bij een afvoer die eens in de 100 jaar voorkomt, <u>215.000 m³</u> water geborgen kunnen worden (de <i>onderbouwing en relatie met het de mogelijkheden elders in het stroomgebied worden in het MER</i>

<i>nader toegelicht).</i>
Functie waterberging blijft binnen de in het reconstructieplan aangegeven grenzen. Dit betekent dat indien water door natuurlijke overstroming buiten de grenzen komt worden daartegen grondwallen of andere voorzieningen getroffen.
Geen afwenteling: het gebied moet de hogere afvoeren als gevolg van klimaatverandering zelf opvangen en geen overlast benedenstrooms veroorzaken.
Berging realiseren in natuurlijke laagtes. Ontgraven kan, maar enkel als het bijdraagt aan de versterking van de natuurwaarden in het beekdal.
Kaderrichtlijn Water: <i>Maatregelen nemen die passen bij de Maximaal Ecologisch Potentieel en Goed Ecologisch Potentieel voor de Bakelse Aa (langzaam stromende bovenloop).</i>
Wonen-grondwater
Geen significante verhoging van de GHG (<5 cm) in de lage delen van Dierdonk, omdat dit tot toename van grondwateroverlast leidt.

Natuur
Het realiseren van de Ecologische Hoofdstructuur en Ecologische verbindingszone en de daarin geformuleerde natuurdoelen of gelijkwaardige of 'hogere' doelen' passend bij de natuurpotenties van het gebied:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Realiseren van de gewenste grondwaterstanden die horen bij de natuurdoelen: minimaal vallend in de bandbreedte van de vastgestelde natuurdoeltypen. Het natuurgebiedsplan geeft een complex van natte en droge typen aan variërend van Berkenbroekbos, Vogelkers-Essenbos, Beuken-eikenbos en Zomereiken-Berkenbos. 2. Het realiseren van eisen die het natuurbeleid met zich

<p>meebrengt ten aanzien van overstromingsfrequentie wordt niet als harde eis aan de alternatieven gesteld. De provincie heeft in eerder overleg aangegeven dat op basis van een onderbouwing (ecologie/waterkwaliteit) een wijziging van het natuurgebiedsplan richting natuurdoeltypen die minder of niet gevoelig zijn voor overstroming.</p> <p>3. Omvorming van productiebos naar natuurlijk bos, passend bij de ter plaatse heersende omstandigheden</p> <p>De effecten ten aanzien van overstroming en de hiervoor gevoelige natuurdoeltypen worden in het MER beschreven en bij de uiteindelijke keuze tussen de alternatieven afgewogen.</p>
<p>Realiseren EVZ conform richtlijnen waterschap zoals vastgelegd in notitie aan klankbordgroep. Het streefbeeld bestaat uit een combinatie van:</p> <ul style="list-style-type: none"> - een natte corridor van 10 m bestaande uit bloemrijk grasland, struweel en natuurvriendelijke oevers(langs Bakelse Aa) - stapsteen voor de Das van 10 ha bestaande uit kleinschalig landschap - stapsteen voor amfibieën van 0,5-1,5 ha op 300-400 m afstand bestaande uit een poel met dekkinggevende vegetatie. <p>De Bakelse Aa is voor vissen migreerbaar</p>
<p>Realiseren 0,8 ha natuurcompensatie voor struweelvogels in de vorm van houtwallen/boschages.</p>
<p>Recreatie Behoud en waar nodig versterking van het stedelijk uitloopegebied Helmond</p>
<p>Cultuurhistorie en landschap Rekening houden met cultuurhistorische en landschappelijke waarden</p>

2.2 Alternatieven

Er zijn drie alternatieven ontwikkeld, namelijk het *Waterbergingsalternatief*, *Natuuralternatief* en een *Integraal alternatief*. Voorafgaand is een hydrologische voorstudie uitgevoerd naar verschillende mogelijkheden om de gewenste waterberging te realiseren door compartimentering en peilopzet en de effecten van de peilverhoging op de grondwaterstanden in de woonwijk Dierdonk. Uit deze voorstudie is gebleken dat er 215.000m³ geborgen kan worden zonder negatieve effecten op de grondwaterstanden in Dierdonk.

De alternatieven zijn zo ontwikkeld dat zij de hoeken vertegenwoordigen van mogelijke inrichtingsscenario's van het projectgebied. De verschillende alternatieven zullen worden vergeleken met de huidige situatie zoals weergegeven in figuur 2. Voor een uitgebreide beschrijving van de alternatieven wordt verwezen naar de rapportage betreffende de onderbouwing van de alternatieven (DHV, 2007b)



figuur 2: Inrichtingsschets van de huidige situatie van de Bakelse Beemden

2.2.1 Waterbergingsalternatief

Het Waterbergingsalternatief brengt de minste veranderingen met zich mee ten opzichte van de huidige inrichting van de beemden. De Beekloop en de beekprofielen veranderen niet, het profiel van de beek blijft relatief groot ten opzichte van de afvoer. Om zoveel mogelijk aan de waterbergingsseis te voldoen zijn grote profielen gunstig. Door de grote doorstroomcapaciteit van de profielen kan bij relatief lage afvoeren al zoveel mogelijk water het gebied verlaten. Het bergingsgebied blijft zo lang mogelijk leeg voor retentie. Door de aanleg van twee dwarskades (grondwallen) worden twee compartimenten gerealiseerd. Hiermee kan gestuurd worden op de inzet van de verschillende compartimenten voor berging. Met twee compartimenten is het mogelijk een verschillend peil aan te houden in de twee compartimenten. Om de gevolgen van wateroverlast als gevolg van te hoge grondwaterstanden te beperken wordt het benedenstroomse compartiment een lager peil gehanteerd. Hierdoor kan het compartiment relatief groot zijn ten opzichte van de begrenzing van de waterbergingsgebieden van de andere alternatieven. Om aan het bergingsvolume van 215.000m³ te voldoen zonder wateroverlast te veroorzaken in de naastgelegen wijk Dierdonk, wordt een maximale waterstand aangehouden van 17,20 m+NAP voor het bovenstroomse compartiment en 16,30 m+NAP voor het meest benedenstrooms gelegen compartiment.



figuur 3: Inrichtingsschets van het Waterbergingsalternatief

2.2.2 Natuuralternatief

Het natuuralternatief onderscheidt zich voornamelijk in de veranderende beekloop. Niet alleen wordt de beek omgelegd door het bos, maar ook wordt het profiel verondiept en versmald waardoor natuurlijke rivierdynamiek kan terugkeren. Naast de doelstelling tot waterberging zal het alternatief voornamelijk worden ingericht voor de ontwikkeling van een beekdal met een dynamische laagland beek. Er is voor deze insteek gekozen vanwege de kansen die het alternatief biedt om zowel de verdroging te bestrijden als de beek een dynamischer karakter te geven. Deze dynamiek zorgt voor een versterking van de natuurwaarden in de beek en een geleidelijker en gevarieerde overgang tussen beek, de laaggelegen beekdalgronden en de droge bossen op de flanken. Als gevolg van de hydromorfologische processen, zullen de aangrenzende

DHV B.V.

gronden frequenter overstroomd en het grondwaterpeil stijgen door verkleining van het profiel (zie Hoofdstuk 4).

Het waterbergingsgebied wordt begrensd door een kade in de laagste delen en door de natuurlijke hoogten in het landschap (zie figuur 4). Benedenstrooms van het bergingsgebied wordt de beekloop wél omgelegd, maar de doorstroomcapaciteit van de profielen zal niet veranderen, d.w.z. de bodemdiepte en de beekbreedte zullen worden aangepast. Het natuuralternatief bestaat uit één compartiment. Uit de hydrologische toets van de voorstudie is gebleken dat een hoog peil in het benedenstrooms gebied mogelijk kan leiden tot wateroverlast in de woonwijk. Voor het Natuuralternatief wordt een maximaal peil aangehouden van NAP +16,90m.



figuur 4: Inrichtingsschets van het Natuuralternatief

2.2.3 Integraal alternatief

De richtlijnen geven voor het Integraalalternatief het volgende aan:

.....'Aan de hand van deze twee (water en natuur) alternatieven kan een integraal alternatief worden opgesteld. Hierbij wordt geoptimaliseerd tussen waterberging en natuur, waarbij varianten kunnen worden ontwikkeld voor landschap en recreatie. Neem hierbij tevens cultuurhistorie en archeologie in acht'.....

Vanuit de richtlijnen, de resultaten van de hydrologische voorstudie zijn de volgende hoofdkeuzes gemaakt:

- Benutten van de oude meanders in de bovenloop en meandering conform de historische kaart uit 1900 in de benedenloop.
- Waterberging in 1 compartiment om meer ruimte voor de beek te geven

In figuur 5 is een inrichtingsschets gegeven van het alternatief. Ook voor het Integraal alternatief geldt dat er een maximaal peil van NAP+ 16,90 meter aangehouden wordt om aan het bergingsvolume van 215.000 m³ te voldoen.



figuur 5: Inrichtingsschets van het Integraalalternatief

DHV B.V.

3 METHODIEK

3.1 Berekeningen

Ten behoeve van de hydraulische effecten van de herinrichting Bakelse Beemden zijn hydraulische berekeningen gemaakt met het 1D2D inundatiemodel SOBEK. Er is gerekend met een 4 tal situaties, inclusief de huidige situatie, waarvoor elk 5 afvoerscenario's zijn doorgerekend. De eerste twee afvoerscenario's bestaan uit stationaire berekeningen waarbij de waterstand niet buiten het geulprofiel uit komt. Hierdoor kan volstaan worden met enkel een 1D benadering. Er wordt gerekend met een gemiddelde voorjaarsafvoer (20% van maatgevende afvoer) en een gemiddelde zomerafvoer (5%). Er wordt vanuit gegaan dat de maatgevende afvoer overeenkomt met een 1/1 per jaar afvoer.

Er worden drie dynamische afvoerscenario's doorgerekend; 1/1 per jaar, 1/10 per jaar en 1/100 per jaar afvoer. De afvoerscenario's zijn bepaald op basis van een 12 jarige meetreeks bij stuw Muizenhol.

3.2 Afvoerafdeling

Voor de verschillende herhalingsperioden van afvoer en waterstand is gebruik gemaakt van een 12 jarige tijdreeks van afvoeren bij stuw Muizenhol en de waterstanden in de Zuid-Willemsvaart. Voor de afvoer zijn twee tijdreeksen beschikbaar met verschillende intervallen tussen de metingen, dagelijks of per uur. Er is gekozen om de uurwaarnemingen te gebruiken bij de analyse, omdat vooral bij de piekafvoeren de dagwaarden te laag uitvallen. De waterstanden in de Zuid-Willemsvaart

zijn afkomstig van het stuwpaand tussen Sluis Helmond, Sluis 6 ZWV en Sluis IV WHK. Voor beide datasets geldt dat er verschillende perioden zijn waarvan geen data beschikbaar is.

Analyse Frequentieverdeling

De randvoorwaarden van het 1D2D hydraulischmodel van de Bakelse Beemden zijn afgeleid voor de perioden met een voorkomen van 1/1, 1/10 en 1/100 per jaar. Hiervoor is een statistische methode gebruikt die toegepast is op de datasets. De techniek houdt in dat met gemeten waterstanden en afvoeren een statistische analyse gedaan wordt waarbij een frequentieverdeling wordt voortgebracht. Via deze frequentieverdeling kan een bepaalde afvoer gerelateerd worden aan een herhalingsperiode. Voor deze studie is een Log-Pearson Type III (Log P-III) verdeling toegepast om de maatgevende afvoeren bij muizenhol te bepalen.

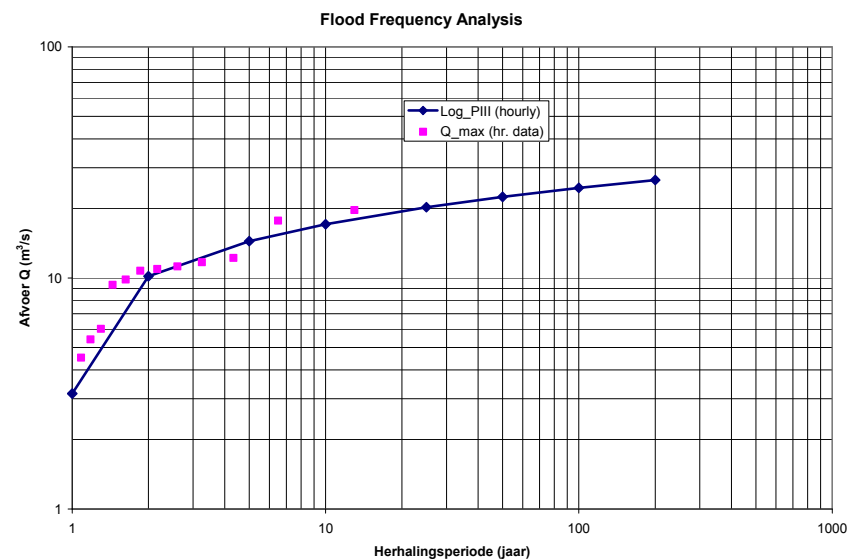
De volgende stappen zijn ondernomen:

- Per jaar zijn de maximale waarden bepaald op basis van de 12jarige reeks (data per uur);
 - De variantie, standaarddeviatie en scheefheid (skewness) zijn bepaald;
 - Met behulp van de *Weibull* formule (vergelijking 1) zijn de verschillende herhalingsperioden (T_r) bepaald
- $$T_r = (n + 1) / m \quad (1)$$
- Voor de herhalingsperiode zijn herhalingsfactoren bepaald;
 - De afvoeren behorende bij de verschillende herhalingsperioden zijn afgeleid (tabel 2) en tegen elkaar uitgezet in een grafiek (figuur 6)

tabel 2: theoretische afvoergolven met bijbehorende herhalingsperiode

Herhalingsperiode (year)	Q_Tr (m ³ /s)
Gem. Zomer	0,52
Gem. Winter	1,08
1	3,16
2	10,17
5	14,44
10	17,08
25	20,23
50	22,44
100	24,52
200	26,53

Uit figuur 6 volgt dat de curve van de Log P-III verdeling de maximale afvoeren goed beschrijft. In tabel 2 staan enkele herhalingsperioden met bijbehorende afvoeren. Bij de herhalingsperioden 1/1, 1/10 en 1/100 per jaar horen respectievelijk de volgende afvoeren: 3,16 m³/s, 17,08 m³/s and 24,52 m³/s.



figuur 6: Frequentieverdeling voor afvoeren van de Bakelse Aa bij stuw Muizenhol volgens de Log P-III verdeling

Bepalen van afvoergolf en bijbehorend waterstandsverloop

Voor niet stationaire hydrodynamische berekeningen is het noodzakelijk om te werken met tijdreeksen van piekafvoeren. Dit betekent dat er voor de drie herhalingsperioden verschillende afvoergolven opgesteld moeten worden. Voor een afvoergolf is niet alleen de hoogte van de piekafvoer van belang, ook de duur van de golf is van belang, kortom de complete vorm van de afvoergolf. Nu de piekafvoeren van de drie verschillende herhalingsperioden bekend zijn kan in de 12-jarige tijdreeks de

bijbehorende afvoergolf gezocht worden. De afvoergolf met een afvoerpiek gelijk aan de afvoerpiek die is bepaald voor de verschillende herhalingsperioden wordt als randvoorwaarde op de modelrand gelegd. Voor de 1/100 jaar afvoergolf bestaat echter geen representatieve periode over de afgelopen 12 jaar. Voor deze herhalingsperiode is gekozen om de afvoergolf te kiezen met de hoogste afvoer, en daarbij een lineaire extrapolatie uit te voeren om tot de 1/100 per jaar situatie te komen. Uit de jaren 2001, 1995 en 1998 is een afvoergolf gekozen die representatief kan worden beschouwd voor respectievelijk de 1/1, 1/10 en 1/100 per jaar situaties. Dat wil zeggen dat niet altijd de piekafvoer in dat jaar als randvoorwaarde is opgenomen. Als voorbeeld kan het jaar 2001 genomen worden. Voor het jaar 2001 is de maximale jaarafvoer bepaald op $Q = 4,52 \text{ m}^3/\text{s}$, echter een afvoergolf in 2001 met een kleinere piekafvoer ($Q = 2,98 \text{ m}^3/\text{s}$) valt dicht bij de waarde die volgt uit de frequentieverdeling van tabel 2 ($Q = 3,16 \text{ m}^3/\text{s}$). Deze afvoergolf is dan ook opgenomen als randvoorwaarde voor de 1/1 per jaar situatie.

Voor de gemiddelde winter- en zomersituatie worden alleen stationaire berekeningen gemaakt. Dit kan omdat in deze situatie geen inundatie van het maaiveld plaatsvindt. De piekafvoer voor deze situaties is bepaald op $Q_{\text{winter}} = 1,08 \text{ m}^3/\text{s}$ en $Q_{\text{zomer}} = 0,52 \text{ m}^3/\text{s}$. De waterstand op de Zuidwillemsvaart is in beide gevallen 15 m+NAP, maar varieert over de verschillende jaren en gedurende het seizoen. Voor de benedenstroomse randvoorwaarde is naar dezelfde periode gekeken als bij de afleiding van de afvoergolven. In bijlage 4 zijn enkele figuren van de afvoergolven en de waterstanden terug te vinden.

Voor het afleiden van een afvoergolf met herhalingsperiode van 10 en 100 jaar is een 12 –jarige reeks eigenlijk te kort. Daarnaast moet worden

voorkomen dat er te grote afvoerpieken binnen de meetreeks zitten omdat hierdoor de analyse vertroebeld wordt. Beide situaties zitten wel in deze analyse waardoor het waarschijnlijk is dat er een te hoge schatting gemaakt is van de afvoeren.

3.3 Effectiviteit Bergingsgebied

Voor de effectiviteit van de waterberging bij afvoeren die eens per 100 jaar optreden is het van belang te weten of er ook bij lage afvoeren reeds berging optreedt.

Waterberging kan worden verdeeld in twee typen berging: “*effectieve berging*” en “*natuurlijke berging*”. Natuurlijke berging treedt op als gevolg van natuurlijke inundatie van het maaiveld wanneer de afvoer groter is dan de doorstroomcapaciteit van het beekprofiel. Het gaat dan om situaties vanaf ca. 1/1 per jaar (natuur alternatief) tot 1/10 per jaar (Waterbergingsalternatief), wat voor de huidige situatie overeenkomt met een afvoer vanaf ca. $15 \text{ m}^3/\text{s}$. Daarnaast is er effectieve berging, d.w.z. berging van water wat bijdraagt aan de verlaging van de afvoergolf tijdens een maatgevende situatie (1/100 jaar), d.w.z. tijdens piekafvoeren verlaat er minder water het bergingsgebied dan dat er aangevoerd wordt. De twee mechanismen van berging verschillen van elkaar in de manier waarop berging aangestuurd wordt en het moment waarop berging ingezet wordt.

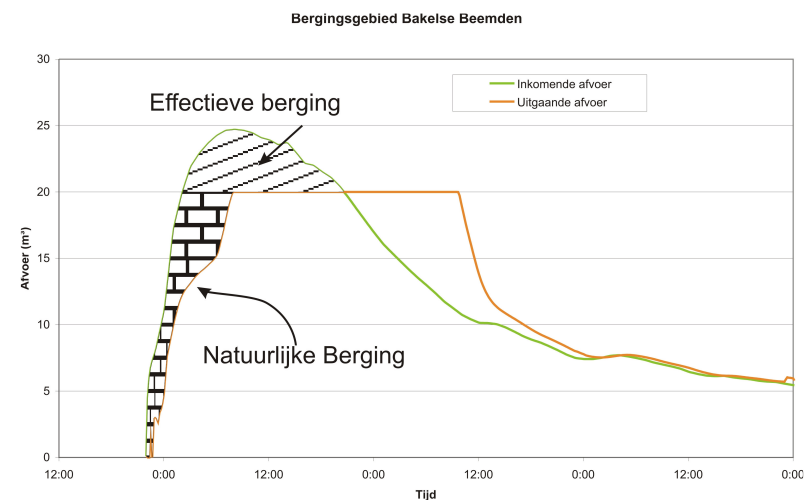
Berging is alleen effectief wanneer het bijdraagt aan het verlagen van de afvoerpiek van de inkomende afvoer. De mate van piekverlaging is afgeleid uit de waterbergingsopgave van 215.000 m^3 . Om de effectieve berging te scheiden van de totale berging is bepaald wat het moment is

DHV B.V.

waarbij inundatie van het bergingsgebied theoretisch gezien mag plaatsvinden om een bijdrage te leveren aan de effectieve berging. Uit de 1/100 per jaar afvoergolf van de Bakelse Beemden is afgeleid dat berging mag optreden vanaf een afvoer van $19,8 \text{ m}^3$. Deze afvoer is het resultaat van het volume water wat zich tussen deze afvoer en de piekafvoer ($24,7 \text{ m}^3$) in de afvoergolf bevindt (zie figuur 3). Volgens de frequentieverdeling¹ van afvoeren in de Bakelse Aa wordt een afvoer van $19,8 \text{ m}^3$ globaal genomen eens per 22 jaar bereikt. Dit betekent dat wanneer inundatie optreedt bij afvoeren lager dan $19,8 \text{ m}^3$ er voor berging gecompenseerd moet worden. Dit bergingsvolume wordt dan gezien als natuurlijke inundatie of berging. Natuurlijke berging vindt zowel in de huidige situatie plaats als in alle alternatieven.

In figuur 7 is een schematische weergave te zien van een situatie waarin zowel voldaan wordt aan de waterbergingsopgave, als waarin natuurlijke berging plaatsvindt. In de figuur, met daarin de verschillende mechanismen van berging, is de grenswaarde waarbij effectieve berging optreedt weergegeven voor $Q = 19,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Volgens de figuur vindt er natuurlijke berging plaats bij afvoeren onder $Q = 19,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Het volume is aangegeven met de bakstenen arcering. Omdat er in alle alternatieven natuurlijke berging plaatsvindt is de totale berging altijd groter dan de effectieve berging.

¹ De frequentieverdeling is afgeleid op basis van een 12-jarige meetreeks van waterstanden bij stuw Muizenhol. Vanwege de onzekerheden in de meetreeks is er mogelijk een overschatting van de afvoeren en de afvoerfrequentie.



figuur 7: verdeling tussen natuurlijke berging, effectieve berging.

4 BEEK TOPOGRAFIE

De beektopografie is het bovenaanzicht van de beek, oftewel de ligging van de beek en de meanders in het landschap. Voor de alternatieven “Natuur alternatief” en “Integraal alternatief” zal de beekloop worden verlegd ten opzichte van de huidige situatie. Voor de verschillende ontwerpen is als belangrijkste uitgangspunt de ligging van oude meanderende beeklopen gehanteerd. Het herleiden van deze loop is vanwege de vele veranderingen in het landschap in de afgelopen decennia steeds moeilijker geworden. Een aantal aanwijzingen van de oude loop zijn te vinden op oud kaartmateriaal, gegevens van het Waterschap uit de periode voor de ruilverkaveling, en van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN). Bij de analyse van deze bronnen bleek dat zij geen eenduidig gaven van de oude beekloop en dat de beekloop door de tijd op verschillende plaatsen heeft gelegen. In het hoogtemodel zijn bochtige laagten in het bos te zien. Op de historische kaarten uit 19^e en 20^e eeuw meanderde de beek op hoofdlijnen ter hoogte van de huidige loop.

Uit alle informatie die over de oude beekloop beschikbaar is en uit algemene kenmerken van een laaglandbeek kan worden afgeleid dat de beek de volgende eigenschappen bezat:

- Vrij smalle meandergordel (breedte van het dal waarbinnen de meanders migreren)
- Onregelmatig patroon van meanders
- Gesuperponeerde meanders (meanders binnen meander)
- Vrij smalle, relatief diepe geul.
- Sterk begroeide oevers.

- Vrij sterke meandering bij een kleine dalhelling, en minder sterke meandering bij steilere dalhelling.

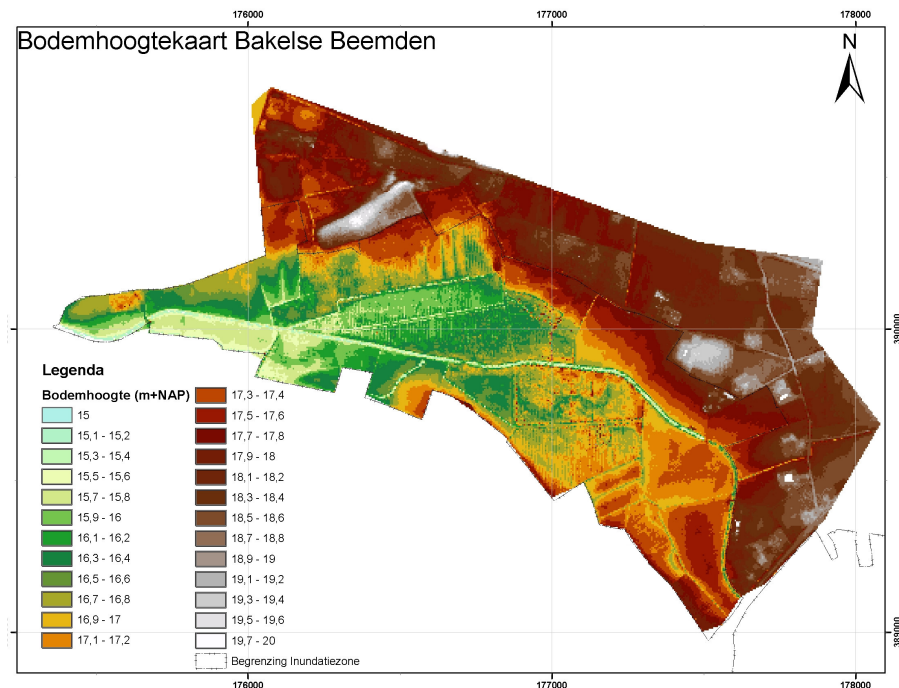
4.1 Meandertopografie voor het Natuuralternatief

Het ontwerp van de beektopografie van het Natuuralternatief is voornamelijk afgeleid uit de ligging van oude meanders die nog in het landschap zichtbaar zijn. In figuur 8 is een uitsnede uit het AHN zichtbaar voor het projectgebied van de Bakelse Beemden. In de lichte kleuren is het laagst gelegen deel van het beekdal te zien, met de donkere rode kleuren het hoger gelegen gedeelte. Vooral aan de oostelijke kant van het gebied zijn in groen wat ronde vormen in het AHN te zien. Deze vormen duiden op de ligging van verlaten meanders. In het veld zijn deze plekken tijdens natte omstandigheden goed te herkennen door de aanwezigheid van plassen op het maaiveld. Ondanks dat niet bekend is wanneer de beek hier precies gelegen heeft, zijn er genoeg aanwijzingen dat het door het huidige bos gestroomd heeft. Naast de aanwezigheid van depressies in het landschap die duiden op verlaten meanders, is de ligging van de meanders ten opzichte van het beekdal ook een belangrijke aanwijzing. Doordat de oude meanders in het laagst gelegen punt van het beekdal liggen wordt het idee versterkt dat de beek hier ooit gelegen moet hebben. Om hier bewijs voor te vinden zou een onderzoek uitgevoerd moeten worden naar de sedimentaire structuren die zich vermoedelijk in de bovenste paar meter onder het maaiveld zouden bevinden, ook kan gebruik gemaakt worden van historische archieven. Er moet wel worden opgemerkt dat het wel opvallend is dat de vormen alleen in het bos te zien zijn. Vanwege de vele egalisaties en ophogingen van de akkers is het denkbaar dat de oude resten van de geul vervaagd zijn waardoor de indruk ontstaat dat zijn daar niet gestroomd heeft.

DHV B.V.

Boringen kunnen uitwijzen dat de beek wel degelijk ook in het landbouw gebied gestroomd heeft.

In het Natuuralternatief is gekozen om de oorspronkelijke beekloop weer op te pakken door de oude meanders met elkaar te verbinden. In de tekening van figuur 4 is het uiteindelijke ontwerp te zien van de beek, door waar mogelijk de oude meanders met elkaar te verbinden. Op het eerste gezicht lijkt hier een prachtige meanderende beek uit te komen, maar wanneer goed gekeken wordt naar de dimensies van de meanders, de meanderlengte en bochtstraal, blijkt dat de beek veel te robuust is opgezet voor de afvoer die het te verwerken krijgt. De bochten zijn te groot ten opzichte van het oorspronkelijke profiel dat de beek had. Een mogelijke verklaring is dat de oude meanders niet één situatie voorstellen, maar een opeenvolging van verschillende stadia van meander verplaatsing en verlanding van de restgeul. Het is dus goed mogelijk dat de geul oorspronkelijk gemeanderd heeft binnen de vormen die nu nog zichtbaar zijn. In het ontwerp is toch vastgehouden aan de beekloop volgens figuur 4, maar een kritische aantekening moet wel worden geplaatst. In hoofdstuk 5 zal dieper worden ingegaan op de dimensies van de meanders.

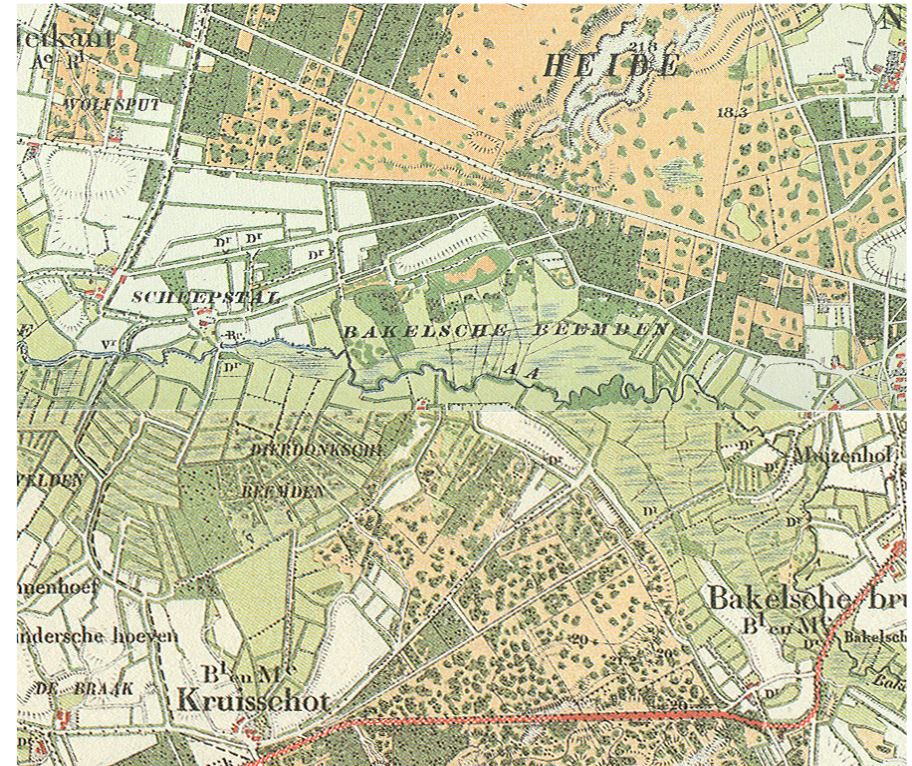


figuur 8: Bodemhoogtekaart projectgebied Bakelse Beemden

4.2 Meandertopografie voor het Integraal alternatief

Een andere methode om de oorspronkelijke beekloop uit af te leiden is door gebruik te maken van oud kaartmateriaal. Voor dit alternatief is gebruik gemaakt van de oude kaart uit 1900 (figuur 9) en de AHN. Op deze kaart is te zien hoe de Bakelse Aa door het landschap slingert. Opvallend is dat de ligging van de beek globaal overeenkomt met de

huidige ligging van de beek. Dit is opvallend omdat volgens het AHN het laagste punt van het beekdal meer westelijk gelegen is, ter hoogte van de verlaten meanders in het bos. Het lijkt er op dat de beek in de loop van de tijd door de mens steeds iets meer richting het oosten is gelegd om de landbouwgebieden van voldoende water te voorzien en de afwatering te versnellen. Dit idee wordt versterkt doordat in figuur 9 te zien is dat stukken beek vrij recht zijn (omgeving muizenhol), en het er op lijkt dat sommige meanders nog niet volledig ontwikkeld zijn. Voor het Integrale alternatief is deze situatie uitgangspunt. Een uitzondering hierop vormt de beekloop van het meest bovenstroomse gedeelte van de beek. Hier is ervoor gekozen om de beek door het bos te leiden volgens de beekloop uit het natuuralternatief. Hierdoor kunnen de landbouwgebieden worden ontzien en wordt de natuurwaarde van het bos versterkt. Ter hoogte van het bruggetje van de Beukenlaan (in het bos) sluit de beekloop aan op de situatie uit 1900.



figuur 9: Topografische kaart van de Bakelse Beemden uit 1900

DHV B.V.

5 GEUL GEOMETRIE

Het ontwerp van een alluviale meanderende beek waarbij zandtransport een belangrijke rol speelt in de beek dynamiek, kan worden bepaald door gebruik te maken van verschillende theoretische en empirische relaties. In de afgelopen jaren is niet alleen in Nederland maar ook in het buitenland veel aandacht voor natuurlijke rivierdynamiek. Vooral in Amerika zijn veel onderzoeken uitgevoerd naar de relaties tussen verschillende geometrische parameters in rivieren/beken. Vanwege het diverse karakter van de Amerikaanse rivieren/beken zijn er een enorme verscheidenheid aan empirische vergelijkingen opgesteld voor relaties tussen bijvoorbeeld breedte en diepte of tussen afvoer en breedte van de beek. Het onderscheidt tussen de verschillende relaties wordt voornamelijk bepaald door verschillen in de rivierkarakteristiek, d.w.z. een verschil in sedimentsamenstelling, dalhelling, vegetatie begroeiing en afvoer. De Nederlandse beken worden vaak gekenmerkt door een relatief kleine dalhelling en fijne korrelsamenstelling vergeleken met de Amerikaanse beken. Hierdoor is het vinden van geschikte relaties voor de Nederlandse beken erg moeilijk.

5.1 Stabiel geulontwerp

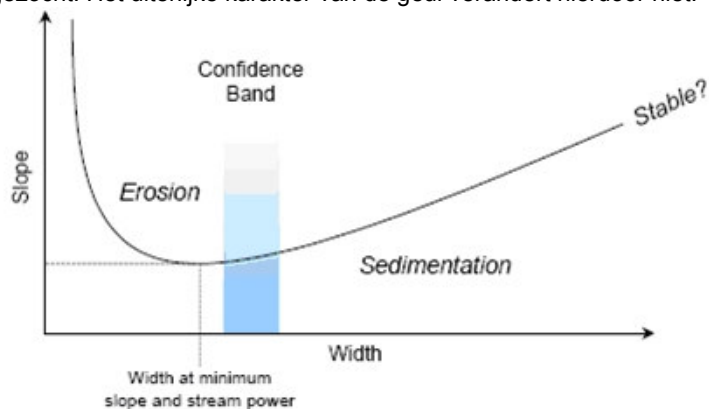
Het uitgangspunt bij het definiëren van de geul is het verkrijgen van een dynamisch evenwicht van het geulprofiel, d.w.z. het realiseren van een continue dynamiek zonder dat het karakter van de geul veranderd. Om dit te realiseren wordt de methodiek van een stabiel geulontwerp gehanteerd. Een stabiel geulontwerp wordt bepaald door een specifieke combinatie van breedte, diepte en verhang op basis van afvoer en de

beschikbare hoeveelheid sediment. Door enkel gebruik te maken van empirische relaties is het vrijwel niet mogelijk een stabiel geulontwerp te maken. Dit dilemma is grafisch weergegeven in figuur 10, waar de verhouding te zien is tussen dalhelling (*slope*) en geulbreedte (*width*), waarbij elk punt op de lijn (stabiele situatie) theoretisch gezien stabiel is bij een gegeven afvoer. Boven de evenwichtslijn vindt erosie plaats als gevolg van hoge energetische condities (*erosieftraject*). Echter er vindt sedimentatie plaats bij combinaties die zich onder de lijn bevinden. In dit gedeelte van het diagram is onvoldoende energie per breedte-eenheid beschikbaar om sedimenttransport mogelijk te maken, kortom de geul zit te ruim in zijn jasje. In beide gevallen vindt aanpassing van de geuldimensies plaats (*sedimentair traject*). In een erosief traject zal als gevolg van oeverafslag of verdieping van de geulbodem het dwarsprofiel vergroot worden. In een sedimentair traject zal aanzanding verkleining van het profiel tot gevolg hebben.

Uit ervaringen is gebleken dat het makkelijker is om een evenwicht te bereiken wanneer het aanlegprofiel zich iets boven de evenwichtslijn uit figuur 10 bevindt (USACE, 2001). Door locale bochtersie ontstaat in relatief korte tijd een evenwichtsprofiel. Wanneer de beek te ruim gedimensioneerd wordt blijven morfodynamische processen uit en zal het beekprofiel blijven wat het is. Vegetatie ontwikkeling zal makkelijker worden en een belangrijke schakel zijn in de stabiliteit van de geul en de oever. Het profiel kan enkel verkleind worden door accumulatie van zand, maar aanvoer van zand van bovenstrooms zal niet plaatsvinden omdat immers ook bovenstrooms de energetische condities onvoldoende zijn.

Het streven is om een dynamisch evenwicht te bereiken waarin erosie in evenwicht is met accumulatie. In een dynamisch evenwicht zal lokaal

steeds afgeweken worden van de stabiliteitslijn uit figuur 10, waarna als gevolg van morfologische aanpassing de stabiele situatie weer wordt opgezocht. Het uiterlijke karakter van de geul verandert hierdoor niet.



figuur 10: diagram voor een stabiel geulontwerp (USACE, 2001)

Bij het dimensioneren van het profiel wordt zoveel mogelijk geprobeerd om in de buurt te komen van de evenwichtssituatie. Lokaal kan het voorkomen dat er trajecten zullen zijn met hogere energetische condities als gevolg van een lokaal groter verhang, of trajecten met weinig verhang. Ook kan als gevolg van laterale aanvoer de afvoer in benedenstroomse richting geleidelijk toenemen. Wordt hier in het ontwerp geen rekening mee gehouden dan zal in de loop van de tijd erosie plaatsvinden om het profiel te verbreden en/of te verdiepen. De mate van verbreding en verdieping zal afhangen van lokale condities als verhang, afvoer, vegetatiebedekking en lithologie van de bodem. Het is dus van belang om bovenstrooms smallere profielen aan te houden dan benedenstrooms wanneer laterale aanvoer een rol speelt. Voor de

Bakelse Beemden zal geen verandering van profieltype plaatsvinden omdat de laterale aanvoer te verwaarlozen is ten opzichte van de hoofdafvoer.

5.2 Geulvormende afvoer

Voor het afleiden van geuldimensies is de afvoer de meest belangrijke parameter. Wolman en Miller (1960) bepaalden dat zowel de grootte als de frequentie waarmee een afvoergolf passeert, bepalend is voor de vorm en dimensies van de geul. De *geulvormende* afvoer (Q_{cf}) is de sturende factor in de morfodynamische ontwikkeling van de beek. De geulvormende afvoer, of dominante afvoer is echter een morfologisch concept en kan niet worden gemeten in het veld. In plaats van gebruik te maken van de geulvormende afvoer wordt daarom ook wel gebruik gemaakt van de *effectieve afvoer* (Q_{eff}) of de *geulvullende afvoer*, oftewel de *bankfull afvoer* (Q_{bf}). Er wordt over het algemeen verondersteld dat deze twee afvoeren identiek zijn, ondanks dat de methodiek verschilt (USACE, 2001). De effectieve afvoer is de afvoer die over het jaar heen het meeste sedimenttransport veroorzaakt (Andrews, 1980), en wordt bepaald uit herhalingstijden van afvoeren en sediment rating curves². Afvoeren die vaak voorkomen transporteren maar een verwaarloosbaar deel van het totale jaartransport aan sediment. Afvoeren boven de effectieve afvoer bezitten daarentegen wél de energie om grote hoeveelheden sediment te transporteren, maar komen te weinig voor om een significante bijdrage te leveren aan de morfodynamiek van de geul.

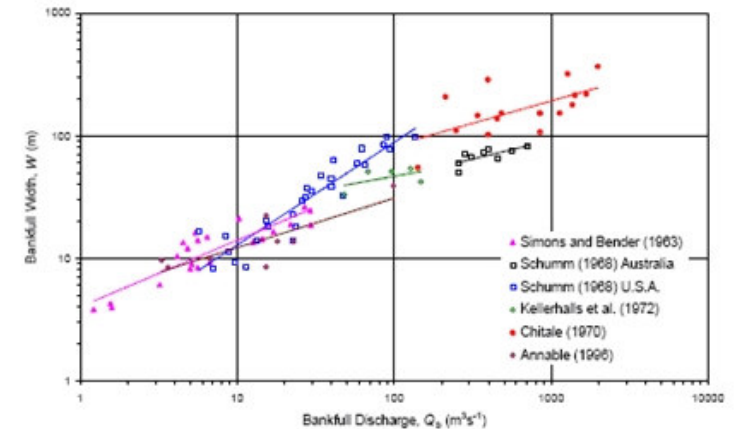
² Rating curves zijn niet lineaire empirische relaties die het verband weergeven tussen bijvoorbeeld afvoer en sedimentconcentratie (zie Asselman, 1997; Wijma, 2005; Doomen et. al, 2007))

De afvoer die hoort bij een situatie waarbij de geul gevuld is zonder dat de oevers of uiterwaarden overstromen wordt wel de *bankfull* afvoer genoemd. Voor 29 rivieren in Engeland en Wales bepaalde Nixon, (1959) dat de *bankfull* situatie gemiddeld iets meer dan twee dagen per jaar voorkomt. Ander onderzoek van Wolman en Leopold (1957) leverde voor 24 Amerikaanse rivieren met duidelijk aanwezige uiterwaarden op dat de herhalingsperiode voor *bankfull* afvoer tussen de 1 en 5 jaar ligt. $Q_{1,5}$, oftewel de ééns per 1,5 jaar afvoergolf, wordt daarom ook wel als geschikte dominante afvoer gebruikt. Vanwege de vele interpretaties van de geulvormende afvoer wordt daarom als algemene regel voor zand rivieren aangehouden dat de gemiddelde jaarlijkse afvoer en de *bankfull* afvoer de onder- en bovengrens vormen van de effectieve afvoer, terwijl de afvoer met een herhalingsperiode van 2 jaar de bovengrens vormt van de *bankfull* afvoer. Voor deze studie wordt voor de *bankfull* afvoer de 1/1 per jaar herhalingsperiode als representatief beschouwd bij de bepaling van de beek geometrie.

5.3 Afleiding beekbreedte

Voor de afleiding van de beekbreedte wordt in de literatuur voornamelijk gebruik gemaakt van de *bankfull* afvoer. Over de verschillende geometrische relaties tussen bijvoorbeeld afvoer en breedte evenals tussen meanderlengte en breedte of tussen afvoer en geuldiepte is erg veel geschreven. Zoals eerder opgemerkt gaat het vaak om Amerikaans onderzoek van Amerikaanse beek- of riviersystemen, waardoor de empirische relaties niet direct toepasbaar zijn op de Nederlandse situatie. Niet alleen is er een groot gebrek aan data voor laagland beek- en riviersystemen, er is een algemeen gebrek aan datasets van beken een

afvoer kleiner dan $2\text{m}^3/\text{s}$. Een tweede nadeel aan het gebruik van empirische relaties voor het bepalen van de breedte is dat doordat het dwarsprofiel is gebruikt om de *bankfull* afvoer af te leiden, de afvoer in deze analyse niet meer onafhankelijk is van de breedte van de beek. De breedte van een rivier of beek wordt niet alleen bepaald door afvoer, maar ook door de begroeiings dichtheid van de oever en het sedimenttransport van de rivier of beek. De eigenschappen van natuurlijke beeksystemen worden bepaald door de combinatie van afvoer en sedimentbeschikbaarheid met lokale factoren als klimaat, geologie en stroomgebiedsphysiografie (Knighton, 1984). Door de samenloop van deze specifieke processen kan elke beek als uniek worden beschouwd.



figuur 11: relaties voor de verhouding tussen afvoer (Q_{bf}) en breedte (W_{bf}) voor zand rivieren. Data afkomstig uit verschillende bronnen (USACE, 2001)

DHV B.V.

In figuur 11 is de verhouding te zien tussen bankfull afvoer en bankfull breedte (W_{bf}). De grafiek is opgebouwd uit een groot scala aan metingen voornamelijk uitgevoerd in Amerikaanse rivieren. Als referentie voor de Bakelse Beemden dienen de metingen van Simons en Bender (1963) in de uiterste linker onderhoek van de grafiek. Voor deze dataset zijn 22 rivieren beschouwd met een afvoer variërend van 1,2 m³/s tot 29 m³/s en een dal helling van maximaal 0,00039 m/m. Er zijn geen gegevens beschikbaar over sinuositeit van de beschouwde rivieren. Ook is een verscheidenheid aan begroeiingstypen meegenomen in de analyse. Op basis van de grafiek is een regressielijn getrokken welke specifiek voor deze range aan afvoeren geldig is. De vergelijking behorende bij deze afvoer is weergegeven in vergelijking 1. Meer natuurlijke relaties zijn gelegd door Soar en Thorne (USACE, 2001). Hierin is onderscheid gemaakt tussen een algemene breedte–afvoer relatie en een onderverdeling in percentage oever begroeiing (zie vergelijkingen 5.1 t/m 5.4)

Simons en Bender (1963)

$$W_{bf} = 4.02Q^{0.54} \quad (5.1)$$

USACE, 2001:

$$\text{Alle soorten: } W_{bf} = 3.76Q^{0.52} \quad (5.2)$$

$$\text{Type T1: } W_{bf} = 4.88Q^{0.51} \quad (5.3)$$

$$\text{Type T2: } W_{bf} = 3.27Q^{0.50} \quad (5.4)$$

In tabel 3 is weergegeven wat de maximale beekbreedte is behorende bij de bankfull afvoer.

tabel 3: afvoer-geulbreedte relaties afgeleid uit verschillende beekmilieus.

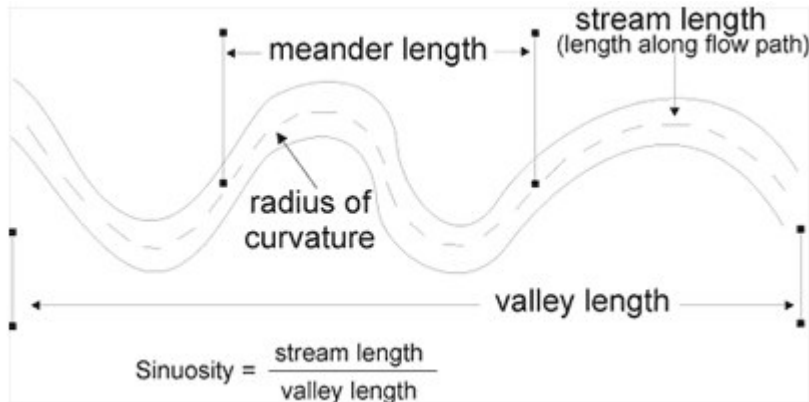
Bron:	$Q_{bf} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$ Breedte (W_{bf}) in m
Simons en Bender (1963)	7,3
Alle soorten zand beken/rivieren	6,7
Type T1: <50% bedekking bomen	8,5
Type T2: >50% bedekking bomen	5,7

De samenstelling van de oevers is voor deze afleidingen niet relevant geacht, omdat het effect van de hoge vegetatie dichtheid van de oevers groter is dan het effect van cohesie.

Voor de Bakelse Aa kan het beste gebruik gemaakt worden van type 1 relatie, omdat type 1 voornamelijk geldig is voor afvoeren tot 17 m³/s.

5.4 Afleiding meanderlengte

De grootte van de meanderlengte is een maat voor de grootte van de rivier of beek. De meanderlengte (λ) is de loodrechte afstand tussen het begin en einde van een meander (figuur 12). Om te kijken in hoeverre een ontwerp de natuurlijke situatie benadert kan gebruik gemaakt worden van enkele empirische relaties voor het bepalen van de meanderlengte. De geulvormende afvoer of bankfull breedte zijn de twee meest gebruikte parameters voor het bepalen van de meanderlengte. Wanneer de meanderlengte te groot is, zijn de bochten te flauw waardoor specifieke processen die zorgen voor buitenbocht erosie en meanderverplaatsing achterwege blijven.



figuur 12: schematische weergave van een meanderbocht met bijbehorende kenmerken

Om gevoel te krijgen van de dimensies van de beektopografie wordt gebruik gemaakt van enkele empirische relaties. Deze beschrijven de meanderlengte als functie van *bankfull afvoer* (Q_{bf}) of *bankfull breedte* (W_{bf}). Voor de bankfull afvoer wordt uitgegaan van $3\text{m}^3/\text{s}$, en een breedte van 5m meter.

tabel 4: afleiding van meanderlengte (λ) op basis van empirische relaties

Bron	Vergelijking	Lengte (m)
Dury (1976)	$\lambda = 15,18Q_{bf}^{0.55}$	27,7
Leopold and Wolman (1957)	$\lambda = 7,5W_{bf}^{1.12}$	45,5
Williams (1986)	$\lambda = 6,5W_{bf}^{1.1}$	38,2

Uit de relaties in tabel 4 volgt dat de meander lengte varieert tussen de 30 en 50 meter. De meanderlengte van de alternatieven wijkt echter sterk af van de bepaalde meander lengte. Voor het Integraal alternatie wordt een meanderlengte van ca. 80 meter gevonden. Voor het natuuralternatief een meanderlengte die oploopt tot wel 250 meter. Zoals al eerder aangegeven is de meanderlengte voor het natuuralternatief veel te groot, waardoor de rivierdynamiek mogelijk sterk af zal nemen. De meander lengte van het Integraal alternatief is ook iets te groot, maar vanwege de grote spreiding in de data, en de afwezigheid van vergelijkbare beeksystemen in de datasets waaruit de empirische relaties zijn afgeleid, zal uitgegaan worden van de oorspronkelijke meanderlengte. Dit is niet erg verrassend omdat de relaties voornamelijk afgeleid zijn voor beeksystemen en rivieren met een hogere afvoer. Voor laaglandbeken met een lage 1/1 per jaar afvoer zijn vrij weinig relaties toepasbaar.

5.5 Verhang en Sinuositeit

Met het bekend zijn van de beektopografie kan nu ook bepaald worden wat het verval/verhang van de beek wordt. Het bovenstroomse gedeelte van het projectgebied heeft het grootste verval, in de verschillende alternatieven is geen groot verschil in de beekloop, waardoor het verhang over dit traject voor alle alternatieven vrijwel gelijk is. Benedenstrooms van stuw Muizenhol wordt het verval van het beekdal een stuk kleiner. In de verschillende alternatieven wordt hier het verschil gemaakt in het verhang. In tabel 5 is een overzicht gegeven van het verhang, de lengte van de beek en de sinuositeit van de beek. De sinuositeit van de beek is een maat voor de bochtigheid van de beek en wordt bepaald door de lengte van de beek te delen over de lengte van het beekdal. Uit de tabel

blijkt dat de sinuositeit van het natuuralternatief het grootst is. Dit is enigszins vertekend omdat in dit alternatief de bochtigheid helemaal niet groot is, de meanders zijn gewoon te groot gedimensioneerd. Een grote sinuositeit houdt in dat er relatief veel bochten in traject zitten daardoor het in potentie een grotere rivierdynamiek bezit. Wanneer de bochten echter te ruim van opzet zijn zal deze stelling niet opgaan.

tabel 5: verhang en sinuositeit van de Bakelse Aa zuid

<i>Alternatief</i>	<i>Sinuositeit</i>	<i>Verhang(m/m)</i>	<i>Verval (m)</i>	<i>Lengte door dal (m)</i>	<i>Lengte langs beek (m)</i>
Natuur	1,78	$4,8 \cdot 10^{-4}$	1.9	2537	3973
Integraal	1,42	$5,4 \cdot 10^{-4}$	1.9	2537	3482
Huidige situatie	1	$7,5 \cdot 10^{-4}$	1.9	2537	2537

5.6 Afleiding geuldiepte

Net als bij de afleiding van de geulbreedte kan de bankfull afvoer gebruikt worden voor de afleiding van de geul diepte. Het aantal beschikbare relaties is echter gering. Voor de meeste relaties speelt het percentage silt/klei een grote rol. Voor de Bakelse Aa is dit percentage zo'n 20% (Bijlage 3). Één van de mogelijke relaties voor diepte is bepaald door Schumm, (1969) en betreft zowel de bankfull afvoer, de sinuositeit en de beekgradiënt bij de bepaling van de diepte (vergelijking 5.5).

$$d = 0.08 Q_b^{0.26} S^{0.5} s^{-0.22} \quad (5.5)$$

Waarin:

Q_b = bankfull afvoer [m^3/s]

S = Sinuositeit [-]

s = Gradient van de geul [m/m]

Uit deze relatie volgt dat bij een afvoer van ca $3 m^3/s$, een sinuositeit van 1,42 en een gradiënt van $5,4 \cdot 10^{-4} m/m$, de diepte ongeveer 70 cm zal zijn. Gezien het karakter van beeksystemen als de Bakelse Beemden is het aannemelijker dat de beek iets smaller is en iets dieper dan volgt uit de empirische vergelijkingen. Deze tactiek past in de strategie om de beek de mogelijkheid te geven naar een evenwichtsprofiel te werken.

5.7 Aanpassing Ontwerp

Zoals uit de verschillende analyses blijkt, kan voor het natuuralternatief niet worden volstaan met de huidige meanderlengte. Ondanks de gunstige sinuositeit die voor het ontwerp bepaald is blijkt dat de meanders te groot gedimensioneerd zijn. Een mogelijke oplossing voor dit probleem zonder grootschalig in te grijpen in het ontwerp, is om binnen het traject de beek te laten meanderen. Dat betekent dat er een brede zone wordt gedefinieerd waarbinnen de geul meandert. Dit proces kan in gang gezet worden door binnen een zone het maaiveld met 50 cm te vergraven, waardoor bij hoog water een brede dynamische zone ontstaat.

6 MODELSCHEMATISATIE

Voor het hydraulisch onderzoek van de Bakelse Beemden is gebruik gemaakt van het gecombineerde 1D2D waterbewegingsmodel SOBEK. Als basis voor de huidige situatie en het Waterbergingsalternatief is het huidige model gebruikt dat in 2004 door DHV gemaakt en gekalibreerd is. Dit model, afgekort het 'oude model' is bovenstrooms uitgebreid tot 200 meter bovenstrooms van de Bakelse brug. In dit hoofdstuk worden de algemene uitgangspunten van het model beschreven.

6.1 Algemene uitgangspunten

De alternatieven natuur alternatief en Integraalalternatief zijn in zoverre verschillend van de huidige situatie dat voor deze twee alternatieven een heel nieuw model is opgezet.

Algemene kenmerken van de modelschematisaties:

- Opname van stuwen en bruggetjes binnen het projectgebied. Hierbij is in eerste instantie gebruik gemaakt van kunstwerken in het oude model, en aangevuld en gecontroleerd met gegevens uit de legger. Voor het meest bovenstroomse gedeelte van de beek (bovenstrooms van muizenhol) zijn profielmetingen gebruikt die uitgevoerd zijn in 2007.
- De profielen van de huidige situatie (bovenstrooms tot muizenhol) zijn overgenomen uit de oude modelschematisatie. Het zijn theoretische profielen (trapeziumvormig), en niet ingemeten zoals de nieuwe profielen bovenstrooms van muizenhol.

- De zijbeekjes zijn niet altijd in het model opgenomen omdat niet bekend is welke afvoer zij hebben. Er wordt vanuit gegaan dat de afvoer verwaarloosbaar klein is ten opzichte van de afvoer in de Bakelse Aa. Een enkele keer is de zijwatergang wel meegenomen om in beeld te brengen hoe het water tijdens inundatie vanuit de hoofdbeek de zijwatergangen instroomt. Ook wanneer het water zich terug trekt is het van belang dat zijwatergangen in het model zitten omdat er anders geïsoleerde plassen ontstaan terwijl die in werkelijkheid afstromen.
- Voor het 2D grid is het bodemhoogtebestand (AHN) gebruikt. Er is gekozen voor een resolutie van 5*5 m.

Overige belangrijkste uitgangspunten:

- De verticale nauwkeurigheid van het AHN wordt voldoende geacht. Bekend is dat in de periode van de ruilverkaveling veel land geëgaliseerd of opgehoogd is. Er zijn echter geen tastbare gegevens bekend van de afwijkingen van het AHN ten opzichte van de huidige maaiveldligging, er wordt daarom uitgegaan van de hoogteligging volgens het AHN. Het AHN heeft daarom als uitgangspunt gediend bij de hoogteligging van de nieuwe profielen.
- Voor stuw Muizenhol wordt voor de wintersituatie een klephoogte van NAP +16,20 meter gehanteerd, voor de zomer situatie een hoogte van NAP +16,40 meter. Om tijdens hoogwater zo weinig mogelijk opstuwing te veroorzaken wordt de klep zo laag mogelijk gezet. Het minimale peil dat ingesteld kan worden is NAP +15,75 meter.
- Uit ervaring met stuw Muizenhol is gebleken dat het krooshek voor de stuw erg veel opstuwing veroorzaakt. Door de grote

aanvoer van puin, slijt het krooshek dicht en wordt de waterstand opgestuwd. In de modelberekeningen is besloten uit te gaan van een schoon krooshek. Wanneer in de toekomst het krooshek niet vaak genoeg schoongemaakt wordt kunnen bovenstrooms van de stuw hogere peilen worden verwacht dan op basis van de berekeningen is berekend.

6.2 Profielen

In het model van de Bakelse Beemden zijn naast de profielen voor de huidige situatie twee typen profielen opgenomen voor de toekomstige situatie. Het gaat om de profielen die gekozen zijn voor het Natuuralternatief en profielen voor het Integraal Alternatief. Uitgangspunt van beide type profielen is dat voldaan moet worden aan de wetten van de natuur, d.w.z. de profielen moeten voldoen aan de natuurlijke geometrie van een geul (verhouding breedte/diepte). Op basis van een iteratief proces is gekeken of de doorstroomcapaciteit van deze profielen volstaat. Dit is gedaan door uit te gaan van de bankfull afvoer (voor definitie zie paragraaf 5.2), en dan te kijken of met gegeven geometrie de waterstand de bankfull situatie benaderd. In de theoretische onderbouwing van de profielen en andere morfologische kenmerken van de beekloop is bepaald dat de 1/1 per jaar situatie de bankfull situatie van de geul net wel, dan wel net niet mag overschrijden. Vanwege het belang van het vrij houden van het retentiegebied is besloten om voor een minimale vulling van het profiel te kiezen, d.w.z. net onder bankfull.

Er is voor gekozen om nieuwe profielen te definiëren, en geen gebruik te maken van bestaande profielen uit de periode voor de ruilverkaveling. Na de ruilverkaveling is het maaiveld van de landbouwgebieden opgehoogd

of geëgaliseerd waardoor de oude profielen niet meer één op één overgenomen kunnen worden. De bodemligging van deze profielen is daarom veel te laag ten opzichte van het maaiveld niveau nu. Ook is het aannemelijk dat er veranderingen zijn opgetreden ten aanzien van de afvoer. Door veranderingen in landgebruik en kanalisering van waterlopen wordt neerslag minder lokaal geborgen maar snel afgevoerd. Hierdoor komt het water relatief snel in de beek, wat tot gevolg heeft dat de afvoerpieken groter zijn bij dezelfde bui-intensiteit.

6.2.1 Profielen Natuuralternatief

Voor het Natuuralternatief zijn profielen gekozen met een bovenbreedte van 5 meter en een diepte van 1 meter. Hiermee wordt enigszins afgeweken van de theoretische afleiding waarin een breedte is bepaald van ongeveer 6 á 7 meter. Vanwege de iteratieve toetsing die uitgevoerd wordt om te controleren of de profielen bij 1/1 per jaar afvoer de bankfull situatie benaderen, is de keuze toch goed genoeg onderbouwd.

Het natuuralternatief kent een profiel zonder overstromingsvlakte. Natuurlijke beken met een relatief groot verhang hebben meestal geen overstromingsvlakte, maar zijn wat rechter van vorm. Voor dit alternatief levert dit type profiel als groot voordeel op dat de bodem van het beekprofiel zo hoog mogelijk kan komen te liggen ten opzichte van het maaiveldniveau, waardoor er ecologisch gezien maximaal geprofiteerd kan worden van de verhoogde grondwaterstand als maatregel tegen verdroging van de Beemden. Een groot nadeel van dit profiel is de inundatie bij hogere afvoeren. Omdat het profiel sterk verkleind ten opzichte van de huidige situatie zal het maaiveld direct overstromen zodra de afvoer groter is dan 1/1 per jaar. De functie van het

bergingsgebied om te zorgen voor piekverlaging zal daardoor minder groot zijn. In figuur 14 is het profiel van het natuuralternatief naast het huidige profiel weergegeven.

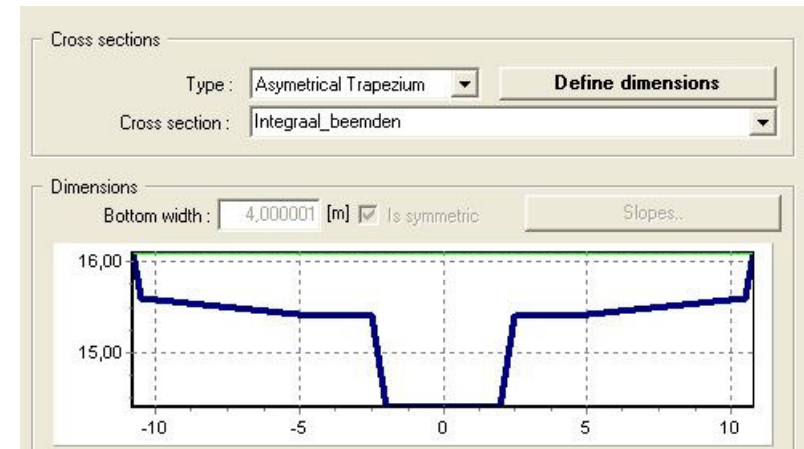
6.2.2 Profielen Integraal alternatief

Voor het Integraal alternatief is gekozen voor een tweetraps-profiel ofwel een trapeziumvormig profiel. Met dit profiel wordt geprobeerd voor perioden met lage afvoer toch een klein profiel te krijgen, maar tegelijkertijd bij hogere afvoeren een grote doorstroomcapaciteit te behouden. Het tweetrapsprofiel voorziet er in dat het bergingsgebied kan functioneren voor het verlagen van de piekafvoer, waarbij tevens de rivierdynamiek van de Bakelse Aa kan worden teruggebracht.

Het profiel bestaat uit een zomer profiel dat tot afvoeren groter dan 1/1per jaar niet buiten haar oevers treedt. Grotere afvoeren zullen in eerste instantie binnen het 'winter' profiel blijven, maar uiteindelijk ook het huidige maaiveld inunderen. Door een winterprofiel aan te houden wordt een extra meestromende zone gecreëerd die er voor zorgt dat water snel afgevoerd kan worden. Een eerste inschatting is dat er over een breedte van zo'n 20 meter een halve meter ontgraven moet worden. Voor de geul wordt als uitgangspunt aangehouden dat de waterstand bij een 1/1 per jaar situatie geulvullend moet zijn. Om dit te bereiken is de geul ten opzichte van de huidige geul minder verondiept dan bijvoorbeeld in het Natuuralternatief het geval is. Waterstanden boven 1/1 per jaar zorgen dan enkel voor inundatie van het winterprofiel.

In figuur 13 is een SOBEK dwarsprofiel te zien van het beekprofiel in het Integrale alternatief. In het model is gekozen voor een twee-trapsprofiel

aan beide zijden van de beek, in de praktijk zal het zomerprofiel continu verschuiven van de ene kant van de stroomgordel naar de andere kant.

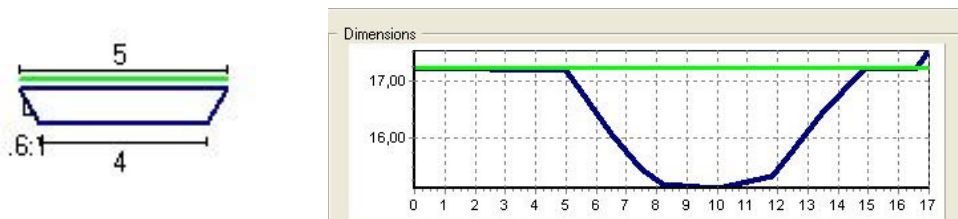


figuur 13: SOBEK dwarsprofiel van de profielen in het Integrale alternatief

6.2.3 Profielen overige trajecten

Voor de overige waterlopen is uitgegaan van een geul zonder overstromingsvlakte. Dat betekent dat de geul hoger ligt ten opzichte van het maaiveld. Door zijdelingse toevoer moet verder benedenstreams de doorstroomcapaciteit van de geul vergroot worden. Verder is het principe gehanteerd dat steile trajecten relatief dieper zijn en vlakke stukken relatief breed. In figuur 14 zijn de overige type profielen gegeven.

DHV B.V.



figuur 14: profiel voor het Natuuralternatief (links) en de huidige situatie (gemeten profiel rechts), de groene lijn geeft de ligging van het maaiveld aan.

6.3 Ruwheid

Ten behoeve van het 2D inundatiemodel is een ruwheidclassificatie gemaakt van de ecotopen die zich in het projectgebied bevinden. Vanwege de grote ruimtelijke variatie aan ecotopen die lokaal hogere ruwheden veroorzaken (zoals een struik of hoger gras, of een losse boom) zijn maar 5 klassen gemaakt welke in tabel 6 zijn weergegeven. De ruwheidclassificatie is bepaald volgens de indeling van het handboek vegetatieruwheid, (RIZA 2001)

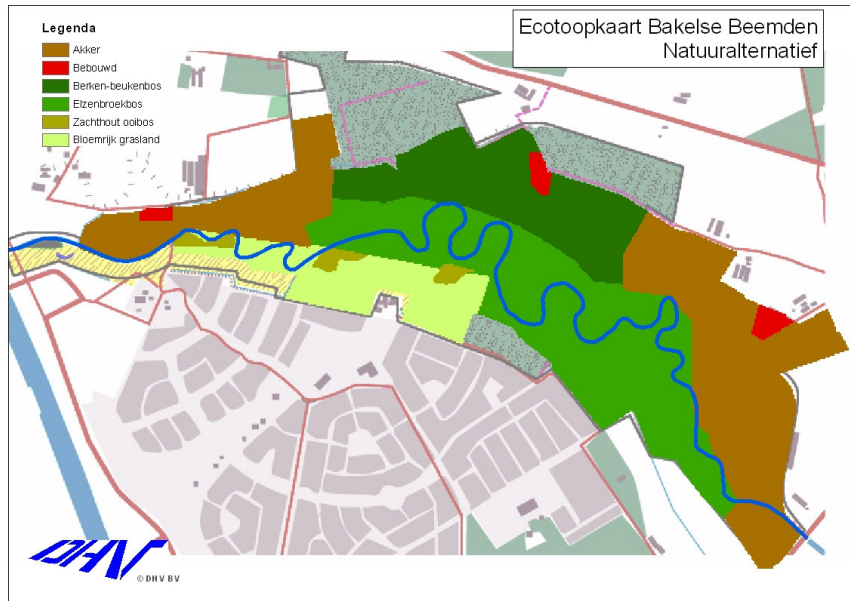
tabel 6: ruwheidsclassificatie Bakelse Beemden

Ecotooptype	Ruwheidswaarde Nikuradse (m)
Bebouwd	Niet overstroombaar
Akker	0.2
Elzenbroekbos	2
Berken-Beukenbos/vogelkers met	2.5

veel ondergroei	
Bloemrijkgrasland	0.45
Zachthout ooibos met veel ondergroei	2.5

Voor de geul en de oevers is in het 1D model een gedetailleerde beschrijving van de ruwheid gegeven. Voor de oevers wordt een Chezy waarde aangehouden van $25\text{m}^{1/2}/\text{s}$, voor de geul $35\text{m}^{1/2}/\text{s}$.

In figuur 15 is een ruwheidskaart van het Natuuralternatief gegeven. Voor de andere alternatieven kan volstaan worden met de classificatie van tabel 6 en de kaartjes in de rapportage ter onderbouwing van de alternatieven (DHV 2007a). De ruwheden zijn weergegeven in Nikuradse (k_s) meters. Belangrijkste verandering in de bodem/vegetatie ruwheid ten opzichte van de huidige situatie is segregatie van bostypen en de ontwikkeling van natuurlijk grasland in de strook tussen de wijk Dierdonk en het bos. Natuurlijk onbegraasd grasland heeft een grotere hydraulische weerstand dan het huidige type grasland.



figuur 15: Ecotopen in het projectgebied van de Bakelse Beemden voor de te ontwikkelen situatie (natuuralternatief).

DHV B.V.

7 HYDRAULISCHE EFFECTEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van de hydraulische berekeningen die gemaakt zijn voor de verschillende alternatieven van het MER Bakelse Beemden. De hydraulische effecten worden bepaald voor zowel hoge als lage afvoeren. De effecten tijdens lage afvoeren zullen worden gepresenteerd in verhanglijnen. Tijdens situaties met hoge afvoer is het voornamelijk interessant hoe de inundatie van het maaiveld plaatsvindt. Hiervoor zijn kaarten gemaakt van het moment van maximale inundatie. Als eerste zal worden besproken hoe in de verschillende alternatieven wordt omgegaan met berging, en wat de effectiviteit van de afregeling is op de verlaging van de afvoerpiek tijdens een eens in de honderd jaar gebeurtenis.

7.1 Inzet berging bij alternatieven

Zoals al in hoofdstuk 3.3 is aangegeven is voor de Bakelse Beemden gekozen voor een bergingsgebied dat functioneert onder invloed van natuurlijke inundatie, waarbij de inundatie wordt beïnvloed door middel van het inzetten van een doorlaatconstructie. Deze constructie bevindt zich in de kade van het bergingsgebied. De hydraulische effectiviteit van de verschillende alternatieven is voor een groot deel afhankelijk van de keuze van de inzet van het doorlaatmiddel. Bij de afregeling is het streefpeil uit de hydrologische toets (DHV, 2007a) als startpunt genomen. Het behalen van het streefpeil is een eerste indicatie voor het behalen van de waterbergingsopgave, echter alleen op basis van de hydraulische

berekeningen kan definitief worden vastgesteld in hoeverre de alternatieven de waterbergingsopgave realiseren.

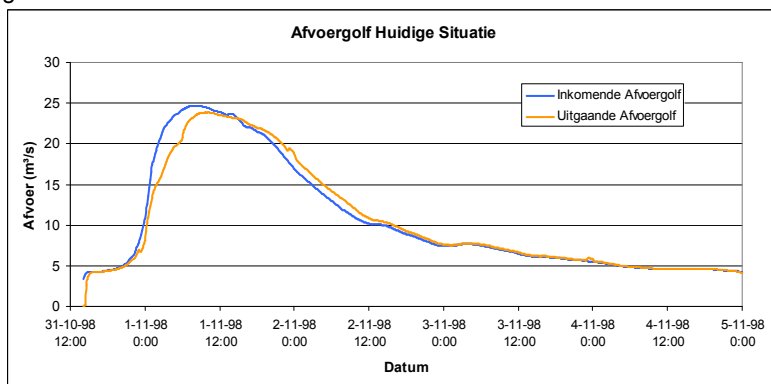
Basisprincipe

Het basisprincipe voor het inzetten van het bergingsgebied is om maximaal gebruik te maken van de afvoercapaciteit van de benedenstroomse loop van de Bakelse Aa. Dit gedeelte heeft voor alle alternatieven hetzelfde profiel (huidige capaciteit). Het doorlaatkunstwerk in de kade van het bergingsgebied is hierop gedimensioneerd. De basisdoorlaat is een buis of onderlaat met een vaste breedte en hoogte. De doorlaat is dusdanig groot dat er een basisafvoer passeert zonder dat in de benedenloop van de Bakelse Aa inundatie optreedt. Zo kan het moment van inundatie in het bergingsgebied zoveel mogelijk vertraagd worden. In de figuur is dit goed te zien doordat de blauwe lijn (inkomende afvoer) en de oranje lijn (uitgaande afvoer) pas bij afvoeren groter dan $6\text{m}^3/\text{s}$ van elkaar gaan verschillen. Wanneer de afvoer groter wordt dan de doorstroomcapaciteit van de onderlaat zal bovenstrooms inundatie opgewekt worden en stroomt het compartiment vol. Ook hierin kan het doorlaatkunstwerk sturen.

Huidige situatie

Inundatie van de Bakelse Beemden vindt niet alleen plaats wanneer een bergingsgebied ingericht wordt, uit de hydraulische berekeningen en ervaringen tijdens de laatste hoogwaters, blijkt dat in de huidige situatie ook al inundatie plaatsvindt. Het moment waarop inundatie plaatsvindt, is volgens figuur 16 gelijk aan een afvoer van ongeveer $15\text{m}^3/\text{s}$. De meeste inundatie wordt veroorzaakt door opstuwning vanaf stuw Muizenhol. In figuur 16 is de vervorming van de afvoergolf te zien als gevolg van het inzetten van het bergingsgebied. Uit het verschil tussen de blauwe en de

oranje lijn (resp. inkomende en uitgaande afvoergolf) blijkt dat er ook in de huidige situatie al berging plaatsvindt, al is deze niet gestuurd en niet gecontroleerd.



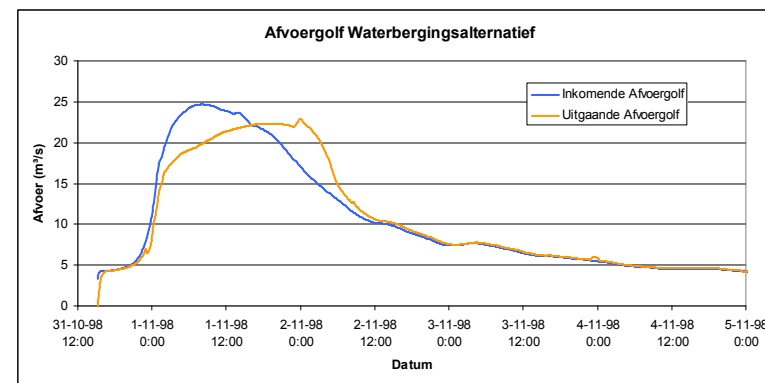
figuur 16: Verandering van de afvoergolf als gevolg van berging in de huidige situatie.

Alternatieven

Het **Waterbergingsalternatief** is het alternatief met de meeste doorstroomcapaciteit waardoor het het minst te maken heeft met natuurlijke berging. In het alternatief zijn twee compartimenten opgenomen welke ervoor kunnen zorgen dat er met verschillende peilen gewerkt kan worden. Uit de hydrologische toets is een maximaal waterpeil bepaald van NAP +17,20 meter voor het bovenstroomse compartiment en NAP +16,30m voor het benedenstroomse compartiment. Met het opzetten van het bovenstroomse peil kan het benedenstroomse peil laaggehouden worden, waarmee toch een groot bergingsvolume gerealiseerd kan worden. Als gevolg van het tijdelijk

bergen van water verandert de uitgaande afvoergolf ten opzichte van de inkomende afvoergolf. In figuur 17 is te zien hoe de piekafvoer van de uitgaande afvoergolf is afgevlakt en vertraagd wordt als gevolg van de inzet van het bergingsgebied. In de figuur is echter te zien dat de uitgaande afvoergolf de grenswaarde van $Q = 19,8 \text{ m}^3/\text{s}$ overschrijdt. Dit betekent dat niet alle berging effectief bijdraagt aan het verlagen van de afvoergolf die eens per 100 jaar optreedt.

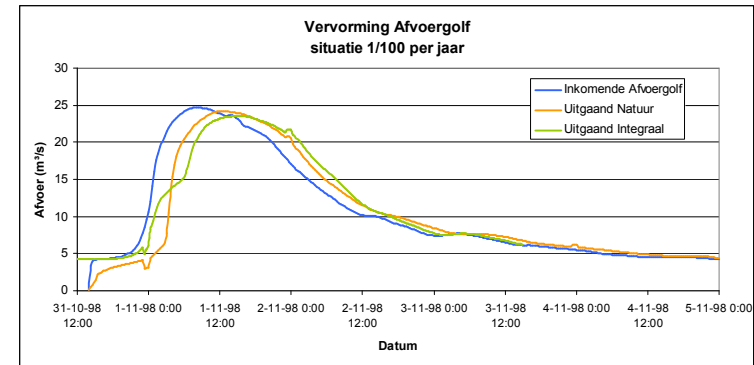
Het alternatief hanteert dezelfde profielen als de huidige situatie. Toch vindt inundatie op een iets later tijdstip plaats dan in de huidige situatie het geval is. Dit is het gevolg van een aanpassing in de stuwstand van stuw Muizenhol.



figuur 17: Verandering van de afvoergolf als gevolg van herinrichting volgens het Waterbergingsalternatief.

In het **Natuuralternatief** en het **Integraal alternatief** wordt anders omgegaan met waterberging. Uit de hydrologische toets blijkt dat er voor beide alternatieven volstaan kan worden met één compartiment met een maximaal peil van NAP +16,90m.

In deze twee alternatieven wordt beekherstel toegepast, door het beekprofiel te verkleinen en de beeklengte te verlengen. Hierdoor wordt de doorstroomcapaciteit verkleind waardoor eerder inundatie optreedt. In het Natuuralternatief is het profiel het kleinst, inundatie zal dan ook al eens per jaar optreden. De consequentie hiervan is dat er meer natuurlijke berging plaatsvindt, wat ten koste gaat van de effectieve berging. Voor het Integraal alternatief is gekozen voor een ander type profielen waardoor de vulling van het bergingsgebied op een later moment plaatsvindt. Door het benutten van een tweetrapsprofiel wordt niet alleen het moment van inundatie vertraagd, ook ontstaat een brede zone van meestromende berging, waardoor de maximale doorstroomcapaciteit van de benedenloop beter benut wordt dan bij het natuuralternatief het geval is. In figuur 18 is de afvoergolf van het Integrale Alternatief uitgezet tegen de afvoergolf van het Natuur Alternatief. In de figuur is goed te zien dat het moment waarop berging plaatsvindt in het Intergraal alternatief later valt ten opzichte van het Natuuralternatief. Om aan de waterbergingsopgave te voldoen mag de uitgaande afvoer niet boven de 19,8 m³/s uitkomen. In de figuur is te zien dat beide alternatieven hier ver boven komen. Dit betekent dat bij de gehanteerde peilen niet alle berging effectief bijdraagt aan het verlagen van de afvoergolf die eens per 100 jaar optreedt.



figuur 18: Verandering van de afvoergolf als gevolg van herinrichting volgens het Natuuralternatief.

tabel 7: Bergingsvolume van alle alternatieven

Alternatief 1/100 per jaar	Totale Berging (m³)	Volume Geul (m³)	Berging maaiveld (m³)	effectieve berging (m³)	% van opgave
Natuur alternatief	310.727	18.000	292.727	16.770	8%
Integraal alternatief	287.151	50.500	236.651	82.456	21 %
Waterbergings alternatief	218.000	38.000	180.000	44.470	38 %
Huidige situatie	131.134	38.000	93.134	49.647	23 %

In tabel 7 zijn de bergingsvolumes van de verschillende alternatieven gegeven. Zoals al in figuur 7 is aangegeven kan het totale bergingsvolume verdeeld worden in twee typen berging, natuurlijke

DHV B.V.

berging en effectieve berging. Om de effectiviteit van de waterberging te vergroten moet dus meer water geborgen worden dan de waterbergingsopgave zelf om te compenseren voor de natuurlijke berging. In tabel 7 zijn verschillende volumina aangegeven. Ten eerste is aangegeven wat het totale volume berging per alternatief is, daar zal het volume van de geul vanaf getrokken moeten worden om de berging op het maaiveld over te houden. Van deze berging is een deel effectief en een deel natuurlijk. De hoeveelheid effectieve berging wordt bepaald volgens de methode uit figuur 7. Dit is in figuur 7 het oppervlak tussen 19,8m³ en de inkomende afvoergolf. Zodra de uitgaande afvoergolf echter boven de grenswaarde van 19,8 m³/s uitkomt gaat dat af van de effectieve berging. In figuur 17 is dit bijvoorbeeld te zien in het verloop van de uitgaande afvoergolf. Deze snijdt de grenswaarde van 19,8m³. Het oppervlak tussen de uitgaande afvoergolf en de grenswaarde representeert het volume dat nog tekort komt om aan de bergingsopgave te voldoen. In de tabel is met een percentage aangegeven welk deel van de effectieve berging per alternatief gerealiseerd wordt.

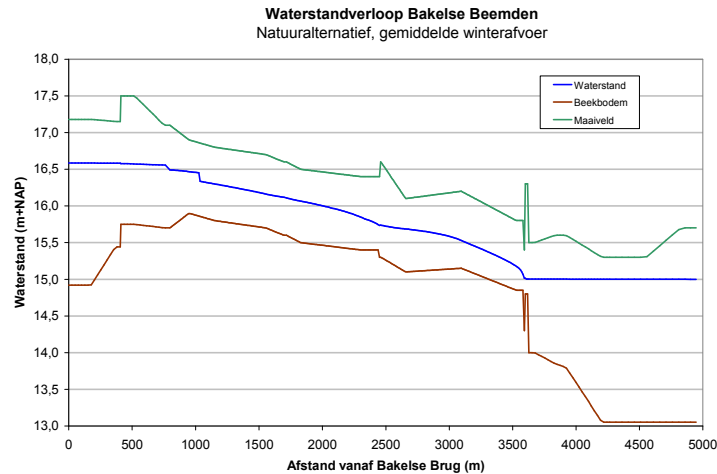
Volgens de tabel wijkt het Natuuralternatief het meest af van de waterbergingsopgave. Maar 8% van de totale berging bestaat uit effectieve berging. Het Waterbergingsalternatief draagt met 38% het meeste bij maar ook dit alternatief heeft minder dan 215.000 m³ effectieve berging. Het Integraal alternatief is vrijwel gelijk aan de bijdrage aan de effectieve berging in de huidige situatie. Dit klinkt enigszins verrassend omdat het totale bergingsvolume in het Integraal alternatief veel groter is dan in de huidige situatie. De meeste afvoer wordt bij het Integraal alternatief geborgen bij lage afvoeren, waardoor er bij hoge afvoeren weinig effectieve berging over blijft. Het alternatief biedt echter wel veel meer mogelijkheden om te sturen op de effectieve

berging, waardoor het uiteindelijk beter beoordeeld zal worden op het gebied van waterberging dan de huidige situatie.

Voor het Integraal alternatief moet worden opgemerkt dat de waterstand in het bergingsgebied lager uit komt dan waar in de hydrologische toets van uitgegaan is, namelijk 16,50 m +NAP in plaats van 16,90 m+NAP. Uit de hydrologische voorstudie is gebleken dat de waterstand nog met ca. 50 cm stijgen zonder dat er effecten op de grondwaterstand in Dierdonk optreden. Met het stijgen van de waterstand in het bergingsgebied kan meer effectieve berging gerealiseerd worden. In hoofdstuk 10 wordt hier verder op ingegaan.

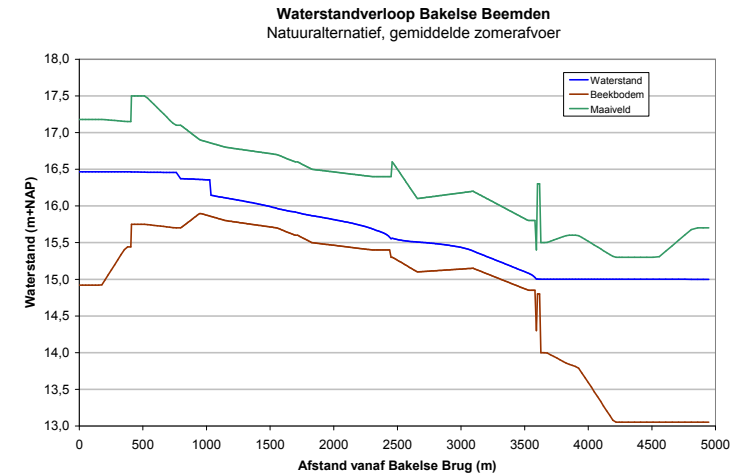
7.2 Resultaten lage afvoer

In de herinrichting van de Bakelse Aa dient niet alleen rekening gehouden te worden met de effecten van hoog water, ook dienen de effecten te worden onderzocht van situaties waarbij er weinig water beschikbaar is. Door veranderingen aan te brengen in de loop van de beek en de profielen van de beek wordt de grondwaterstand direct beïnvloed. In het Natuuralternatief en het Integraal alternatief is tevens stuw Muizenhol verwijderd. Hierdoor zal onder dagelijkse omstandigheden de waterstand bovenstrooms van de stuw zakken, wat tot verdroging van de omliggende akkerlanden leidt. Om hiervoor te compenseren zijn twee drempels in het ontwerp opgenomen met een hoogte die dusdanig gekozen is dat er geen grote veranderingen optreden in de waterstanden van de Bakelse Aa.



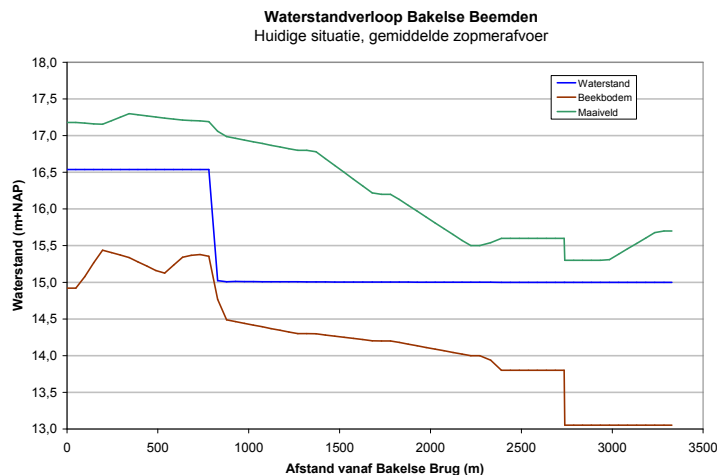
figuur 19: Waterstandverloop van de Bakelse Aa in het Natuuralternatief tijdens een gemiddelde winterafvoer.

In figuur 19 is de verhanglijn weergegeven van het natuuralternatief tijdens een gemiddelde winterafvoer ($Q = 1,08\text{m}^3/\text{s}$). De invloed van de drempels is in deze situatie vrijwel niet merkbaar. In figuur 20 is de gemiddelde zomer situatie gegeven, hierin is duidelijker te zien hoe de waterstand rond kilometer 0,75 en 1 geleidelijk wordt opgevoerd om bij de Bakelse Brug op het huidige zomerpeil uit te komen (NAP +16,4 m). Door deze maatregel wordt er van uitgegaan dat er geen extra verdroging plaatsvindt als gevolg van de implementatie van het alternatief. Hetzelfde effect vindt tevens plaats bij het Integraal alternatief.



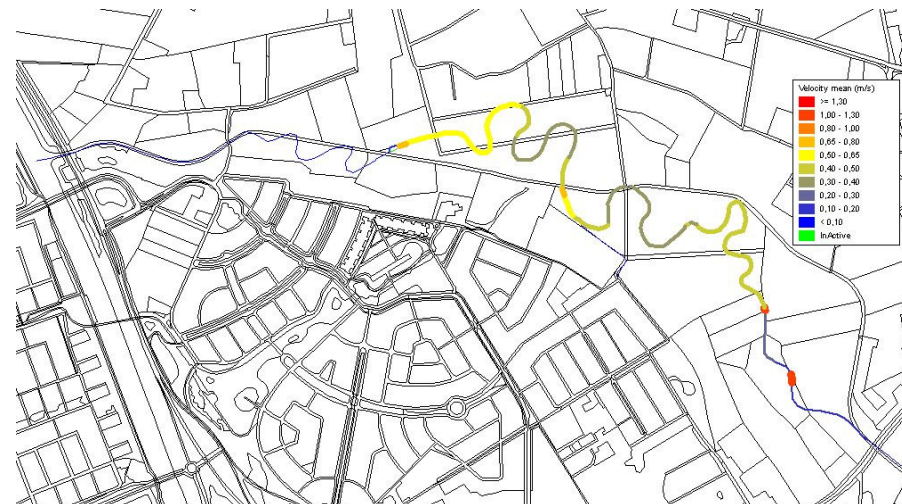
figuur 20: Waterstandverloop van de Bakelse Aa in het Natuuralternatief tijdens een gemiddelde zomerafvoer.

Ter vergelijking is in figuur 21 het waterstandsverloop gegeven voor de huidige situatie. De bovenstroomse waterstand wordt bepaald door het stuwpeil van Muizenhol. Welke door het jaar heen fluctueert tussen NAP + 16,4 en NAP +16,2. Na de stuw is in de huidige situatie een grote sprong te zien in de waterstand, deze sprong is in het natuuralternatief verdwenen. In de gebieden benedenstrooms van de stuw zal het effect van de herinrichting het grootst zijn. In het Waterbergingsalternatief verandert niets ten opzichte van de huidige situatie omdat hierin de stuw niet wordt verwijderd, en daarmee zijn functie behoud.



figuur 21: Waterstandsverloop in de Bakelse Aa voor de huidige situatie tijdens een gemiddelde zomerafvoer.

Als gevolg van het verkleinen van het profiel neemt de stroomsnelheid in de beek zichtbaar toe. In figuur 22 is de stroomsnelheid in de beek gegeven voor het natuuralternatief. De maximale stroomsnelheid in de geul kan hierin oplopen tot 0,5 m/s. De mate van vegetatiebegroeiing is hierop van grote invloed. Vanwege de verwachting dat er veel waterplanten zullen groeien, kan deze stroomsnelheid beschouwd worden als maximaal. In figuur 23 is ter vergelijking de stroomsnelheid weergegeven voor de huidige situatie. Hierin komen stroomsnelheden niet boven 10 cm/s. Bij de overstort van stuw Muizenhol kunnen lokaal veel hogere stroomsnelheden voorkomen.



figuur 22: stroomsnelheden in de geul tijdens gemiddelde zomerafvoer (natuuralternatief).



figuur 23: stroomsnelheden in de geul tijdens gemiddelde zomerafvoer (huidige situatie).

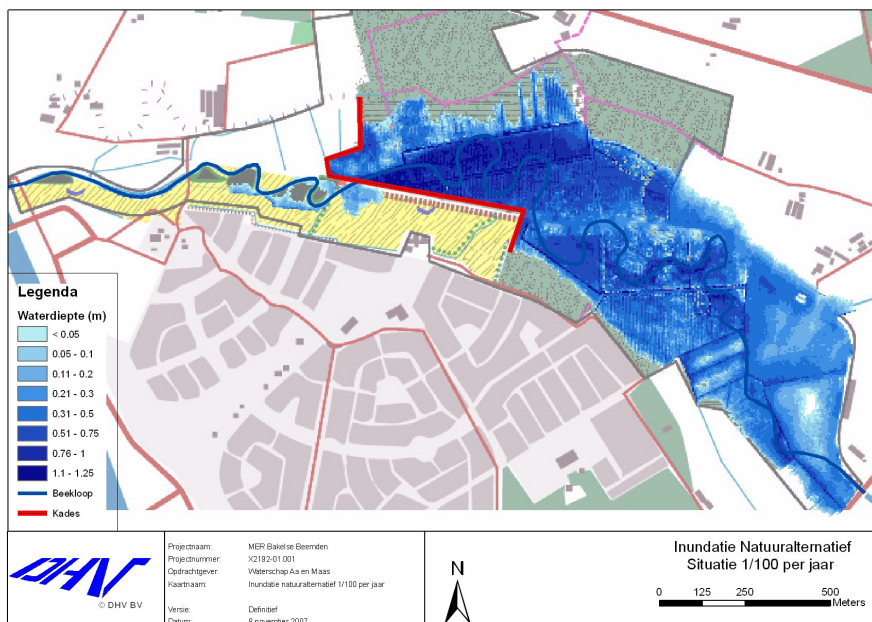
7.3 Resultaten hoge afvoer

Waterdiepte

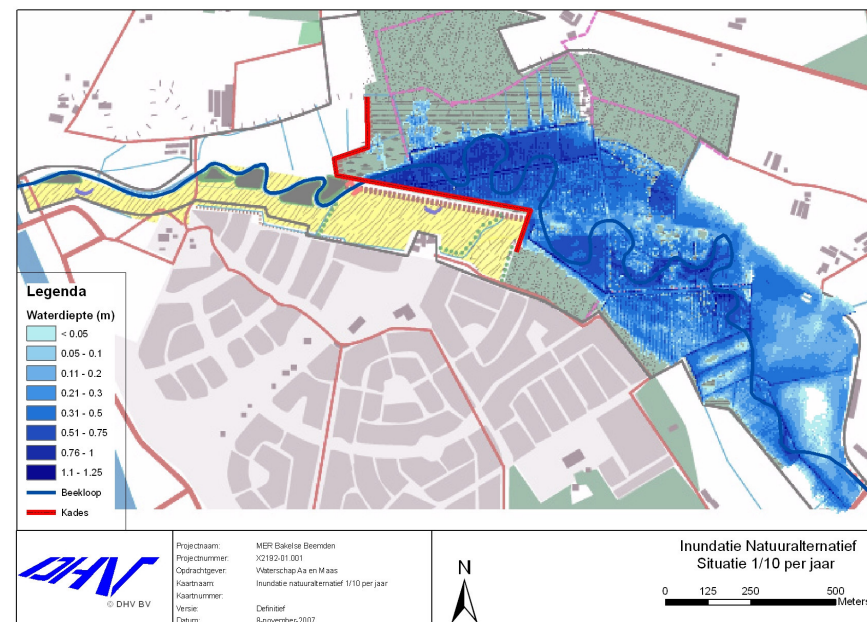
Er zijn drie situaties met hoge afvoer in de berekeningen opgenomen; 1/1, 1/10 en 1/100 per jaar afvoer. Tot nu toe heeft de nadruk vooral gelegen op de functionaliteit van het bergingsgebied tijdens een 1/100 per jaar afvoer. Voor deze situatie is de taakstelling vastgesteld op het bergen van 215.00m³ water. Voor afvoeren kleiner dan de 1/100 per jaar afvoer is geen taakstelling vastgesteld, waardoor water vrij kan inunderen. In figuur 24, figuur 25, en figuur 26 zijn de inundatiebeelden te zien van het natuuralternatief bij afvoeren van 1/100, 1/10 en 1/1 per jaar.

Voor zowel de 1/100 als de 1/10 jaar afvoer geldt dat vrijwel het hele bergingsgebied van de Bakelse Beemden onderloopt. Het meeste water verzamelt zich tegen de kade, hier kan op het diepste punt de waterdiepte oplopen tot zo'n 1 meter. Opvallend verschil tussen de 1/100 en 1/10 jaar afvoer is de benedenstroomse inundatie. Als gevolg van de overstort in de kade treedt aan bij maximale piekafvoer inundatie op buiten het bergingsgebied. Het gaat echter om een gevolg van de afregeling van het kunstwerk in de kade. Hier zal dus nog een optimalisatieslag in moeten plaatsvinden om het benedenstroomse gebied te vrijwaarden van inundatie. Vanwege de vele hoogteverschillen in het bergingsgebied zijn er veel geïsoleerde plekken te vinden. Deze plekken zullen langdurig nat blijven en alleen via verdamping of infiltratie verdwijnen.

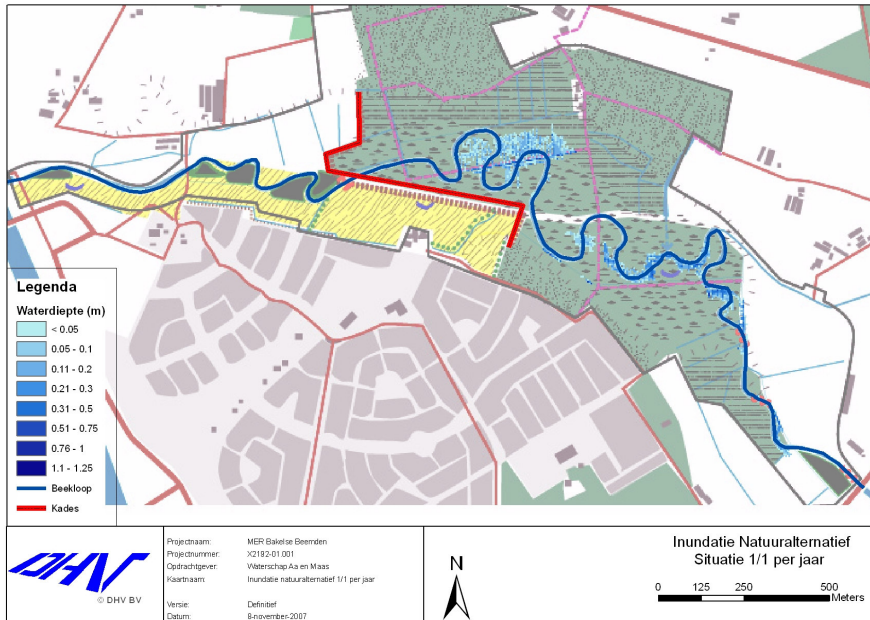
Één van de uitgangspunten bij het afleiden van de profielen was dat er bij een 1/1 per jaar afvoer geen inundatie van het maaiveld plaats zou vinden. In figuur 26 is te zien dat op enkele plekken een klein beetje inundatie optreedt, het gaat hier om een smalle strook. In de Beemden is vooral inundatie te zien van de rabatten.



figuur 24: waterdiepte bij maximale inundatie Natuuralternatief (1/100 jaar)



figuur 25: waterdiepte bij maximale inundatie Natuuralternatief (1/10 jaar)

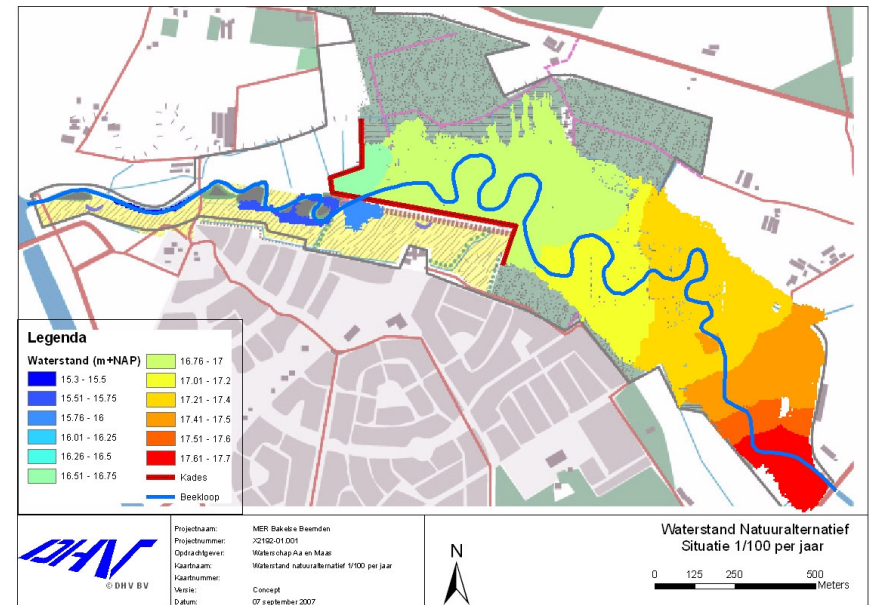


figuur 26: waterdiepte bij maximale inundatie Natuuralternatief (1/1 jaar)

Waterstand

In het kader van de hydrologische toets uitgegaan van een vlakke waterspiegel. Uit de berekeningen voor de MER is gebleken dat een groter gebied door inundatie beïnvloed wordt dan eerder is verondersteld. Blijkbaar stelt zich een verhang in tussen de Bakelse Brug en de benedenrand van het Bergingsgebied. Inundatie wordt niet alleen door het afregelkunstwerk in de kade opgewekt maar al ver bovenstrooms.

Bovenstrooms wordt inundatie voornamelijk veroorzaakt door de twee drempels in het Natuuralternatief, ter compensatie voor de verwijdering van stuw Muizenhol. In de huidige situatie is te zien dat stuw Muizenhol heel erg opstuwt. Op een gegeven moment stroomt het water om de stuw heen en zoekt het haar weg via de laaggelegen gronden in het bos.

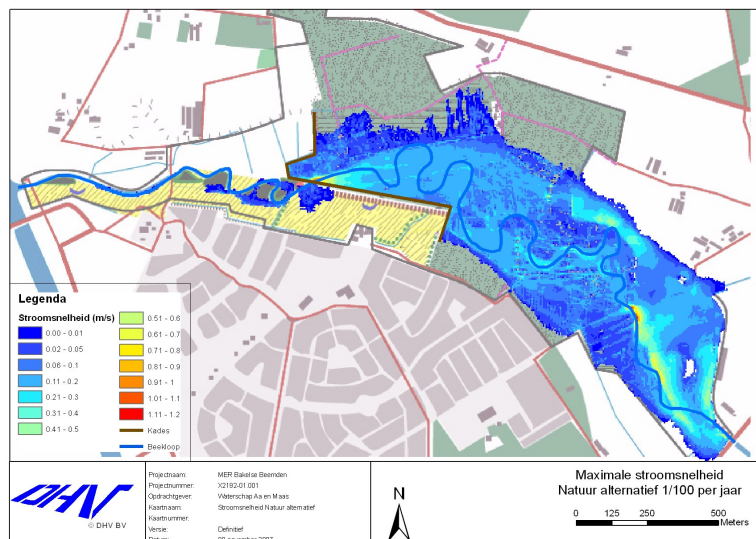


figuur 27: Waterstandsverloop Natuuralternatief (1/100)

In figuur 27 is het waterstandsverschil te zien tussen de Bakelse Brug en de kade van het bergingsgebied. Over deze afstand van ca. 2 kilometer treedt een verval op van 1,2 meter, wat een forse toename kan opleveren aan het bergend vermogen van de Bakelse Beemden.

DHV B.V.

In het Natuur en Integraal alternatief is hier maximaal gebruik van gemaakt door een smal profiel te kiezen waardoor niet alleen tijdens zomerafvoeren er voldoende stroming blijft bestaan, tijdens een hoogwater zal de stroomsnelheid oplopen waardoor de condities gecreëerd worden tot een dynamische beek. In figuur 28 is een kaartje gegeven van de stroomsnelheden in de Bakelse Aa bij een 1/100 jaar afvoergolf. Stroomsnelheden in de geul kunnen oplopen tot 1,8 m/s, boven het maaiveld kunnen stroomsnelheden tot 0,5 m/s plaatsvinden. Tijdens een 1/1 per jaar afvoer kunnen stroomsnelheden in de geul al oplopen tot 1,8 m/s.



figuur 28: stroomsnelheden in de Bakelse Aa tijdens een 1/100 jaar afvoergolf.

8 MORFOLOGIE

In dit hoofdstuk wordt een kwalitatieve uitspraak gedaan over de mate van erosie en sedimentatie van de hoofdgeul en slibdepositie in de Beemden. Voor de effectbeoordeling van de slibdepositie, de mate van vervuiling als gevolg van depositie, kan gebruikt gemaakt worden van het bodem- en wateronderzoek dat in augustus 2007 heeft plaatsgevonden door ingenieursbureau BCC.

Inundatie van beek- en riviersystemen is een morfologisch complex proces waar fijn zand en slib zich afzetten ten gevolge van steeds lager wordende stroomsnelheden. Voor het bepalen van zand- en slibdepositie zijn een aantal morfologische modellen beschikbaar, echter de onnauwkeurigheden van deze modellen zijn groot vanwege een gebrek aan kennis over alle fysische processen die spelen. Er wordt daarom gekozen om op basis van vuistregels en ervaringen uit andere gebieden een inschatting te maken van de mate van depositie. De mate van morfologische activiteit kan worden uitgedrukt in --, -, 0, + en ++, waarbij - staat voor een zeer lage morfologische activiteit en ++ voor een zeer hoge. De invoerparameters voor de vuistregels zijn afgeleid van de resultaten van de hydraulische berekeningen voor de Bakelse Beemden. Zo geven de 1D berekeningen een indicatie van de stroomsnelheid in de geul, terwijl de 2D inundatieberekeningen een idee geven van de inundatie duur, mate van overstroming en stroomsnelheid boven het maaiveld.

8.1 Bodemsamenstelling

Het (water)bodem en (grond)wateronderzoek is uitgevoerd met als doel de huidige (water)bodemkwaliteit en (grond)water kwaliteit te onderzoeken ten behoeve van de MER Bakelse Beemden. Het gaat in dit geval niet zozeer om de fysische kenmerken van het sediment die in het kader van de effectbeoordeling van belang zijn, maar meer om de chemische component die aan het slib zit. Dit kunnen zware metalen zijn als zink en nikkel, maar ook stoffen die tot eutrofiëring van de bosbodem kunnen leiden.

De fysische bodemopbouw wordt als volgt gekarakteriseerd:

- de bodem van 0,0m-mv tot circa 0,3 m-mv bestaat uit matig fijn, matig siltig, sterk humeus donkerbruin zand.
- de bodem van circa 0,30 m-mv tot circa 1,0 m-mv bestaat uit matig fijn, matig siltig, zwak humeus, zwak roesthoudend lichtgrijs zand.
- de bodem van circa 1,0 m-mv tot circa 2,5 m-mv bestaat uit matig fijn, sterk siltig, zwak humeus, blauwgrijs zand.

De grondwaterstand is aangetroffen op een diepte van gemiddeld 0,5 m-mv. Het slib is over het algemeen zwak slibhoudend en bestaat uit matig fijn, matig siltig, zwak humeus zand

Uit de analyse van BCC (2007) blijkt dat zowel de waterbodem als het slib in de waterkolom niet vervuild zijn, en daarmee geen milieurisico vormen bij slibafzetting.

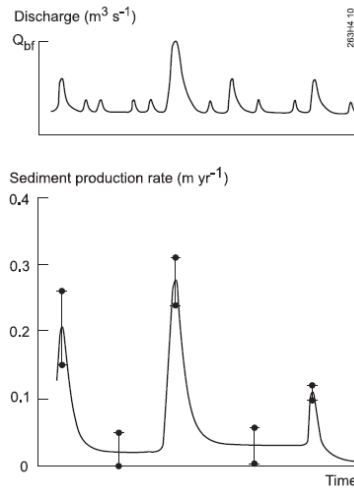
8.2 Morfologische veranderingen in de geul

De belangrijkste gebeurtenis die beschouwd wordt bij de morfologische analyse van de geul is de 1/1 per jaar afvoer. Zoals al eerder is vermeld is deze afvoer (of effectieve afvoer) de situatie waarbij het jaargemiddelde sedimenttransport het grootst is. De grootste stroomsnelheden komen voor in het Integrale Alternatief en het Natuur Alternatief en kunnen oplopen tot 1 m/s. Het gaat om een dieptegemiddelde stroomsnelheid, lokaal kunnen hogere stroomsnelheden plaatsvinden, bijvoorbeeld in de buitenbocht van een meander. De stroomsnelheden in het Waterbergingsalternatief en de huidige situatie kunnen oplopen tot 0,5 m/s. De stroomsnelheid is de belangrijkste parameters voor het initiëren van bodemtransport en oever erosie. Tijdens maatgevende omstandigheden kunnen stroomsnelheden ver oplopen. De maximale stroomsnelheid is voor het natuuralternatief bepaald op 1,8 m/s. Deze stroomsnelheid zal zeker tot oevererosie en bodemerosie leiden.

8.3 Slibdepositie

De mate van slibafzetting kan in principe worden gekwantificeerd door gebruik te maken van de methode van Krone (1962). Krone bepaalde uit stroomgoot experimenten het verlies aan zwevendstofgehalte in de waterkolom als gevolg van slibafzetting. De methodiek gaat onder andere uit van de (kritieke) bodemschuifspanning en de valsnelheid van de deeltjes. Er zit echter grote onzekerheid in de aannames die gedaan moeten worden om de verschillende parameters te bepalen, waardoor geen kwantitatieve uitspraak gedaan zal worden. Voor een kwalitatieve benadering wordt gebruik gemaakt van het principe van *hysterese*.

Slibdepositie wordt niet alleen beïnvloed door de heersende hydraulische condities in de beek, maar in eerste instantie door de beschikbaarheid van zwevendstof. Jaargemiddeld is deze hoeveelheid meestal wel gelijk, maar door het jaar heen fluctueert de beschikbaarheid enorm. In figuur 29 is een schematische weergave te zien van een theoretische hoeveelheid zwevend stof met bijbehorende afvoer. Na een langere periode van lage afvoer verzamelt zich slib op de beekbodem en fijn materiaal op de akkers. Bij de eerste hogere afvoer van het seizoen is er zoveel materiaal beschikbaar dat er een relatief grote hoeveelheid zwevend stof gemeten wordt. Bij een volgende hogere afvoer, is de hoeveelheid beschikbaar sediment uitgeput, waardoor een geringere hoeveelheid materiaal beschikbaar is voor zwevend transport. Dit proces heet *hysterese* en komt veelvuldig voor in beek- en riviersystemen. Voor beeksystemen die sterk reageren op neerslag is dit proces moeilijk te voorspellen. Uit het bodemonderzoek van BCC is de zwevendstofconcentratie bepaald op 22 mg/l, dit is echter een moment opname en kan niet worden gebruikt voor een eventuele analyse. Gezien de kenmerken van de beek, kan ervan uitgegaan worden dat *hysterese* in meer of mindere mate een rol speelt.



figuur 29: principe van hysteresis in rivieren, bij toenemende afvoer neemt het gehalte aan zwevend stof nauwelijks meer toe als gevolg van uitputting.

In tegenstelling tot de morfologische veranderingen in de geul, wordt de omvang van de slibdepositie wel bepaald bij een hoger hoogwater, omdat tijdens een 1/1 per jaar hoogwater geen inundatie van het maaiveld optreedt. Volgens figuur 28 komen stroomsnelheden nauwelijks boven 10 cm/s. Door de lage stroomsnelheden kan sediment makkelijker bezinken, dit wordt bekrachtigd door het proces van flocculatie, waarbij als gevolg van de Van der Waals krachten deeltjes naar elkaar toe getrokken worden, en grote en zwaardere vlokken vormen. Er wordt verwacht dat flocculatie een grote invloed heeft op de bezinksnelheid van slib in de Bakelse Beemden.

Over het algemeen kan gesteld worden dat slibdepositie in de Bakelse Beemden aanwezig is zodra de beek buiten haar oevers treedt. Aan de

ene kant is er aan het begin van de winter genoeg sediment beschikbaar maar is de duur van de afvoergolf niet groot genoeg om volledige bezinking te krijgen. Aan de andere kant kan het voorkomen dat er weinig sediment meer beschikbaar is terwijl de hydraulische condities het toelaten om depositie te krijgen. Het is nog niet bekend hoeveel slib er aan de waterkolom wordt toegevoegd als gevolg van oevererosie. Hiervoor zal een gedetailleerde analyse van de bodemsamenstelling uitgevoerd moeten worden, maar dan nog is een inschatting moeilijk te maken.

Uit de modelberekeningen komt naar voren dat in de nieuwe situatie de inundatie sterk toeneemt t.o.v. de huidige situatie. Hierdoor neemt de sedimentatie aan het maaiveld toe (+). De geul is zodanig gedimensioneerd dat er een dynamisch evenwicht ontstaat. Dit betekent dat als gevolg van hydraulische condities in de beek, erosie en sedimentatie, er zandtransport zal plaatsvinden. De netto geul dimensies zullen daarbij niet veranderen aangezien de aanvoer net zo groot is als de afvoer. Voor alle alternatieven geldt dat de stroomsnelheden in de geul erg hoog zijn. Dat varieert van 0,4 m/s in de huidige situatie bij 1/1 per jaar afvoer tot 1,8 m/s bij het Natuuralternatief tijdens maatgevende omstandigheden (1/100 jaar). Als gevolg van de hoge stroomsnelheden zal er tijdens hogere afvoeren over het hele traject erosie van de geul plaatsvinden (++). Ook in de Beemden zal erosie aanwezig zijn, bijvoorbeeld in de geultjes van de Rabatten waar stroomsnelheden op kunnen lopen tot 1 m/s (+). Sedimentatie zal zich voornamelijk beperken tot het moment waarop de afvoergolf terugtrekt en het water in de vele geïsoleerde poelen stagneert (++). Ook kan er tegen de kades een zone ontstaan waar stroomsnelheden vrijwel 0 zijn en daardoor sediment kan bezinken (+). Dicht bij de hoofdgeul zal voornamelijk zand worden

afgezet, verder van de geul slib. Voor het Integrale alternatief en het Natuuralternatief geldt dat de meeste erosie zal plaatsvinden. In het Integrale alternatief zal dit voornamelijk beperkt blijven tot de breedte van het "winterbed". In deze analyse is het effect van de eerste twee jaar na aanleg niet meegenomen. Ondanks dat het ontwerp van de beek getoetst is op wetenschappelijke basisprincipes kunnen er lokaal aanpassingen optreden aan het evenwichtsprofiel waarbij slib vrijkomt.

8.4 Morfodynamiek na aanleg

De eerste twee jaar na aanleg van de beek zijn het belangrijkste in de morfodynamische ontwikkeling van de beek. In deze periode zal de beek een dynamisch evenwicht proberen te bereiken. Uit monitoringsstudies van de Tongelreep, Keersop en de Aa (Wolfert, 2001) zijn een aantal conclusies te trekken ten aanzien van de geul ontwikkeling.

De oeverafslag zal in de eerste maanden na aanleg groot zijn. In eerste instantie ontstaan ondergraving van de oevers die snel begroeid geraakt zijn. De oevers die nog onbegroeid zijn zullen onderuit zakken. Het materiaal dat bij deze afslag vrijkomt zal worden herverdeeld over de benedenstroomse profielen. Na verloop van tijd zal erosie afnemen tot dat de eerste bankfull afvoer voorbij komt. De combinatie van beide gebeurtenissen (direct in het begin, en na de eerste afvoer piek), zullen bepalend zijn voor de definitieve morfodynamiek. Voor de Aa (Helmond) geldt dat vanwege te groot gedimensioneerde profielen de activiteit van de beek versneld tot stilstand is gekomen. De profielen zijn afgedekt door een kleilaag, waardoor erosie extra bemoeilijkt wordt. Voor de Keersop en de Tongelreep geldt dat waar de Tongelreep nog bezig was haar

profiel te vergrootten, erosie in de Keersop afneemt en in balans komt met de sedimentatie, er is een dynamisch evenwichtsprofiel ontstaan.

Niet alleen zullen de algemene dimensies van de profielen aanpassen aan de hydraulische, klimatologische en morfologische condities in de beek, ook zal er op lokaal niveau duidelijk te onderscheiden verschillen in profiel geometrie ontstaan. Voor zowel de Keersop als de Tongelreep geldt dat erosie zich voornamelijk concentreert in de buitenbochten, waar direct na aanleg uitschuurgaten ontstaan. Het vrijgekomen materiaal zet zich vervolgens af in de binnenbocht van de volgende meander en in de geul ter hoogte van de 'crossing', de plek in de beek waar de hoofdstroom oversteekt. Bij het aanwijzen van voordes is het belangrijk deze locaties in de beek te benutten.

Op plekken waar voldoende sediment beschikbaar is en stroming groot genoeg is zullen bodemribbels ontstaan. Bij hogere afvoeren zullen zij zich geleidelijk stroomafwaarts begeven. Dit proces is met het blote oog goed zichtbaar.

De ontwikkeling van de meanders, en daarmee de laterale erosie beperkt zich tot de stroomgordel dit in het ontwerp is meegenomen. Voor de rechte trajecten bovenstrooms zal erosie beperkt blijven binnen het profiel. Op enkele plekken kan oeverafslag plaatsvinden, maar dit blijft beperkt. Benedenstrooms zullen vooral in de eerste twee jaar bij voldoende piekafvoer enkele meander doorbreken. Hier is in het ontwerp rekening mee gehouden. Op andere plekken zullen meanders tot ontwikkeling komen. Het is raadzaam om de meander-buitenbochten daarom niet tegen de grens van de aangekochte percelen te leggen. Wanneer aan beide zijde van de beek een zone van ca. 5 meter

aangehouden wordt dan is dat voldoende voor de komende 20 jaar. Vanwege de complexe samenloop van processen is een nauwkeurige schatting van de meanderontwikkeling nog niet te geven.



figuur 30: Meander van de Keersop enkele maanden na aanleg van de nieuwe geul (Wolfert, 2001)

DHV B.V.

9 MITIGERENDE MAATREGELEN

De uitkomsten uit de modelberekeningen hebben ertoe geleid dat er enkele mogelijke wijzigingen kunnen plaatsvinden in het ontwerp. In dit hoofdstuk zullen enkele knelpunten worden benoemd en zullen een aantal mogelijke oplossingen worden aangedragen. Waar mogelijk zal vanuit hydraulisch oogpunt een voorkeur worden aangegeven.

9.1 Maatregelen tegen hoogwater

Om het watersysteem op orde te brengen met het oog op de klimaatsverandering, is in het NBW (Nationaal Bestuursakkoord Water) afgesproken dat voor elk type grondgebruik een zekere bescherming tegen inundatie vanuit open water geboden moet worden. Volgens de NBW-werknormen (WB21) kent landbouwgebied een beschermingsniveau van 1/25 jaar. Zonder maatregelen kan hier niet aan voldaan worden.

In de inundatiekaart van figuur 24 is een aantal plekken aan te wijzen die in het inundatiebeeld niet onder water staan. Hier is modelmatig een grens gelegd, omdat de gebieden buiten het projectgebied vallen. Omdat de waterstand dusdanig hoog is dat het tegen de modelrand aan staat is het aannemelijk te veronderstellen dat ook deze gebieden inunderen. Het is waarschijnlijk niet gewenst dat hier inundatie optreedt, waardoor een extra kade geplaatst kan worden om deze gebieden veilig te stellen van inundatie. De hoogte van de kade moet zodanig gekozen worden dat de waterstand behorende bij een 1/25 jaar afvoergolf de kade niet overstroomd. Voor situaties kleiner dan 1/25 jaar wordt geen rekening

gehouden. Het gaat om de gebieden aan de oostoever tussen de Bakelse Brug en voormalig stuw Muizenhol, en een strook langs de wijk Dierdonk, ook bovenstrooms.

Enkele maatregelen kunnen zijn:

1. *Ophoging van het maaiveld.* Dit is een vrij ingrijpende maatregel en niet duurzaam wanneer blijkt dat de waterstanden hoger blijken uit te vallen dan uit de analyse is gekomen.
2. *Beschermen d.m.v. een kade.* Het aanleggen van een kade zal de meest kosten efficiënte en simpele oplossing zijn. Om de afwatering van de achterliggende landbouwgebieden te garanderen kan een duiker worden ingebracht met een klep die eenzijdig open kan.
3. *Afkoop.* Een laatste oplossing kan zijn om de schade die ontstaat als gevolg van inundatie van de akkers af te kopen. Hiervoor dienen goede afspraken gemaakt te worden over de schaderegeling. Op basis van de inundatiekaarten kan worden bepaald hoeveel land er elk jaar inundeert, en wat dit voor financiële consequenties heeft voor het Waterschap.

DHV B.V.

10 VOORKEURSALTERNATIEF

Uit de voorgaande analyse en de resultaten uit de hydraulische modelering blijkt dat het Integraal alternatief niet alle bergingsruimte benut die binnen de voorgestelde inrichting en uitgangspunten mogelijk is. In de hydrologische voorstudie is berekend dat een waterstanden van ca. NAP +16,90 m geen effect heeft op de woonwijk Dierdonk. De berekende waterstanden liepen echter op tot NAP +16,50 m. Hierdoor was de bijdrage van dit alternatief aan de natuurlijke berging groot, en de bijdrage aan de effectieve berging zeer gering. Om te zorgen dat het voorkeursalternatief meer effectieve berging krijgt moet een aantal maatregelen genomen worden. Het tekort aan effectieve berging wordt opgevangen door het waterpeil in het bergingsgebied op te zetten. Het volume extra berging draagt dan voor 100% bij aan de effectieve berging. Hierdoor is dit een zeer effectieve maatregel. In een eerste berekening is aangetoond dat er dan 390.000m³ geborgen wordt. Om 215.000m³ effectieve berging te realiseren zal het waterpeil Voorkeursalternatief oplopen tot 17,00 m +NAP nabij de kade, en 17,70 m +NAP nabij de Bakelse Brug. Uitgangspunt is dat het profiel uit het integraal alternatief gehandhaafd blijft. Het peil bij de Bakelse brug verandert verder niet t.o.v. het Integraal alternatief.

tabel 8: veranderingen VKA t.o.v. Integraal alternatief

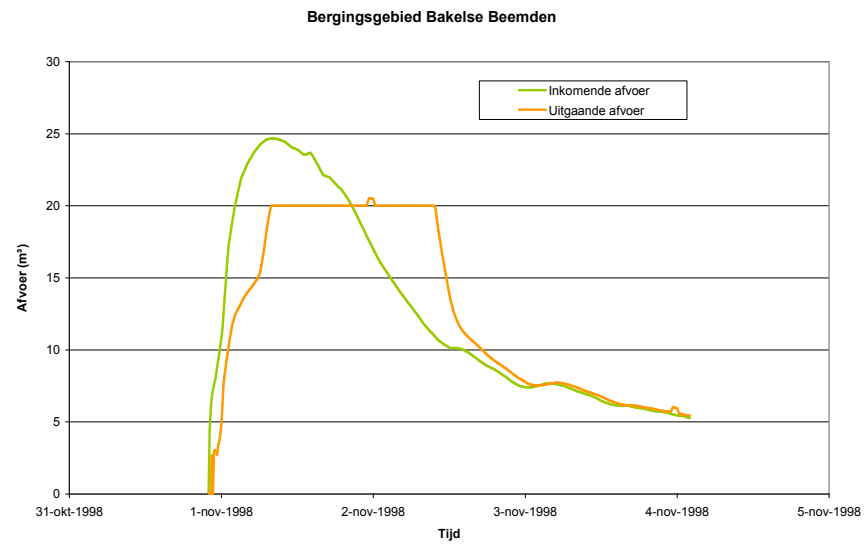
	Totaal volume (m ³)	Waterpeil tegen kade (m+NAP)	Waterpeil (m+NAP)	Kadehoogte (m+NAP)
Integraal alternatief	280.000	16,5	17,7	17,20*
VKA	390.000	17,0	17,7	17,20

*) kadehoogte gebaseerd op waterpeil uit hydrologische toets.

Voor het bepalen van de kadehoogte heeft de peilverandering weinig consequenties, aangezien in het Integraal alternatief al rekening gehouden was met een peilverhoging, is voor de kadehoogte het peil uit de hydrologische toets aangehouden (NAP +16,90m). Daarnaast was voor de waakhoogte al een redelijk ruime marge aangehouden van 30 cm. Deze waarde wordt meestal aangehouden om te compenseren voor zetting, golfoploop en golfoverslag. Aangezien deze processen hier niet relevant zijn kan volstaan worden met 20 cm waakhoogte. Hiermee zal de kade op NAP +17,20 uitkomen, wat gelijk is aan de kadehoogte uit het Integraal alternatief. Ten opzichte van het maaiveld varieert de kadehoogte tussen de 1,40 meter in het diepste punt en 0,8 meter op het hoogste punt.

Een andere aanpassing ten opzichte van het Integraal alternatief is de plaatsing van twee drempels om verdroging van de bovenstroomse Beemden te verminderen. De drempels worden 15 cm hoog, dat is de helft lager dan in het Natuuralternatief, omdat hier bleek dat de drempels een te groot opstuwend effect hadden. Er wordt niet verwacht dat de drempels bij hoge afvoeren inundatie significant beïnvloeden.

Tot slot wordt voorgesteld om benedenstrooms bij de monding met de Zuidwillemsvaart een zandvang aan te brengen voor het opvangen van geërodeerd materiaal uit de beek.



figuur 31: Verandering van de afvoergolf in het VKA.

11 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

11.1 Conclusies

Resultaten modellering en beoordeling alternatieven

- Alle alternatieven bergen meer dan 215.000 m³ bij een afvoer die met een kans van eens in de 100 jaar voorkomt. Slechts een deel hiervan kan worden aangeduid als effectieve berging, dat wil zeggen berging die bijdraagt aan het verlagen van de afvoerpiek van de inkomende afvoer. Bij het waterbergingsalternatief is dit 38%, bij het integraal alternatief 21% en bij het natuuralternatief 8% van de opgave.
- Door het toetsaan van een hoger peil tijdens een afvoergolf die eens per 100 jaar optreedt kan de effectieve berging vergroot worden tot 215.000 m³.
- De afregeling van de kunstwerken die ervoor zorgen dat het bergingsgebied functioneert, zijn van invloed op de effectiviteit van de berging.
- Het principe dat nu toegepast wordt bij het afregelen van de waterberging, is dat er van uitgegaan wordt dat de doorstroomcapaciteit van de benedenstroomse loop (meest benedenstroomse loop van de Bakelse Aa), maximaal benut wordt, om het moment van inundatie zo laat mogelijk te laten verlopen. Nadeel hiervan is dat op het moment dat de waterstand in het bergingsgebied te ver dreigt op te lopen en het water via een overlaat afgevoerd wordt, de beneden Aa direct buiten haar oevers treedt. Deze inundatie zal in alle gevallen

echter altijd minder groot zijn dan in de huidige situatie het geval is.

- Het versmalde en verondiepte profiel van het natuuralternatief zorgen ervoor dat de waterstanden in de Bakelse Beemden tijdens een gemiddelde zomersituatie zo'n 0,5 tot 1,0 meter hoger uitvallen dan in de huidige situatie het geval is.
- Het verwijderen van stuw Muizenhol zorgt in het integraal alternatief voor een verlaging van de waterstanden in het bovenstroomse deel. In het natuuralternatief worden twee drempels aangelegd in de beekloop, deze zorgen ervoor dat de de waterstanden tijdens een gemiddelde zomerafvoer niet afnemen.
- Uit ervaringen met eerder uitgevoerde beekherstelprojecten is gekomen dat het beekprofiel smaller aangelegd moet worden dan verwacht zou worden op basis van empirische relaties. Bij het definiëren van de beekprofielen voor het Natuur Alternatief en het Integrale alternatief is hier rekening mee gehouden door de profielen iets smaller te maken. Hierdoor wordt voorkomen dat bij lagere afvoeren het profiel veel te breed is waardoor stroomsnelheden afnemen en een te statische beek ontstaat. Bij hogere afvoeren zal de beek de beek waarschijnlijk iets te smal zijn. Het profiel zal worden aangepast doordat oevers eroderen, waarbij het vrijgekomen materiaal in de geul wordt opgevangen en zodoende een evenwichtsdiepte kan bereiken. Het overtollige sediment wordt of als oeverwal langs de beek afgezet, of meegenomen door de beek.
- Uit de vergelijking tussen de berekende inundatie en de voorgekomen inundatie tijdens het hoogwater van 1998 is gebleken dat er waarschijnlijk een overschatting is gemaakt van

DHV B.V.

de piekafvoeren bij de verschillende overschrijdings frequenties. De inschatting is dat wanneer alle berging als gevolg van natuurlijke inundatie gecompenseerd wordt, er ruimschoots aan de waterbergingsopgave voldaan gaat worden.

Voorstel Voorkeursalternatief

Uit de resultaten van de hydraulische modelering blijkt dat het Integraal alternatief niet alle bergingsruimte benut die binnen de voorgestelde inrichting en uitgangspunten mogelijk is. Door het waterpeil in het Voorkeursalternatief op te laten lopen tot 17,00 m +NAP nabij de kade, en 17,70 m +NAP nabij de Bakelse Brug kan 215.000m³ effectieve berging gerealiseerd worden. Uitgangspunt is dat het profiel uit het integraal alternatief gehandhaafd blijft. Het peil bij de Bakelse brug verandert verder niet t.o.v. het Integraal alternatief.

Voor de kadehoogte heeft de peilverandering geen consequenties. De kadehoogte blijft NAP +17,20, gelijk aan de kadehoogte uit het Integraal alternatief. Ten opzichte van het maaiveld varieert de kadehoogte tussen de 1,40 meter in het diepste punt en 0,8 meter op het hoogste punt.

Een andere aanpassing ten opzichte van het Integraal alternatief is de plaatsing van twee drempels om verdroging van de bovenstroomse Beemden te verminderen. De drempels worden 15 cm hoog, dat is de helft lager dan in het Natuuralternatief, omdat hier bleek dat de drempels een te groot opstuwend effect hadden.

11.2 Aanbevelingen voor nader onderzoek

- Uit de analyse blijkt dat er vrij weinig empirische relaties bekend zijn voor een laag afvoerregime als dat van de Bakelse Aa. Hierdoor is het moeilijk om een nauwkeurige voorspelling te doen van de geuldimensies en de meander topografie. Er wordt aanbevolen een goede monitoringsstudie uit te voeren naar de morfologische effecten van beekherstel. De ervaring die hiermee opgedaan wordt kan van grote waarde zijn voor nog uit te voeren projecten op het gebied van beekherstel.
- In de analyse naar het effect van het afvlakken van de piekafvoer is geen rekening gehouden met bovenstroomse maatregelen. Vanwege de opgave voor het Waterschap om meer gebieden in te richten voor waterberging zal de afvoergolf drastisch veranderen. Waarschijnlijk zal de inkomende afvoergolf lijken op de afvoergolf zoals die in de verschillende alternatieven bepaald wordt voor de monding van de Bakelse Aa, afgevlakt en met een langere duur. De effectiviteit van het bergingsgebied Bakelse Beemden is daarmee erg afhankelijk van de mate van vervorming van de inkomende afvoergolf als gevolg van maatregelen bovenstrooms.
- In de alternatieven is vooral gestuurd op vertraging van de afvoergolf en het afvlakken van de afvoerpiek. Waterberging dient in principe ook een hoger doel, namelijk het voorkomen dat verschillende afvoerpieken van zijrivieren van de Maas samenvallen met de afvoerpiek van de Maas. Het afregelen van de kunstwerken in het bergingsgebied van de Bakelse Aa zal moeten worden afgestemd op de wens tot vertraging of

versnelling van de afvoergolf. Als gevolg van tijdelijke retentie is onlangs gebleken dat de afvoerpiek van de Maas samen valt met de piekafvoeren van de zijrivieren. Hieruit blijkt dat er per deelstroomgebied een goede analyse moet komen naar de gewenste afvoersituatie, en dat de resultaten van deze analyse moeten worden gebruikt om invulling te geven aan de bergingsstrategie van de Bakelse Beemden.

- Het SOBEK 1D2D model van de Bakelse beemden reikt 200 meter bovenstrooms van de Bakelse brug, hiervoor is gekozen om ook de bovenstroomse effecten in beeld te brengen. Uit de berekeningen blijkt echter dat als gevolg van de herinrichting van de Bakelse Aa, de effecten verder reiken dan het model groot is. Voor de bovenstroomse effecten zal het model dus uitgebreid moeten worden.
- Er is gekozen voor vaste drempels in het Natuur en Integrale Alternatief. Groot nadeel hiervan is dat zij voor opstuwing zorgen waardoor inundatie eerder geïnitieerd wordt. Mogelijk kan er worden volstaan met een lagere drempelhoogte. Hierdoor zal de waterstand bovenstrooms afnemen. Afhankelijk van de effecten op het grondwater kan een definitieve keuze gemaakt worden.
- Voor de afleiding van de afvoergolven is een twaalf jarige dataset gebruikt om de afvoergolven met verschillende herhalingsfrequenties uit af te leiden. Hiervoor is een statistische methodiek gebruikt die eigenlijk een langere periode vereist (logP-III). Omdat in de betreffende periode twee grote afvoeren voorkomen is het mogelijk dat er een overschatting is van de piekafvoer of een onderschatting van de herhalingsperiode van de betreffende piekafvoer. Verder is het bekend dat het

krooshek voor stuw Muizenhol bij hoge afvoeren dichtslibt waardoor de waterstand oploopt. Omdat de afvoer wordt afgeleid uit de waterstanden bij Muizenhol, kan hier een overschatting in zitten. In overleg met het waterschap is besloten toch van deze 'ongevalideerde' dataset uit te gaan omdat geen andere informatie voorhanden is. Hierdoor is het eveneens mogelijk dat de gebruikte piekafvoeren een conservatieve benadering geven. Het wordt aanbevolen om een langjarige periode te nemen, meer dan 30 jaar.

- Bij het afleiden van de profielbreedte en -diepte maar ook de meanderlengte is gebruik gemaakt van empirische vergelijkingen die de relatie beschrijven tussen afvoer en de betreffende parameter. De empirische beschrijving leidt echter tot grotere waarden voor de parameters dan uiteindelijk is aangenomen. Dit heeft deels te maken met de brede range aan rivieren die is meegenomen, en van waaruit de empirische relatie is bepaald. Er kan een nauwkeurigere bepaling gedaan worden wanneer empirische relaties bekend zijn voor laadland beken met een lage afvoer.

DHV B.V.

12 REFERENTIES

- Andrews, E.D. 1980. Effective and bankfull discharges of streams in the Yampa River basin, Colorado and Wyoming. *Journal of hydrology*, 46, 311-330
- Asselman, N.E.N., & van Wijngaarden, M. 2002 Development and application of a 1D floodplain sedimentation model for the River Rhine in the Netherlands, *Journal of Hydrology* 268/1-4, 127-142
- BCC, 2007 (Water)bodemonderzoek en (grondwateronderzoek in de Bakelse Beemden. NC7010502
- Doomen, M.C., Wijma, E., Zwolsman, J.J.G., Middelkoop, H. (2007) Predicting suspended sediment concentrations in de Meuse River using a supply-based rating curve. *Hydrol. Process.* 21 *in progress*.
- DHV 2007a Hydrologische toets, resultaten verkenning alternatieven. MER Bakelse Beemden.
- DHV 2007b Herinrichting Bakelse Beemden, alternatievenontwikkeling
- DHV 2006 Bakelse Beemden, Ecohydrologische systeemanalyse. Waterschap Aa en Maas.
- DHV 2004 (Geo)Hydrologisch onderzoek Bakelse Beemden. Analyse van de bergingsmogelijkheden en het effect hiervan op het grond- en oppervlaktewatersysteem in de Bakelse beemden en omgeving, HM0/RL/BHo/BV/V-0512
- Dury, G.H. 1976 Discharge prediction, present and former, from channel dimensions. *Journal of hydrology*, 30, 219-245
- Knighton, A.D. 1984 *Fluvial forms and processes*. Arnold, London 218 pp
- Knighton, A.D. 1998 *Fluvial forms and processes: a new perspective*. Arnold, London. 383 pp.
- Nixon, M. 1959 A study of bankfull discharges of rivers in England and Wales. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 12, Paper 6322, 157-174
- RIZA, 2007 Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden. Deel 1 Handboek versie 1-2003 RIZA-rapport 2003.028
- Schumm, S.A. 1969 River metamorphosis. *Journal of the Hydraulics Division American Society of Civil Engineers* 95, HY1, 255-273
- Thonon, I. 2006 Deposition of sediment and associated heavy metals on floodplains, Phd Thesis, Utrecht University, Utrecht. pp. 174
- USACE 2001, Soar C.R. and Thorne C.R. 2001 Channel restoration design for meandering rivers US Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center. Coastal and Hydraulics Laboratory. ERDC/CHL CR-01-1
- Wijma, E. 2005 Suspended sediment prediction for the Meuse River. MSc traineeship. KIWA Water Research.
- Williams, G.P. 1986. River meanders and channel size. *Journal of Hydrology*, 88, 147-164
- WL|Delft Hydraulics, 2004 Probabilistisch bepaald effect van Retentie.
- Wolfert H.P. 2001 Geomorphological change and River rehabilitation. Case Studies on Lowland Fluvial Systems in the Netherlands. *Alterra Scientific Contributions* 6, Alterra Green World Research, 197 pp
- Wolman, M.G. and Miller, J.P. 1960. Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes. *Journal of Geology*, 68, 54-74
- Wolman, M.G., and Leopold, L.B., 1957 *River Floodplains – Some Observations on their Formation*. United states Geological Surveys, Professional Paper 282C

DHV B.V.

13 COLOFON

Opdrachtgever	: Waterschap Aa en Maas
Project	: Herinrichting Bakelse Beemden
Dossier	: X2191.01.001
Omvang rapport	: 57 pagina's
Auteur	: Eisse Wijma
Bijdrage	: Guoping Zhang
Interne controle	: Marcela Busnelli
Projectleider	: Janet Olthof
Projectmanager	: Theo Klink
Datum	: 14 november 2007
Naam/Paraaf	:

DHV B.V.

DHV B.V.

Water

Laan 1914 nr. 35

3818 EX Amersfoort

Postbus 1132

3800 BC Amersfoort

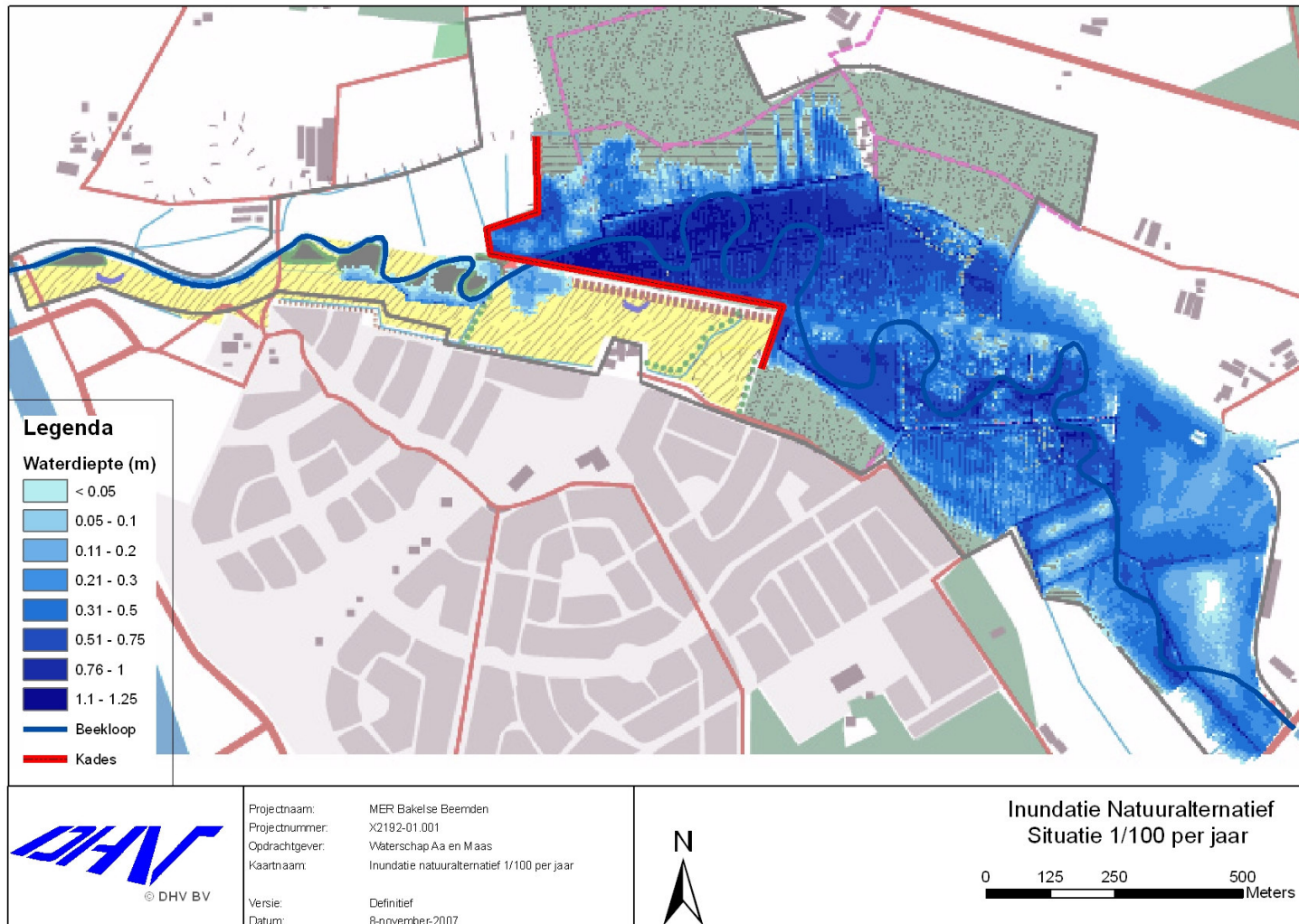
T (033) 468 20 00

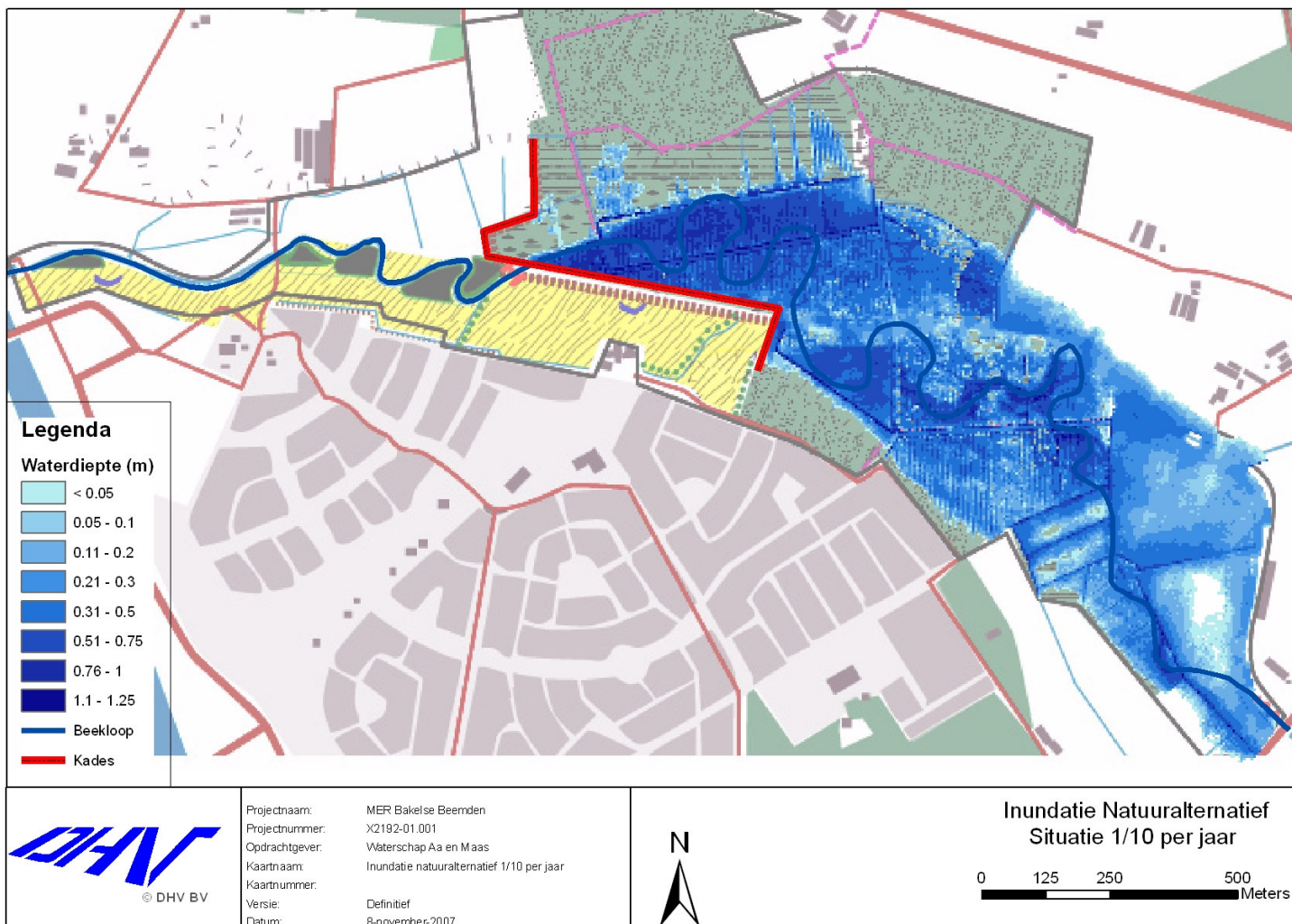
F (033) 468 28 01

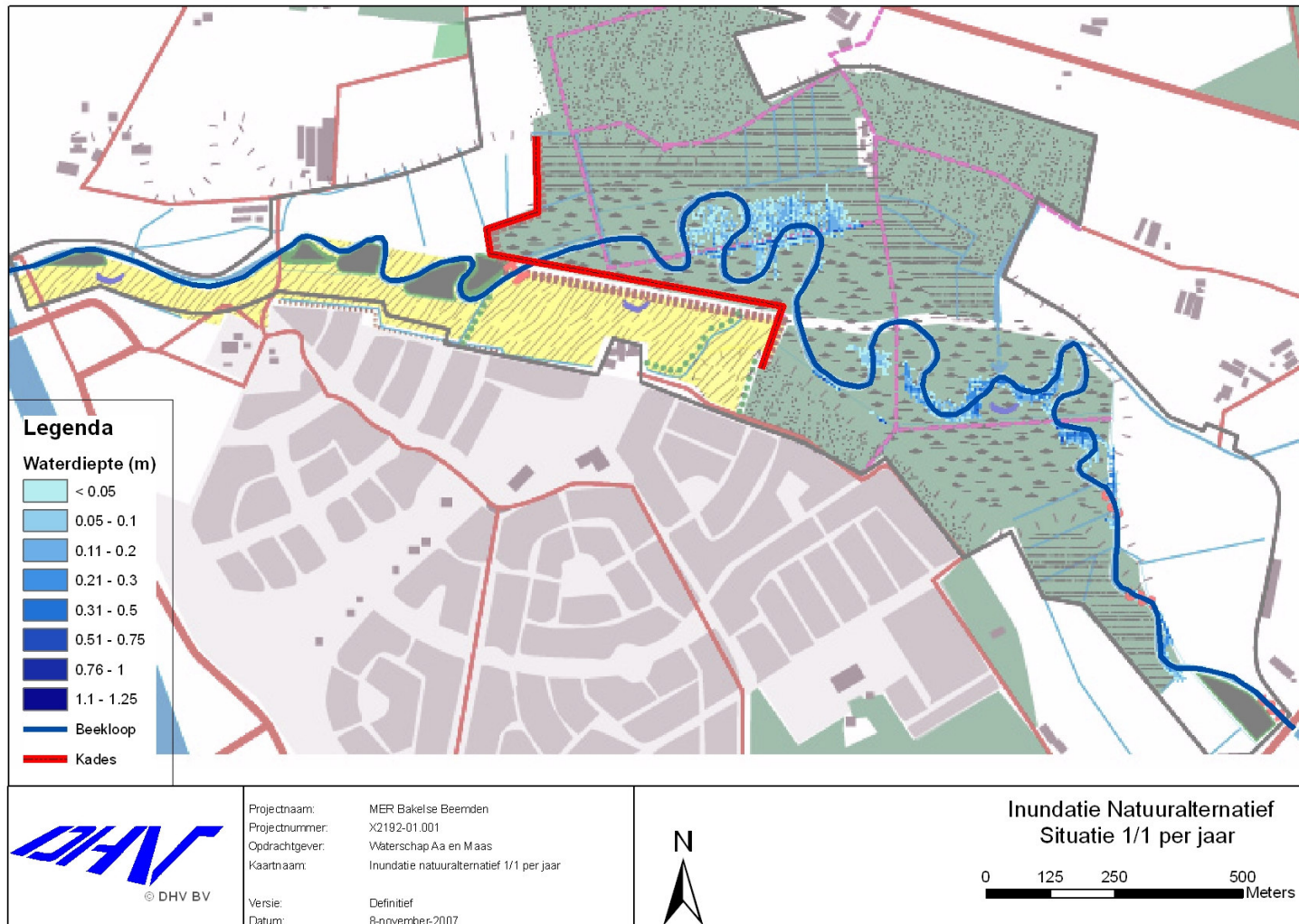
E info@dhv.nl

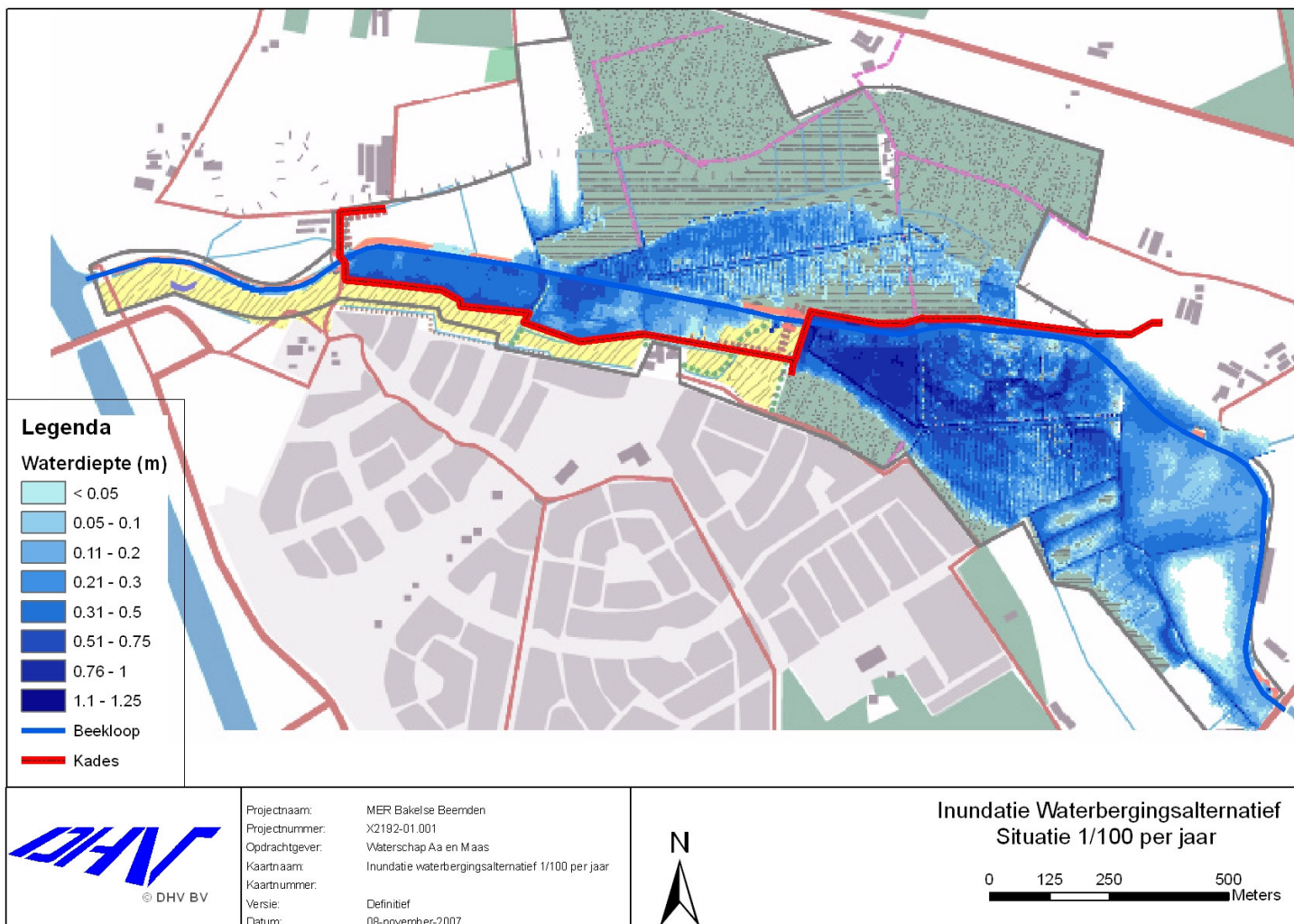
www.dhv.nl

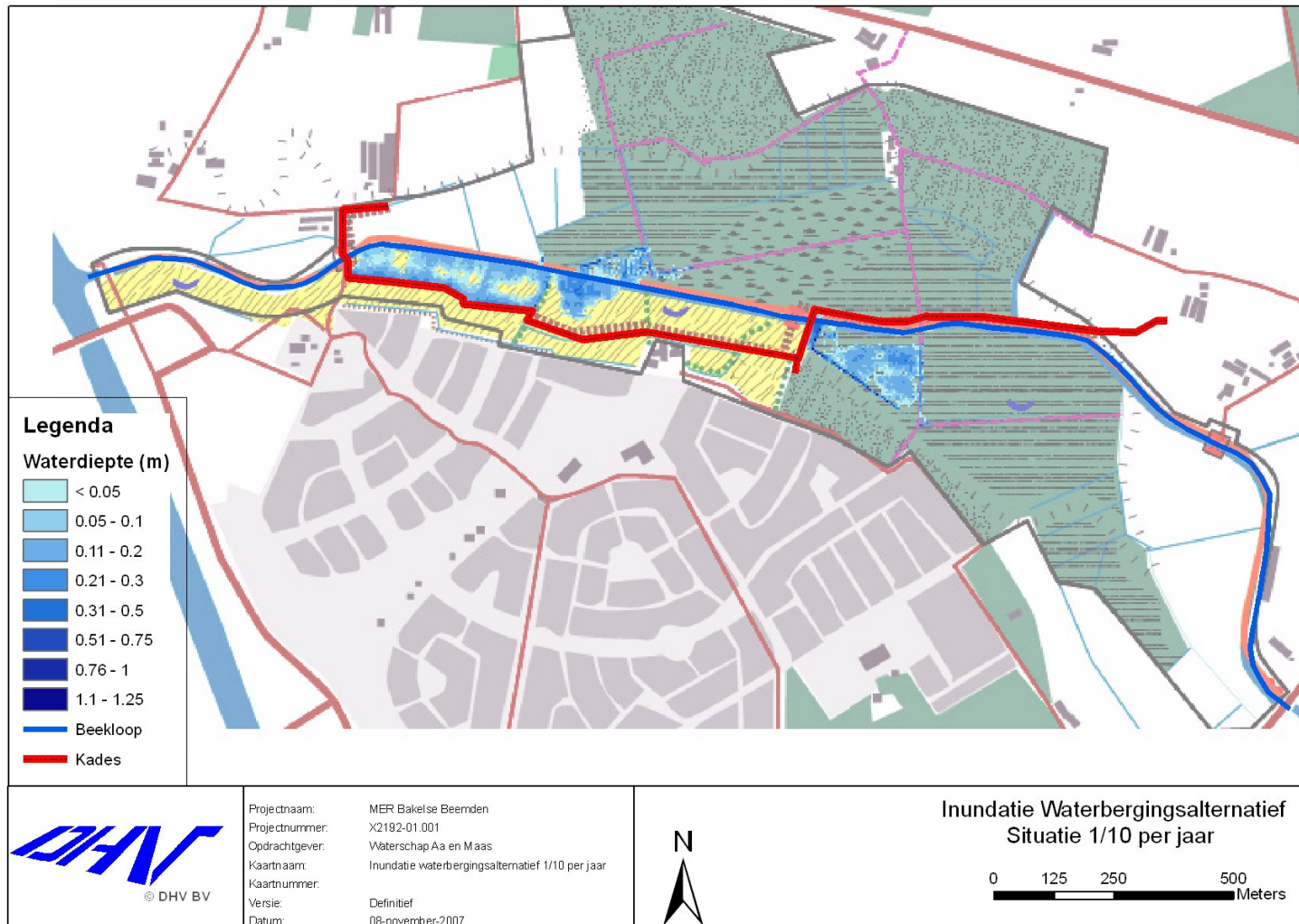
BIJLAGE 1 Inundatiebeelden



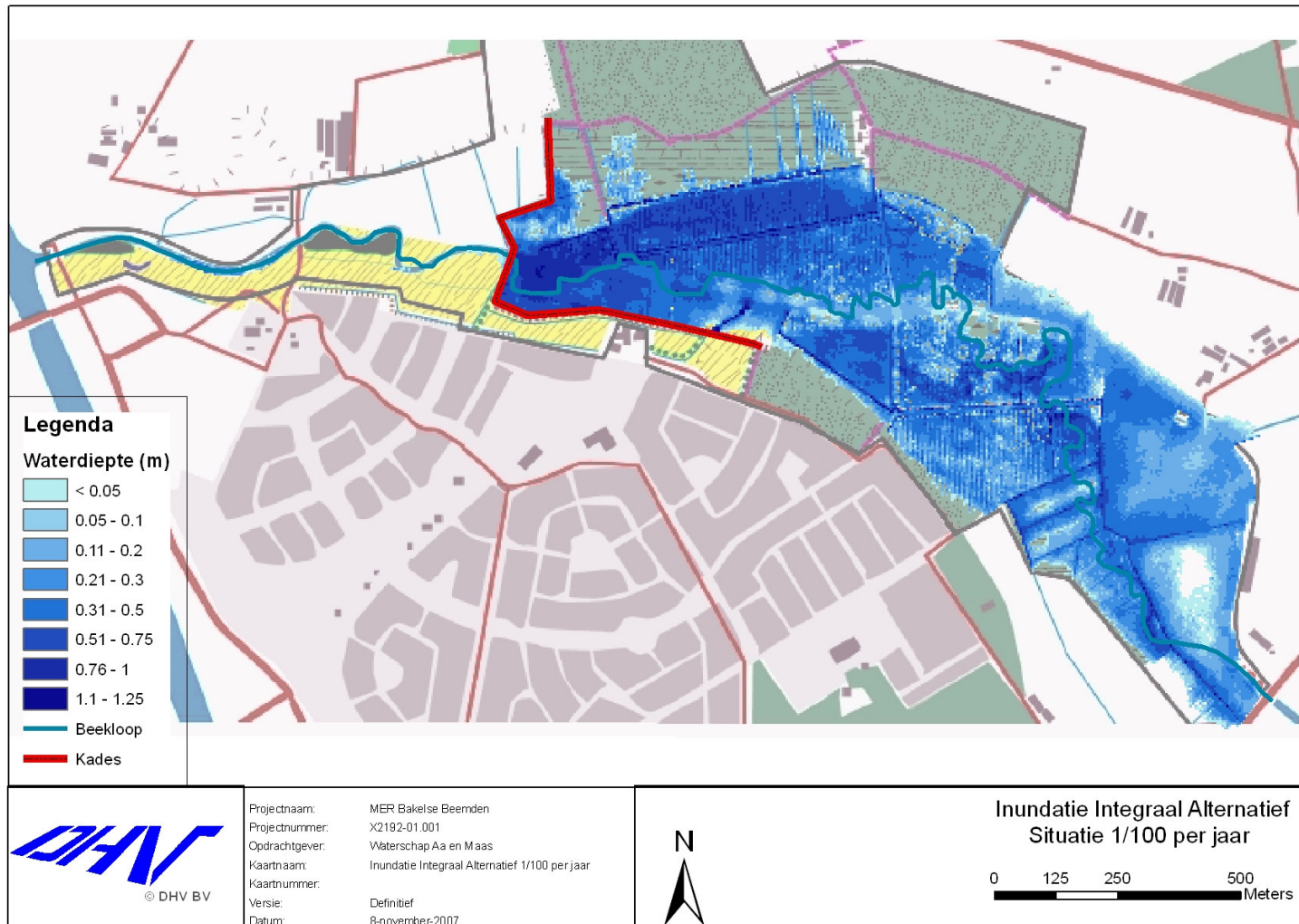


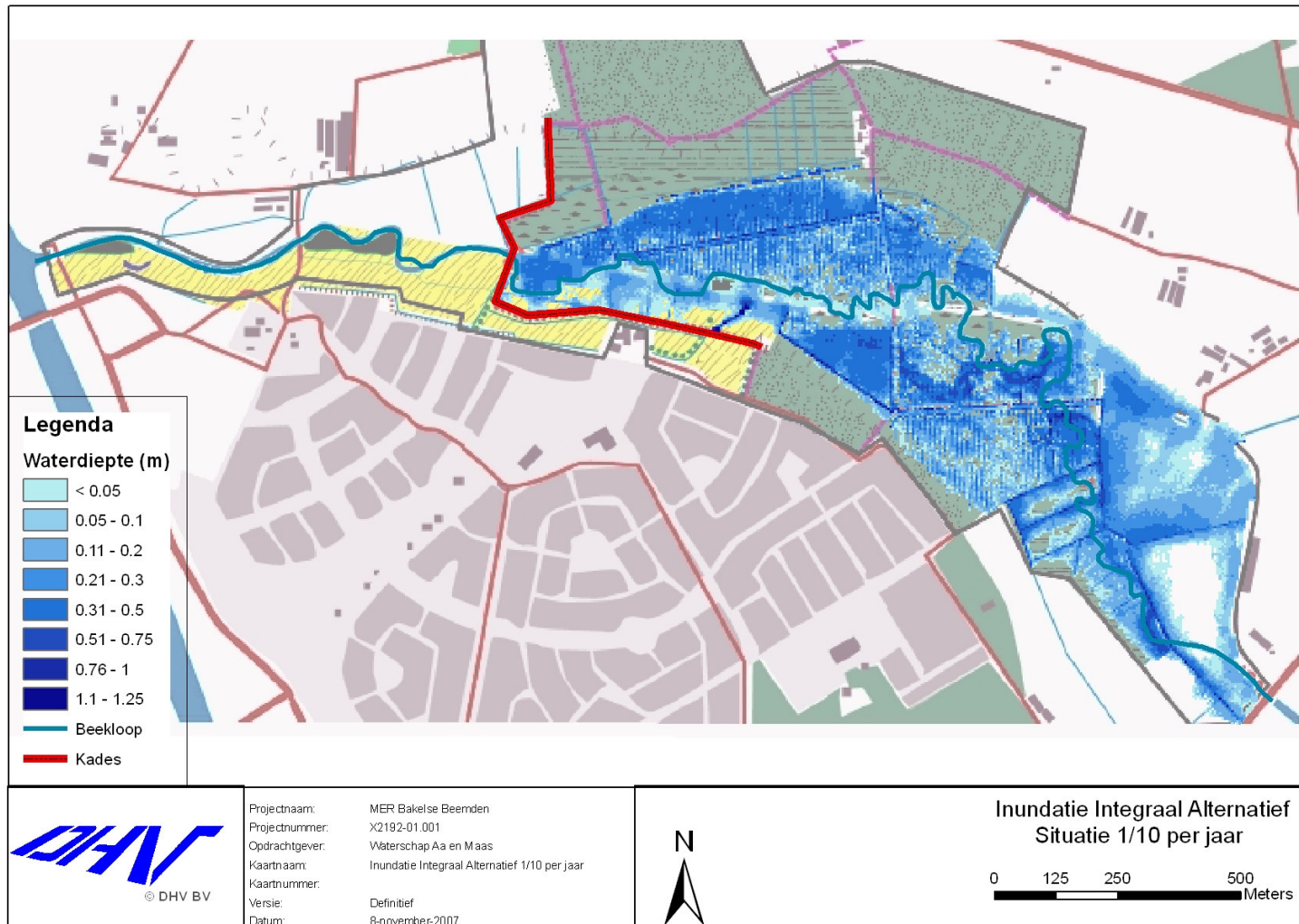






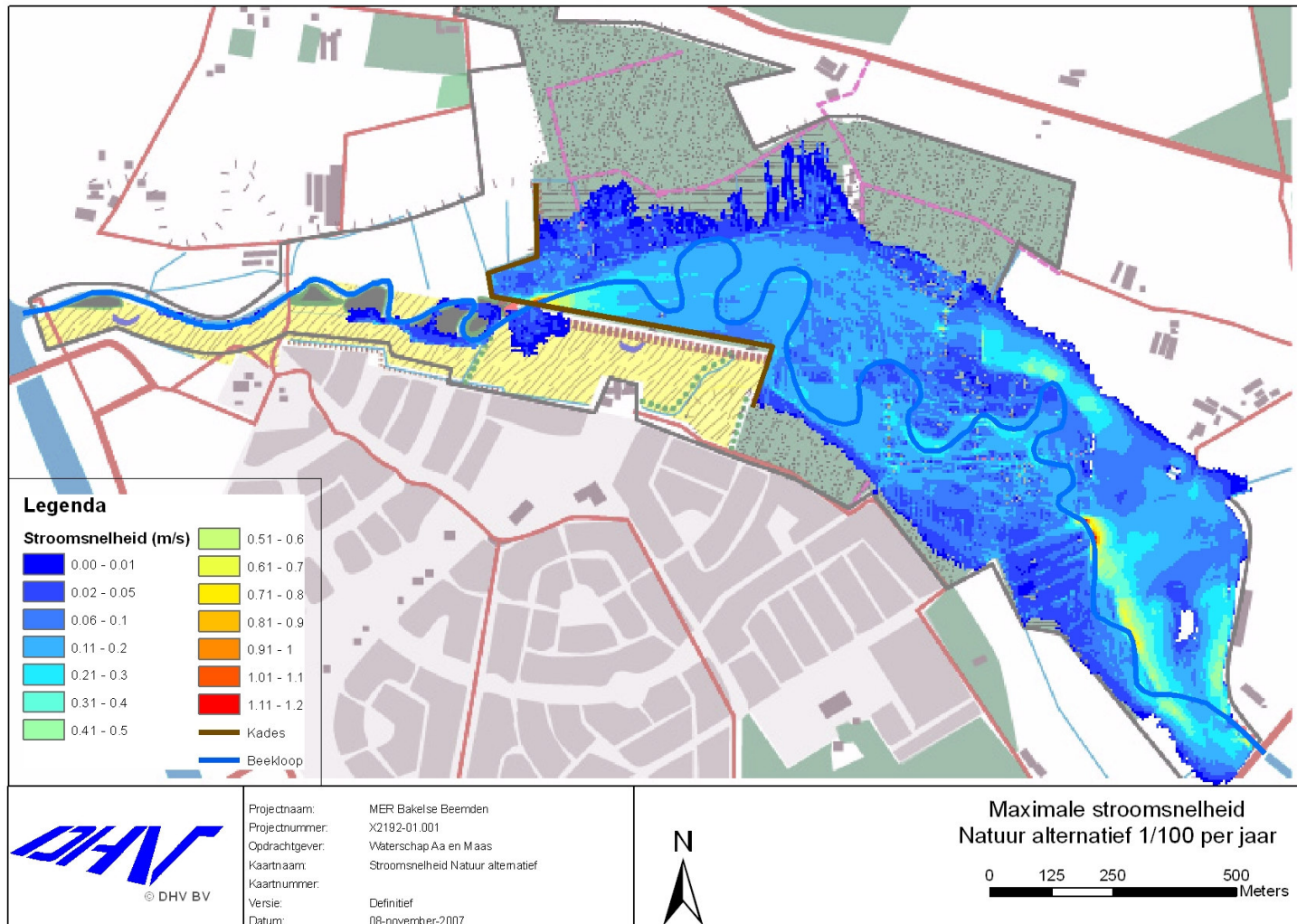
Geen inundatiesituatie 1/jaar

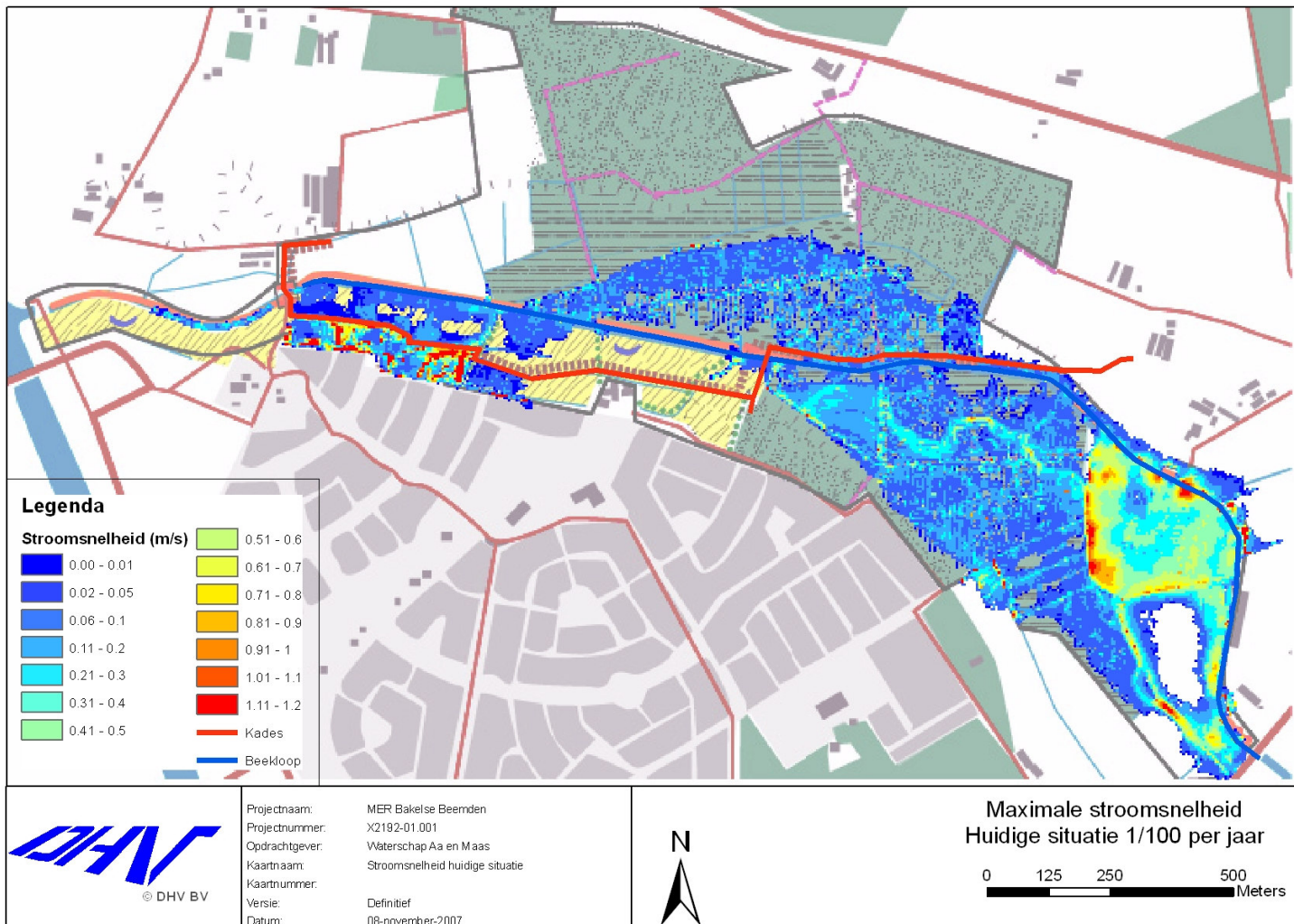




Geen inundatie situatie 1/jaar

BIJLAGE 2 Stroomsnelheid





DHV B.V.

BIJLAGE 3 Korrelsamenstelling

