Onderzoek en planvorming Beekdal Tongelreep

Piet Verdonschot

Tekst

heidemij

Adviesbureau

PV

Onderzoek en planvorming Beekdal Tongelreep

Tekst

Februari 1991
Rapportnummer 632/ZA91/A477/32743

heidemij
Adviesbureau

923776

INHOUD

		Blz.
VOORWOORD		1
SAMENVATTING		2
1	INLEIDING	7
2	DOELSTELLING EN METHODE VAN ONDERZOEK	9
	2.1 Doelstelling	9
	2.2 Methode van onderzoek	9
3	UITGANGSPUNTEN VOOR ONDERZOEK EN PLANVORMING	12
	3.1 Gebiedsbeschrijving	12
	3.1.1 Uitgangssituatie	12
	3.1.2 Bodemgebruik	13
	3.1.3 Bodemgesteldheid	13
	3.1.4 Hoogteligging	15
	3.1.5 Grondwaterkwaliteit	15
	3.1.6 Waterkwaliteit Tongelreep	16
	3.2 Programma van eisen	17
	3.2.1 Eisen Ministerie van Landbouw en Visserij	17
	3.2.2 Eisen van Waterschap de Dommel	18
	3.2.3 Eisen Provincie Noord-Brabant	19
4	TECHNISCH VOORONDERZOEK	20
	4.1 Hydrologie	20
	4.1.1 Afvoer landelijk gebied op basis van dagwaarnemingen	20
	4.1.2 Afvoer landelijk gebied op basis van uurwaarnemingen	21
	4.1.3 Afvoer stedelijk gebied	22
	4.2 Berekeningsmethode zandtransport	23

INHOUD (vervolg)

			Blz.
4.3	Indicatieve berekeningen technische varianten		25
4.4	Berekeningen technische bouwstenen		27
	4.4.1	Algemeen	27
	4.4.2	Technische beschrijving bouwstenen	27
	4.4.3	Resultaten berekeningen	29
5	ECOLOGISCH ONDERZOEK POTENTIELE VEGETATIE-ONTWIKKELING		31
5.1	Inleiding		31
5.2	Beschrijving potentiële vegetaties		32
	5.2.1	Beekdalvegetaties	32
	5.2.2	Eutrofe zone	34
	5.2.3	Mesotrofe zone	35
	5.2.4	Oligotrofe zone	37
	5.2.5	Bemestingsinvloed	37
	5.2.6	Overzicht potentiële vegetaties	38
5.3	Vegetaties van oever en beek		39
5.4	Eisen aan het abiotisch milieu		42
6	ECOLOGISCH ONDERZOEK POTENTIELE FAUNA-ONTWIKKELING		44
6.1	Inleiding		44
6.2	Huidige situatie		45
6.3	Situatie in het verleden		47
6.4	Beschrijving potentiële ontwikkeling		48
	6.4.1	Kenmerken van een natuurlijke laaglandbeek	49
	6.4.2	Belangrijke factoren voor fauna-ontwikkeling	50
	6.4.3	Potentiële soortengroepen macrofauna	52
	6.4.4	Potentiële ontwikkeling overige fauna	53
6.5	Eisen voor beekinrichting		55

INHOUD (vervolg)

			Blz.
	6.6	Evaluatie van technische bouwstenen	56
7	BASISVARIANTEN		58
	7.1	Inleiding	58
	7.2	Beschrijving basisvarianten	58
	7.3	Evaluatie	62
		7.3.1 Fauna	62
		7.3.2 Vegetatie	63
		7.3.3 Overig	65
8	TECHNISCH-ECOLOGISCHE ONTWERPVARIANTEN		67
	8.1	Beschrijving ontwerpvarianten	67
	8.2	Berekening waterstroming en zandtransport	68
		8.2.1 Uitgangspunten	68
		8.2.2 Resultaten berekeningen	71
	8.3	Ecologische potenties	74
		8.3.1 Vegetatie	74
		8.3.2 Fauna	76
	8.4	Alternatief peilbeheer bij de Kluizerbrug	78
		8.4.1 Aanleiding aanpassing wenspeilen	78
		8.4.2 Mogelijkheden tot peilverhoging bij de Kluizerbrug	79
		8.4.3 Mogelijkheden tot voorkomen van inundatie bij topafvoeren	80
	8.5	Ontwerpvarianten bij een alternatief peilbeheer	81
		8.5.1 Ontwerpvarianten bij verhoogd peil aan de Kluizerbrug	81
		8.5.2 Ontwerpvarianten bij tijdelijk andere debietverdeling	81
		8.5.3 Ontwerpvarianten bij combinatie van beide aanpassingen	82
9	GLOBALE KOSTENRAMING		83

FIGUREN

Figuur 1 Overzicht natuurontwikkelingsproject Achelse Kluis

Figuur 2 Schematische weergave afvoersituatie

Figuur 3 Componenten hydrologische kringloop die voedselrijkdom wortelmilieu bepalen

Figuur 4 Mogelijke ligging van vegetatiezones

Figuur 5 Schema van factoren en hun samenhang die het voorkomen van beekorganismen bepalen

Figuur 6 Habitatdifferentiatie in een beek

Figuur 7 Waardering mate van organische belasting in huidige en toekomstige toestand

Figuur 8 Waardering van het natuurlijke karakter van de profielvormen

Figuur 9 Waardering stroomsnelheidsfactor in de huidige en toekomstige toestand

TEKENINGEN

Tekening 12-1 Overzicht 1:25.000

Tekening 12-2 Situatiekaart 1:5.000

Tekening 12-3 Hoogtelijnen

Tekening 12-4 Variant I

Tekening 12-5 Variant II

Tekening 12-6 Variant III

Tekening 12-7 Variant IV

Tekening 12-8 Variant V

Tekening 12-9 Lengteprofiel 1:10.000/100

Tekening 12-10 Dwarsprofielen 1:100

Tekening 12-11 Drooglegging variant V zonder aanleg cascade

Tekening 12-12 Drooglegging variant V met aanleg cascade

BIJLAGEN

Bijlage A Afvoerdebieten en waterkwaliteitsgegevens

Bijlage A1 Gegevens gemeten debieten Waterschap de Dommel

Bijlage A2 Interpretatie afvoerfrequentie door Waterschap de Dommel

Bijlage A3 Verdeling debieten over kwartalen

Bijlage A4 Uurwaarnemingen

Bijlage A5 Waterkwaliteitsgegevens

Bijlage A6 Macrofauna in de Tongelreep

Bijlage B Bodemkundige gegevens

Bijlage B1 Analysecertificaten

Bijlage B2 Profielbeschrijvingen

Bijlage B3	Verdeling korrelgrootte ten behoeve van zandtransportberekeningen
Bijlage C	Stedelijke afvoeren
Bijlage D	Gegevens bouwstenen
Bijlage D1	Gegevens stroomsnelheden en waterdiepte
Bijlage D2	Gegevens zandtransport
Bijlage D3	Beoordeling technische bouwstenen voor ontwikkeling macrofauna
Bijlage D4	Zandtransport in bovenstrooms traject volgens verschillende methoden
Bijlage E	Profielgegevens van de basisvarianten I t/m V
Bijlage F	Resultaten berekeningen ontwerpvarianten
Bijlage F1	Stroomsnelheden
Bijlage F2	Zandtransport volgens Frijlink
Bijlage F3	Zandtransport volgens Meijer en Peter
Bijlage F4	Waterstanden en drooglegging
Bijlage F5	HYDRA berekening met maatgevende debieten zonder fictieve scheidingswanden in de modellering
Bijlage G	Bovenaanzicht zandvang
Bijlage H	Cascadestuw

Voorwoord

Het natuurontwikkelingsproject Achelse Kluis is het eerste voorbeeldproject voor de herinrichting van beekdalsystemen in Midden-Brabant zoals opgenomen in het Natuurbeleidsplan.

De eerste fase van het project omvat het onderzoek en de planvorming voor de beek en de oeverzones. In dit rapport wordt hiervan verslag gedaan.

Het onderzoek en de planvorming zijn uitgevoerd door Heidemij Adviesbureau, ondersteund door LB&P, Bureau voor landschapsecologisch onderzoek en op persoonlijke titel door dr. ir. P. Verdonschot.

Samenvatting

De eerste fase van het natuurontwikkelingsproject Achelse Kluis omvat het onderzoek en de planvorming voor de beek en de oeverzones. De hoofddoelstelling van de eerste fase van het project is als volgt omschreven: "Het bepalen van het technisch en ecologisch meest optimale ontwerp voor het weer laten meanderen voor de Tongelreep in het traject Achelse Kluis". Hiertoe is onderzoek verricht naar de technische aspecten en de ecologische aspecten.

Bij de planvorming is de methode van "evaluerend ontwerpen" toegepast. Concreet heeft dit gestalte gekregen in:

- het uitvoeren van enkele proefberekeningen met meerdere profielvarianten volgens het huidige tracé (zie hfdst. 4.2.);
- het samenstellen van een 35-tal "bouwstenen" op basis van een technische evaluatie en deels een ecologische evaluatie van de inrichtingsproblematiek bij hermeandering van de Tongelreep. Van deze "bouwstenen" zijn het zandtransportvermogen en de stroomsnelheden bepaald (zie hfdst. 4.3) en zijn de ecologische potenties voor macrofauna geëvalueerd;
- het samenstellen van 5 "basisvarianten" met 10 subvarianten op basis van technische en ecologische evaluatie van bovengenoemde "bouwstenen" (zie hfdst. 7);
- het selecteren van 3 "ontwerpvarianten" waaraan technisch en ecologisch uitwerking is gegeven (zie hfdst. 8.1);
- het technisch nader uitwerken en berekenen van deze varianten (zie hfdst. 8.2 en 8.3);
- het indicatief omschrijven van de mogelijkheden van een alternatief peilbeheer bij de Kluizerbrug en van de daarbij behorende ontwerpvarianten (hfdst. 8.4 en 8.5).

Uitgangspunten

De Tongelreep is omstreeks 1900 gekanaliseerd. De voormalige beekloop is nog op kaart herkenbaar als de grens tussen de gemeente Leende en Valkenswaard. De Tongelreep stroomt vanaf de rijksgrens tot de stuw tussen kaden. Het

totale stroomgebied bovenstrooms omvat ca. 9.100 ha. De afvoeren van de Tongelreep liggen hoofdzakelijk tussen de 0,25 en 1,25 m3/s. De grotere afvoeren tot 2 à 3 m3/s treden met name in het 1e kwartaal op.

Door de in het verleden uitgevoerde ontwaterings- en kavelverbeteringswerken zijn de van nature voorkomende gronden veranderd in goed ontwaterde gronden met een dikke humeuze bovengrond. De grondwatertrap varieert van III in het lage centrale deel tot V en VI op de oost- en westflanken van het plangebied.

De waterkwaliteit van de Tongelreep kon voorheen als matig tot goed beoordeeld worden. De waterkwaliteit is de laatste jaren duidelijk in kwaliteit achteruit gegaan. De beek wordt vooral belast door ongezuiverd huishoudelijk afvalwater vanuit de gemeente Achel. De afvoer van het stedelijk gebied bovenstrooms is indicatief berekend op ca. 2 m3/s één keer per 5 à 10 jaar.

Technisch onderzoek

Om inzicht te krijgen in stroomsnelheden, waterpeilen en zandtransport zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd voor de beek in de bestaande situatie en voor een beek volgens het voormalige gemeentegrenstracé.
In de huidige situatie blijkt het berekende waterpeil bij de Kluizerbrug aanmerkelijk hoger te zijn dan de als uitgangspunt gestelde wenspeilen. Het zandtransporterend vermogen blijkt gering te zijn.

Op basis van de indicatieve berekeningen en een technische en ecologische evaluatie van de inrichtingsproblematiek, zijn "bouwstenen" samengesteld door te variëren in de parameters wandruwheid, verhang, bodembreedte en bochtstraal. Voor de in totaal 36 bouwstenen zijn de stroomsnelheid, het zandtransporterend vermogen en de waterdiepte berekend. De hoeveelheden zand die sedimenteren of eroderen worden bepaald door veranderingen in het zandtransporterend vermogen.

Ecologisch onderzoek

Vegetatie

Het streefbeeld kenmerkt zich door een zo natuurlijk mogelijke, grondwater afhankelijke vegetatie met een zo hoog mogelijke graad van zelfregulatie langs een meanderende beek, die geregeld buiten zijn oevers treedt. Het voorkomen van beekdalvegetaties is vooral afhankelijk van de grondwaterstand en de kwaliteit van het grondwater. De beschrijving van de potentiële vegetaties is beschreven voor een "natuurlijke" situatie en een "cultuurlijke" situatie met begrazing of maaibeheer van drie zones, te weten de eutrofe zone, de mesotrofe zone en de oligotrofe zone. Voorts is een beeld geschetst van de potentiële vegetaties van de beek en de oever. Voor de ontwikkelling van de waardevolle vegetatietypen is het wenselijk dat grondwater van goede kwaliteit weer binnen het bereik van het wortelmilieu komt. Voor de gewenste ontwikkeling van de watervegetaties en van de door inundatie van de beek beïnvloede oevervegetaties is verbetering van de waterkwaliteit noodzakelijk.

Fauna

Op korte termijn verhindert het huidige polysaprobe karakter de ontwikkeling van een natuurlijke beekfauna. Na aanleg zal door het proces van erosie en sedimentatie enerzijds en het vormen van habitatstructuren van grove detritus anderzijds, vanzelf een grotere differentiatie in soortengroepen ontstaan. Echter de potentieel te verwachten soortengroepen macrofauna in het in te richten gedeelte van de Tongelreep zullen verschillen van de toestand in het verleden door een nieuwe combinatie van milieuomstandigheden. De verschillen met voorheen betreffen vooral het gewijzigde afvoerregiem en de veranderingen in waterkwaliteit.

Deze nieuwe combinatie aan milieu-omstandigheden (hogere organische belasting en minder natuurlijke hydrologie) zal door een nieuwe soortencombinatie worden ingevuld. Voor het beschrijven van de potentiële soortengroepen in de Tongelreep is daarom gekozen voor de habitatbenadering.

Elke soort bewoont een min of meer bekend habitat. Per soort is bekeken welk habitat voornamelijk wordt bewoond, hoe de relatie is met de mate van organische belasting, hoe de relatie is met de stroomsnelheid en hoe de relatie is met een natuurlijk beekkarakter.

Naast macrofauna is kort ingegaan op de potentiële ontwikkeling van vissen, amfibieën, reptielen en vogels.
Voor een optimale ontwikkeling van de fauna in de Tongelreep is het met name van belang dat de waterkwaliteit sterk verbeterd, dat het zandtransport binnen zekere marges blijkt en het profiel zodanig wordt gedimensioneerd dat bladeren, takken en stammen in de beek kunnen blijven liggen.

Ontwerpvarianten

Voor het samenstellen van ontwerpvarianten voor de Tongelreep op basis van het programma van eisen en de bouwstenen, is gekozen voor de benadering van het realiseren van een eenvoudig raamwerk, waarbinnen de beek in de loop van de tijd zelf voor verder gaande differentiatie zorgt. Voor de ontwikkeling van de fauna zullen de gewenste substraatmozaieken en organische structuren pas in de loop van vele jaren spontaan ontstaan door erosie en sedimentatie en door begroeiing, beschaduwing en inval van bladeren en takken.

In basis van een evaluatie van bouwstenen en rekening houdend met technische randvoorwaarden en ecologische eisen zijn 5 basisvarianten samengesteld.
Het betreft:

- basisvariant I : huidige gemeentegrenstracé;
- basisvariant II : grote tracélengte met grove meandering;
- basisvariant III: grote tracélengte met combinatie van licht en fijne meandering;
- basisvariant IV : lichte meandering;
- basisvariant V : combinatie van lichte en grove meandering.

Wat betreft dwarsprofielen is in alle varianten onderscheid gemaakt in een trapeziumvormig profiel in het begintraject en een bochtprofiel in het sterker meanderende traject.

De vijf basisvarianten zijn op grond van de criteria stabiliteit, variatie

en abiotisch milieu en de mate van onderhoud beoordeeld. Op basis hiervan zijn drie varianten geselecteerd en technisch-ecologisch verder uitgewerkt.

Met vooraf omschreven uitgangspunten zijn voor de drie varianten hydraulische berekeningen en zandtransportberekeningen uitgevoerd. De uitgangspunten betreffen de debieten, de aansluitpeilen en het vooralsnog niet realiseren van een tijdelijke omleidingssloot. De beekbodem is zodanig diep gelegd dat vrijwel geen inundatie optreedt. Na verbetering van de waterkwaliteit kan inundatie worden gerealiseerd door middel van het aanleggen van een cascade. De drooglegging van de oeverzone in het groeiseizoen zonder aanleg van een cascade varieërt van 0,50 m tot meer dan 1,0 m. Indien een cascade wordt aangelegd wordt de drooglegging aanzienlijk minder.

Aanleg van een zandvang nabij de Kluizerbrug is in alle varianten nodig omdat het bodemverhang benedenstrooms verminderd.

Tot slot zijn globaal de mogelijkheden omschreven van peilverhoging nabij de Kluizerbrug om een grotere stroomsnelheid en een groter zandtransport benedenstrooms te kunnen realiseren. Voorts zijn globaal de mogelijkheden aangegeven voor het realiseren van een omleidingssloot om daarmee al in de beginfase een geringere drooglegging van de oeverzones te realiseren.

1 INLEIDING

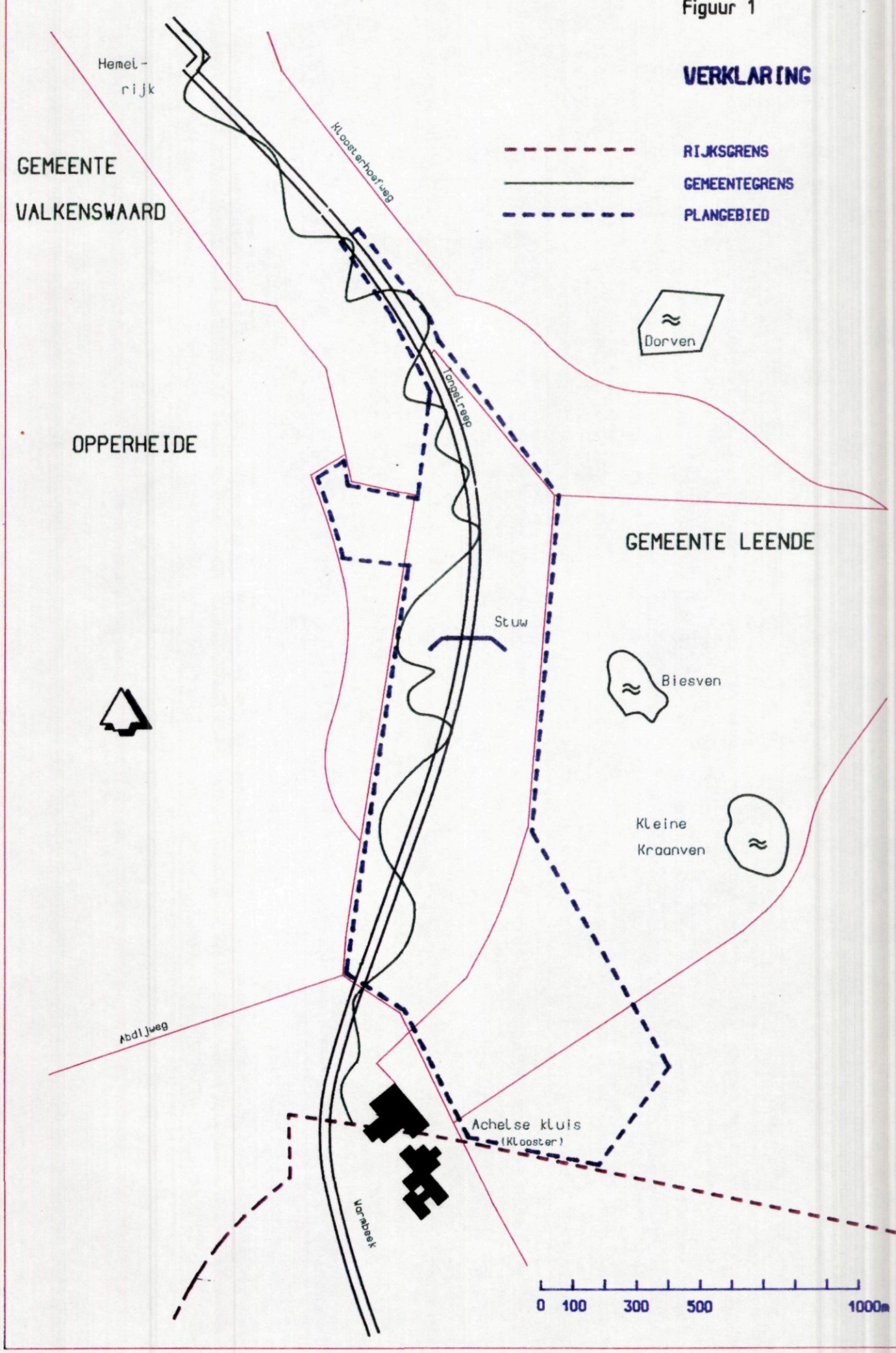
Het beekdal van de Tongelreep ter plaatse van de Achelse Kluis is tezamen met de aangrenzende natuur- en bosgebieden van de Boswachterij Leende opgenomen in de ecologische hoofdstructuur van Nederland (Natuurbeleidsplan). De volledige boswachterij vormt tezamen met het aangrenzende deel van het beekdal van de Tongelreep een zogenaamd kerngebied, waar een (inter-)nationaal belangrijk ecosysteem duurzaam behouden en zo mogelijk verder ontwikkeld dient te worden. Beekdalen als dat van de Tongelreep vormen voorts belangrijke bouwstenen voor de ecologische hoofdstructuur. Belangrijke ruggegraat van het natuurontwikkelingsproject Achelse Kluis wordt gevormd door de beek de Tongelreep.

Het natuurontwikkelingsproject Achelse Kluis geldt als voorbeeld voor het project "Beekdalsystemen Midden-Brabant" uit het Natuurbeleidsplan. Hierbij wordt natuurontwikkeling nagestreefd door het (opnieuw) creëren van meandering en door het aanpassen van (peil)beheer en onderhoud. Het natuurontwikkelingsproject Achelse Kluis zal vorm dienen te krijgen op de aangekochte ca. 100 ha landbouwgrond en enkele ha bos gelegen in het beekdal van de Tongelreep in de gemeenten Valkenswaard en Leende (figuur 1).

Het natuurontwikkelingsproject Achelse Kluis dient in nauwe samenhang te worden gezien met het aangrenzende bos- en natuurgebied Leenderbos/Groote Heide. Dit gebied fungeert als inzijgingsgebied voor het kwelwater dat in het beekdal van de Tongelreep naar boven komt. Hierdoor kan een duurzaam hydrologisch systeem van inzijging en kwel ten behoeve van de functie natuur worden ontwikkeld, zonder negatieve beïnvloeding van de kwantiteit en kwaliteit door andere functies.

Het streefbeeld voor het natuurontwikkelingsproject Achelse Kluis is een natuurlijk beekdallandschap met een meanderende beek. Natuurontwikkeling zal daarbij zoveel mogelijk procesgericht dienen plaats te vinden. Specifiek voor de Tongelreep is het streven zoveel mogelijk in te spelen op erosie, sedimentatie, inundatie en variatie in stroomsnelheid. De waterafvoer dient in principe zonder kunstwerken en oeverbescherming plaats te vinden.

Figuur 1



PRODUCED BY BN
ON 22 / 05 / 90 AT 09 : 21

DRAWING FILENAME KAART3.DWG
PLOTTED AT SCALE 1/1

De ideeën zoals verwoord in de notitie Natuurontwikkeling Achelse Kluis (NMF Noord-Brabant, 1990) gaan uit naar het graven van een overgedimensioneerde beek in meanderpatroon, waarbij langs de beek ondiepe moeraszones kunnen ontstaan. Voor het bepalen van het tracé en de technische maatregelen is nader onderzoek gewenst. Daarbij gelden randvoorwaarden ten aanzien van het afvoerpatroon, het zandtransport en het onderhoud.

Het gehele natuurontwikkelingsproject Achelse Kluis omvat 3 fasen, te weten:

- Onderzoek en planvorming beek en oeverzones
- Onderzoek en planvorming overige gebied
- Besteksvoorbereiding en uitvoering

In dit rapport wordt verslag gedaan van het onderzoek en de planvorming ten behoeve van de inrichting van de beek en de oeverzones van de Tongelreep.

2 DOELSTELLING EN METHODE VAN ONDERZOEK

2.1 D o e l s t e l l i n g

"Het project Achelse Kluis is erop gericht om een zo ideaal mogelijke, abiotische uitgangssituatie te realiseren voor een spontane natuurlijke ontwikkeling van een beekdallandschap met daarbinnen een meanderende beek (middenloop van het laaglandtype op Middenbrabantse pleistocene zandgronden) met de daarbij behorende levensgemeenschappen, afgestemd op en in ecologische samenhang met de omliggende bos- en natuurgebieden."

De hoofddoelstelling van de 1e fase van het project, te weten het onderzoek en de planvorming voor de beek en de oeverzones, kan als volgt worden omschreven:

"Het bepalen van het technisch en ecologisch meest optimale ontwerp voor het weer laten meanderen van de Tongelreep in het traject Achelse Kluis".

Deze hoofddoelstelling is vertaald in de volgende drie subdoelstellingen:
- onderzoek naar de technische aspecten;
- onderzoek naar de ecologische aspecten;
- opstellen technisch-ecologische ontwerp-varianten voor de beek en oeverzones.

2.2 M e t h o d e v a n o n d e r z o e k

<u>Onderzoek technische aspecten</u>

Het onderzoek naar de technisch aspecten omvat de volgende onderdelen:
- bepalen van het afvoerpatroon van de Tongelreep;
- het samenstellen van technische varianten voor de beek (bouwstenen);
- het berekenen van stroomsnelheden/waterstanden en mate van erosie en sedimentatie.

Onderzoek ecologische aspecten

Het onderzoek naar de ecologische aspecten omvat het omschrijven van de potentieel ecologische milieu's in de beek en oeverzones. Het bestaat uit de volgende onderdelen:

- bepalen potentiële fauna;
- bepalen potentiële vegetatietypen;
- formuleren van programma van eisen;
- evalueren van ontwerpvarianten.

Het ecologisch onderzoek is toegespitst op vegetatie en (macro-)fauna, omdat hierover veruit de meeste kennis aanwezig is. Bovendien gelden vegetatie en fauna (met name macrofauna) als beste indicatoren voor het gehele beeksysteem. Van de microflora in beken (diatomeeën) evenals van de entomologie is nog weinig onderzocht.

Opstellen technisch-ecologische ontwerp-varianten

Het opstellen van de technisch-ecologische ontwerp-varianten voor de beek en oeverzones valt uiteen in de volgende onderdelen:

- het opstellen van 3 ontwerp-varianten met tracering, lengteprofiel en dwarsprofielen;
- het omschrijven van potentiële fauna en vegetatie;
- het opstellen van een globale kostenraming.

Bij het uitgevoerde onderzoek en de planvorming is de methode van "evaluerend ontwerpen" toegepast. Concreet heeft dit gestalte gekregen in:

- het uitvoeren van enkele proefberekeningen met meerdere profielvarianten volgens het huidige tracé en het gemeentegrenstracé (zie hfdst. 4.2);
- het samenstellen van een 35-tal "bouwstenen" op basis van een technische evaluatie en deels een ecologische evaluatie van de inrichtingsproblematiek bij hermeandering van de Tongelreep. Van deze "bouwstenen" zijn het zandtransportvermogen en de stroomsnelheden bepaald (zie hfdst. 4.3) en zijn de ecologische potenties voor ma-

crofauna geëvalueerd;

- het samenstellen van 5 "basisvarianten" met 10 subvarianten op basis van technische en ecologische evaluatie van bovengenoemde "bouwstenen" (zie hfdst. 7);
- het selecteren van 3 "ontwerpvarianten" waaraan technische en ecologische uitwerking is gegeven (zie hfdst. 8.1);
- het technische nader uitwerken en berekenen van deze varianten (zie hfdst. 8.3);
- het indicatief omschrijven van de mogelijkheden van een alternatief peilbeheer bij de Kluizerbrug en van de daarbij behorende ontwerpvarianten (hfdst. 8.4 en 8.5)

3 UITGANGSPUNTEN VOOR ONDERZOEK EN PLANVORMING

3.1 G e b i e d s b e s c h r i j v i n g

3.1.1 Uitgangssituatie

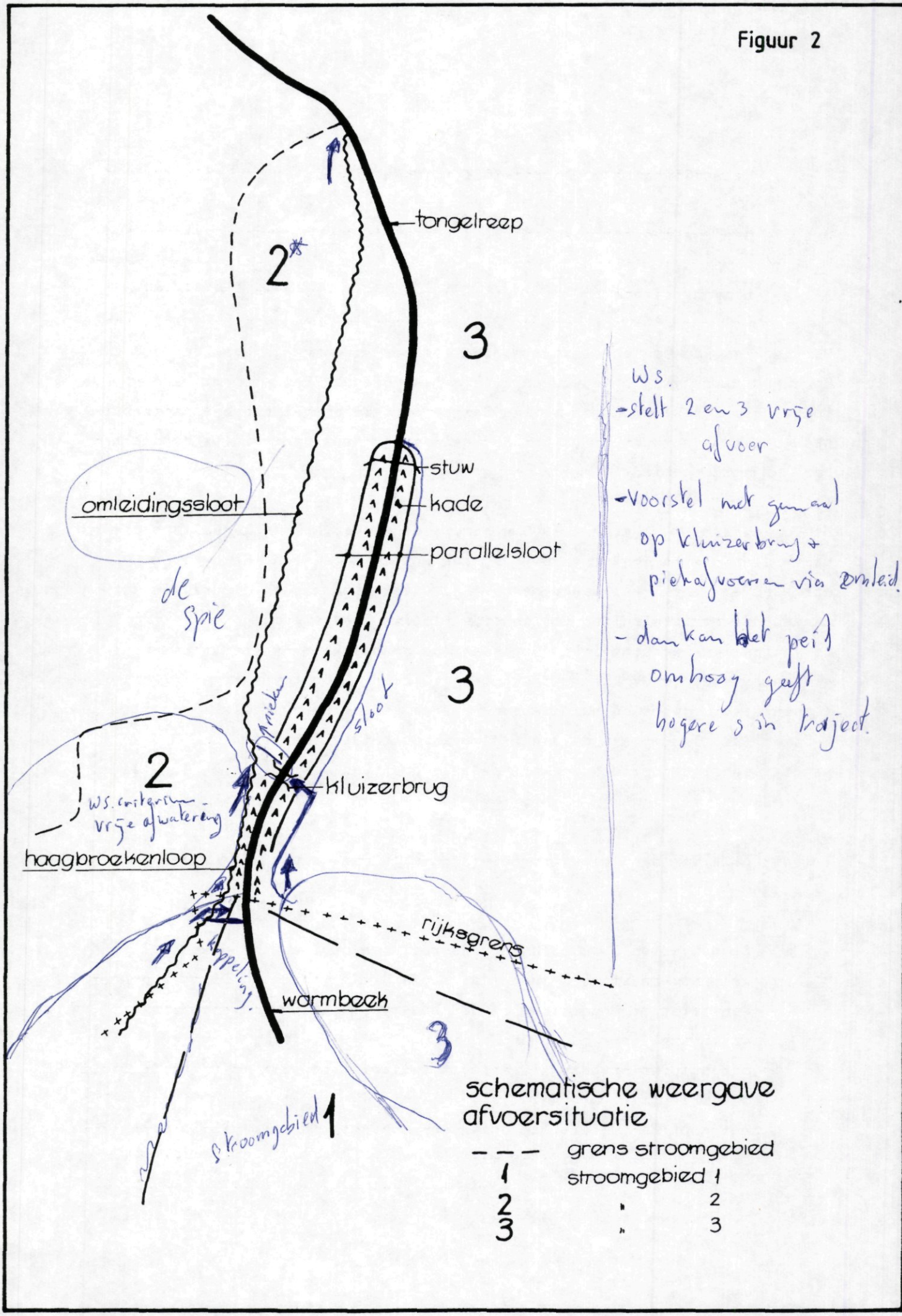
Het beekdal van de Tongelreep behoort tot het stroomgebied van de Dommel. Het beekdal is vrij breed en relatief vlak gelegen. Het stroomgebied van de Tongelreep strekt zich tot ver in België uit. De Tongelreep heet hier Warmbeek. De beek stroomt hier voor een belangrijk deel door een uitgestrekt bos- en natuurgebied.

De Tongelreep is omstreeks 1900 gekanaliseerd. Vanuit het kanaal Bocholt naar Herentals kan water in de Warmbeek worden ingelaten. Het via de Warmbeek en Tongelreep aangevoerde "Maaswater" kon in droge perioden worden aangewend voor bevloeiing (zogenaamde vloeiweide-systeem).
De voormalige beekloop is nog op kaart herkenbaar als de grens tussen de gemeente Leende en Valkenswaard. De Tongelreep stroomt vanaf de (Ludgardisbrug) tot de huidige stuw tussen kaden. Het verval bij de stuw bedraagt ca. 1,5 m. Aan de landzijde van de beide kaden zijn afwateringssloten gelegen, die benedenstrooms van de stuw in de Tongelreep uitmonden.

Bovenstrooms van de Kluizerbrug bevinden zich een drietal stroomgebieden (fig. 2).

a) Stroomgebied 1 omvat de hoofdstroom van de Tongelreep en is in kaden gelegen. De afvoer vindt plaats via de Kluizerbrug. Deze brug heeft een relatief hoge bodem zonder bodemverdediging en veroorzaakt opstuwing.
Het huidige afvoerpeil varieert van 26,11 bij 2,2 m3/s tot 26,51 bij 5,0 m3/s (zie par. 4.2.1).
Het door het Waterschap opgegeven wenspeil is NAP + 25,85 m bij 2,2 m3/s tot 26,45 m bij 5,0 m3/s.

Figuur 2


tongelreep
2*
3
stuw
kade
parallelsloot
omleidingssloot
de Spie
3
2
ws. criterium vrije afwatering
kluizerbrug
haagbroekenloop
rijksgrens
warmbeek
3
stroomgebied 1
W.S.
-stelt 2 en 3 vrije afvoer
-voorstel met gemaal op kluizerbrug + piekafvoeren via omleid.
- dan kan het peil omhoog geeft hogere s in traject
schematische weergave afvoersituatie
grens stroomgebied
stroomgebied 1
2 " 2
3 " 3

b) Stroomgebied 2 omvat het gebied dat momenteel via de westelijkste leiding ter hoogte van de Kongo in de Tongelreep loost. Als gevolg hiervan heeft dit gebied lagere peilen dan de directe omgeving. Omdat het waterschap uitgaat van vrije lozing van dit gebied op de Tongelreep bij de Kluizerbrug heeft het waterschap wenspeilen geformuleerd die 0,25 m lager zijn dan die van stroomgebied 1 (zie a).

c) Stroomgebied 3 omvat een gebied dat momenteel via een oostelijk parallelsloot benedenstrooms van de stuw op de Tongelreep loost. In alle ontwerpvarianten is uitgegaan van volledige afvoer van dit gebied op de Tongelreep bij de Kluizerbrug.

3.1.2 Bodemgebruik

Het totale stroomgebied ter plaatse van de Belgische grens, bovenstrooms van de Achelse Kluis omvat 9150 ha. Op basis van de meest recente topografische kaart is door planimetreren de verdeling van de grondgebruiksvormen bepaald. Deze is als volgt:

- ca. 26% bos
- ca. 5% heide
- ca. 32% akker
- ca. 31% grasland
- ca. 5% bebouwing, infrastructuur, overig

3.1.3 Bodemgesteldheid

In het kader van de voorbereiding van het project Tongelreep heeft in juni 1990 een aanvullende bodemkartering plaatsgevonden (Landinrichtingsdienst). Uit deze kartering blijkt dat het overgrote deel van het onderzoeksgebied bestaat uit enkeerdgronden, met een humushoudende bovengrond van meer dan 50 cm, en gooreerdgronden met een humushoudende bovengrond van 15-30 cq. 30-50 cm. De textuur van de bovengrond varieert van een fijn tot matig fijn, sterk tot zeer sterk lemig zand. In de ondergrond komt laagsgewijs (zeer) grof zand met enig grind voor. Nabij de Kluizerbrug liggen enkele hectaren

moerige grond, met een ca. 15-20 cm dik zanddek. Aan de noordzijde liggen enkele hectaren veldpodzolgronden in zeer tot matig fijn, sterk lemig zand en een 30-50 cm dikke humushoudende bovengrond. De oostrand van het gebied bestaat uit laarpodzolgronden met een > 50 cm dikke humeuze bovengrond. Met name in het centrale deel van het onderzoeksgebied rondom de gemeentegrens, komen moerige- en veenlagen voor op een diepte tussen 40-50 en ca. 160 cm beneden maaiveld. De dikte van deze lagen, die liggen ter plaatse van verlande meanders, varieert van 20 tot meer dan 60 cm. Tevens zijn in hetzelfde deel van het onderzoeksgebied over grotere oppervlakken leemlagen aanwezig. De dikte varieert van 20 tot meer dan 50 cm.

De in het verleden uitgevoerde ontwaterings- en kavelverbeteringswerken blijken duidelijk uit de gevonden bodemopbouw. De van nature voorkomende (naar verwachting vooral moerige en natte eerd-) gronden, zijn diep bewerkt tot goed ontwaterde gronden met een dikke humeuze bovengrond met ruime agrarische gebruiksmogelijkheden. Dat de agrarische gebruiksmogelijkheden sterk zijn gewijzigd, blijkt onder meer uit het feit dat in grote delen van het beekdal, dat van oorsprong vooral als grasland in gebruik was, tot voor kort snijmais werd verbouwd. Plaatselijk wordt wateroverlast ondervonden als gevolg van hoge grondwaterstanden door schijnspiegels. De grondwaterstanden variëren van < 40 tot 80 à 120 cm beneden maaiveld (grondwatertrap III) in het lage centrale deel van het gebied. De oost- en westflanken van het onderzoeksgebied hebben een grondwaterstand tussen 40 en 80 en meer dan 120 cm beneden maaiveld (grondwatertrap V en VI).

Ten behoeve van de berekening van het zandtransport zijn bodemmonsters genomen voor de bepaling van de korrelgrootteverdeling ter plaatse van de mogelijk toekomstige beektracés.

Op 5 plaatsen (zie tekening 2) zijn ca. tien boringen verricht tot 1,5 m beneden maaiveld. Vervolgens zijn van de bodemlaag van 0,50 tot 1,50 m beneden maaiveld mengmonsters samengesteld, die bij het laboratorium BIOCHEM voor analyse zijn aangeboden. De resultaten van de analyses zijn opgenomen in bijlage B

3.1.4 Hoogteligging

Door het Waterschap De Dommel zijn landmeetkundige gegevens beschikbaar gesteld van dwarsprofielen van de Tongelreep (1961). Voorts zijn door de opdrachtgever hoogtegegevens verzameld en dwarsprofielen bovenstrooms van de landsgrens gemeten en beschikbaar gesteld. Tot slot zijn enkele hoogtegegevens ontleend aan het rapport van de ruilverkaveling Schaft. In tekening 12.3 zijn de hoogtelijnen weergegeven.

3.1.5 Grondwaterkwaliteit

Er zijn twee raaien buizen, met filterdieptes variërend van enkele tot 25 meter beneden maaiveld, dwars op het beekdal in het natuurontwikkelingsgebied geplaatst (Landinrichtingsdienst, 1990). Het aangetroffen grondwater varieert van zeer zacht tot matig hard (respectievelijk F* tot F1 volgens de indeling van Stuyfzand). Met name in de ondiepere filters zijn hoge Chloride gehaltes aangetroffen.

Monsters afkomstig uit filters langs de beekdalflank tonen een zacht watertype (Stuyfzandtype F*). In de noordelijke raai worden in de monsters afkomstig van 25 m diepte iets hogere kalkgehaltes aangetroffen: zacht Calciumbicarbonaatwater, Stuyfzandtype Fo. In de zuidelijke raai worden over het algemeen iets hogere kalkgehaltes aangetroffen dan in de noordelijke raai.

Opvallend is dat niet in de diepste filters (25 m-mv) maar juist in de filters tussen 2 en 5 meter beneden maaiveld de hoogste kalkgehaltes worden aangetroffen: F1-CaHCO3 (in buis 9) en F1 typen van weliswaar vervuilde monsters afkomstig uit filters op 2 en 5 meter beneden maaiveld (buis 10 en 12). Dit duidt op de eventuele aanwezigheid van een meer lokaal kwelsysteem vanuit de hogere beekdalflanken. Hierbij kan gedacht worden aan een systeem zoals door Garritsen (1988) voor de Dommelbeemden is geschetst.

De overwegend lage kalkgehaltes ook in filters op 25 meter beneden maaiveld en de soms hogere gehaltes op geringere diepte duiden erop dat er waarschijnlijk geen (of weinig) "kwel" van relatief mineralenrijk grondwater

vanuit de diepere watervoerende pakketten optreedt. Dit is in overeenstemming met informatie zoals opgenomen in het waterhuishoudingsplan van de provincie Noord-Brabant: "Werken aan water", waarin op een kaart het beekdalgedeelte in het natuurontwikkelingsgebied is gesitueerd in een "on-diep" kwelgebied (Provincie Noord-Brabant, 1990). In het beekdal van de Tongelreep zal daarom nooit sprake zijn van kalkrijke omstandigheden in het wortelmilieu van vegetaties zoals in beekdalen waar wel zg. "diepe" kwel plaatsvindt (bijvoorbeeld in het beekdal van de Strijper Aa, de ten oosten van de Tongelreep gelegen beekdalvertakking van de Dommel).

Ook voor wat betreft de vervuiling van het grondwater sluiten de waterkwaliteitsgegevens goed aan bij het waterhuishoudingsplan van de provincie Noord-Brabant. Hierin wordt aangegeven dat zowel het grondwater tussen 0 en 10 meter als ook, zij het in mindere mate, het grondwater tussen 20 tot 30 meter diepte, antropogeen beïnvloed is.

3.1.6 Waterkwaliteit Tongelreep

De Warmbeek/Tongelreep is een genormaliseerde beek die in het grensgebied gekenmerkt wordt door relatief hoge stroomsnelheden van 45-80 cm/s. Organische verontreiniging vindt plaats binnen de gemeente Achel, waar ongezuiverd huishoudelijk afvalwater via de Haagbroekerloop geloosd wordt op de Warmbeek/Tongelreep juist voor de Nederlandse grens.

Beoordeling van de hydrobiologische gegevens volgens de kwaliteitsindex van Gardeniers en Tolkamp, de zogenaamde K 135-index, leidt tot een slechte (voorjaar: klasse 3) tot zeer slechte (najaar: klasse 2) waterkwaliteit (GTD en Grenswatercommissie, 1989). Beoordeling van dezelfde gegevens volgens de biotische index geeft een iets beter beeld (klasse 4: slecht). Ook het Belgisch onderzoek geeft een wat betere beoordeling met klasse 5 (matig). De IMP-index van 7 indiceert en goede zuurstofhuishouding. Op basis van de diatomeëengegevens moet de mate van vervuiling als ernstig en de zuurstoftoestand in de zomer als slecht worden gekenschetst. In het najaar treedt een verbetering op in de zuurstoftoestand (matig). De macrofauna levensgemeenschap van de beek bestaat noodzakelijk uit enkele soorten

vedermuglarven, bloedzuigers en wormen (zie verder par. 6.2).

Ten opzichte van 1986 is de Warmbeek/Tongelreep de laatste twee jaren beduidend in kwaliteit achteruit gegaan. Voorheen kon de kwaliteit van matig tot goed beoordeeld worden. In 1988 was ten opzichte van 1987 geen duidelijke verbetering in kwaliteit waarneembaar (Grenswatercommissie, 1990).

Uit het nog lopende onderzoek van de Rijksuniversiteit Utrecht blijkt dat de waterkwaliteit bij hogere afvoeren doorgaans verbeterd. Alleen bij hoge neerslagintensiteit na een langere periode van droogte, kan ten gevolge van afstroming over land de waterkwaliteit tijdelijk verslechteren.

3.2 Programma van eisen

Door de opdrachtgever is een programma van eisen aangereikt. Door de drie direct betrokken overheden zijn de volgende eisen gesteld:

3.2.1 Eisen Ministerie van Landbouw en Visserij.

De inrichting van de beek dient bij aanleg en op langere termijn aan de volgende punten te voldoen:

- de inrichting van de beek moet op zo kort mogelijke termijn leiden tot een zichzelf handhavend dynamisch proces;
- het natuurlijk verhang moet in principe binnen het projectgebied zonder gebruik van kunstwerken worden opgevangen. Indien technisch noodzakelijk mag bij het in- of uitstroompunt hiervan worden afgeweken;
- de afvoer van het stroomgebied moet zoveel mogelijk door het beeksysteem worden afgevoerd;
- erosie en sedimentatie moeten in evenwicht zijn binnen een levend meanderend beeksysteem;
- verdroging en vernatting mogen optreden;
- de beek moet onderhoudsvrij zijn;
- eventuele in samenhang met het project te realiseren kunstwerken/-

hindernissen moeten voor de beekfauna passeerbaar zijn;
- inrichting van de beek moet in ecologisch opzicht leiden tot ontwikkeling van een middenloop van een laaglandbeek op Brabantse pleistocene zandgronden, met de daarbij behorende karakteristieke levensgemeenschappen (terrestrisch en aquatisch).

Voorts dient het hydrologisch systeem van inzijging en kwel van het gebied geoptimaliseerd te worden, zowel in kwalitatief als in kwantitatief opzicht en in samenhang met de landschapsecologische relaties.

3.2.2 Eisen Waterschap De Dommel

De inrichting van de beek dient aan de volgende punten te voldoen:
- geen toename zandlast in het benedenstroomse deel van de Tongelreep;
- permanente garanties voor instandhouding van de waterstaatkundige functie van het gebied en van de (oude of nieuwe) Tongelreep;
- het handhaven en niet beïnvloeden van de waterpeilen bovenstrooms (Warmbeek) en benedenstrooms (Tongelreep) van het projectgebied.

Als nadere invulling van het programma van eisen zijn door het waterschap nog de volgende aanvullende gegevens verstrekt.
Het huidige zandtransporterend vermogen van de Tongelreep wordt geschat op ca. 1000 m3/jaar. De hoeveelheid die in de huidige situatie sedimenteert is niet bekend. Indien voor de stuw een te grote opeenhoping van sediment plaatsvindt, wordt doorgaans de stuw gedeeltelijk gestreken, waardoor het sediment door de stroming wordt meegenomen.

Wat betreft de door het Waterschap de Dommel gewenste waterpeilen zijn de volgende maximum toelaatbare waterpeilen gegeven bovenstrooms van de Kluizerbrug, direct benedenstrooms van de Kluizerbrug en benedenstrooms van het projectgebied ter plaatse van dwarsprofiel 22.

Maximum peilen in Tongelreep bovenstrooms van de Kluizerbrug

- bij wateraanbod van 5 m3/s (1 maal per 10 jaar): 26,45 m + NAP
- bij wateraanbod van 3,5 m3/s (1 maal per jaar) : 26,15 m + NAP
- bij wateraanbod van 2 m3/s (15 maal per jaar) : 25,85 m + NAP

Maximum peilen in Tongelreep direct benedenstrooms van Kluizerbrug bij lozing onder vrij verval van de parallelafwatering:

- bij wateraanbod van 5,5 m3/s : 26,20 + NAP
- bij wateraanbod van 3,85 m3/s : 25,90 + NAP
- bij wateraanbod van 2,2 m3/s : 25,60 + NAP

Maximum peilen in Tongelreep benedenstrooms (nabij dwarsprofiel 22):

- bij wateraanbod van 5,5 m3/s : 25,00 + NAP
- bij wateraanbod van 3,85 m3/s : 24,70 + NAP
- bij wateraanbod van 2,2 m3/s : 24,40 + NAP

3.2.3 Eisen Provincie Noord-Brabant

De planvorming voor dit project moet flexibel, zijn opdat ingespeeld kan worden op nieuwe ontwikkelingen boven- en benedenstrooms van het projectgebied.

4 TECHNISCH VOORONDERZOEK

4.1 H y d r o l o g i e

4.1.1 Afvoer landelijk gebied op basis van dagwaarnemingen

In bijlage A1 is een overzicht gegeven van de gemeten debieten in de Tongelreep uitgedrukt in gemiddelde dagwaarden over de periode januari 1976 tot en met december 1989. Deze gemiddelde dagwaarde is gebaseerd op uurwaarnemingen. Deze gegevens zijn vervolgens door het Waterschap De Dommel verwerkt tot overschrijdingsfrequenties en frequenties van voorkomen van x aantal dagen per jaar. Deze frequenties zijn gebaseerd op dagafvoeren (zie bijlage A2).

Vervolgens zijn deze frequenties door Heidemij Adviesbureau aangepast op een categorie-indeling zoals die bij zandtransport wordt gehanteerd zodanig dat het gegeven debiet het gemiddelde is van een spreidingsbreedte van 0,250 m3/s. Tevens is daarbij onderscheid gemaakt in frequenties per kwartaal. In bijlage A3 is op grafische wijze aangegeven hoe de frequentie van voorkomen van afvoeren over de 4 kwartalen is verdeeld.

Uit de gegevens is het volgende af te leiden:

a). de afvoer in het 1e kwartaal ligt in hoofdzaak rond 1,0 m3/s;
- afvoeren boven 2,00 m3/s komen gemiddeld 10 maal voor;
- afvoeren boven 3,0 m3/s komen gemiddeld 2 maal voor;
- afvoer boven 3,5 m3/s komt gemiddeld slechts 1 maal voor;

b). de afvoer in het 2e kwartaal ligt in hoofdzaak rond 0,75 m3/s;
- afvoeren boven 2,00m3/s komen gemiddeld 3 maal voor;
- afvoeren boven 3,00 m3/s komen gemiddeld 0,5 maal voor;
- afvoer boven 3,50 m3/s komt nagenoeg niet voor;

c). de afvoeren in het 3e kwartaal liggen in hoofdzaak rond 0,50 m3/s;

. afvoeren boven 2,0 m3/l zijn zeer incidenteel;

d). de afvoeren in het 4e kwartaal liggen eveneens in hoofdzaak rond 0,50 en 0,75 m3/s. Ook hier komen afvoeren boven 2,00 m3/s incidenteel voor;

e). over het gehele jaar genomen liggen de afvoeren vooral tussen de 0,25 tot 1,25 m3/s; de grotere afvoeren treden met name op in het 1e kwartaal.

4.1.2 Afvoeren landelijk gebied op basis van uurwaarnemingen

Door het Waterschap De Dommel zijn van vier perioden met grote afvoeren de uurwaarnemingen beschikbaar gesteld (bijlage A4). Voor vier perioden van 5 dagen is de afvoertop grafisch weergegeven. Het betreft:

- bui op 18 januari 1986
  De 2e afvoergolf bereikt zijn top in een periode van 17 uur. Het debiet is ca. 3,5 m3/s gedurende ca. 15 uur. De dagafvoer op 19 januari bedraagt 3,49 m3/s;

- bui op 30 december 1986
  De 2e afvoergolf bestaat uit 3 afvoerpieken achter elkaar. De helling voor de aanloop van de afvoergolf is nagenoeg gelijk aan die van de afvoergolf van 18 januari 1986. De pieken bereiken een hoogte van ca. 4,5 m3/s. De gemiddelde dagafvoer van 31 december bedraagt 4,03 m3/s;

- bui op 8 maart 1989
  De afvoergolf reageert bij deze bui sterker. Binnen 2 uur loopt het debiet op van ca. 1,5 naar ca. 4,0 m3/s en daalt na een piek van 1 uur weer geleidelijk af naar de basisafvoer. Het staartverloop is vergelijkbaar met de vorige buien. De gemiddelde dagafvoer is berekend op 2,78 m3/s. Dit impliceert dat incidenteel kortdurende piekafvoeren voorkomen die in de benadering van gemiddelde dagafvoe-

ren niet tot uiting komen;

- bui op 23 juli 1988
  De afvoergolf treedt op in een zomersituatie. Het debiet loopt hier in een periode van 3 uur op van een basisafvoer naar ca. 4 m3/s en blijft vervolgens ca. 30 uur op 4 m3/s.

Conclusie

Uit de vergelijking van dagafvoeren met afvoeren op basis van uurwaarnemingen mag worden geconcludeerd dat het hanteren van gemiddelde dagafvoeren een betrouwbaar beeld geeft van de overschrijdingsfrequentie van afvoerdebieten.

Snelle debietoplopen zoals bij de bui op 23 juli kunnen vooraan in de afvoergolf over korte tijd een hoge stroomsnelheid veroorzaken, waardoor materialen kunnen worden opgewoeld en meegenomen. Door het incidentele karakter van dergelijke hoge afvoergolven is het effect op het totale jaarlijkse zandtransport in lengterichting verwaarloosbaar. In dwarsrichting kan wel enige zandverplaatsing optreden, waardoor het meanderpatroon wordt beïnvloed.

4.1.3 Afvoer stedelijk gebied

Door de opdrachtgever zijn gegevens beschikbaar gesteld van stedelijke overstortdebieten. Met een indicatieve niet-stationaire benadering voor langere afvoertijden zijn vervolgens de doorstroomdebieten berekend.

Ten behoeve van een indicatieve bepaling van de hoogte van de gedempte afvoergolf is uitgegaan van een berging van 7 mm in het riool en 1 mm op straat, terwijl de pompovercapaciteit van het rioolgemaal gemiddeld op 0,8 mm/h is gesteld. Het verharde oppervlak is gerelateerd aan het opgegeven debiet met een aangenomen regenintensiteit van 90 l/s/ha. In bijlage A4, blad 1 t/m 3, is een opsomming gegeven van alle bovenstroomse stedelijke afvoerdebieten tijdens en na een intensieve regenbui van 90 l/s/ha met een frequentie van 2x per 20 jaar.
In bijlage A4, blad 4, is aangegeven wat de bijdrage van elk lozingspunt is

op het totale debiet nabij de Kluizerweg. De hieruit resulterende afvoer vanuit het stedelijk gebied komt daarbij op ca. 2 m3/s een keer per 5 a 10 jaar. Dit past binnen een incidenteel gemeten debiet in de zomer van 2 m3/s met een frequentie van voorkomen in de zomerperiode van gemiddeld 1 keer per jaar. Dit debiet kan derhalve zowel in de zomer als in de winter voorkomen.

4.2 Berekeningsmethode zandtransport

A) Korrelsamenstelling

De korrelsamenstelling kan op een aantal manieren in beeld worden gebracht. De cumulatieve frequentie van de korrelverdeling is de meest voorkomende presentatie. Daarnaast wordt ook wel een pyramide van de korrelverdeling gehanteerd. Het blijkt dat de krommen voor de meetpunten NM1 en NM5 heel sterk overeenkomen (bijlage B3). Deze twee zijn dan ook gebruikt in de berekeningen voor het zandtransport.

B) Uitgangspunten voor de berekening zandtransport

Het aantal formules voor zandtransportberekeningen is zeer talrijk. In Nederland worden door diverse instellingen diverse formules toegepast. Daar het niet mogelijk is voor de berekeningen voor de Tongelreep gebruik te maken van bestaande meetresultaten moet worden volstaan met zuiver een berekening van het zandtransport op basis van bekende formules. Er is geen mogelijkheid een aantal parameters te calibreren. Calibratie is ook bijna onmogelijk daar een volledig nieuw concept van de beek moet worden beoordeeld op transporterend vermogen. De oriënterende berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de formule volgens Frijling. In de definitieve berekeningen is gebruik gemaakt van 15 verschillende zandtransportformules. Een aantal van deze formules is totaal ongeschikt; deels door de Nederlandse omstandigheden, deels door een verouderd concept van de formules en deels door onbekendheid met de gewenste parameterwaarden voor de formules.
Uiteindelijk blijven 6 formules over, die voor de hogere debieten wel een grote spreiding in de resultaten opleveren. De formules zijn :

- Frijling (1952)
- Meyer-Peter (1934)

- Engelund-Hansen (1967)
- Inglis-Lacey (1968)
- Yalin (1963)
- Van Rijn (1984)

De formules volgens Frijling en Van Rijn geven uitkomsten die het dichtst bij elkaar liggen. Frijling heeft de formules van Meyer-Peter en Meyer-Peter & Muller aangepast voor de Nederlandse omstandigheden. Van Rijn geeft algemeen geldende formules. De basis voor de beide formules is totaal verschillend.

Het gebruik van de ribbelfactor μ betekent dat de bodemwrijving in rekening wordt gebracht door te letten op de korrelfractie die voor 90 % wordt onderschreden. Dit komt in meerdere formules in steeds wijzigende gedaanten voor.

De formules voor het zandtransport zijn over het algemeen zeer ingewikkeld en weinig doorzichtig. Veelal wordt een hele serie parameters bepaald waaruit uiteindelijk het zandtransport wordt berekend. De formule die het beste aansluit bij de mogelijkheid voor fyschische interpretatie is de formule volgens Frijling.

c) Resultaten berekening meerdere formules

In bijlage D-4 zijn de resultaten weergegeven van de zandtransportberekeningen voor het leidingvak bovenstrooms van de Kluizerbrug tussen de knopen A en B (tek. 12-9). Hoewel dit gedeelte niet representatief is voor de Tongelreep in het plangebied, blijkt hier duidelijk de grote variatie in uitkomsten van de verschillende formules. De formuleringen volgens Frijling, Meyer-Peter en Van Rijn liggen redelijk bij elkaar. Voor de grote debieten ontstaan afwijkingen (zeer grote afwijkingen zelfs). Vermoedelijk komt dit door het grotere verhang in dit leidingvak. In het eveneens bovenstrooms van het plangebied gelegen leidingvak tussen de knopen B en 1 blijken de resultaten van de drie formules veel beter overeen te komen.

4.3 Indicatieve berekeningen technische varianten

Na de verzameling van gegevens over afvoerdebieten, grondsamenstelling en randvoorwaarden zijn in eerste instantie enkele hydraulische berekeningen uitgevoerd ten behoeve van het bepalen van stroomsnelheden en zandtransport.

Deze berekeningen zijn bedoeld om inzicht te krijgen in de gevoeligheid van de diverse parameters voor de stroomsnelheid, waterpeilen en zandtransport. Bij de gehanteerde debieten is uitgegaan van het debiet zoals vermeld onder hoofdstuk 3.2.2 waarbij nog geen rekening is gehouden met het debiet van de parallelsloot. In de definitieve berekening is dan ook uitgegaan van enigszins grotere debieten dan hier gehanteerd (± 10% extra).

Bij deze berekening is uitgegaan van 3 alternatieven:

- alternatief 1 met een tracé volgens de gemeentegrens en een bodembreedte van 2,10 m;
- alternatief 2 met een tracé gelijk aan alternatief 1 maar een lager gelegen beekbodem en een geringere bodembreedte;
- bestaande situatie.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de peilen nabij de Kluizerbrug bij diverse debieten.

Debiet in m3/l	2,0 m3/s	3,5 m3/s	5,0 m3/s
Resultaten berekeningen			
Alternatief 1	25,67	25,95	26,15
Alternatief 2	25,75	26,03	26,24
Berekende huidige situatie	26,11	26,34	26,51
Wenspeilen waterschap			
Wenspeil bij de brug in situatie a.	25,85	26,15	26,45
Wenspeil bij de brug in situatie b.	25,60	25,90	26,20

De in de tabel vermelde wenspeilen zijn conform het gestelde in par. 3.2.2.

a) Wenspeilen in de situatie dat de parallelsloot niet op de Tongelreep wordt aangesloten.

b) Wenspeilen in de situatie dat de parallelsloot wel op de Tongelreep wordt aangesloten.

Uit deze berekeningen blijkt dat de huidige situatie een aanmerkelijk hoger peil heeft dan het door het waterschap aangegeven wenspeil.
De ontwerpen volgens alternatief 1 en 2 voldoen overigens volledig aan de wenspeilen van het waterschap in de situatie a.

Met de drie genoemde alternatieven zijn enkele indicatieve berekeningen volgens de methode Frijling uitgevoerd voor bepaling van het zandtransporterend vermogen. De resultaten laten een gering zandtransporterend vermogen zien. Dit blijkt in de verschillende trajecten te variëren van ca. 10 m3/jaar tot ca. 120 m3/jaar.

4.4 Berekeningen technische "bouwstenen"

4.4.1 Algemeen

Op basis van de resultaten van de indicatieve berekeningen is een voorstel gedaan voor de uitwerking van meerdere technische ontwerpvarianten met verschillen in tracélengte, mate van inundatie/drooglegging en grootte van het verhang. Hierin zijn de belangrijkste verschillen in te variëren parameters verdisconteerd.

Op verzoek van de opdrachtgever is de bandbreedte van te beschouwen alternatieven vergroot. Daarbij zijn 5 variabelen onderscheiden, te weten de tracélengte, golflengte/bochtstraal, dwarsprofiel/taludhelling, mate van variatie in verhang en mate van drooglegging/inundatie. Door alle variabelen te combineren wordt inzicht verkregen in zandtransport en stroomsnelheden in ca. 35 beekgedeelten (bouwstenen) zonder dat een ruimtelijke vertaling plaatsvindt. De resultaten uit de berekeningen zijn in een later stadium gebruikt voor het samenstellen van de ontwerpvarianten.

Het onderzoek naar deze technische "bouwstenen" omvat de volgende onderdelen:

- het samenstellen van technische varianten voor de beek (bouwstenen);
- het berekenen van stroomsnelheden/waterstanden en mate van erosie en sedimentatie.

4.4.2 Technische beschrijving bouwstenen

De technische bouwstenen kunnen beschreven worden door een combinatie van de parameters wandruwheid, verhang, bodembreedte en bochtstraal. In de parameter wandruwheid is de onderhoudssituatie, de beschaduwing en de seizoensinvloed verdisconteerd. In de parameter verhang zit indirect de tracélengte verdisconteerd.

De wandruwheid wordt uitgedrukt in een a-waarde volgens de formule van Bosch en Bijkerk. Voor de wandruwheid zijn drie waarden onderscheiden. Het betreft:

- a = 34; deze waarde behoort bij een goed onderhouden beek in de wintersituatie of een houtwalbeek;
- a = 25; deze waarde behoort bij een goed onderhouden zomersituatie met een geringe begroeiing;
- a = 15; deze waarde behoort bij een dicht begroeide beek in de zomersituatie.

Het verhang van het maaiveld nabij de Tongelreep in het traject Achelse Kluis varieert van 1,0 m per km tot 0,1 m per km. Het maximale verval bedraagt 1,20 m bij een minimale lengte van het vrijwel rechte huidige beektracé van ca. 2150 m, hetgeen overeenkomt met een gemiddeld verhang van 0,60 m per km. Voor het verhang wordt eveneens uitgegaan van drie waarden. Het betreft:

- s = 0,2 m per km overeenkomend met een minimaal verhang;
- s = 0,5 m per km overeenkomend met een gemiddeld verhang;
- s = 1,0 m per km overeenkomend met een maximaal verhang dat technisch realiseerbaar is.

De bodembreedte wordt mede bepaald door afvoerdebiet, verhang en bodemgesteldheid. Uitgaande van de situatie van de boven- en benedenstrooms gelegen nog meanderende gedeelten (o.a. in de Beverbeekse bossen) varieert de bodembreedte van 2 à 3 m tot ca. 7 à 8 m. Bij het samenstellen van de bouwstenen zijn twee bodembreedtes onderscheiden, te weten:

- b = 3,0 m; in het bijbehorende dwarsprofiel is de bodem horizontaal gesteld, terwijl de taludhelling aan weerszijden 1:1,5 bedraagt;
- b = 7,0 m; in het bijbehorende dwarsprofiel kan de bodemhelling variëren afhankelijk van bochtstraal en stroomsnelheid. De taludhelling aan weerszijden is 1:1,5.

Door de aanwezigheid van bochten ontstaan verschillen in stroomsnelheid mede afhankelijk van de breedte. Daardoor kan een radiale stroming optreden die

leidt tot verschillen in bodemhelling en substraat in het dwarsprofiel. Uiteindelijk zal een evenwichts-dwars-profiel ontstaan. In de bouwstenen zijn op basis van het voormalige beektracé en de situatie van nog meanderende gedeelten bovenstrooms, drie bochtstralen onderscheiden, te weten:

- r = 20 m; overeenkomend met een scherpe bocht. Bochten met een kleinere straal zullen nauwelijks voorkomen;
- r = 60 m; overeenkomend met een min of meer gemiddelde bochtstraal;
- r = 120 m; overeenkomend met een relatief grote bochtstraal, het bochteffect is hierbij al verwaarloosbaar.

Door nu verschillende combinaties te maken van de hier beschreven parameters ontstaan in totaal 36 "bouwstenen" (bijlage D)

In werkelijkheid kunnen ook grotere wandruwheden, andere verhangen, andere breedtes van de beek en kleinere bochtstralen voorkomen. In deze fase van het onderzoek gaat het om een globale benadering. De berekeningen zijn dan ook alleen uitgevoerd voor de 36 bouwstenen met de belangrijkste combinaties van parameters. Door extrapolatie of interpolatie van de berekeningsresultaten kunnen de effecten van andere combinaties van parameters worden geschat.

4.4.3 Resultaten berekeningen

De bouwstenen zijn doorgerekend voor wat betreft stroomsnelheid en zandtransport. Tevens is de bijbehorende waterdiepte berekend uitgaande van een evenwichtsprofiel waarbij theoretisch per bouwsteen (beekgedeelte) het verschil tussen statische energie gelijk is aan de weerstandsenergie. In de praktijk komt dit overeen met de waterlijn die zich instelt bij een oneindige lengte van het beekgedeelte. Bij deze berekening is verondersteld dat het talud oneindig doorloopt. De taludhellingen zijn op 1:1,5 gesteld. De natuurlijke helling van de bodem in dwarsrichting is afhankelijk van de bochtstraal. Zo is bij een bochtstraal van 20 m de helling 1:440.

In een latere fase van het project kan bij een gegeven hoogte van de beekbodem en een gegeven tracering van de beek, uit de waterdiepte globaal de

inundatiediepte en oppervlakte worden berekend.

In de bijlagen D1 en D2 zijn de resultaten van de berekeningen opgenomen. Uit de bijlagen kunnen onder meer de volgende conclusies worden getrokken:

- bij een debiet van 1 m3/s varieert de stroomsnelheid van minimaal ca. 20 cm/s tot ca. 50 cm/s; de waterdiepten lopen uiteen van ca. 35 cm tot ca. 50 cm;
- bij een debiet van 3,5 m3/s varieert de stroomsnelheid van minimaal ca. 25 tot maximaal ca. 80 cm/s; de waterdiepten lopen uiteen van ca. 80 cm tot 160 cm;
- bij een afname van de bodembreedte van 7 m tot 3 m nemen de peilfluctuaties en de waterdiepte toe (ca. 30 cm bij een debiet van 3,5 m3/s);
- verlaging van de wandruwheidsfactor a leidt tot een lagere stroomsnelheid, een grotere waterdiepte en een geringer zandtransporterend vermogen;
- het zandtransporterend vermogen loopt uiteen van 0 m3/jaar tot ruim 1500 m3/jaar. Bij een klein verhang (s = 0,2 m/km) is het zandtransporterend vermogen klein (20-40 m3/jaar) bij een a-waarde van 34 en vrijwel nihil bij een A-waarde van 15.

De hoeveelheden zand die sedimenteren of eroderen worden bepaald door veranderingen in zandtransporterend vermogen van de beek. Uitgaande van het gegeven dat in een beekgedeelte het werkelijke zandtransport in evenwicht is met het zandtransporterend vermogen, zal erosie optreden als het zandtransporterend vermogen toeneemt b.v. door een groter verhang. Sedimentatie zal optreden wanneer het zandtransporterend vermogen afneemt.

5 ECOLOGISCH ONDERZOEK POTENTIELE VEGETATIE-ONTWIKKELING

5.1 I n l e i d i n g

Het in te richten gebied omvat een deel van de middenloop van het beekdal van de Tongelreep met daarin de genormaliseerde beek. Het betreft gronden die tot voor kort in agrarisch gebruik waren. In het noorden bevindt zich langs de beek een loofbos met kenmerken van het Elzenbroekbos. Ten zuiden van dat bos is een Populieren-boomweide gelegen. In de sloten en slootkanten aan de oostzijde van de Tongelreep komen nog Moeraszegge en Witte waterkers voor (Consulentschap NMF, 1990). Deze soorten duiden op de aanwezigheid van relatief mineralenrijk grondwater (kwel) in de wortelzone van de vegetatie.

Bij de beschrijving van de potentiële vegetatie-ontwikkeling wordt er in de eerste plaats vanuit gegaan dat er een beekdallandschap ontwikkeld kan worden in de geest van het in de verkennende studie natuurontwikkeling geschetste streefbeeld. Zo'n beekdallandschap kenmerkt zich door een zo natuurlijk mogelijke (grondwater afhankelijke) vegetatie langs een meanderende beek die geregeld buiten zijn oevers mag treden en wat het beheer betreft vooral gekenmerkt wordt door een zo hoog mogelijke graad van zelfregulatie. Een mogelijke vorm van beheer hierbij vindt plaats met behulp van grazers die (structurele) variatie zouden kunnen aanbrengen in aanvulling op de zonering die in de vegetatie ontstaat als gevolg van abiotische milieu-verschillen. Er wordt hierbij gedacht aan een meer natuurlijke situatie anders dan de vanuit natuurbeschermingsoogpunt eveneens hooggewaardeerde cultuurlandschappen.

In de tweede plaats wordt bij de beschrijving van de potentiële vegetatie-ontwikkeling ook aangegeven wat verwacht zou kunnen worden wanneer als streefbeeld een meer cultuurhistorisch uitgangspunt zou worden gekozen. Een dergelijk vanuit natuurbeschermingsoogpunt hoog gewaardeerd beekdallandschap kenmerkt zich door kleinschaligheid en de aanwezigheid van vele overgangen tussen de verschillende landschapselementen. Het belangrijkste verschil met het andere streefbeeld is dat hier naast begrazing plaats is voor een maai-

beheer (hooilanden) en beweiding. Er wordt hierbij gedacht aan een cultuurlijke situatie vergelijkbaar met die van vóór de normalisatie van de beek bij een extensief agrarisch gebruik.
Bij onderstaande beschrijving zal naar bovenstaande visies worden gerefereerd als "natuurlijke situatie" en "cultuurlijke situatie".

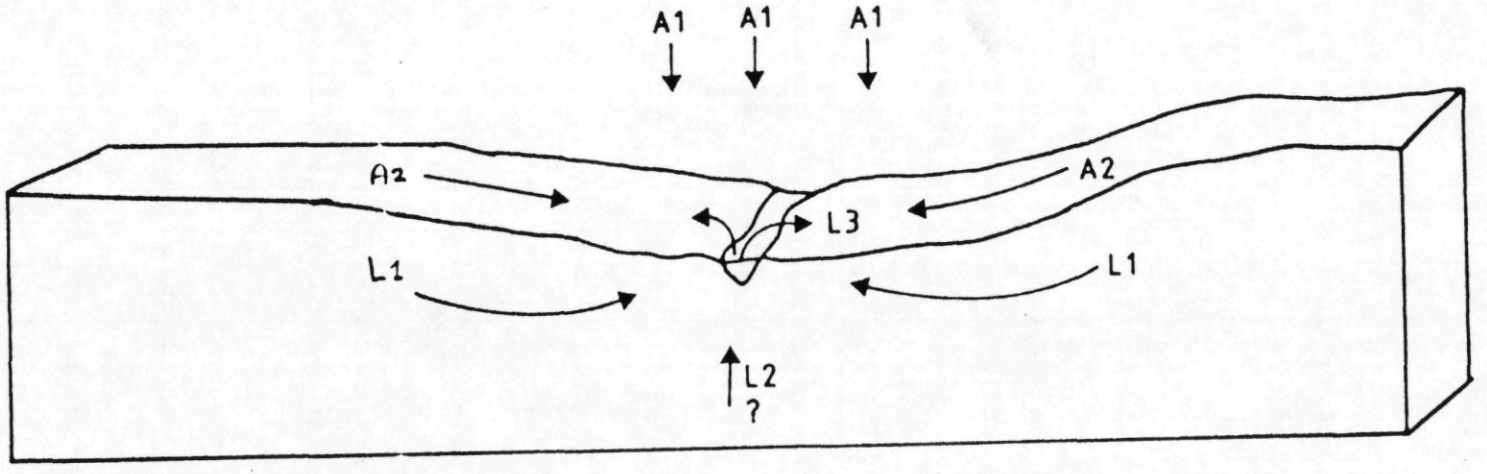
5.2 Beschrijving potentiële vegetaties

5.2.1 Beekdalvegetaties

Het voorkomen van de grondwaterafhankelijke beekdalvegetaties is afhankelijk van de grondwaterstand en de waterkwaliteit van het grondwater in het wortelmilieu van deze vegetaties. Deze waterkwaliteit is de resultante van de verschillende componenten van de hydrologische kringloop: regenwater (A1), oppervlakkig afstromende water (A2), "ondiepe kwel" (L1), "diepe kwel" (L2) en inundatiewater (L3).
Het slibrijke inundatiewater is zeer voedselrijk. Mineraalrijk (kwel)water zorgt voor basische milieuomstandigheden en daarmee voor relatief veel voedingsstoffen. Het zure regenwater is arm aan mineralen en ook aan voedingsstoffen.
De mate waarin deze componenten uiteindelijk zullen bijdragen aan het systeem is bepalend voor de vegetaties die in het beekdal voor kunnen komen (Fig. 3).

Wat betreft ondiepe kwel (L1) zijn alleen globale indicaties bekend. Nader onderzoek naar het systeem van kwel en inzijging is nodig voor een nadere concretisering hiervan. Aangenomen kan worden dat er ook na eventuele "herstelmaatregelen" geen sprake zal zijn van "diepe kwel" (L2). Wat betreft het inundatiewater (L3) zal gedurende de eerste jaren nog sprake zijn van een relatief slechte waterkwaliteit. Aangezien in het plangebied in min of meerdere mate sprake zal zijn van verschillen in beïnvloeding door grond- en/of oppervlaktewater van uiteenlopende kwaliteit, zal de potentiële vegetatie-ontwikkeling worden beschreven aan de hand van een hypothetische gradiënt van trofiezones zoals die door de genoemde componenten van de hydrologische kringloop tot stand komt.

Figuur 3 COMPONENTEN HYDROLOGISCHE KRINGLOOP DIE VOEDSELRIJKDOM WORTELMILIEU BEPALEN



LEGENDA:

A1 REGENWATER
A2 OPPERVLAKKIG EN ONDIEP AFSTROMEND REGENWATER
L1 ONDIEP AFSTROMEND GRONDWATER (lokale kwel)
L2 MINERAALRIJK GRONDWATER (regionale kwel)
L3 OVERSTROMINGSWATER: SLIBRIJK, RIJK AAN VOEDINGSSTOFFEN

Deze gradiënt houdt in grote lijnen in dat er eutrofe (voedselrijke) omstandigheden heersen in het centrale laaggelegen beekdalgedeelte die naar de beekdalrand toe overgaan in mesotrofe (matig voedselrijke) omstandigheden om op de hoger gelegen randen in oligotrofe omstandigheden over te gaan.
Het eutrofe milieu is het gevolg van aanvoer van relatief mineraalrijk grondwater en aanvoer van voedingsstoffen door overstroming met slibrijk water vanuit de beek. Het meer mesotrofe milieu is het gevolg van aanvoer van relatief mineraalrijk grondwater in combinatie met oppervlakkig/ondiep afstromend mineraalarm (regen)regenwater vanaf de hoger gelegen beekdalflanken. Het oligotrofe milieu staat alleen onder invloed van het regenwater. De breedte van de verschillende zones kan variëren afhankelijk van de hoeveelheid aangevoerd water per component en afhankelijk van het reliëf van het beekdal. Aangezien de huidige waterkwaliteitsgegevens duiden op de aanwezigheid van overwegend zeer zacht tot zacht water (Stuyfzandtypes F* en Fo) in het freatisch pakket zal de aanwezigheid van een eutrofe zone in hoge mate afhangen van de mate waarin overstroming met beekwater plaatsvindt. Uit het voorkomen van kwelindicatoren in het gebied kunnen we met enig voorbehoud (in verband met naijling) afleiden dat er in principe ook aanvoer van relatief mineraalrijk grondwater in het freatische pakket mogelijk is. De mate waarin dit het geval is zal de omvang van de mesotrofe vegetatiezone bepalen.

Binnen een bepaalde trofiezone komen verschillende vegetaties voor omdat binnen een zone de grondwaterstand en de fluctuatie ervan kunnen verschillen. Bij de beschrijving worden alleen grondwaterafhankelijke vegetaties behandeld. Daarnaast kunnen de vegetaties binnen een trofiezone verschillen als gevolg van de vegetatieontwikkelingsstadia en het eventuele beheer van de vegetaties.
Bij de beschrijving van genoemde vegetaties gaat het meestal om plantengemeenschappen volgens Westhoff en den Held op het niveau van Verbond (Westhoff & Den Held, 1975).
Voor de langs de oever van de beek voorkomende vegetaties wordt verwezen naar par. 5.3.

5.2.2 Eutrofe zone

a) "Natuurlijke" situatie
Langs de gehele beek komen beekbegeleidende bossen voor met uitzondering van de plaatsen waar langdurig water stagneert en daar waar het bos door grazers wordt open gehouden.

In de laagtes achter de oeverwal waar overstromingswater stagneert komt Elzenbroek voor. Een Elzenbroek vormt het eindstadium van de eutrofe verlanding en komt voor op voedselrijke standplaatsen waarbij het grondwater veelal meer dan de helft van het jaar boven het maaiveld staat. Het kan hierbij gaan om stagnerend grondwater maar dat hoeft niet. Afhankelijk van de aanvoer van meer of minder relatief mineraalrijk grondwater zullen meer of minder mesotrofe soorten in de ondergroei voorkomen.
Daar waar als gevolg van inundatie en stagnatie het grondwater voornamelijk boven het maaiveld blijft, kunnen vegetaties uit het Verbond van Grote zeggen voorkomen. Deze vegetaties vertegenwoordigen een ontwikkelingsstadium van verlanding onder eutrofe omstandigheden en zullen als de waterstand niet stijgt zich ontwikkelen tot een eutrofe broekbos vegetatie.

Op plaatsen waar de bodem drassig is maar het water niet stagneert en juist een meer zijwaartse beweging heeft door het van de dalrand zijdelings afstromend water en op een oeverwallen kan een Vogelkers-essenbos tot ontwikkeling komen. Het voorkomen van dit bostype stelt hogere eisen aan de aanvoer van relatief mineraalrijk water in het wortelmilieu dan een Elzenbroek.

Als gevolg van begrazing zullen naar verwachting vaker open plekken optreden vanwege de relatief betere toegankelijkheid voor grazers in vergelijking met het moerasbos. Op de open plekken kunnen meer ruige grazige vegetaties uit het Moerasspirea-verbond worden aangetroffen.

Bij begrazing zal een grotere differentiatie ontstaan in de structuur. Het is de vraag in hoeverre grote grazers in staat zullen zijn een broekbos min of meer open te houden. De allernatste delen blijven waarschijnlijk ontoegankelijk. De mate waarin grazers zullen doordringen vanuit de randen is

afhankelijk van het type grazer. Vooral voor bladeters als elanden, reeën en herten zijn broekbossen interessant. Met begrazing van natuurlijke beekbegeleidende vegetaties is nauwelijks ervaring opgedaan. De effecten van begrazing zullen zich naar verwachting alleen lokaal voordoen, omdat de grazers niet in hoge dichtheden zullen voorkomen. Bij een reeds hoog opgaande bosbegroeiing wordt ervan uitgegaan dat de invloed van grazers op plaatsen waar broekbossen tot ontwikkeling kunnen komen te klein is om tot de ontwikkeling van plekken met meer open vegetatietypen aanleiding te geven. Verwacht mag worden dat bij een sterk ontwikkelde broekbosvegetatie door begroeiing aanvankelijk relatief meer open plekken aanwezig zullen zijn.

b) Cultuurlijke situatie
Op de oeverwal zullen ruigtekruidenvegetatie tot ontwikkeling komen die behoren tot het Filipendulion (als de bodem lemig genoeg is) of mogelijk meer ruderale vegetaties.

Achter een oeverwal kunnen onder natte omstandigheden (grondwaterstand een groot deel van het jaar nabij of boven het maaiveld) waarbij in meer of mindere mate inundatie met (slibhoudend) beekwater en stagnatie van water plaatsvindt, Grote zegge vegetaties voorkomen. Door een maaibeheer kan een verdere verlanding richting broekbos worden vertraagd/tegengaan.

Op plaatsen waar de grondwaterstand wat dieper wegzakt maar wel binnen de bovenste 50 cm van het profiel blijft, kunnen in de eutrofe zone Dotterbloemhooilanden voorkomen (gem. waterstand ca 20 cm -mv). Deze vegetaties blijven in stand bij een maaibeheer en een regelmatige overstroming met slibrijk water.

5.2.3 Mesotrofe zone

a) Natuurlijk
De eutrofe zone gaat geleidelijk over in de voor voedselarmere omstandigheden kenmerkende zogenaamde mesotrofe zone. Hier vindt geen overstroming meer plaats en wordt mineraalrijk water gemengd met voedselarm regenwater.

Voor de meer opgaande vegetaties in deze zone moet gedacht worden aan Wilgenstruwelen met Kleine zegges en veenmossen. Ook in deze zone kunnen zich broekbossen ontwikkelen waarbij het afhankelijk van schraalheid en zuurgraad om vegetaties uit het verbond van Sporken-Wilgenbroekstruwelen dan wel om vegetaties uit het Elzenbroek gaat. In deze moerasbossen zal afhankelijk van de aanvoer van relatief mineralenrijk grondwater in het wortelmilieu het aandeel aan mesotrofe soorten meer of minder groot zijn (zie ook cultuurlijke situatie). Deze vegetaties zijn waarschijnlijk te nat en ontoegankelijk om open gehouden te worden door grazers.

Meer langs de beekdalrand waar de waterstand meer schommelt ('s winters het grondwater boven of nabij het maaiveld en 's zomers enige decimeters onder het maaiveld) zou een Eikenhaagbeukenbos tot ontwikkeling kunnen komen.

b) Cultuurlijk
Kleine zeggevegetaties kunnen met een maaibeheer langdurig in stand blijven mits de grondwaterstand hoog is ('s winters boven het maaiveld en 's zomers nabij het maaiveld). Afhankelijk van de aanvoer van relatief mineralenrijk grondwater in het wortelmilieu zal het aandeel aan mesotrofe soorten meer of minder groot zijn.

Onder relatief mineraalarme omstandigheden zullen in de Kleine zeggevegetaties eerder soorten als Veenpluis en veenmossen optreden, terwijl bij een grotere aanvoer juist mesotrofe soorten als Waterdrieblad, Moeraskartelblad en Snavelzegge in de vegetaties voorkomen.

Bij een iets grotere schommeling van de grondwaterstand zijn in deze mesotrofe zone Blauwgraslanden aan te treffen. Blauwgraslandvegetaties ontstaan als gevolg van lichte ontwatering (enkele decimeters) waarbij 's winters het grondwater boven of nabij het maaiveld staat en 's zomers enige decimeters onder het maaiveld. Daarnaast is een maaibeheer voor het voortbestaan van deze zeer soortenrijke hooilandvegetaties essentieel.

Daar waar het terrein 's zomers geschikt is voor beweiding zouden zich op de

meest grazige plaatsen bloemrijke vegetaties kunnen ontwikkelen uit de Glanshaver-orde. Welke vegetatietypen onder invloed van beweiding tot ontwikkeling komen is echter sterk afhankelijk van de graasdruk.

Daar waar het milieu net iets te voedselrijk is voor Heidevegetaties (oligotrofe zone) doordat de bodem iets lemiger is of toch grondwater dat wat rijker is aan mineralen aanwezig is, kunnen onder invloed van maaien, extensieve beweiding en betreding ook Borstelgraslanden tot ontwikkeling komen.

5.2.4 Oligotrofe zone

De oligotrofe zone bevindt zich meestal niet meer in het eigenlijke beekdal maar op de overgang naar hogere gronden. Wanneer de mesotrofe zone erg smal is zijn situaties denkbaar waarbij de zone zich tot in het beekdal uitstrekt.
Hier komen voor: berken(broek)bos, gagelstruweel en natte tot vochtige heidevegetaties waarin Dophei de aspectbepalende soort is.

Met name daar waar het terrein niet te nat is zullen grazers in staat zijn om de vegetatie een wat opener karakter te geven, waardoor een heide (Struikhei, Dophei) zou kunnen ontstaan afgewisseld met (Gagel, Sporkenhout) struweel en (Berken)bos. De mate waarin dit gebeurt is echter sterk afhankelijk van de graasdruk. De mate van openheid is hier afhankelijk van het beheer.

5.2.5 Bemestingsinvloed

Een zeer bepalende factor is de bemestingsinvloed als gevolg van intensieve agrarische bedrijfsvoering waardoor de gradiënt genivelleerd kan worden. Dit in tegenstelling tot bemesting op kleine schaal (extensieve bedrijfsvoering) zoals die in vroeger tijden binnen beekdalen plaatsvond. Deze leidde tot extra overgangen voedselrijk/voedselarm in het landschap en had juist in combinatie met maaibeheer een verhoging van natuurwaarden tot gevolg (Blauwgraslanden, Heischrale graslanden, Dotterbloemhooilanden, Kleine zeggevege-

taties in aanvulling op de reeds eerder genoemde bostypen).

Waar bemesting plaats vindt door afstroming vanaf hoger gelegen intensief gebruikt agrarisch gebied zal de oligrotrofe kant van de gradiënt helemaal verdwijnen. In figuur 4 is op de linkeroever aangegeven hoe de zonering er dan zou kunnen uitzien. Hier is de situatie geschetst waarbij een mesotrofe zone zich heeft kunnen handhaven door voldoende aanvoer van relatief schoon en relatief mineraalrijk grondwater buiten de overstromingsinvloed van de beek.

Extra voedingsstoffen kunnen worden aangeleverd door overstroming met vervuild beekwater. De zone langs de beek is van nature al rijk aan voedingsstoffen waardoor extra aanvoer hier minder desastreus is voor de vegetatie dan in de voedselarme zone. De door de beek aangevoerde extra meststoffen zullen wel effect hebben op de potentiële diversiteit van hier voorkomende vegetatietypen.

5.2.6 Overzicht potentiële vegetaties

De vegetatietypen die zich potentieel in de verschillende trofiezones van een beekdal kunnen ontwikkelen zijn samengevat als volgt:

<u>Eutrofe zone:</u>

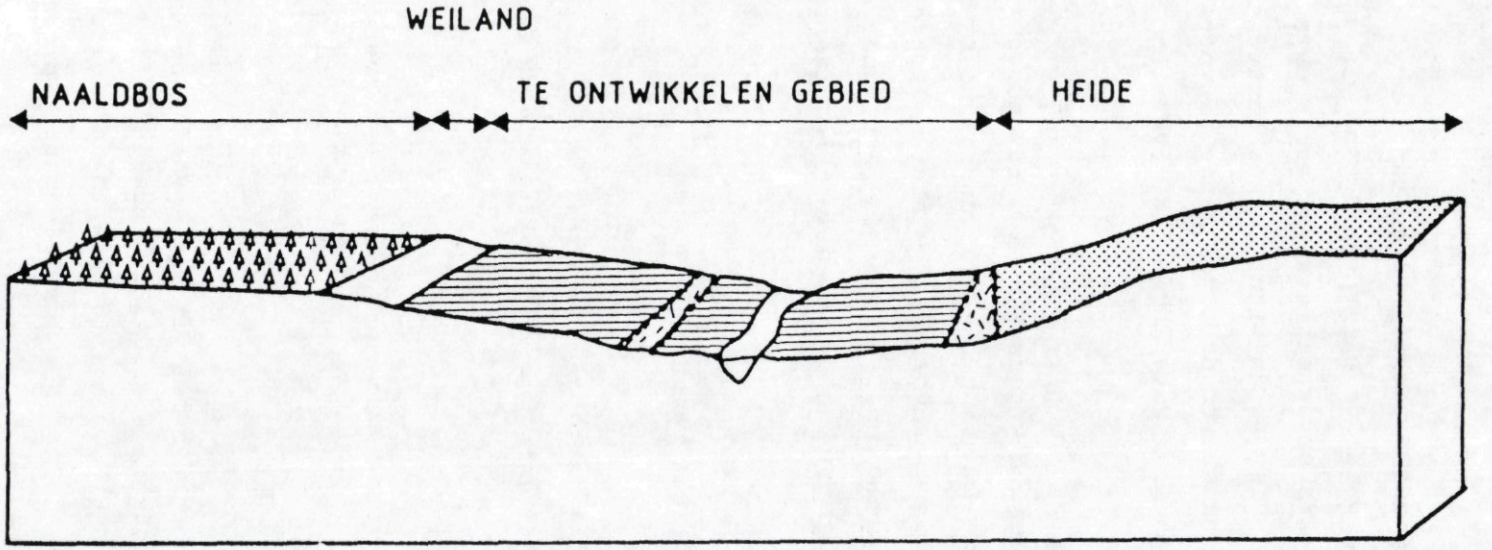
Grote zeggevegetaties	(Magnocaricion)
Elzenbroek	(Alnion glutinosae)
Vogelkers-Essenbos	(Alno Padion)

<u>Mesotrofe zone:</u>

Sporken-Wilgenbroekstruwelen	(Salicion cinerea)
Eikenhaagbeukenbos	(Stellario-Carpinetum)
Kleine zegge vegetaties	(Caricion curto-nigrae)
Blauwgraslanden	(Junco-Molinion)
Borstelgraslanden	(Violion caninae)

<u>Oligotrofe zone:</u>

Figuur 4 MOGELIJKE LIGGING VAN VEGETATIEZONES



LEGENDA:

..... MOGELIJKE GRENS TUSSEN TROFIEZONES (DE LIGGING IS VARIABEL. ZIE TEKST)

OLIGITROOF

MESOTROOF

EUTROOF

Berkenbroek	(Betulion pubescentis)
Vegetaties uit Dopheide-verbond	(Ericion tetralicis)

De in het bovenstaande weergegeven potentiële vegetaties hebben een hoge natuurwaarde. Vooral de grondwaterafhankelijke vegetaties die kenmerkend zijn voor de mesotrofe zone worden hoog gewaardeerd.

5.3 Vegetaties van oever en beek

a) Algemeen

Zowel de beek als de aangrenzende oever bevinden zich in de eutrofe zone. De trofiegraad van de beek ter plekke van het ontwikkelingsgebied wordt bepaald door de kwaliteit van het uit België aangevoerde water. Hierna is weergegeven welke vegetatietypen onder omstandigheden van een relatief goede waterkwaliteit zijn aan te treffen. Tevens worden daarbij kort de milieueisen aangegeven.

b) Oeverzone

In de oeverzone ter hoogte van de binnenbochten zal door afzetting van sediment steeds een kale of spaarzaam begroeide bodem aanwezig zijn. Op deze plaatsen kunnen vegetaties uit het Dwergbiezenverbond voorkomen als inslaggemeenschappen tussen wat meer grazige vegetaties uit het Zilverschoonverbond.
De mate waarin oevervegetaties voorkomen langs een overwegend door bossen begeleide beek, is afhankelijk van de beschaduwing van de oever door overhangende takken. De vegetatie langs de oever kan daardoor variëren van een Vogelkersessenbos op de oeverwal tot een zone met vegetaties uit bijvoorbeeld het Rietverbond, het verbond van Grote zeggen of Moerasspirea verbond.
In volgorde van "nat naar minder nat" betreft het:

- Vlotgras-Egelskopgemeenschap: langs oevers met verticale of horizontale stroming die 's zomers droog kunnen vallen
- Riet-verbond (Phragmition): in stilstaand of zwak stromend voedselrijk water (dus bij beken komt alleen een smalle zone langs de oever in aanmerking)

- Watervenkel-verbond: wisselende waterstand (kan jaarlijks korte tijd droogvallen), voedselrijk milieu
- Verbond van Grote zeggen (Magnocaricion): op voedselrijke natte plaatsen, aanvoer van basenrijkgrondwater is vereist.
- Moerasspierea-verbond (Filipendulion): op voedselrijke vochtige plaatsen.

Natuurwaarde

De weergegeven oevervegetaties hebben een relatief hoge natuurwaarde die hoger is naarmate de overmaat aan voedingsstoffen (ten gevolge van vervuiling) in het beekwater minder is.

c) Watervegetatie

Volgens Katwijk (1988) kunnen afhankelijk van voedselrijkdom van beekwater en de beekbodem en in mindere mate afhankelijk van de stroomsnelheid, de volgende vegetatietypen voorkomen:

In matig ionenrijke tot ionenrijke wateren met zeer reductieve bodems:

- Vegetatietype met Gele plomp en Waterlelie. Het is zeer soortenarm en komt voor in alle typen wateren: voedselarm tot voedselrijk, uiteenlopende buffercapaciteit tussen (pH 4.2-8.1). De bodems zijn licht- tot matig organisch en vaak lemig/kleiig.

Matig ionenrijke tot ionenrijke wateren met minerale bodems:

- Vegetatietype met Aarvederkruid. De soortensamenstelling is verder variabel. Waterranonkel is vaak een belangrijke soort. Het type komt voor in matig tot harde wateren, pH tussen 6.9 en 8.4, doorgaans matig carbonaatrijke, matig tot zeer reducerende, minerale, zandige bodems. De wateren zijn meestal voedselrijk.
- Vegetatietype met Smalle waterpest en/of Haarfonteinkruid (type 19); een soortenrijk heterogeen vegetatietype. Ook Kransvederkruid, Spits glanzig fonteinkruid kunnen dominant zijn. Het komt voor in open, meestal heldere en kleurloze wateren waarvan het voedingsstoffengehalte sterk varieert. Ook de buffercapaciteit van het water kan sterk variëren (pH 5.9-8.5)

Matig voedselrijke systemen:

- Vegetatietype met Smalle waterpest en Drijvend fonteinkruid waarin ook steeds Puntkroos, Klein kroos en Mannagras voorkomen (type 23). Komt voor in matig gebufferde, neutrale (pH 6.5-7.5), matig ionenrijke, matig tot zeer voedselrijke wateren met carbonaatarme minerale zandbodems.
- Vegetatie met Brede waterpest. In dit type komt vaak Mannagras en ook geregeld Drijvend fonteinkruid in lage bedekkingen voor. Komt voor in zwak tot sterk gebufferde wateren (pH 6.5-8.2) die voedselarm tot matig voedselrijk zijn.

Wateren met een arme waterlaag en een rijkere bodem:

- Vegetatietype met Waterviolier. Naast het dominante Waterviolier komen vaak Mannagras en Klein kroos voor. Komt voor in vaak overschaduwde, heldere voedselarme tot matig voedselrijke wateren. De buffercapaciteit van het water kan sterk variëren (pH 5.3 en 8). Het is een soort die vaak op de aanwezigheid van kwel van mineraalrijk grondwater duidt.
- Vegetatietype met Grote waterranonkel en/of Glyceria fluitans. Verder komen Klein kroos en Gewoon sterrekroos met een zekere regelmaat voor. Komt voor in stromend helder kleurloos matig voedselrijk water dat zwak tot matig is gebufferd (pH 6.1 tot 7.9)
- Vegetatietype met Gewoon sterrekroos. Komt voor in open, kleurloos en helder water dat sterk tot zeer sterk is gebufferd (pH 7.0 - 7.5).
- Vegetatietype met Teer vederkruid, Haaksterrekroos en/of Grote waterranonkel. Komt voor in zeer zwak tot matig gebufferde wateren, pH tussen 5.9 en 8.1 op (zeer) carbonaatarme, minerale, matig oxiderende tot matig reductieve, zandige bodems. Het water is meestal voedselarm, alleen in snelstromende beken soms matig voedselrijk, de bodems zijn vaak matig voedselrijk.

Zachte voedselarme wateren:

- Vegetatietype met Duizendknoop fonteinkruid (type 34). Het type komt voor in snelstromende beken in overwegend zeer zwak tot zwak gebuf-

ferde, zwak zure wateren en verder op minerale, zandige, oxiderende tot matig reducerende, zeer carbonaatarme tot matig carbonaatrijke bodems. Het water is meestal voedselarm soms stromend en matig voedselrijk.

Voor wat betreft de natuurwaarde van de watervegetaties geldt in zijn algemeenheid dat naarmate de vegetatie kenmerkend is voor voedselarmer water het vegetatietype zeldzamer is en daardoor hoger gewaardeerd zou kunnen worden.

5.4 Eisen aan het abiotisch milieu

De eisen die aan het ontwerpvarianten kunnen worden gesteld zijn mede afhankelijk van de wensen ten aanzien van de gewenste vegetatietypen. Zo zijn voor het ontwikkelen van beekbegeleidende Elzenbroekbossen de eisen minder streng dan voor het ontwikkelen van een kleinschalig beekdallandschap waarin ook Blauwgraslanden een plaats hebben.

Voor de ontwikkeling van een beekdallandschap, ongeacht of er nu voor de cultuurlijke of meer natuurlijke situatie wordt gekozen, kunnen de volgende eisen aan het abiotische milieu worden gesteld:

- de grondwaterstand moet weer binnen het bereik van het wortelmilieu kunnen komen (tenminste binnen de 50 cm -mv) en (een te grote) ontwatering van de beekdalvegetaties, moet voorkomen worden.
  Van belang is om binnen het beekdal bij aanleg van het profiel enige variatie in maaiveldhoogte op verschillende plaatsen te creëren zodat er natte (grondwater groot deel van jaar nabij maaiveld) en meer vochtige (grondwater tussen 50 en 25 cm -mv) standplaatsen ontstaan. Inundatiewater moet plaatselijk kunnen stagneren;

- het voorkomen van de grondwaterafhankelijke beekdalvegetaties (maar ook watervegetaties) is, zoals in bovenstaande beschrijving is aangegeven, sterk afhankelijk van de waterkwaliteit van het grondwater in het wortelmilieu van deze vegetaties. Het is daarom vervolgens

van belang de abiotische gradiënt van droog/zuur milieu op hogere plaatsen naar een nat/voedselrijk milieu in het beekdal zo goed mogelijk te herstellen. Daarvoor is het noodzakelijk:

- dat het ondiepe kwelwater dat het beekdal bereikt onvervuild is.
- naar een zo goed (schoon) mogelijke waterkwaliteit van het beekwater zelf te streven voor de vegetaties die onder invloed staan van het inundatiewater en voor de oever- en watervegetaties.

Het ontwikkelen van beekdalvegetaties met enige natuurwaarde in het plangebied is alleen mogelijk als aan de hydrologische voorwaarden tegemoet kan worden gekomen. Hiervoor is het essentieel dat ook storende invloeden vanuit de omgeving kunnen worden teruggedrongen.

Het ontwikkelen van een volledige gradiënt lijkt tenminste mogelijk daar waar de heide aan het aankoopgebied grenst. Hier zal dan een ongestoorde aanvoer van zo schoon mogelijk water vanuit de aangrenzende hoger gelegen heide en bosgebieden moeten plaatsvinden. Dit water bereikt zowel via oppervlakkige afstroming als via ondiepe kwel het beekdal en de overgangszone.

6 ECOLOGISCH ONDERZOEK POTENTIELE FAUNA-ONTWIKKELING

6.1 I n l e i d i n g

De faunistisch-ecologische beschrijving is vrijwel geheel gebaseerd op de macrofauna. De macrofauna representeert de belangrijkste kenmerken van het beekecosysteem. De vele soorten zijn goede indicatoren voor veranderingen in het beekmilieu zowel op microhabitat als op landschapsschaal. Ze bewonen een grote variatie aan habitats en vervullen een belangrijk deel van de functies in de voedingsstoffencyclus (-spiraal).

Vertegenwoordigers van de macrofauna kunnen op alle trofische niveaus (behalve producenten) worden gevonden. Het allochtone karakter van een beekecosysteem maakt dat producenten niet belangrijk zijn, maar dat het systeem vooral functioneert als gevolg van de invoer en verwerking van organisch materiaal (blad e.d.). Deze functie wordt door de macrofauna vervult.

In het onderzoek naar de fauna-ontwikkeling is in kwalitatieve termen de potentieel ecologisch optimale beeklevensgemeenschap van de Tongelreep geschetst. Vervolgens zijn de eisen voor het in te richten beeksysteem geformuleerd. Tot slot zijn de technische varianten (bouwstenen) en de ontwerpvarianten geëvalueerd.

Om de ontwikkelingsmogelijkheden, in faunistisch opzicht, van de Tongelreep te bepalen is het nodig het eigen karakter van deze beek vast te stellen.

Het verhang van ongeveer 0.1 tot 1 m/km (gemiddeld 0.7 m/km), gecombineerd met het debiet dat voor meer dan 90 % van de tijd schommelt van 0.25 tot 1.25 m3/s, toont dat de Tongelreep vergelijkbaar is met bijvoorbeeld enkele middenlopen van beken in Midden-Limburg of Twente. Het blijkt tevens dat de Tongelreep geen typische Brabantse laaglandbeek is maar door de hogere stroomsnelheden (50 cm/s) en een oorspronkelijk wat kalkrijker karakter meer vergelijkbaar is met bovengenoemde, groter gedimensioneerde, beken. Voor een vergelijking van de fauna is gebruik gemaakt van oudere gegevens van de Aa (Geijskens 1932), enkele beken in Limburg (Smissaert 1959), en de algemene

beschrijving van Nederlandse laaglandbeken door Redeke (1948) (Tabel 3, bijlage A6). Voor de incidentele indicatieve soorten is gebruik gemaakt van de beschikbare macrofauna gegevens uit de Tongelreep zelf en de informatie uit vergelijkbare beken in de regio (o.a. GTD).

De faunistisch-ecologische beschrijving omvat de volgende onderdelen:

- beschrijving van de huidige situatie in termen van de fauna en de milieuomstandigheden;
- beschrijving van de situatie van de Tongelreep in het verleden;
- beschrijving van de potentiële ontwikkeling van de fauna.

6.2 Huidige situatie

De huidige situatie van de Tongelreep is afgeleid uit gegevens beschikbaar gesteld door de Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant. Het betreft gegevens van de macrofauna van de jaren 1986 tot en met 1989 (Tabel 1, bijlage A6) en fysische en chemische gegevens over de jaren 1983 en 1987-1990 (Tabel 2, bijlage A6). De informatie over vissen is ontleend aan Bruylants et al. (1989) (Tabel 4, bijlage A6). Tevens is gebruik gemaakt van additionele publikaties (Tabel 1, bijlage A6), van persoonlijke mededelingen van J. Gardeniers en H. Moller Pillot, van algemeen beschikbare kennis en van de resultaten van een veldbezoek (6-10-1990).

Uit Tabel 1 (bijlage A6) blijkt dat de macrofaunasamenstelling van de Tongelreep tussen 1974 en 1989 sterk is achteruitgegaan. Veel karakteristieke stroomminnende soorten zoals Baetidae, Heptagenia spp, Brachycercus harrisella, Ephemera danica, Goera pillosa, Neureclepsis bimaculata, en dergelijke zijn verdwenen. Ook na 1986 is een sterke achteruitgang van de minder gevoelige beekmacrofauna waarneembaar. In deze periode verdwenen bijvoorbeeld ook Gammarus pulex, Anabolia nervosa, Proasellus meridianus en Macropelopia sp. De vedermug Chironomus sp werd de meest dominante bewoner van de Tongelreep. Dit taxon duidt op een grote belasting met organisch materiaal. Deze hoge mate van organische belasting blijkt niet direct uit de fysische en chemische gegevens (Tabel 2, bijlage A6). De organische belasting is een gevolg van de lozing van ongezuiverd afvalwater in het boven-

stroomse gebied in België .

Het gebied bovenstrooms van Achel bestaat hoofdzakelijk uit agrarisch gebied en bos. Het oorspronggebied bestaat uit, tussen weilanden lopende greppels. Ook meer stroomafwaarts voegen zich sloten en genormaliseerde loopjes bij de beek. Dit heeft tot een verandering van het afwateringspatroon geleid. Regenwater wordt in een versneld tempo afgevoerd wat leidt tot grote schommelingen in afvoer en daarmee stroomsnelheden. Deze schommelingen zijn veel groter dan die voorkwamen in de natuurlijke Tongelreep. Bij een natuurlijk beeksysteem functioneert het omringende bos als een spons die de schommelingen in de afvoer dempt. Met dit gewijzigd hydrologisch afvoerregime dient bij de natuurontwikkeling rekening te worden gehouden.

Ook bovenstrooms van het lozingspunt van Achel is de Tongelreep slechts matig van kwaliteit. De beek ontstaat in de omgeving van Grote Brogel te België. De bovenloop heeft een stenige bodem met veel grof grind en grote keien bedekt met ijzerneerslag en begroeid met draadalgen. De stroomsnelheid is hoog. De chironomiden, simuliden en kreeftachtigen (Asellus) duiden op een matige waterkwaliteit. Metingen van de Vlaamse maatschappij voor waterzuivering (1988) duiden ook op een matige fysisch-chemische waterkwaliteit.

In de richting van de grens gaat de beek over van een grindachtige bodem naar een zandbodem. De fauna bestaat uit chironomiden en bloedzuigers en ondanks een redelijke stroomsnelheid is er veel slib aanwezig. De waterkwaliteit blijft matig. Voor de grens kronkelt de beek als een echte middenloop door bos. De bodem bestaat uit zand afgezet op anaerobe laagjes organisch materiaal. Het water is helder en heeft een redelijke stroomsnelheid. De macrofauna is zeer arm in soorten maar ook in aantallen individuen. Dit duidt op een matige waterkwaliteit en een sterk transporterend (de aanwezigheid van vaak en veel schuivend zand) karakter van de beek. Het continue bewegend zand in deze kale goot zonder obstakels (zonder takken, bladpakketten, boomstammen) biedt weinig levensruimten voor de beekfauna.

Voor de grens wordt de beek ernstig organisch belast; een dikke laag rioolslib bewoond door wormen en chironomiden (Chironomus) is het gevolg. De

Vlaamse maatschappij voor waterzuivering (1988) duidt dit water dan ook aan als fysisch-chemisch verontreinigd.
Het water in het projectgebied heeft een polysaproob (zwaar organisch belast) karakter ondanks de in het begin van deze paragraaf aangeduide redelijke fysisch-chemische kwaliteit. Daarbij worden verschillende zwarte lijst stoffen zoals de metalen kwik, koper, zink, cadmium en nikkel en organische verbindingen zoals chloorfenolen, DDD en endrin in te hoge (volgens de IMP-normen voor oppervlaktewater) concentraties aangetroffen. Pas nabij Valkenswaard wordt de fauna rijker (Baetis, Gammarus, Simulium, Noemacheilus) en krijgt de beek weer een meer natuurlijk karakter. Uit onderzoek van de GTD naar zware metalen blijkt eveneens dat de waterbodem licht verontreinigd is met cadmium.

De visfauna is op Belgische zijde uitvoerig geïnventariseerd in de jaren 1983-1987. De meest interessante soorten zijn de rivierprik, de beekprik, de serpeling, het bermpje en de winde. Allemaal typische soorten voor hoge stroomsnelheden, grindhoudende substraten en zuurstofrijk water. Het is twijfelachtig of deze soorten nu nog wel in het bovenstroomse gedeelte voorkomen.

6.3 Situatie in het verleden

Over de fysische, chemische en faunistische samenstelling van de Tongelreep in het verleden is weinig bekend. De informatie is beperkt tot enkele macrofauna inventarisatie uitgevoerd in 1970 door Koekoek, in 1974 door De Jongh & Backer en in de jaren 1980 tot en met 1985 door de Gemeenschappelijk Technologische Dienst Oost-Brabant en de daarbij behorende fysische en chemische waarnemingen (Tabel 1, Tabel 2, bijlage A6).

Over de toestand van de Tongelreep voor 1968 is weinig bekend. Tot voor de eeuwwisseling was de Tongelreep nabij de Achelse Kluis een sterk kronkelende beek. Reeds vanaf 1850 blijkt de beek zich te verbreden en in te schuren als gevolg van de aanleg van weteringen (afwateringssloten) in het bovenstroomse stroomgebied. Vlak voor de eeuwwisseling werd de beek rechtgetrokken en omgeven door zandwegen en bomen.

Meltzer maakt in 1946 maakt melding van een prachtig ontwikkelde gemeenschap van vlottende waterranonkel (Ranunculetum fluitans) in het traject bij Valkenswaard. Het water was aldaar eutroof. In poeltjes, die met de beek in verbinding stonden trof Meltzer ondergedoken moerasscherm (Apium inundatum) en vlottende bies (Isolepis fluitans) aan. Meestal vermengd met de watervioliergemeenschap (Hottonietum palustris) hetgeen duidt op kwelsituaties.

Moller Pillot (mond. med.) trof in 1968 een rijke macrofauna aan bestaande uit kokerjuffers (Halesus, Hydropsyche) en eendagsvliegen (Ephemerella ignita, Brachycercus harrisella). Deze nog niet gedetermineerde monsters zijn beschikbaar. De macrofauna was rond 1970 nog rijk aan karakteristieke soorten (zoals Heptagenia flava, Calopteryx virgo, Wilhelmia equina; mond. med. J. Gardeniers) ondanks de lozing van een melkfabriek. Deze lozing (circa 5 km voor de grens) had effect op de levensgemeenschap tot circa 3 km na de grens. In 1971 werd deze fabriek gesloten.

In 1974 beschrijven de Jongh & Bracker de Tongelreep als een van de minst verontreinigde beken van Brabant (Tabel 1, bijlage A6). Toch duiden zij al op de nieuwe bedreigingen waaronder de rioollozing van Achel. Toch lijkt de fauna tot 1986 redelijk constant van samenstelling en duiden ook de fysische en chemische parameters weinig wijzigingen aan. Dit kan mede een gevolg zijn van de meer oppervlakkige monstername ten opzichte van 1974; geleidelijke veranderingen kunnen hierdoor minder snel worden waargenomen.

6.4 Beschrijving potentiële ontwikkeling

De toekomstige omstandigheden in de Tongelreep zijn onderworpen aan nieuwe combinaties van fysische en chemische omstandigheden. Om voorspellingen te kunnen doen over de te verwachten ontwikkelingen is kennis nodig van de specifieke structuren en processen in Nederlandse laaglandbeken. Door literatuurstudie is informatie over het beekecosysteem verzameld.

6.4.1 Kenmerken van een natuurlijke laaglandbeek

De ontwikkelingsmogelijkheden van stromende wateren worden beperkt door de factor stroming. De stroming zorgt dat habitats worden gecreëerd of verdwijnen. Toch kent een stromend water een successie of rijping waarbij uiteindelijk een grote variatie aan structuren aanwezig is.

Een natuurlijke laaglandbeek is een allochtoon systeem. Dat betekent dat de voedselketen begint bij de detritivoren die op hun beurt echter weer door carnivoren (vooral insektenlarven en vissen) worden gegeten. Op open beekgedeelten worden ook herbivoren (die zich voornamelijk voeden met epilithische algen) gevonden. Een belangrijk gedeelte van de fauna is omnivoor of generalist. Een natuurlijke laaglandbeek kent dus een dynamische evenwichtstoestand waarbij een complexe faunagemeenschap voorkomt.

De natuurgerichte (her)-inrichting van Nederlandse laaglandbeken heeft tot doel het herstellen van de beekdallevensgemeenschap. In grote lijnen kan de beekdallevensgemeenschap worden opgesplitst in een aquatisch en een (semi-)-terrestrisch deel. Voor het aquatisch deel geldt als doel het herstel van de beeklevensgemeenschap bestaande uit een volledig voedselweb en waarin de verschillende functionele voedingsgroepen elk door zoveel mogelijk karakteristieke (voor dat beektype op die lokatie) soorten worden vertegenwoordigd. Let wel dat zoveel mogelijk karakteristieke soorten niet betekent zoveel mogelijk soorten. Vaak is het aantal soorten zelfs redelijk beperkt.

Een laaglandbeek kan worden omschreven als een door bomen begeleid, lijnvormig, meanderend landschapselement, dat hoofdzakelijk gevoed wordt door ondiep en diep grondwater en, door een natuurlijk hoogteverschil in het land, water afvoert van hoger gelegen gebieden naar lagere delen. Gaande van bron, vaak te omschrijven als een oorspronggebied, naar benedenstrooms neemt de breedte, diepte en stroomsnelheid toe en neemt de korrelgrootte van het sediment af. De bodem bestaat hoofdzakelijk uit zand en grind. Het profiel is onregelmatig. Bovengenoemde combinatie van stroming, meandering, beschaduwing en onregelmatig profiel geven aanleiding tot het ontstaan van substraatmozaieken met afwisselingen in stroming en diepte. Deze factoren lei-

den tot een heterotroof systeem.

De toevoer van regenwater en ondiep grondwater in het oorspronggebied dat geleidelijk overgaat in toevoer van ondiep en benedenstrooms vooral diep grondwater, leidt tot een geleidelijke overgang van voedselarm naar matig voedselrijk water.

Een laaglandbeek mag dan wel een lijnvormig landschapselement zijn, haar systeembegrenzing m.a.w. de werkzame factoren die het functioneren bepalen, liggen niet op de beekoever maar op de grenzen van het stroom- of intrekgebied. De belangrijkste hoofdfactoren in een laaglandbeek zijn in een hiërarchische verband weergegeven in Figuur 5.

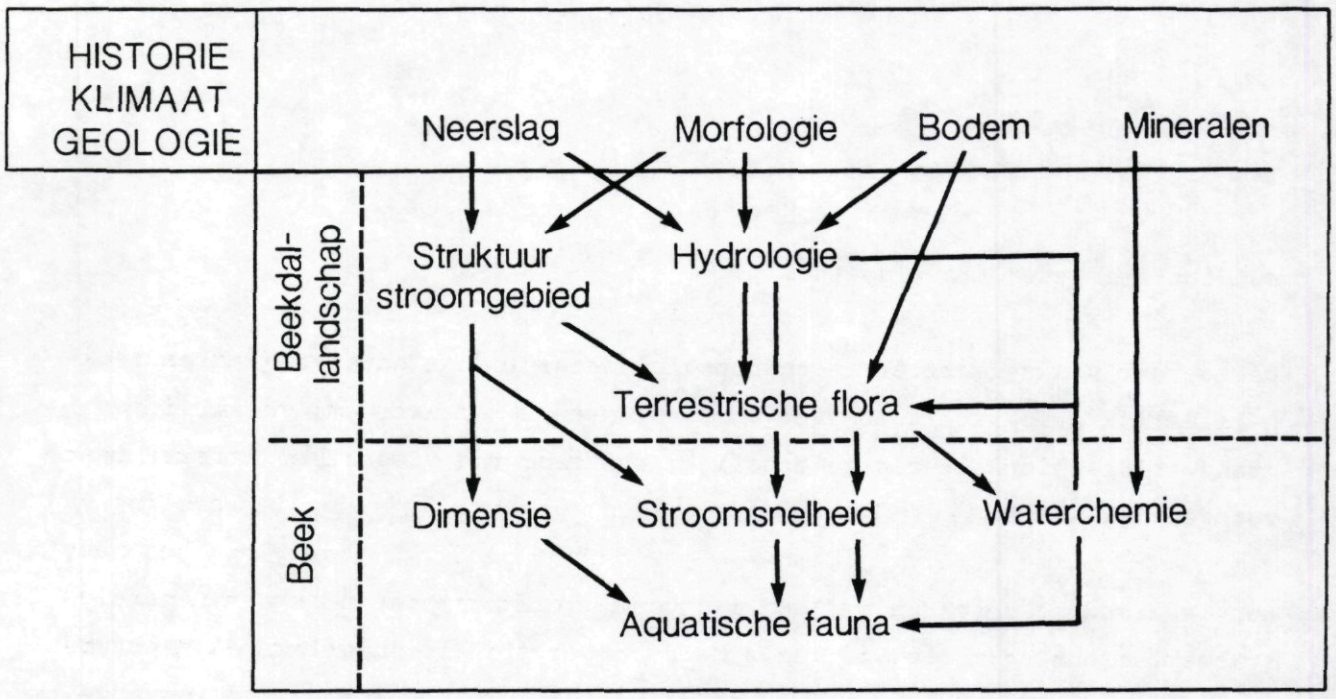
6.4.2 Belangrijke factoren voor faunaontwikkeling

a) Algemeen

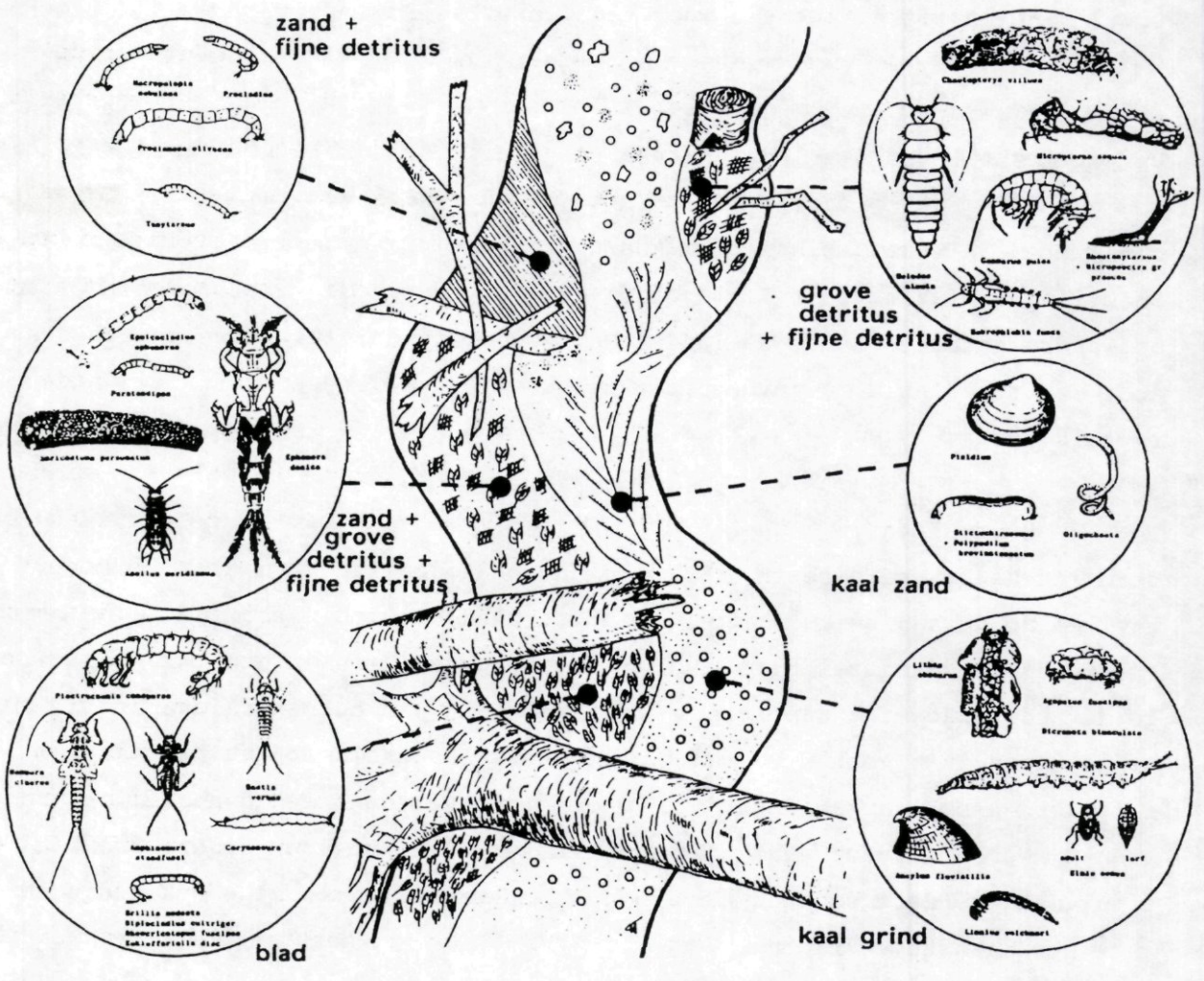
De restauratie van een laaglandbeek richt zich op enkele belangrijke factoren namelijk; de hydraulica, de beekbodem, de watertemperatuur, de oevervegetatie en de zuurstofcondities. Deze factoren staan natuurlijk ook in een onderlinge relatie. Zo beïnvloedt de oevervegetatie de watertemperatuur en de watervegetatie en met de laatste de zuurstofcondities, die op zich weer door de hoeveelheid toegevoerd organisch materiaal en de hydraulica mede bepaald wordt.

b) Hydraulica

Stroming heeft een directe invloed op de beekorganismen en een indirecte invloed op de aanwezige structuren in de beekbodem. De stroming bevordert enerzijds de uitwisselingsprocessen tussen organismen en hun omgeving maar leidt anderzijds tot een stress (een verhoging van het energieverbruik). De wisselingen in afvoeren kunnen tot op zekere hoogte door het beeksysteem zelf worden opgevangen. Meerdere beeksoorten vertonen een generalisme, ze kunnen meerdere functies in het systeem vervullen en voor iedere functie zijn vaak meerdere soorten beschikbaar. Hogere afvoeren zijn ook nodig om verstoppingen te voorkomen.



Figuur 5 Schema van factoren en hun samenhang die het voorkomen van beekorganismen bepalen.



Figuur 6 Habitatdifferentiatie in een beek.

c) Beekbodem

De meeste beekorganismen leven op de beekbodem. De beekbodem bestaat uit minerale en organische bestanddelen. De minerale bodem in een laaglandbeek bestaat uit lemig zand, zand en grind. Naarmate het bodemmateriaal fijner is worden de mogelijkheden voor dieren die zich in het substraat ingraven meer beperkt. Dit door de fysische beperkingen en de verminderde uitwisseling van zuurstofrijk water. In een laaglandbeek zijn organische structuren het meest van belang (een biomassa verhouding van macroinvertebraten tussen minerale en organische structuren van 1:37). Bij de organische structuren kan onderscheid worden gemaakt in levende structuren (wortelstelsel van els en mossen) en dode organische structuren (bladpakketten, takken, stammen). Dit alles leidt tot een structuur van de beekbodem (Figuur 6).

d) Watertemperatuur

De stofwisselingsprocessen van veel stromendwatersoorten worden door de temperatuur bepaald. Vaak liggen de optima van soorten t.b.v. bijvoorbeeld voortplanting rond de ter plaatse heersende natuurlijke omstandigheden. Voor platwormen is bijvoorbeeld aangetoond dat bij een temperatuurstijging van 2 oC het zuurstofverbruik verdubbelt. Bedenk hierbij dat de temperatuur van een weilandbeek in de zomer wel 10 oC hoger kan liggen dan die in een houtwalbeek.

e) Oevervegetatie

De oevervegetatie vervult een aantal belangrijke functies zoals een filter voor instromende voedingsstoffen (een oeverwal van 15 m reduceert de toevoer van voedingsstoffen (N en P) al efficiënt, een van 50 m breedte reduceert met ruim 80%). Oevervegetatie is voorts een filter voor inwaaiend fijn materiaal (een oeverwal van 50 m vangt circa 96% weg). Oevervegetatie is ook een habitat en oriëntatiepunt voor adulte insekten (veel insekten gebruiken markante boomtoppen langs de beek als oriëntatiepunt bij de paringsvlucht). Oevervegetatie zorgt ook voor invoer van materiaal (valhout en blad vormt de bron van voedsel voor het systeem waarbij els en es door een gunstige C/N-verhouding (circa 15 respectievelijk 21) zeer voedzaam zijn t.o.v. bijvoorbeeld eik en beuk (C/N van meer dan 50). Het in de beek terecht komende materiaal geeft structuur aan de beekbodem. Tot slot werkt oevervegetatie als

een temperatuurregulator (lagere temperaturen met minder wisselingen.

f) Zuurstofcondities

Over de relatie tussen het zuurstofverbruik van beekorganismen en het zuurstofgehalte van het water is veel bekend. Belangrijk hierbij zijn de minimum en maximum waarden. Het minimum voor een natuurlijke laaglandbeek mag niet lager liggen dan 80% en het maximum niet boven de 120%. De levensgemeenschap van een natuurlijke laaglandbeek, zoals boven beschreven, kan optimaal, zelfregulerend functioneren. Hierbij kan deze levensgemeenschap een grote hoeveelheid organisch materiaal omzetten (een 'zelf'reinigingscapaciteit). De retentiecapaciteit van een natuurlijke beek is erg groot. Statzner (1986) kwam tot de conclusie dat een natuurlijke beek circa 13 ton/ha kan omzetten terwijl een half-natuurlijke beek niet verder komt dan 1.5 ton/ha. Dit is een extra gegeven om laaglandbeken in de richting van de natuurlijke toestand te verbeteren.

6.4.3 Potentiële soortengroepen macrofauna

Op korte termijn verhindert het huidige polysaprobe karakter de ontwikkeling van een natuurlijke beekfauna. Na aanleg zal door het proces van erosie en sedimentatie enerzijds en het vormen van habitatstructuren van grove detritus anderzijds vanzelf een grotere differentiatie in soortengroepen ontstaan. Echter de potentieel te verwachten soortengroepen macrofauna in het in te richten gedeelte van de Tongelreep zullen verschillen van de toestand in het verleden door een nieuwe combinatie van milieuomstandigheden. De verschillen met voorheen betreffen vooral het gewijzigde afvoerregiem en de veranderingen in waterkwaliteit.

Deze nieuwe combinatie aan milieu-omstandigheden (hogere organische belasting en minder natuurlijke hydrologie) zal door een nieuwe soortencombinatie worden ingevuld. Voor het beschrijven van de potentiële soortengroepen in de Tongelreep is daarom gekozen voor de habitatbenadering. Elke soort bewoont een min of meer bekend habitat. Per soort is bekeken welk habitat voornamelijk wordt bewoond, hoe de relatie is met de mate van organische belasting (SA), hoe de relatie is met de stroomsnelheid (S) en hoe de relatie is met

een natuurlijk beekkarakter (K) (Tabel 5). Uit deze tabel kan worden afgeleid of een soort ook onder de toekomstige omstandigheden in de Tongelreep kan voorkomen.

De genoemde soorten zijn gekoppeld aan een minder of meer ontwikkeld rijp beeksysteem met name ten aanzien van de factor beekkarakter. Dit betekent dat uitgaande van een goede waterkwaliteit, in de eerste jaren (2 tot 4) weinig taxa met een beekkarakter 3 zullen voorkomen. Taxa met een beekkarakter 4 zijn pas na 8 tot 12 jaar te verwachten.

De soorten die in Tabel 5 zijn opgenomen betreffen enerzijds alle taxa die ooit in de Tongelreep zijn gevonden en anderzijds karakteristieke taxa bekend uit beken in de regio (Tabel 3). Dit betreft oudere gegevens. Hiermee is een meer volledig beeld op te stellen van de potentieel natuurlijke beekfauna voor de Tongelreep. Het betekent echter niet dat al deze soorten ook daadwerkelijk in de toekomst voor zullen komen. Dit hangt af van de actuele toestand van de beken in de regio en de toekomstige milieu-omstandigheden in de Tongelreep zelf. Dit laatste is in de vorige paragraaf reeds belicht. De actuele toestand van veel beken in Noord-Brabant, de Belgische Kempen en Midden-limburg bepaald de kolonisatiemogelijkheden voor veel beekdieren. Aan deze actuele toestand is in het kader van deze notitie geen aandacht besteed.

In het natuurontwikkelingsplan voor de Tongelreep wordt vooralsnog uitgegaan van een herinrichting van de fysische randvoorwaarden van een laaglandbeek in de zin van het aanleggen van een lengte- en dwarsprofiel. Het niet aanbrengen van beplantingen langs de beek of habitatstructuren in de beek zal naar verwachting de ontwikkeling van het beekecosysteem vertragen.

6.4.4 Potentiële ontwikkeling overige fauna

Echter naast de macrofauna zijn nog enkele andere belangrijke faunistische elementen het vermelden waard.

a) Vissen

Het bermpje komt nog voor in de boven- en benedenstroomse gedeelten van het onderzoekstraject. Een herstel van de populatie is snel te verwachten indien de zuurstofcondities enigszins verbeteren. De aanwezigheid van grof zandige en grindige substraten is hierbij wel gewenst zoals ook geldt voor de beekprik. De beekprik is meer kritisch. De larven leven in grindbodems en behoeven een optimale zuurstofvoorziening. De rivierprik, winde en serpeling gebruiken de boven- en middenlopen vooral voor het afzetten van eitjes. Vaak in grof zandige tot grindige substraten met een optimale zuurstofvoorziening. Hun voorkomen hangt mede samen met de benedenstroomse omstandigheden (bv. het wel of niet voorkomen van stuwen, locale, ernstige lozingen).

b) Amfibieën en reptielen

Beken zijn minder geschikt als milieu voor amfibieën. Hun behoefte aan warmer water en de fysische stress van de stroming maken de beek niet geschikt als milieu. Alleen de gewone pad en de groene kikker zijn in staat om eieren af te zetten op ondergedoken vegetatie in beekgedeelten met een lage stroomsnelheid. Wel geschikt zijn de ondiepere, moerassige oeverzones zoals bijvoorbeeld voorkomen in het accolade-profiel. Afgesloten meanders van beken zijn uiteraard zeer geschikt voor padden, kikkers en salamanders. Reptielen zijn nog minder afhankelijk van het water. Wel vormt het oeverbos een geschikt habitat voor soorten als de hazelworm en de adder.

c) Vogels

Beken zijn vooral indirect van grote betekenis voor vogels. Als strikt aan de beek zelf gebonden broedvogel geldt de ijsvogel en de grote gele kwikstaart. De ijsvogel maakt zijn nest in steile zandwanden, ontstaan door inschuring van de beek, op 0.75-1.5 meter boven het wateroppervlak. In de nabijheid van het nest dienen overhangende takken of wortels te zijn als plek van waaruit de vogel jaagt. Zijn voedsel bestaat uit vissen, padden en macrofauna. De grote gele kwikstaart vindt zijn voedsel langs slikranden, kiezelstrandjes en keien en nestelt in schaars begroeide brokkelige oevers. Een andere belangrijke vogel die strikt is gebonden aan de beekloop zelf is de waterspreeuw.
Broedgevallen zijn in Nederland echter een uitzondering.

6.5 Eisen voor beekinrichting

Voor een optimaal functioneren van het in te richten gedeelte van Tongelreep kunnen praktische randvoorwaarden worden gegeven. Het betreft:

- de hydraulica van de beek zal de natuurlijke beekregimes zoveel mogelijk dienen te weerspiegelen;
- het zandtransport in de beek dient beperkt te blijven;
- het profiel dient zodanig te worden gedimensioneerd dat bladpakketten, takken en boomstammen in de beek kunnen blijven liggen;
- langs de beek is de ontwikkeling van een beekbegeleidende bos/beplanting wenselijk vanwege beschaduwing, het geven van structuur aan de beekbodem door wortels en door invallend blad en takken, het leveren van voedsel aan beekorganismen en het bieden van een optimale habitat aan adulte insekten;
- de waterkwaliteit dient sterk te verbeteren door het zuiveren van bovenstroomse rioollozingen en door het beperken van riooloverstorten;
- de uitwisseling van organismen mag niet beperkt worden door de aanleg van waterbeheersingswerken.

Bij de constructie van een eventuele zandvang dient rekening te worden gehouden met eisen van trekkende organismen. Het is juist belangrijk om zand en organisch materiaal weg te vangen bij verhoogde afvoeren, omdat dan het meeste transport optreedt. Dit kan via een tijdelijke overstort leiding of met behulp van een deels bekade zijdelings van de beek gelegen inundatiezone.

Vooralsnog wordt uitgegaan van een spontane ontwikkeling van bos. Mocht alsnog besloten worden tot aanplant dan kunnen de volgende aanvullende eisen worden geformuleerd. Het beekbegeleidende bos dient te bestaan uit minstens een rij els, een rij els en es en pas in de derde rij met andere loofbomen (beuk, eik e.d.). Een smalle beekbegeleidende houtopstand dient van tijd tot tijd te worden afgezet om voldoende schaduw te blijven geven. Dit dient in fasen over meerdere jaren te gebeuren om al te grote veranderingen in tempe-

ratuur en licht t.o.v. de beek te voorkomen. Takken en stammen worden in de beek gelegd of aangebracht. Hier en daar dienen bomen volledig te kunnen uitgroeien.

6.6 Evaluatie van technische bouwstenen

Om de faunistisch-ecologische eisen te kunnen koppelen aan de bouwstenen, is een wegingstabel opgesteld (Bijlage D3). In deze tabel worden de faunistisch-ecologische eisen vertaald in absolute klassen met een negatieve, neutrale of positieve waardering. Dit doet de ecologische werkelijkheid geen recht. De wegingstabel dient dan ook alleen om de keuze-mogelijkheden beter te profileren. De klassen hebben slechts een indicatief karakter en mogen niet naar andere situaties worden overgezet.

Bij de evaluatie van de "bouwstenen" (zie 4.2.2) zijn 7 milieuvariabelen in beschouwing genomen, te weten de bodembreedte, de bochtstraal, de waterdiepte bij lage afvoer en bij hoge afvoer, de stroomsnelheden bij lage en hoge afvoer en het zandtransport.
Per milieuvariabele is een score toegekend aan de 36 onderscheiden bouwstenen. Door een niet-gewogen optelling van de scores is een eindwaardering toegekend.

Bij de keuze voor de dimensies van het profiel dient op voorhand rekening te worden gehouden met ingevallen bomen, bladdammen, takken en dergelijke. De voorkeur gaat dan ook uit naar een breder profiel (7 m) over de grootste gedeelten van het traject. Op locaties kan een breedte van 3 m worden gecreëerd om ook de hierbij behorende habitats de kans te geven. In de wegingstabel wordt de grotere breedtes hoger gewaardeerd. Overigens kunnen in verband met inundatiezones ook intermediare profielen worden ontworpen.

Een natuurlijk meanderende beek zal langzaam maar zeker zijn bedding verleggen. Hierbij worden bochten gevormd (bijvoorbeeld nadat een boom in het water is gevallen) en worden afgesneden. De aan te brengen bochten kunnen dan ook variabel in straal zijn. Toch wordt in de wegingstabel meer waarde ge-

hecht aan kleinere bochtstralen omdat juist in deze bochten de grootste differentiatie tussen afkalving en aanslibbing te verwachten valt.

De stroomsnelheid dient in de toekomst binnen het profiel te variëren. Om de stroomsnelheid te wegen is gekozen voor een stroomsnelheidsweging bij lage en een bij hoge afvoeren; in beide gevallen is een onder- en een bovengrens aangegeven (bijlage D3). Met de afvoer, de stroomsnelheid en de bodembreedte hangt ook een diepte samen die eveneens in bijlage D3 is gewogen.

In de toekomst dient blijvend met een minder natuurlijk afvoerregime dan omstreeks 1900 rekening te worden gehouden gezien het bovenstroomse grondgebruik. Toch zullen de wisselingen in stroomsnelheden binnen grenzen moeten worden gehouden. Dit om enerzijds te lage stroomsnelheden gedurende langere perioden te voorkomen in verband met een verlaging van het zuurstofgehalte en een dichtslibbing van de bodem en anderzijds om teveel zandtransport tegen te gaan.

In de wegingstabel (bijlage D3) is een halvering van het zandtransport positief gewaardeerd. Hierbij is ook de tijdsfactor van belang. Een eenmalig voorkomende grote afvoerpiek en een daarmee samenhangend zandtransport werkt juist positief in op de beeklevensgemeenschap: een regelmatig voorkomen juist niet.

7 BASISVARIANTEN VOOR DE TONGELREEP

7.1 I n l e i d i n g

Voor het samenstellen van ontwerpvarianten voor de Tongelreep op basis van het programma van eisen en de bouwstenen (par 4.2) zijn binnen de doelstelling van het project vele mogelijkheden. Daarbij zou als uitgangspunt kunnen gelden voor het traject binnen het ontwikkelingsgebied een zo groot mogelijke verscheidenheid te realiseren in het abiotisch milieu van de beek en de oeverzones. Om procesgerichte natuurontwikkeling het meest tot zijn recht te laten komen, is gekozen voor de volgende benadering:

"het realiseren van een eenvoudig raamwerk waarbinnen de beek in de loop der tijd zelf voor verdergaande differentiatie zorgt. Het raamwerk kan bestaan uit een samenstel van enkele technische bouwstenen waarbinnen de beek de meeste ruimte krijgt zich te differentiëren".

Duidelijk is dat de voor de ontwikkeling van de fauna gewenste substraatmozaieken en de organische structuren pas in de loop van vele jaren spontaan kunnen ontstaan door erosie en sedimentatie en door begroeiing, beschaduwing en inval van bladeren en takken.

7.2 B e s c h r i j v i n g b a s i s v a r i a n t e n

In vervolg op de samengestelde bouwstenen voor de Tongelreep zijn 5 basisvarianten samengesteld. Het betreft (zie ook tekeningen 12-4 tot en met 12-8):

- basisvariant I : huidige gemeentegrenstracé;
- basisvariant II : grote tracélengte met grove meandering;
- basisvariant III: grote tracélengte met combinatie van lichte en fijne meandering;
- basisvariant IV : lichte meandering;
- basisvariant V : combinatie van lichte en grove meandering.

Bij iedere basisvariant zijn steeds 2 subvarianten onderscheiden door (A)

inundatie te realiseren en door (B) beplanting aan te brengen. Bij alle inundatie varianten zal tijdelijk een omleidingskanaal nodig zijn tot de waterkwaliteit tot het gewenste niveau is verbeterd.

Tussen de basisvarianten zijn verschillen aangebracht in de mate van meandering. In het voormalige gemeentegrenstracé varieert de golflengte van de meanders van ca. 450 m in het begintraject tot ca. 60 m in het middentraject, terwijl de breedte van de meandergolf uiteenloopt van ca. 125 m in het begintraject tot ca. 50 m in het middentraject.

De meandergolflengte blijkt vooral afhankelijk van het afvoerdebiet. Uit resultaten van empirisch onderzoek door geomorfologen met name in de V.S. zijn formules afgeleid die een relatie leggen tussen het afvoerdebiet en de meandergolflengte. Op basis van deze formules zou de golflengte van de meanders in de Tongelreep in het plangebied variëren van 100 m tot 300 m. Uit de werkelijke meandergolflengten in het voormalige gemeentegrenstracé blijkt dat de resultaten van de empirische formules voor de golflengte in dezelfde orde van grootte liggen.

De breedte van de meandergolf staat in relatie tot de golflengte. Uit empirisch onderzoek blijkt dat de verhouding tussen de werkelijke beeklengte en de lengte volgens de rechtstand afhankelijk is van het verhang, de korreldiameter, de waterdiepte en de breedte op de waterlijn. Voor het plangebied is de gemiddelde verhouding ca. 1,7. In de basisvarianten is de verhouding gevarieerd van ca. 1 tot ca. 3 in het meest vlakke gedeelte van het plangebied.

Voor het samenstellen van de basisvarianten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- basisvariant I: het creëren van een situatie overeenkomend met het laatst aanwezige meanderpatroon;
- basisvariant II: het creëren van een meanderpatroon met grotere golflengte (L = 200 m, grover patroon) inspelend op de thans optredende hogere afvoerpieken ten gevolge van veranderingen in het grondgebruik bovenstrooms;

- basisvariant III: het creëren van een fijner meanderpatroon met kleinere golflengte in het middentraject inspelend op het plepsgewijs in het voormalige tracé en plaatselijk bovenstrooms in de Beverbeekse bossen voorkomende fijnere meanderpatroon (L = 25 m). De lichte meandering (L = 450 m) in het begintraject sluit aan bij het hier aanwezige grotere verhang;
- basisvariant IV: het creëren van een licht meanderpatroon (L = 450 tot 750 m) om daarmee een aanzet te geven voor een verdere verfijning van het meanderpatroon door natuurlijke processen van erosie en sedimentatie;
- basisvariant V: het creëren van een combinatie van lichte en grove meandering.

Bij het samenstellen van de basisvarianten is zoveel rekening gehouden met de technische randvoorwaarden en de ecologische eisen ten aanzien van beekinrichting. De belangrijkste gehanteerde technische randvoorwaarde betreft het zoveel mogelijk aansluiten bij de opgegeven boven- en benedenpeilen bij de maatgevende afvoeren (par. 3.2).

Inundatie is te realiseren door de bodemlijn van de beek te verhogen. In het bij iedere basisvariant getekende lengteprofiel is het verloop van de bodemlijn weergegeven. Gevolg van het verhogen van de bodemlijn is ook dat in de zomerperiode (Q = ca. 1 m3/s) een geringere drooglegging (d) van de aangrenzende oeverzones wordt gerealiseerd (d1 = 0,10 tot 0,20 m).

Het aanbrengen van beplanting heeft tot gevolg dat de beek na verloop van enkele jaren in de zomerperiode minder of niet begroeid raakt. De mate van geleidbaarheid (a) blijkt daardoor het gehele jaar gelijk. Dit in tegenstelling tot de basisvariant, waarbij de beek in de zomerperiode voor een deel zal dichtgroeien. De hiermee gepaard gaande afname van de geleidbaarheid (a = 15 in de zomerperiode) leidt tot een peilverhoging van 0,10 tot 0,20 m.

In de bijlagen E zijn per basisvariant steeds in 2 of 3 schetsmatige dwarsprofielen de belangrijkste kenmerken weergegeven. Het betreft tracélengte, bochtstraal, dwarsprofiel, inundatie en beplanting. In alle varianten

doorsnijdt de beek de in het gebied verspreid voorkomende leemlagen.

Wat betreft dwarsprofielen is in alle varianten onderscheid gemaakt in een trapeziumvormig profiel in het begintraject en een bochtprofiel in het sterker meanderende gedeelte. In de varianten II, IV en V is ter vergroting van de differentiatie in de begintrajecten met een lichte meandering tevens een accolade-profiel toegepast.

- accoladeprofiel; met dit profiel wordt bewerkstelligd dat bij geringe debieten het natte profiel smal is waardoor een relatief hoge stroomsnelheid wordt gehandhaafd. De vlakke of iets achterover hellende tussentaluds zullen regelmatig inunderen, zodat enige plasvorming ontstaat.
- bochtprofiel; dit profiel sluit het meest aan bij het van nature voorkomende profiel in bochten. Ook hier zullen bij geringe debieten relatief hogere stroomsnelheden optreden. Voorts zal bij toename van het debiet door de profielverwijding een beperkte peilfluctuatie optreden.
- trapeziumprofiel; dit profiel kan worden gezien als een overgang van bochtprofielen naar bestaande profielen.

Bij het schetsmatig dwarsprofiel is steeds het volgende aangegeven:

- s = verhang in 0/00
- x = geleidbaarheidsfactor
- h1, h2 en h3 = waterdiepte voor Q1, Q2 en Q3
- d1, d2 en d3 = drooglegging voor Q1, Q2 en Q3

Bij het dimensioneren van de ontwerpvarianten zijn de volgende debieten gehanteerd (zie ook 4.1.1):

- Q1 = ca. 1 m3/s: deze afvoer komt ca. 200 dagen per jaar voor ofwel de basisafvoer (0,75 tot 1,25 m3/s);
- Q2 = ca. 2 m3/s: deze afvoer komt 20 dagen per jaar voor (1,75 tot 2,25 m3/s). De waterlijn bij deze afvoer sluit steeds aan bij het gegeven aansluitpeil beneden- en bovenstrooms. De waterlijn bij deze

afvoer leidt in de subvarianten B nog net niet tot inundatie. Hogere afvoeren dan Q = 2 m3/s leiden in deze varianten wel tot inundatie;

- Q3 = ca. 3,5 m3/s: deze afvoer komt gemiddeld 1 keer per jaar voor. De waterlijn bij deze afvoer is in de hoofdvarianten maatgevend gesteld voor het niet inunderen.

Twee basisvarianten, te weten variant II en variant III zijn voorzien van een zandvang, omdat hier een dusdanige afname in stroomsnelheid plaatsvindt dat sedimentatie optreedt in basisvariant I kan een zandvang mogelijk achterwege blijven. Dit is vooral afhankelijk van het toelaatbare peil bij de Kluizerbrug.

7.3 E v a l u a t i e

Het belangrijkste criterium voor de keuze van het tracé en de bodemhoogte in een basisvariant is de aansluiting bij de geomorfologische en fysische karakteristiek van de locatie. Hierdoor kan in de beginperiode de instabiliteit als gevolg van een nieuw gegraven profiel zo klein mogelijk worden gehouden. Bij de keuze van de vorm van de profielen is eveneens aansluiting gezocht bij de natuurlijke vorm ofwel een schuine beekbodem met aan één zijde een steil en aan de andere zijde een flauw talud.

7.3.1 Fauna

In alle basisvarianten zit een optie met inundatie en een optie met beschaduwing. Faunistisch-ecologisch verdient de subvarianten met beschaduwing in alle basisvarianten voorkeur. Ook inundatie kan faunistisch van groot belang zijn voor onder andere amfibieën en reptielen. Kleine, ondiepe achterblijvende poelen vormen uiterst geschikte milieu's voor deze fauna elementen maar ook voor een eigen karakteristieke entomofauna. Het verdient dan ook aanbeveling om deze optie van inundatie kort na het beëindigen van de belasting met organisch materiaal te realiseren.

De zich uiteindelijk ontwikkelende fauna in de ontwerp-varianten kan worden afgeleid uit de Tabel 5 in samenhang met de uiteindelijke mate van organi-

sche belasting van de Tongelreep en de optredende stroomsnelheden. Aangezien de beek zodanig wordt ontworpen dat er voldoende ruimte is voor de natuurlijke processen conform de doelstelling van het project, zal de beek zich vanuit elke ontwerp-variant zetten naar de hydraulisch optimale toestand. De verschillende ontwerp-varianten vragen echter een verschillende ontwikkelingstijd. Dit is geen ecologisch maar een hydraulisch probleem.

7.3.2 Vegetatie

Aangezien er alleen gegevens bekend zijn van toekomstige waterstanden in en vlak langs de beek zal deze beschrijving van de potenties voor de vegetaties alleen globaal zijn. Er wordt vanuit gegaan dat de grondwaterstanden in het groeiseizoen (april tot en met juni) globaal overeenkomen met de berekende drooglegging (tekening 12-11 en 12-12).

De huidige waterkwaliteit is beperkend voor de ontwikkeling van beekdalvegetaties. Voor het ontwikkelen van beekdalvegetaties van enige botanische waarde dient de waterkwaliteit aan de eerder omschreven eisen te voldoen. Er wordt hier gedoeld op de verschillen in waterkwaliteit die onder relatief onvervuilde omstandigheden zouden kunnen ontstaan als gevolg van verschillen in toevoer van mineraalrijk grondwater. Bij alle hieronder genoemde vegetaties dient deze beperking in het oog te worden gehouden.

ONTWERPVARIANT I
Ontwerpvariant IA zonder inundatie

Ter hoogte van dwarsprofiel 1 varieert de grondwaterstand aan weerszijden van de beek tussen 1.35 m-mv in de zomer en 0.80 m-mv in de winter. Geen van de in de streefbeelden genoemde beekbegeleidende grondwaterafhankelijke vegetaties zijn hier tot ontwikkeling te brengen. Voor wat betreft de begroeiing van oeverzone en het water zelf wordt verwezen naar par. 5.2.

Ter hoogte van dwarsprofiel 2 variëren de waterstanden hierbij van ten hoogste 50 cm-mv in de zomer tot maximaal 20 cm-mv in de winter. Het is hier niet mogelijk om een beekbegeleidend moerasbos tot ontwikkeling te brengen

zoals in het streefbeeld is beschreven. Er moet hier gedacht worden aan andere grondwaterafhankelijke potentiële gemeenschappen, zoals het Elzen-Eikenbos de natte tegenhanger van het Wintereiken-Beukenbos (Werf, in voorb.). Wanneer de grondwaterstand beneden 40 cm - m.v. blijft zou ook in potentie, het vochtig wintereiken-beukenbos, kunnen voorkomen.

In de 2 tot 3 meter brede zone binnen het accoladeprofiel zijn de omstandigheden (wat waterstanden betreft) geschikt om een "moerasbosachtige"vegetatie te ontwikkelen (moerasbosoever).

Ontwerpvariant IB met inundatie

Daar waar bij dwarsprofiel 2 inundatie kan optreden binnen een strook van 25-50 meter breedte zakt de waterstand niet verder dan 0.10 m-mv (d1= 0.10-m). In de inundatiezone kan gedacht worden aan de ontwikkeling van een moerasbosvegetatie of andere voor de eutrofe zone beschreven vegetaties. Voor oever- en watervegetaties wordt verwezen naar par 5.3.

Ontwerpvariant IC met beplanting

De peilverhoging die optreedt als gevolg van het niet beplanten heeft een positief effect voor de aangrenzende vegetaties. Wanneer vanuit faunistisch en beheers-/inrichtingstechnisch oogpunt beplanting gewenst is, moet worden gedacht aan beplanting met "moerasbossoorten".

Voor de vegetatiebeschrijvingen van beide profielen wordt verwezen naar variant IA. Ter hoogte van profiel 2 zou een bosachtige vegetatie kunnen ontstaan zodat als nog op een meer "natuurlijke" wijze in beschaduwing zou kunnen worden voorzien.

ONTWERPVARIANT III

Deze variant onderscheidt zich van I doordat de zomerwaterstand voor profiel 2 wat lager is en doordat de grondwaterstand bij profiel 2 in variant IIIB 0.20 m-mv bedraagt. Onder de voorwaarden zoals bij IB gesteld zal zich ook

hier (IIIB) een moerasbosvegetatie kunnen ontwikkelen.

ONTWERPVARIANT V

Ter hoogte van een accoladevormig dwarsprofiel (profiel 1) blijft in de zomer het water binnen de smalste beekzone en strekt zich in de winter uit op de 2-3 meter brede terrasjes aan weerszijden. Ook bij deze variant kunnen vrijwel geen grondwaterafhankelijke beekbegeleidende vegetaties worden ontwikkeld. In potentie zou hier een droog wintereiken-beukenbos tot ontwikkeling kunnen komen.

Voor profiel 2 wordt verwezen naar variant I. Voor profiel 3 geldt dat hier zeker geen beekbegeleidende moerasachtige vegetatie ontwikkeld zou kunnen worden.

7.3.3 Overig

Fijne meandering leidt tot hogere stroomsnelheden en een grotere mate van instabiliteit. Bij de keuze van ontwerpvarianten zou de mate van instabiliteit zo gering mogelijk moeten zijn. In variant IV zal het lang duren voordat het tracé ontstaat dat in evenwicht is met het verhang, het afvoerdebiet en de bodemgesteldheid. Bij varianten I, III en V is min of meer sprake van een voorsprong in de tijd, omdat de meandering meer aansluit bij het te verwachten patroon. In de meeste varianten zal bij het nastreven van inundatie een zandvang benodigd zijn. Het al of niet realiseren van een zandvang hangt samen met eventuele opstuwingseffecten bovenstrooms. De beek zal zich in enkele gevallen opnieuw kunnen insnijden in het gesedimenteerde materiaal.

Het te realiseren raamwerk voor de beek zal voornamelijk bepaald worden door hydraulische gegevenheden. De vormgeving van de beek dient dan ook vooral geënt te worden op de mate van verhang, debiet en de stroomsnelheden. Plaatselijk kan door fijnregeling verdere detaillering plaatsvinden.

De 5 basisvarianten kunnen op grond van de criteria stabiliteit, variatie in

abiotisch milieu en onderhoud onderling relatief als volgt beoordeeld worden:

	I	II	III	IV	V
Mate van stabiliteit	+	-	0	-	+
Variatie in abiotisch milieu	+	+	+	-	+
Mate van onderhoud	+/0	-	0	+	+/0
Totaal	+	-	+/0	-	+

Een positieve waardering van een variant voor het betreffende aspect resulteert in het symbool +; een neutrale waardering in het symbool 0 en een negatieve waardering in het symbool -.

Op grond van de totaal beoordeling van de varianten is voor de laatste fase van het onderzoek een keuze gemaakt voor de varianten I, III en V.

8 TECHNISCH - ECOLOGISCHE ONTWERPVARIANTEN

8.1 B e s c h r i j v i n g

De evaluatie van de 5 basisvarianten heeft in het vorige hoofdstuk geleid tot een selectie van 3 ontwerpvarianten, die technisch en ecologische in deze laatste fase van onderzoek en planvorming nader zullen worden uitgewerkt. Het betreft het berekenen van waterstanden, stroomsnelheden en zandtransport en het beschrijven van de te verwachten ecologische ontwikkelingen.

a) Variant I. Tracé gemeentegrens

Ontwerp-variant I volgt het huidige gemeentegrenstrace. Het tracé heeft wisselende bochtstralen. In het eerste gedeelte is slechts sprake van een lichte meandering. De volgende dwarsprofielen zijn gehanteerd:

- accolade-profiel over het traject 1-2-3; in dit traject zijn geen grote waterdiepten te verwachten; een accoladeprofiel vergroot de differentiatie;
- bochtprofiel over het traject 3-4-5-6-7; in dit traject is over de gehele lengte uitgegaan van een bochtprofiel. Bij elke bochtovergang van links naar rechts en omgekeerd zal de bodem vloeiend binnen de insteken van de ene kant naar de andere kant gaan. Op de overgangen zal over korte afstand sprake zijn van rechtstanden met een vlakke bodem;
- trapeziumprofiel over het traject 7-8; dit profiel geeft een logische aansluiting op het profiel in het benedenstroomse gedeelte.

b) Variant III. Lichte en fijne meandering

Deze variant is een combinatie van lichte meandering in het eerste gedeelte en een fijne meandering in het meest vlakke terreingedeelte. In het laatste gedeelte is spraken van kleine bochtstralen binnen een smalle strook. De volgende dwarsprofielen zijn gehanteerd:

- accolade-profiel over het traject 1-2-3;
- bochtprofiel over het traject 3-4-5-6-7;
- trapeziumprofiel over het traject 7-8;

c) Variant V. Lichte en grove meandering

Deze variant is een combinatie van een lichte meandering in het eerste gedeelte en een grove meandering in het meest vlakke terreingedeelte. De bij de berekeningen gehanteerde dwarsprofielen zijn vergelijkbaar met die van variant III.

8.2 Berekeningen waterstroming en zandtransport

8.2.1 Uitgangspunten

a) Maximum peilen

Voor de berekeningen zijn uitgangspunten ten aanzien van debieten en waterstanden gehanteerd zoals deze door het Waterschap De Dommel zijn gegeven (par. 3.2.). De maximum peilen in Tongelreep en de bijbehorende debieten bij lozing van de parallel afwatering onder vrij verval direct benedenstrooms van Kluizerbrug zijn:

- bij wateraanbod van 5,5 m3/s : 26,20 + NAP
- bij wateraanbod van 3,85 m3/s : 25,90 + NAP
- bij wateraanbod van 2,2 m3/s : 25,60 + NAP

De gehanteerde frequentieverdeling van debieten is afgeleid van de meetgegevens van de stuw vermeerderd met 10% voor het debiet dat in de toekomst uitgaande van de wensen van het waterschap via de parallelafwatering direct benedenstrooms van de Kluizerbrug op de Tongelreep zal uitstromen.

De huidige waterstanden in de Tongelreep zijn als gevolg van de aanwezigheid van de stuw, hoger dan die voor de berekeningen als randvoorwaarde stellend worden gehanteerd. Met het oog op de gewenste flexibiliteit om te kunnen inspelen op ontwikkelingen boven- en benedenstrooms en met het oog op de door het waterschap gewenste vrije afwatering van de watergangen ten zuidwesten van de Kluizerbrug, is in eerste instantie gekozen voor de bovengenoemde maximaal toelaatbare peilen. Het hanteren van hogere waterpeilen zou het in zijn geheel handhaven van de westelijk gelegen afwateringssloot of de aanleg van een gemaal noodzakelijk maken voor de zuidwestelijk gelegen watergangen.

Benedenstrooms van het projectgebied is eveneens uitgegaan van door het waterschap gegeven maximum peilen ter plaatse van dwarsprofiel 22. Het betreft:

- bij wateraanbod van 5,5 m3/s : 25,00 + NAP
- bij wateraanbod van 3,85 m3/s : 24,70 + NAP
- bij wateraanbod van 2,2 m3/s : 24,40 + NAP

De bodemhoogte ter plaatse is 23,45 m + NAP. De waterdiepte bij een afvoer van 2,2 m3/s is daardoor 0,95 m

b) Inundatie

Vanuit ecologisch oogpunt is het gewenst inundatie gedurende enkele weken per jaar te laten optreden. Bij de huidige waterkwaliteit van de Tongelreep is dat niet wenselijk. In de ontwerpen is dan ook uitgegaan van het niet of slechts in geringe mate optreden van inundatie bij hogere afvoeren door het verdiept aanleggen van de beek.

Wanneer de waterkwaliteit is verbeterd, is het streven erop gericht dan wel inundatie te laten optreden. Technisch is dit te realiseren door het aanbrengen van profielvernauwingen of de aanleg van een "cascadestuw" benedenstrooms (knooppunt 7) (bijlage 12-9). Bovenstrooms zal als gevolg daarvan de waterlijn verhoogd worden, waardoor ter plaatse van de lage terreingedeelten (het traject van knooppunt 5 tot en met 7) inundatie

optreden. Tevens zal de drooglegging verminderen. Stroomafwaarts van het plangebied zal door een groter zandtransporterend vermogen echter erosie gaan optreden totdat een evenwicht is bereikt tussen het zandtransporterend vermogen van de beek en het sedimentgehalte van het water. Om al te sterke erosie tegen te gaan zal over een kort traject benedenstrooms van de profielvernauwing een talud- en bodembescherming nodig zijn.

In bijlage 12-10 zijn de gehanteerde dwarsprofielen in de verschillende trajecten opgenomen.

c) Sedimentatie

Sedimentatie en/of erosie is een gevolg van het optreden van verschillen in het zandtransporterend vermogen van de beek. Om sedimentatie te beperken, is het wenselijk het verhang zo groot mogelijk te maken en tevens verschillen in stroomsnelheid in lengterichting zo gering mogelijk te maken. Binnen de gestelde randvoorwaarden van maximum waterpeilen is het verhang in het beekgedeelte zo groot mogelijk gemaakt. Wat betreft verschillen in stroomsnelheden bestaan er 2 overgangssituaties, te weten bij de Kluizerbrug en benedenstrooms van het projectgebied.

Bij de Kluizerbrug ontstaat verschil in stroomsnelheid als gevolg van de noodzakelijke bodemsprong om de maximum waterpeilen niet te overschrijden. Ten gevolge van de bodemsprong zal afzuiging van het bovenstroomse beekgedeelte plaatsvinden. Om dit te voorkomen is onder de brug een drempel geprojecteerd met een hoogte van 26,65 m + NAP. In de huidige situatie is hier ook een drempel aanwezig. De hoogte hiervan is echter onbekend.

Door de noodzakelijke bodemsprong ter plaatse van de Kluizerbrug verminderd het bodemverhang benedenstrooms. Hierdoor zal benedenstrooms van de Kluizerbrug sedimentatie optreden. Om te voorkomen dat ten gevolge daarvan de waterpeilen de toegelaten maximale peilen overschrijden is ter plaatse een zandvang noodzakelijk. Deze zandvang kan bestaan uit een beekverbreding en verdieping in combinatie met een eenvoudige stroomverdeler van bij voorbeeld stortsteen.

8.2.2 Resultaten berekeningen

a) Modellering

Alvorens de ontwerpvarianten I, III en V door te rekenen zijn na overleg met de opdrachtgever en het waterschap de te hanteren uitgangspunten verder gedetailleerd. Het betreft de debieten, de aansluitpeilen en het vooralsnog niet realiseren van een tijdelijke omleidingssloot.
Met de vooraf omschreven uitgangspunten zijn een groot aantal hydraulische berekeningen en zandtransportberekeningen uitgevoerd. Aangezien binnen het dwarsprofiel sprake is van verschillende stroomsnelheden en dus ook van verschillen in zandtransporterend vermogen zijn de trajecten met het accolade en het bochtprofiel opgedeeld in twee of drie parallel lopende deelstromen met verschillen in waterdiepte en taludhelling.
In de lengterichting is de Tongelreep opgedeeld in 9 trajecten. De trajecten A, B en 1 liggen bovenstrooms van de Kluizerbrug (zie tekening 12-9).

b) Stroomsnelheden (bijlage F1)

In bijlage F1 is een overzicht gegeven van de stroomsnelheden bij diverse debieten in de drie eerder genoemde alternatieven.
Uit deze berekeningen blijkt dat de trajecten bovenstrooms (A-B-1) en benedenstrooms (7-8) een hogere stroomsnelheid hebben dan de trajecten binnen het te ontwikkelen plangebied.

Ook blijkt uit de berekeningen dat de stroomsnelheid binnen het gebied in lengterichting weinig varieert. In dwarsrichting blijken de snelheden (bermen in accolade profiel en binnenbocht in bochtprofiel) aanmerkelijk lager te zijn.
Meer variatie in lengterichting is door het geringe beschikbare verval nauwelijks mogelijk. Wel kan te zijner tijd na verbetering van de waterkwaliteit plaatselijk inundatie worden veroorzaakt in traject 5-6-7 door middel van een obstakel bv. cascade. Hierdoor ontstaat stroomopwaarts stroomverlamming en stroomafwaarts stroomversnelling.

c) Zandtransport (bijlage F2 en F3)

Gekoppeld aan de hydraulische berekeningen zijn tevens een groot aantal zandtransportberekeningen uitgevoerd.
Het blijkt dat de meeste formules niet voor de onderhavige situatie geschikt zijn. Uiteindelijk is gekozen voor 2 formules t.w. de formule van Frijlink en de formule van Meyer en Peter.

De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in bijlage F2 en F3. Bijlage F2 geeft overzicht van de resultaten volgens de formule van Frijlink uitgedrukt in m3 per dag. Deze zijn vervolgens vertaald in m3 per jaar uitgaande van de debietverdeling over het jaar zoals toegelicht in hoofdstuk 4.1. Hieruit blijkt dat het zandtransporterend vermogen bovenstrooms tussen knooppunt A en B ± 750 m3 per jaar bedraagt. Het transporterend vermogen binnen het gebied blijkt verwaarloosbaar te zijn. Het transportvermogen direct boven de Kluizerbrug tussen knooppunt B en 1, is vrij gering (ca. 110 m3/jr) mede door de drempel onder de brug.

Conclusie is dat het meegevoerde zand zal sedimenteren in het beekgedeelte direct na de Kluizerbrug. Zonder maatregelen zal de beek snel verzanden, waardoor niet meer voldaan wordt aan de door het waterschap vereiste afvoermogelijkheid. Enige erosie stroomafwaarts is daarbij zonder nadere voorzieningen niet te voorkomen.
Het effect is in alle drie alternatieven vergelijkbaar.

Bijlage F3 geeft de resultaten volgens Meyer en Peter. Deze berekeningen resulteren in een grote transportvermogen (ca. 200 m3/jr direct bovenstrooms van de Kluizerbrug). Het traject 1-2-3 heeft volgens deze methode ook hier nauwelijks de mogelijkheid zand te verplaatsen. Het diepere deel in de bochten zal wel zand meenemen doch dit zal eerder in de binnenbocht worden afgezet dan dat er op grote schaal transport in lengterichting plaats zal vinden. In lengterichting neemt het transportvermogen wel enigzins toe.

Gezien de ervaringen in het verleden mag worden gesteld dat de resultaten van Frijlink een grotere betrouwbaarheid hebben dan de overige formules. Zekerheid bestaat hier niet over.

d. Waterstanden en drooglegging (bijlage F4)

In bijlage F4 is een overzicht gegeven van de waterstanden en drooglegginge bij de diverse debieten in de drie overhavige alternatieven. Hieruit blijkt dat er op de knooppunten 5 en 7 bij 375 m3/s (1 x per jaar) zeer lokaal enige inundatie kan ontstaan.
De inundatie op knooppunt 7 is een gevolg van de opgegeven waterstanden stroomafwaarts. De inundatie op knooppunt 5 is zeer lokaal en vrij incidenteel.
Het aanbrengen van tijdelijke kaden met klepduikers biedt mogelijkheden tot bescherming van de laag gelegen terreingedeelten. De berekende bovenstroomse peilen zijn bij de ontwerpvarianten I en III beneden de maximaal toelaatbare peilen.
Bij ontwerpvariant V is het berekende bovenstroomse peil ± 10 cm te hoog. Dit impliceert dat bij de keuze van dit alternatief de bodembreedte wat groter moet zijn dan nu is gehanteerd.

In tekening 12-11 is de drooglegging van variant V in de situatie zonder cascade ruimtelijk weergegeven voor het groeiseizoen (april tot en met juni). In tekening 12-12 is de drooglegging van variant V weergegeven in de situatie na aanleg van de cascade. In de situatie van tijdelijke omleiding via een parallelsloot kan de beek minder diep worden aangelegd. De drooglegging van de oeverzone zal in deze situatie vrijwel overeenkomen met de situatie na aanleg van een cascade. De aanleg van een cascade zal namelijk ten gevolge van het geringe verhang over relatief grote lengte opstuwing veroorzaken.
In een periode van naar schatting 10 à 20 jaar zal de beek bovenstrooms van de cascade verzanden waardoor een situatie ontstaat die vergelijkbaar is met uitvoering van de beek met een hoger liggende bodem.
De werkelijk optredende grondwaterstanden in de oeverzone onder verschillende maatgevende omstandigheden zullen pas in de 2e fase van het onderzoek worden berekend.

e. Hydraulische resultaten.

In het ontwerpprofiel is in dwarsrichting een grote verscheidenheid in waterdiepte, zodat ook grote verschillen zijn te verwachten in stroomsnelheden. Teneinde dit inzichtelijk te maken is met het programma een debietverdeling gemaakt over deze profieldelen. Hiertoe is binnen het profiel gerekend met parallel lopende profieldelen of trajecten.
Ten behoeve van een hydraulisch inzicht in het totaal profiel zijn daarnaast enkele hydraulische berekeningen uitgevoerd met maatgevende debieten en zonder scheiding van de beek in parallel lopende trajecten. De resultaten van deze berekeningen zijn in bijlage F5 weergegeven.
Door het weghalen van de fictieve scheidingswanden ontstaat een waterstand die in detail iets afwijkt van de resultaten bij de zandtransportberekeningen.

8.3 Ecologische potenties

8.3.1 Vegetatie

Alleen voor variant V is de potentiële vegetatieontwikkeling van de oeverzones weergegeven.
De drooglegging van de oeverzone in het groeiseizoen zonder de aanleg van een cascade varieert van ca. 0,50 cm in het meest vlakke gedeelte tot meer dan 1,0 m in het begintraject (tekening 12-11).

Indien na verbetering van waterkwaliteit een cascade wordt aangelegd wordt de drooglegging aanzienlijk minder. Tevens ontstaat een inundatiezone (tekening 12-12).

De te verwachten potentiële vegetaties bij de verschillende mate van drooglegging zijn.

Drooglegging/inundatie	Potentiële natuurlijke vegetatie
1. Inundatiezone (10 cm ca. 3-4 weken per jaar bij Q = ca. 1,75 m3/s)	1. Elzenbroekbos en/of vervangingsgemeenschappen uit eutrofe of mesotrofe zone (5.3).
2. Drooglegging < 0,50 m bij Q = ca. 1 m3/s in groeiseizoen	2. Elzeneikenbos of vochtig wintereiken-beukenbos als drooglegging > 30 cm
3. Drooglegging ≤ 0,75 m	3. Wintereiken-beukenbos
4. Drooglegging ≤ 1,0 m	4. Wintereiken-beukenbos.

In bovenstaande tabel wordt voor de vier op basis van drooglegging en inundatie onderscheiden zones aangegeven welke potentieel natuurlijke vegetaties kunnen voorkomen. Het betreft hier eindstadia van vegetatieontwikkelingsreeksen die pas over een heel lange tijd werkelijkheid zullen zijn. Hierbij moet gedacht worden aan een tijdsspanne van decennia tot eeuwen.

Aangezien de vegetatie in de verschillende zones zich moet ontwikkelen op uit landbouwkundig gebruik genomen gronden, zal geruime tijd rekening gehouden moeten worden met nalevering van voedingsstoffen. Beheersmaatregelen zullen nodig zijn om een explosie van ruderale en voor storingsomstandigheden kenmerkende vegetaties enigszins in te dammen. In de beginperiode moet voor alle zones gedacht worden aan ruige vegetaties met veel stikstofminnende soorten waarbij naarmate de zone vochtiger is (in toenemende mate van zone 4 naar 1) vochtminnende soorten voorkomen. Bij een graas of maaibeheer kunnen zich bij toenemende verschraling waarschijnlijk de volgende reeksen ontwikkelen:

Engels raaigras-landen	-->	Witbol hooilanden	-->	graslanden uit de klasse der vochtige graslanden

In zone 1 en 2 zullen vooral de vochtige typen tot ontwikkeling kunnen komen (Dotterbloemhooilanden) terwijl in zone 3 en 4 alleen drogere typen (Kamgrasweilanden) te verwachten zijn.

Voor verdere ontwikkelingsmogelijkheden van vochtige graslanden wordt verwezen naar de in hoofdstuk 5 beschreven cultuurrijke vegetaties.

Bij een minder intensief graasbeheer zullen allerlei ruigere soorten in de vegetatie voorkomen zoals Brandnetel, Rietgras, Wilgeroosje. Afhankelijk van het vochtgehalte kan hierbij in zone 1 gedacht worden aan vegetaties met Riet. Al spoedig zal opslag van houtige soorten optreden. Onder natte omstandigheden (zone 1) moet gedacht worden aan Wilgen en Elzen met een ondergroei van Riet, Rietgras e.d. Onder drogere omstandigheden zal de vegetatie lang een "kapvlakteachtig" uiterlijk hebben waar opslag van diverse boomsoorten zal optreden. Wanneer de vegetatie op "bos" gaat lijken zal aanvankelijk de ondergroei bestaan uit soorten die duiden op storing zoals bramen e.d. Afhankelijk van het vochtgehalte komen meer of minder vochtindicatoren voor. De mate waarin vegetatie wordt afgevoerd (door kap/maaibeheer of begrazing) bepaalt de dichtgroeisnelheid.

8.3.2 Fauna

- Organische belasting.

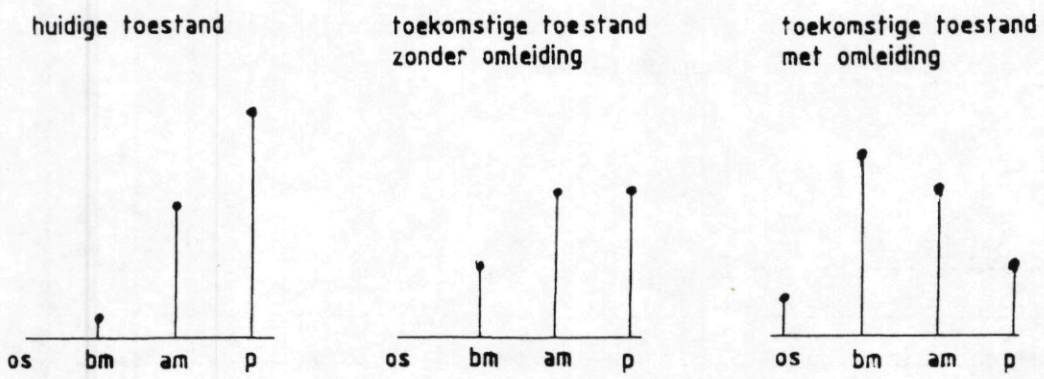
In het algemeen zal door de herinrichtingsmaatregelen het effect van de organische belasting afnemen. Het meer natuurlijke beekecosysteem zal de afbraak vergroten. Dit leidt tot een kleine verbetering ten opzichte van de huidige situatie (hypothetisch weergegeven in fig. 7). Mocht het alternatief ontwerp, waarbij gebruik gemaakt wordt van de omleiding van hoge afvoerpieken, worden gekozen dan wordt een deel van de organische belasting afgeleid. De verbetering is te zien in fig. 7.

- Profielvorm.

In de drie ontwerpvarianten I, III en V is gekozen voor drie profieltypen namelijk het accoladeprofiel, het bochtprofiel en het trapeziumprofiel. In fig. 8 zijn deze drie profielvormen vergeleken met het natuurlijke profiel van een laaglandbeek. Het mag duidelijk zijn dat alleen het bochtprofiel de natuurlijke situatie benadert.
Dit geldt niet alleen voor de vorm maar ook voor de stromingspatronen die zullen gaan optreden. Het bochtprofiel is het meest stabiel en zal tot de

Figuur 7 Waardering mate van organische belasting in huidige toestand en in de toekomstige toestand met en zonder omleidingssloot

SA = mate van organische belasting
- os = oligosaproob
- ob = oligo-beta mesosaproob
- bm = beta mesosaproob
- ms = mesosaproob
- am = alpha mesosaproob
- p = polysaproob
- n = niet gecodeerd



Figuur 8 Waardering van het natuurlijke karakter van de profielvormen

K = beekkarakter

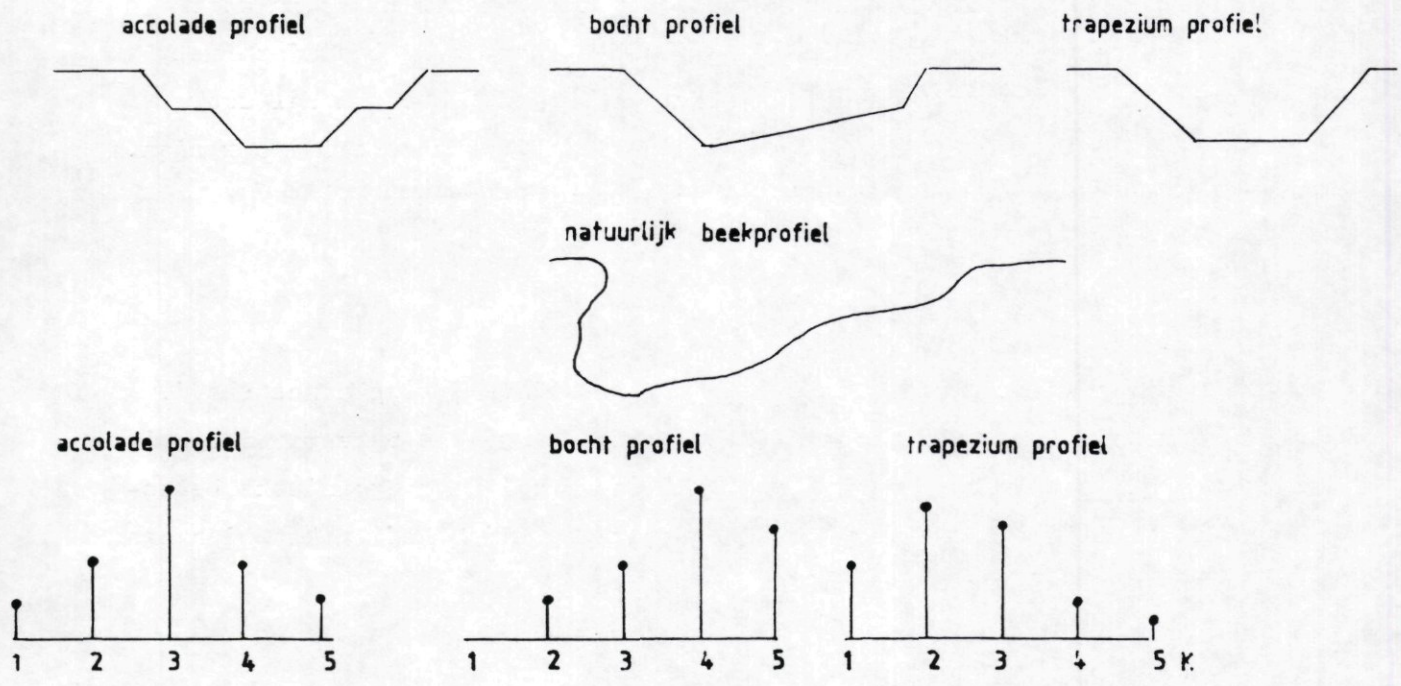
1 = niet karakteristiek

2 = weinig karakteristiek

3 = matig karakteristiek

4 = karakteristiek

5 = zeer karakteristiek



grootste habitatdiversiteit en daarmee tot de grootste faunadiversiteit leiden. In het accoladeprofiel is nog een redelijke mogelijkheid om habitatdiversiteit te ontwikkelen daar vergrootte afvoeren de habitats niet zullen wegspoelen. Daarnaast vormen de verbrede beddingen een eigen habitat. Het trapeziumprofiel is ongunstig voor de ontwikkeling van habitats.

Ontwerpvariant I

In deze variant wordt gekozen voor het tracé gemeentegrens. Dit is de voormalige beekbedding. Echter de hydraulische omstandigheden zijn inmiddels plaatselijk irreversibel gewijzigd. Dit betekent dat in de beginfase met enig instabiliteit rekening gehouden dient te worden. De fauna zal door organische belasting en instabiliteit in de eerste jaren relatief arm zijn. Nadien kan zich een diverse rheofiele fauna ontwikkelen.

Ontwerpvariant III

In deze variant wordt een dicht patroon van fijne meandering nagestreefd. Het fijne meandering leidt waarschijnlijk tot een grotere mate van instabiliteit ten opzichte van variant I en V. De fauna zal door organische belasting en instabiliteit in de eerste jaren zeer arm zijn. Nadien kan zich een diverse rheofiele fauna ontwikkelen.

Ontwerpvariant V

In deze variant wordt een grof patroon van lichte en grove meandering nagestreefd. Het grove patroon van meandering leidt waarschijnlijk tot enige mate van instabiliteit vergelijkbaar met ontwerpvariant I. De fauna zal door organische belasting en instabiliteit in de eerste jaren relatief arm zijn. Nadien kan zich een diverse rheofiele fauna ontwikkelen.

Ontwerpvariant I, III en V

De onderlinge verschillen tussen de drie ontwerpvarianten zijn niet groot. In ontwerpvariant III treedt meer zandtransport op (bijlage F3). De

waterdiepte is groter in variant V (bijlage F4). Variant I heeft over een korter traject een accoladeprofiel. De stroomsnelheden verschillen onderling weinig. Alleen in het laatste traject van variant V treedt een gemiddeld hogere stroomsnelheid op.

De alternatieve ontwerpvariant met een hoger peil (par. 8.4) leidt tot een verhoging van de stroomsnelheid met een factor van ca. 0.30.
Dit kan tot een wezenlijke toename in rheofiele fauna leiden. In fig. 9 is dit hypothetisch weergegeven.

8.4 Alternatief peilbeheer nabij de Kluizerbrug

8.4.1 Aanleiding aanpassing wenspeilen

In de onder par. 8.2 uitgewerkte ontwerpvarianten is steeds uitgegaan van de door het waterschap opgegeven wenspeilen nabij de Kluizerbrug gebaseerd op de drooglegging van gebied 2. Het aanhouden van deze wenspeilen impliceert:

a) Een vrij grote drooglegging in het bovenste traject van het natuurontwikkelingsgebied. Dit veroorzaakt een beperking in de gewenste ontwikkeling van grondwater-afhankelijke oevervegetaties.

b) Een geringe stroomsnelheid waardoor een zeer beperkte mogelijkheid ontstaat variatie in stroomsnelheid aan te brengen.

c) Een zeer gering zandtransporterend vermogen.
Hierdoor zal nagenoeg al het zand nabij de Kluizerbrug moeten worden afgevangen.
Daarnaast zijn er zeer geringe mogelijkheden om middels zandbeweging natuurlijke beeksituaties te creëren.
Bovendien vindt stroomafwaarts van het plangebied waar een groter zandtransporterend vermogen aanwezig is, van nature een zandopname door het water plaats waardoor erosie en bodemaantasting zal ontstaan.
Na het aanbrengen van een cascade zal bovenstrooms sedimentatie optreden.

Figuur 9 Waardering van de stroomsnelheidsfactor in de huidige en toekomstige toestand

S = stroomsnelheidsfactor

1 = niet of bij uitzondering in stromend water

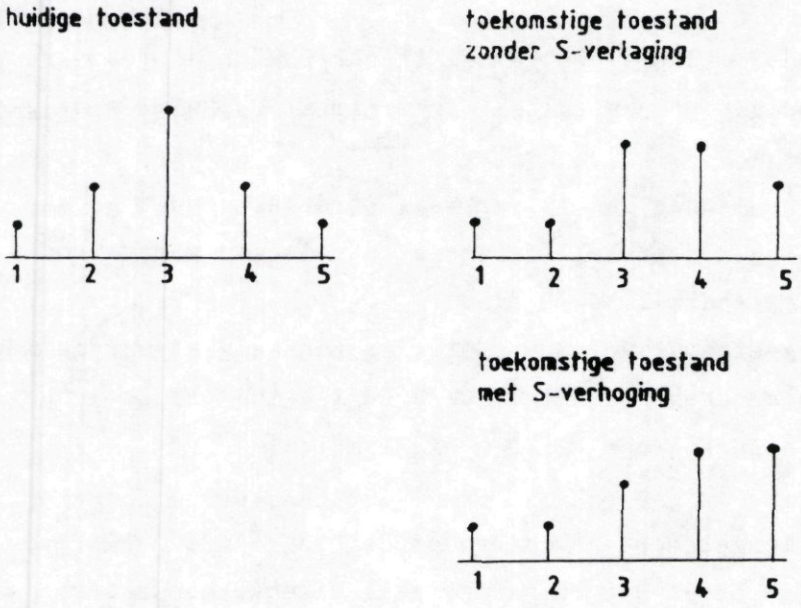
2 = minder in stromend dan in stilstaand water

3 = weinig voorkeur wat betreft stroming

4 = meer in stromend dan in stilstaand water

5 = alleen in stromend water

n = niet gecodeerd



8.4.2 Mogelijkheden tot peilverhoging nabij de Kluizerbrug

Wil men het ontwerppeil nabij de Kluizerbrug verhogen ten opzichte van de door het waterschap verstrekte wenspeilen dan zijn de volgende theoretische varianten te overwegen.

a) Het stroomgebied 2 laten afstromen via de westelijke parallelsloot. In dat geval mag het peil 0,25 m worden verhoogd. De drooglegging bij 1,0 m3/s wordt dan 1,15 m in plaats 1,40 m. Deze drooglegging is nog te groot voor een gewenste vegetatie-ontwikkeling, maar iets minder ongunstig.
De consequenties van dit voorstel is dat het debiet van de collectorleidingen met een hoge vervuilingsgraad geconcentreerd door de parallelsloot stroomt. Dit is vanuit waterkwaliteitsoogpunt niet wenselijk.

b) Het stroomgebied 2 middels een gemaal injecteren in de Tongelreep. De hierbij benodigde pompcapaciteit is minimaal 0,350 m3/s of 21 m3/min.
Bij hogere afvoer minder dan 1x per jaar wordt er vanuit gegaan dat peiloverschrijding acceptabel is. Zoniet dan is een gemaal nodig van minimaal 0,500 m3/s ofwel 30 m3/min.
Deze oplossing geeft wel enige verbetering ten aanzien van de mogelijkheden voor natuurontwikkeling. De drooglegging blijft in het bovenste traject echter groot (1,15 m bij 1 m3/s).

c) Het peil in de Tongelreep aansluiten op het bestaande peil bovenstrooms van de Kluizerbrug. Het berekende peil direct benedenstrooms van de Kluizerbrug is NAP + 26,11 m bij een debiet van 2,0 m3/s. De brug veroorzaakt door de hoog gelegen bodem een opstuwing.
Bovenstrooms van de Kluizerbrug is derhalve een peil te verwachten van ongeveer NAP + 26,30 m. In theorie is het mogelijk op dit peil aan te sluiten. Hierdoor ontstaat ten opzichte van de ontwerpvarianten een peilverhoging van 25,60 naar 26,30 ofwel bij een debiet van 2,0 m3/s 0,70 m. Bij een afvoer van 5,0 m3/s neemt het aansluitpeil toe van + 26,20 m naar ± 26,60.

Het maaiveld c.q. de aanliggende kade ligt op NAP + 26,90 m. Uitgaande van dit hoge peil zal het stroomgebied 2 middels een gemaal ad 21 of 30 m3/min moeten injecteren op de Tongelreep. De natuurontwikkelingsmogelijkheden bovenstrooms van de Kluizerbrug blijven door deze wijziging beperkt. De peilen zijn dan dermate hoog dat eventuele verwijdering van kaden ongewenste inundatie zal veroorzaken.

8.4.3 Mogelijkheden tot voorkomen van inundatie bij topafvoeren

Bij de berekeningen van de ontwerpvariant onder par. 8.2 is uitgegaan van volledige afvoer door de Tongelreep, ook bij piekafvoeren die met een geringe frequentie voorkomen. Onder 8.2.1.a is daarbij ingegaan op de mogelijkheid van de aanleg van een cascade benedenstrooms teneinde op termijn inundatie te veroorzaken. De afvoer van 5,5 m3/s is bij de berekeningen maatgevend gesteld.

De algemene wens is om het ontwerp te dimensioneren op 1 à 2 m3/s. Boven deze afvoer zal dan inundatie moeten kunnen optreden. Dit impliceert een ontwerpdebiet van 1,75 m3/s. In de overgangssituatie is de waterkwaliteit echter dermate slecht dat inundatie ongewenst is.
Een alternatief kan worden gezocht in het afleiden van afvoertoppen zodat het debiet door de Tongelreep beperkt blijft tot ± 1,75 m3/s.
Om dit te realiseren zijn de volgende voorzieningen nodig:

- een verdeelwerk direct benedenstrooms van de Kluizerbrug. Stroomgebied 1 en 2 moeten beide bovenstrooms samenkomen (al of niet middels een gemaal). Bij normale afvoer gaat alles via de Tongelreep. Bij grotere afvoeren boven de 2m3/s wordt het overige afgetopt;
- een waterloop (westelijke parallelsloot) die in staat is deze topafvoeren te verwerken. Voor de dimensionering hiervan zal opname moeten worden verricht en zal een ontwerp moeten worden gemaakt;
- een injectie kunstwerk dat benedenstrooms in de Tongelreep injecteert zonder terugstuwing te veroorzaken in het natuurontwikkelinsgebied.

De hydrologische gevolgen van deze doorgaans droge sloot op de rand van het natuurontwikkelingsgebied zullen daarbij nader moeten worden bepaald. In elk

geval zal deze waterloop in drogere periodes water onttrekken. Een goed peilbeheer middels stuwen in deze waterloop is noodzakelijk. Doorvoer van water met een slechte kwaliteit zal bovendien de kwaliteit van het grondwater negatief beïnvloeden.

Nadat de waterkwaliteit is verbeterd heeft de parallelsloot met bijbehorende voorzieningen geen functie meer en dient deze te worden verwijderd c.q. deels te worden gedempt.

8.5 Ontwerpvarianten bij een alternatief peilbeheer

8.5.1 Ontwerpvariant bij verhoogd peil aan de Kluizerbrug

De maximaal toelaatbare peilen zijn:
NAP + 26,30 m bij 2,2 m3/s in plaats van 25,64
NAP + 26,45 m bij 3,8 m3/s in plaats van 25,90
NAP + 26,60 m bij 5,0 m3/s in plaats van 26,20.

Voor alle 3 ontwerpvarianten genoemd onder par. 8.2 bestaan in principe 2 alternatieven.

a) het gehele traject dusdanig omhoog halen dat de peilen optimaal worden benut terwijl in de lengte van het traject de stroomsnelheid weinig varieert. In de situatie zal het zandtransportvermogen over de hele lengte toenemen tot ± 10 m3/jaar (bouwsteen 0).

b) het lengteprofiel zo aanpassen dat in het traject wisseling ontstaat in helling. Dit min of meer parallel aan de maaiveldhoogte. Deze variant is niet nader uitgewerkt omdat:
   - door wisseling in zandtransportvermogen geen evenwichtssituatie wordt gerealiseerd;
   - er te weinig variatie ontstaat in drooglegging en diepte van de profielen.

8.5.2 Ontwerpvariant bij tijdelijk andere debietverdeling.

Bij een debietverdeling genoemd onder par. 8.3.4 kan stroomafwaarts in het meandergedeelte de bodemhoogte worden verhoogd ten opzichte van de ontwerpvarianten zoals genoemd onder par. 8.1.

De bodemhoogte over het traject 4-5-6 kan daarbij gemiddeld 0,20 m worden verhoogd. Verdere verhoging is niet mogelijk indien voldaan moet worden aan de gegeven wenspeilen voor stroomgebied 2.

In geval van aansluiting op het wenspeil van stroomgebied 1 (inclusief gemaal) kan het gehele traject ± 0,25 m omhoog. De omvang van inundatie wordt daar nagenoeg niet groter van.

8.5.3 Ontwerpvariant bij combinatie van beide aanpassingen

Ontwerpvariant bij combinatie van hoog aansluitpeil bij de Kluizerbrug (zie par. 8.4.1 met tijdelijke aftapping van hogere afvoeren (zie par. 8.4.2). Deze combinatie maakt het mogelijk reeds nu een ontwerp te realiseren dat het meest voldoet aan het verwachtingspatroon op lange termijn.
Ook hier zijn evenals bij 8.4.2 alternatieven denkbaar t.w.:

a) het gehele traject onder een gelijkmatig verhang zoals beschreven onder 8,4,2;
b) variant in helling en stroomsnelheid in lengterichting.

Aangezien er technisch gezien weinig verschil is met het ontwerp onder 8.4.1 zijn geen verdere hydraulische berekeningen uitgevoerd.

9 GLOBALE KOSTENRAMING

1. Grondverzet

Voor het grondverzet is uitgegaan van het graven van de voorgestelde profielen van de ontwerpvarianten I, III en V waarbij de grond plaatselijk wordt verwerkt en gedeeltelijk wordt gebruikt voor demping van de bestaande beek.

De geraamde kosten zijn:

- voor alternatief I 50.000 m3 à ƒ 4,-- ƒ 200.000,--;
- voor alternatief III 70.000 m3 à ƒ 4,-- ƒ 280.000,--;
- voor alternatief V 65.000 m3 à ƒ 4,-- ƒ 260.000,--.

2. Cascadestuw.

Een van de mogelijkheden om na de verbetering van de waterkwaliteit inundatie en een geringere drooglegging te realiseren is het aanbrengen van een cascadestuw bestaande uit een stalen damwand en stortsteen van Maaskeien op nylondoek (bijlage H). De kosten hiervoor worden globaal geraamd op ƒ 25.000,--.

3. Verdeelwerk en parallelsloot.

Een andere mogelijkheid om in de overgangsperiode tot het moment van realisering van een goede waterkwaliteit, inundatie te voorkomen is tijdelijk het debiet boven 1,75 m3/s af te voeren via de parallelsloot. Hiertoe is een verdeelwerk nodig nabij de Kluizerbrug. Dit verdeelwerk bestaat uit een zijdelingse overlaat die wordt gecombineerd uit een damwand met stortsteen. De kosten hiervoor worden globaal geraamd op ƒ 25.000,--.

Tegenover de kosten van noodzakelijke profielvergroting van de parallelsloot voor afvoer van het debiet boven 1,75 m3/s, staat een kostenbesparing door een geringere diepteligging van de te graven beek. Vooralsnog wordt verondersteld dat beide kosten van gelijke orde van grootte zijn. Voor een nauwkeuriger kostencalculatie is het nodig om het profiel van de huidige parallelsloot in te meten. Tevens

zal de dimensionering van de aan te passen parallelsloot door een hydraulische berekening onderbouwd dienen te worden.

4. Zandvang.
Ten behoeve van het opvangen en bergen van zand is benedenstrooms van de Kluizerbrug een zandvang geprojecteerd bestaande uit een profielverruiming en 2 damwanden ten behoeve van het sturen van stroombanen.
De kop van de damwanden staan permanent onder water.
De kosten worden globaal geraamd op *f* 45.000,--.

De geraamde kosten zijn exclusief onvoorziene kosten, omzetbelasting en directiekosten.

LITERATUUR

Aker, K.J.A. van der, 1978. Voedselrijkdom en vervuiling. Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant.

Baerselman, F. & F.W.M. Vera, 1989; Natuurontwikkeling, Een verkennende studie. Ministerie van Landbouw en Visserij SDU uitgeverij, 's Gravenhage.

Bruylants, B., Vandelannoote, A. & Verheyen, R.F., 1989. De vissen van onze Vlaamse beken en rivieren. Hun ecologie, verspreiding en bescherming. WEL, Antwerpen. 272 pp.

Consulentschap NMF Noord-Brabant,1990 Natuurontwikkeling Achelse kluis.

Garritsen, A.C., 1988; Stromingsstelsels en waterkwaliteit in de Dommelbeemden; Instituut voor Aardwetenschappen Vrije Universiteit, Amsterdam en Natuur Milieu en Faunabeheer, Noord-Brabant, Tilburg

Geijskes, D.C., 1932. Aantekeningen over de entomofauna van het riviertje de Aa in Noordbrabant. Tijdschrift v. Entomol. 75: 194-201.

Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant, 1980-1989. Overzichten fysisch-chemische en faunistische gegevens. Boxtel.

De Jongh, H. & Backer, T., 1974. Een onderzoek naar het herstel van de macrofauna in de Tongelreep, een Brabantse laaglandbeek, na het opheffen van een ernstige verontreiniging. LH/NB verslag nr. 275, Wageningen. 55 pp.

Katwijk M.M. van, 1988; Vegetaties van waterplanten in relatie tot het milieu. Afdeling Aquatische Oecologie, Nijmegen.

Koekoek, H.H.M., 1970. De invloed van een verontreiniging op de fauna " van de Tongelreep. Zool. Lab. Afd. Dierecol. K.U. Nijmegen no. 26. 70 pp.

Kommissie voor de grensoverschrijdende onbevaarbare waterlopen, 1990. De waterkwaliteit in de grenswaterlopen (1988).

Landinrichtingsdienst, 1990 Waterkwaliteitsgegevens.

Meltzer, 1946. De Tongelreep tusschen Valkenswaard en Eindhoven. Afschrift RIN-archief, Leersum. 3 pp.

Mol, A.W.M., 1980. Additions to the list of Odonata from the surroundings of Eindhoven, The Netherlands. Notul. odonatol. 1(5): 91.

Mol, A.W.M., 1985. Baetis tracheatus Keffermuller & Machel en Caenis pseudorivulorum Keffermuller, twee nieuwe nederlandse haften (Ephemeroptera). Entomol.Ber, Amst., 45 (1):78-81.

Provincie Noord-Brabant, 1990 Werken aan water, Waterhuishoudingsplan, Ontwerp Toelichting en Bijlagen.

Redeke, H.C., 1948. Hydrobiologie van Nederland. De zoete wateren Backhuys & Meesters, Amsterdam. 580 p.

Smissaert-Statzner, B., 1986. Fliesswasserokologische Aspekter bei der naturnahen Umgestaltung heimischer Bache. Inst. Wasserbau und Kulturtechnik, Karlsruhe. Mitteilungen 174: 55-96.

Straaten, van der & Von Meijenfeldt mmv Moller-Pillot, 1983; Beken in Brabant. Tilburg.

Vera, F., 1989; Verkennende studie Natuurontwikkeling, rapportnummer 6 Achtergrondreeks Nationaal Natuurbeleidsplan.

Vlaamse Maatschappij voor waterzuivering, 1988. Jaarverslag.

Werf, S. van der, in voorb.; Natuurtechnisch bosbeheer.

Westhoff & Den Held, 1975; Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme Zutphen