RAPPORT AS-01
22
5140
[1]

Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 1, Bronnen



791F09

791 F09

Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 1, Bronnen

Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'

Piet F.M. Verdonschot

BIBLIOTHEEK DE HAAFF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

landbouw, natuurbeheer en visserij

in opdracht van:
Expertisecentrum LNV
Ministerie van Landbouw,
Natuurbeheer en Visserij

161607

18 MEI 2001

ALTERRA

ALTERRA
Afdeling Ecologie & Milieu
Basisteam Zoetwaterecosystemen

Colofon

Rapport EC-LNV nr. AS-01
Wageningen 2000

Dit rapport is opgesteld door Alterra in opdracht van het Expertisecentrum LNV van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Teksten mogen worden overgenomen mits met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk, telefonisch of per e-mail worden besteld bij het Expertisecentrum LNV onder vermelding van code AS-01 en het aantal exemplaren. De kosten per exemplaar bedragen f. 20,00. Een factuur wordt bijgevoegd.

Auteur:	Piet F.M. Verdonschot
Projectleiding EC-LNV:	Carla M. Bisseling & Mariken Fellinger
Fotografie:	Piet F.M. Verdonschot
Ontwerp:	Plano Design, Den Haag
Opmaak en drukwerk:	Den Haag Offset, Rijswijk
Productie:	Expertisecentrum LNV
	Bezoekadres: Marijkeweg 24, Wageningen
	Postadres: Postbus 30, 6700 AA Wageningen
	Telefoon: 0317 – 474 801
	Fax: 0317 – 427 561
	E-mail: balie@eclnv.agro.nl

Inhoudsopgave

	Inhoudsopgave	**3**
	Achtergrond en methodiek van het Aquatisch Supplement	**5**
	Voorwoord	**17**
	Samenvattend overzicht	**19**
1.	**Ontstaanswijze en morfologie**	**21**
1.1	Inleiding	21
1.2	Ligging en typering	21
2.	**Landschapsecologische aspecten**	**29**
2.1	Inleiding	29
2.2	Landschapsecologische relaties	30
3.	**Hoofdfactoren**	**31**
3.1	Inleiding	31
3.2	Temperatuur	31
3.3	Licht	32
3.4	Hydrologie	33
3.5	Mineralen	34
3.6	Zuurstof	36
3.7	Samenvattend overzicht	37
4.	**Typologie**	**39**
4.1	Inleiding en ambitieniveau	39
4.2	Gemeenschap van bronnen met geconcentreerde, hoge afvoer	41
4.3	Gemeenschap van mineralenarme bronnen met pleksgewijze, matige afvoer	44
4.4	Gemeenschap van matig mineralenrijke bronnen met pleksgewijze, matige afvoer	47
4.5	Gemeenschap van mineralenarme bronnen met diffuse, lage afvoer	50
4.6	Gemeenschap van matig mineralenrijke bronnen met diffuse, lage afvoer	53
4.7	Gemeenschap van mineralenarme, droogvallende bronnen	56
4.8	Gemeenschap van matig mineralenrijke, droogvallende bronnen	59

4.9	Gemeenschap van mineralenarme, beekbegeleidende bronnen	62
4.10	Gemeenschap van matig mineralenrijke, beekbegeleidende bronnen	65
4.11	Gemeenschap van mineralenarme bronvijvers	68
4.12	Gemeenschap van matig mineralenrijke bronvijvers	70
4.13	Gemeenschap van limnocrene bronnen	72
5.	**Bedreigingen en trends**	**75**
5.1	Inleiding	75
5.2	Waterkwantiteit	75
5.3	Vervuiling van het grondwater	75
5.4	Oppervlakkige afstroming	76
5.5	Atmosferische depositie	76
5.6	Fysische verstoring	76
5.7	Trends	76
6.	**Herstelmogelijkheden**	**79**
7.	**Literatuur**	**81**
	Bijlage 1: Leden van de Begeleidingscommissie	85
	Bijlage 2: Deelnemers expert-workshop	86

Algemene toelichting op het project "Aquatisch supplement"

1 Aanleiding voor het project "Aquatisch Supplement"

Voor de kwalitatieve invulling van de EHS is in 1995 een stelsel van natuurdoeltypen beschreven in het Handboek Natuurdoeltypen. De natte natuur is hierin globaal uitgewerkt. Dit terwijl een groot deel van de EHS uit water bestaat en de gevarieerdheid in watertypen in Nederland zeer groot is. Ervaring met het gebruik van het Handboek heeft geleerd dat de praktijk vraagt om verder uitgewerkte natuurdoeltypen voor de waternatuur. Dit is aanleiding geweest voor een project "Aquatisch Supplement". Het project heeft geresulteerd in een serie achtergronddocumenten (supplement) bij het (herziene) Handboek Natuurdoeltypen. De watertypen die in de achtergrond-documenten worden beschreven, vormen de bouwstenen voor de aquatische natuurdoeltypen voor het nieuwe Handboek (zie ook paragraaf 4 van deze algemene toelichting).

2 Status en ambitieniveau van de achtergronddocumenten

Elk watertype, zoals beschreven in hoofdstuk 4, is een beschrijving van een levensgemeenschap in termen van abiotiek en biotiek. De beschrijving van de biotiek is beperkt tot macrofyten (water- en oeverplanten), macrofauna (met het blote oog waarneembare ongewervelde dieren, meestal tussen de 1 mm en enkele cm groot) en vissen. De abiotische beschrijvingen zijn niet normatief maar richtinggevend voor de milieu-omstandigheden waaronder het type zich optimaal ontwikkeld.

Elk watertype beschrijft in principe de natuurlijke ecologische situatie van (een deel van) een watersysteem. De beschrijving fungeert daarmee als referentie voor zo'n watersysteem. Van veel wateren ontbreekt echter informatie over de natuurlijke situatie of de watersystemen zijn van oorsprong kunstmatig zodat een natuurlijke referentie niet bestaat. Daarom is het beter om te spreken van een ecologisch optimale situatie: een situatie waarin zo weinig mogelijk beïnvloeding van de mens aanwezig is en de soortensamenstelling een afspiegeling is van een gezonde leefomgeving. Deze situatie geeft mogelijkheden voor de ontwikkeling van zeldzame en kenmerkende soorten voor bepaalde milieu-omstandigheden en voor de ontwikkeling van doelsoorten die daar thuishoren.

Dit betekent dat de beschrijvingen in de achtergronddocumenten geen weergave zijn van de alledaagse veldsituatie. In veel gevallen zullen de

huidige omstandigheden (nog) niet voldoen aan de ideale omstandigheden. Een watertype geeft richting aan een streefbeeld voor deze veldsituatie. Tevens is aangegeven welk beheer en inrichting nodig is om dit streefbeeld te bereiken. In het algemeen geldt dat de mogelijkheden voor ontwikkeling van dit streefbeeld in gebieden met een natuurfunctie (EHS) het grootst zijn.

De watertypen in de achtergronddocumenten hebben geen beleidsmatige status maar zijn een belangrijk instrument in de doorwerking van het landelijke natuurbeleid in de regionale planvorming. De beschrijvingen geven houvast bij de vertaling van natuurdoelen in een adequaat milieu-, waterbeleid en -beheer. Voor veel typen geldt dat dit beleid en beheer maatwerk is op regionale schaal. Een gedetailleerde invulling van watertypen op regionale schaal geeft dus extra houvast voor een effectieve doorwerking van het natuurbeleid. Door een directe relatie tussen watertypen en natuurdoeltypen zijn de resultaten op regionale schaal vertaalbaar naar het nationale natuurbeleid.

3 Uitwerking in achtergronddocumenten

Levensgemeenschappen vormen de basis voor het onderscheiden van watertypen. Een levensgemeenschap is een complex geheel van verschillende soorten en soortgroepen met diverse onderlinge interacties. Het beschrijven van een levensgemeenschap in een abstracte typologie is altijd een versimpelde afspiegeling van de werkelijkheid. Een beschrijving van een type is daarom een richtinggevend beeld van wat er in het veld aangetroffen zou kunnen worden onder bepaalde omstandigheden. Om praktische redenen is als eerste ingang tot de informatie een verdeling gemaakt van wateren in hoofdwatertypen.

Er zijn 13 hoofdwatertypen onderscheiden die door RIZA en Alterra verder zijn uitgewerkt ieder in een apart achtergronddocument:

deel 1 Bronnen (Alterra)
deel 2 Beken (Alterra)
deel 3 Wateren in het rivierengebied (RIZA en Alterra)
deel 4 Brakke binnenwateren (Alterra)
deel 5 Poelen (Alterra)
deel 6 Sloten (Alterra)
deel 7 Laagveenwateren (Alterra)
deel 8 Wingaten (Alterra)
deel 9 Rijksmeren (RIZA)
deel 10 Regionale kanalen (Alterra)
deel 11 Rijkskanalen (RIZA)
deel 12 Zoete duinwateren (Alterra)
deel 13 Vennen (Alterra)

Elk hoofdwatertype is uitgewerkt in een typologie die in de achtergrond-documenten beschreven zijn. Het "aquatisch supplement" bestaat in totaal dus uit 13 boekjes.

De typologie van de regionale wateren is gebaseeerd op de 'gemeenschapsbenadering'. Dit betekent dat per hoofdwatertype verschillen in levensgemeenschappen leiden tot het onderscheiden van watertypen. De hoofdfactoren die ten grondslag liggen aan deze verschillen in gemeenschappen staan in hoofdstuk 3 ("Hoofdfactoren").
Als basisgegevens voor de uitwerking van de typologie is literatuur en expert judgement gebruikt. Dit betekent dat de uitgewerkte typologieën gebaseerd zijn op bestaande typologieën en aanverwante informatie en niet op nieuwe ruwe gegevens uit het veld. Voor een aantal hoofdwatertypen is gewerkt met weinig materiaal (poelen, kanalen, wingaten). Voor andere was veel meer informatie beschikbaar (sloten en beken). De overige watertypen zaten daar tussen in. Voor de uitwerking van de rijkswateren (rivieren, rijkskanalen en rijksmeren) is het ecotopenstelsel van Rijkswaterstaat de belangrijkste basis.

De typologieën staan in hoofdstuk 4 (rivieren en nevengeulen), 5 (rivierbegeleidende wateren) en 6 (getijdenwateren). Elk type is beschreven in termen van:

- Processen: processen die bepalend zijn voor het voorkomen van het bepaalde type
- Ecologische typering: een karakterisering van de levensgemeenschappen van de vegetatie, de macrofauna en de vissen.
- Indicatoren: de belangrijkste kenmerkende soorten macrofyten, macrofauna en vissen.
- Doelsoorten: Deze zijn in de boekjes over de regionale watertypen alleen opgenomen voor de macrofauna, m.u.v. de libellen. De libellen zijn in het Handboek Natuurdoeltypen (1995) al als doelsoort benoemd. Daarbij gaat het om het volwassen stadium. De larven (watertypen) zijn daarbij niet betrokken. De verantwoording voor de keuze van de macrofauna - doelsoorten wordt apart gerapporteerd (Verdonschot, in prep.).
- Abiotische toestandsvariabelen: richtinggevende waarden voor de meest essentiële fysische en chemische parameters, zoals voedingsstoffen, macro-ionen, waar relevant breedte en diepte.
- Beheer en inrichting: aanwijzingen voor gewenst beheer en inrichting om het betreffende type te realiseren en te onderhouden.

4 Van watertype naar natuurdoeltype

De watertypen uit de achtergronddocumenten vormen de basis voor de afbakening van de natuurdoeltypen die opgenomen zijn in het nieuwe Handboek Natuurdoeltypen (Bal et al., in prep.). In totaal zijn er 131 watertypen onderscheiden in de 13 achtergronddocumenten en ca. 25 aquatische

natuurdoeltypen in het handboek. Dit betekent dat er watertypen geaggregeerd zijn tot natuurdoeltypen. Het resultaat van de aggregatie is weergegeven in tabel B. In deze aggregatie zijn de volgende criteria gehanteerd:

- In principe behoort ieder watertype tot slechts één natuurdoeltype.
- De indeling in aquatische natuurdoeltypen in het nieuwe handboek is gebaseerd op ecologische hoofdfactoren: stroming, stroomsnelheid en dimensies en mate van buffering. In onderstaand tabel A is dit aangegeven:

Tabel A: Sturende hoofdfactoren als basis voor de aggregatie van de watertypen uit het Aquatisch Supplement naar de natuurdoeltypen uit het Handboek Natuurdoeltypen in Nederland (Bal et al., in prep).

	estuaria		**stromende wateren**							
sturende hoofdfactor / natuurdoeltype	*getijde dynamiek*	*brak*	*droog-vallend*	*stroomsnelheid*		*dimensie*				
				langzaam	*snel*	*bron*	*zeer klein*	*klein*	*matig*	*groot*
droogvallende bron en beek			*							
permanente bron						*				
langzaam stromende bovenloop				*			*			
langzaam stromende midden- en benedenloop				*				*		
langzaam stromend riviertje				*					*	
snelstromende bovenloop					*		*			
snelstromende midden- en benedenloop					*			*		
snelstromend riviertje					*				*	
snelstromende rivier en nevengeul					*					*
langzaam stromende rivier en nevengeul				*						*
zoet getijdenwater	*									
brak getijdenwater	*	*								

Stilstaande wateren												
sturende hoofdfactor / natuurdoeltype	*beschaduwd*	*droogvallend*	*brak*	*buffering*			*dynamisch*	*dimensie*				*geïsoleerd*
				zuur	*zwak gebufferd*	*gebufferd*		*diep klein*	*diep groot*	*ondiep klein*	*ondiep groot*	
brak stilstaand water			*									
bospoel	*											*
gebufferde poel en wiel						*		*		*		*
gebufferde sloot						*				*		
dynamisch rivierbegeleidend water						*	*					
geïsoleerde meander en petgat						*					*	*
meer						*			*		*	
kanaal, vaart, boezemwater						*		*				
ondiep duinwater											*	*
zwak gebufferde sloot		-			*					*		
zwak gebufferd ven en wingat					*							*
zuur ven				*								*
moeras en droogvallend water		*										

Bij de 'brakke wateren' is de factor brak zo dominant dat de verschillen in dimensies nauwelijks verschillende levensgemeenschappen oplevert. Hetzelfde geldt voor de 'zure wateren' (ven).

- Naast de ecologische hoofdfactoren speelt het beheer een rol. Zo worden vennen en droogvallende oevers van vennen niet apart beschreven aangezien ze voor de waterbeheerder één beheerseenheid vormen.
- In de naamgeving van de typen is de herkenbaarheid zo veel mogelijk terug te vinden, waarbij de naam liefst zo kort mogelijk is gehouden. Op basis van de vorm is de naamgeving afgestemd op in de praktijk gebruikelijke naamgeving van sloot, poel, ven, beek enz.
- Semi-aquatische typen zijn waar mogelijk gecombineerd met semi-terrestrische typen: bijvoorbeeld "periodiek droogvallende wateren (in het rivierengebied)" zijn samengevoegd met "moerassen"; "droogvallende duinwateren" met "natte duinvalleien". Op die manier is de integratie van aquatische en terrestrische typen zo groot mogelijk.

- De ecologische bandbreedte is voor ieder aquatisch natuurdoeltype ongeveer gelijk: gemeenschapstypen met soorten die in eenzelfde milieu voorkomen, zijn geaggregeerd.
- Er is voor gekozen het totaal aantal natuurdoeltypen (aquatisch en terrestrisch, hoofdgroep 1, 2 en 3) beperkt te houden (maximaal 100), wat zijn weerslag heeft op het beschikbare aantal voor de aquatische natuurdoeltypen. Uiteindelijk worden dit er waarschijnlijk ca. 25. De natuurdoeltypen geven globaal de variatie weer op nationaal schaalniveau.

De exacte indeling in natuurdoeltypen en de achterliggende aggregatie staat in het nieuwe Handboek Natuurdoeltypen. Bij het gereedkomen van dit document was de definitieve indeling nog niet bekend.
De natuurdoeltypen in het handboek hebben een beleidsmatige status: ze vormen een kwalitatieve norm voor de invulling van het natuurbeleid in Nederland. Deze kwalitatieve norm geldt in eerste instantie voor de Ecologische Hoofdstructuur en alle systemen die voor natuur optimaal beheerd worden. In kwantitatieve zin stelt het natuurbeleid normen aan (clusters) van natuurdoeltypen via de Rijksstreefbeeldenkaart.

5 Toepassingsmogelijkheden

De belangrijkste toepassing van de watertypen en de natuurdoeltypen ligt op het vlak van doeltoewijzing in de gebiedsgerichte planvorming. Daarnaast kunnen de typen richting geven aan inrichting, beheer en monitoring. De toepassingsmogelijkheden van de natuurdoeltypen worden uitgebreid behandeld in het nieuwe Handboek Natuurdoeltypen. Toepassingsmogelijkheden voor de watertypen zijn als volgt:

Doeltoewijzing
Op landelijk schaalniveau stelt het natuurbeleid zowel kwalitatieve (in de vorm van natuurdoeltypen) als kwantitatieve (in hectares) normen aan de te behouden en ontwikkelen natuur. Voor realisering hiervan is maatwerk geboden. De watertypen uit de achtergronddocumenten zijn een instrument voor invulling van dit maatwerk. In principe zijn de natuurdoeltypen en de watertypen bedoeld voor doeltoewijzing binnen de Ecologische Hoofdstructuur. Daarnaast is het mogelijk de typen te gebruiken in de gebiedsgerichte planvorming buiten de EHS voor gebieden of wateren waar het beheer gericht is op natuur.

In de algemene karakterisering van elk watertype is aangegeven waar globaal dit type in het landschap te verwachten is. Deze landschapsecologische context bepaalt in sterke mate de potentie voor realisering van een watertype. Per watertype is aangegeven wat de

abiotische randvoorwaarden zijn om het betreffende type te realiseren. Deze randvoorwaarden bieden extra aanknopingspunten voor de doeltoewijzing.

Voor watersystemen geldt dat in praktijk zowel waterbeheerders als natuurbeheerders in de doelrealisering betrokken zijn. De watertypen en aquatische natuurdoeltypen fungeren in de doeltoewijzing en het opstellen van inrichtings-, beheers- en monitoringsplan als gezamenlijke taal voor deze beheerders.

De potentie om een zo goed mogelijk watersysteem te realiseren is het grootst indien het totale landschap een op natuur gericht beheer kent. Een toekenning van een hoofdgroep 1- of 2-type in plaats van een hoofdgroep 3-type vergroot efficiëntie van beheer en duurzaamheid. In de hoofdgroep 1- en 2-typen vormen wateren en watersystemen elementen die in deze typen op landschapsschaal beschouwd en beheerd worden. Een gebied inclusief watersystemen komt alleen in aanmerking voor een type uit hoofdgroep 1 of 2 indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- er is voldoende ruimte beschikbaar en de benodigde landschapsecologische processen zijn mogelijk.
- het gebied wordt niet doorsneden door verharde wegen, spoorlijnen, kanalen, of gebieden met een andere beheersstrategie, omdat dergelijke enclaves natuurlijke processen op landschapsschaal kunnen belemmeren.

Indien beheer op landschapsschaal van voldoende grootte niet mogelijk is, is beheer op lokale schaal gewenst en kunnen aquatische natuurdoeltypen of watertypen (hoofdgroep 3) toegekend worden.

EU-kaderrichtlijn

Een specifieke toepassing die in de komende jaren veel aandacht zal krijgen, is die in het kader van de EU-kaderrichtlijn Water. Deze vervangt in de komende jaren diverse andere Europese regelingen. De Kaderrichtlijn heeft enkel betrekking op water, maar stelt zich expliciet ten doel ook bij te dragen aan de realisering van goede randvoorwaarden voor aan water gerelateerde (terrestrische) natuur. Daarbij staat de stroomgebiedenbenadering centraal. Per stroomgebied dient een beheersplan te worden opgesteld met daarin o.a. een beschrijving van beschermde gebieden met bijzondere natuurwaarden, inclusief de bijbehorende milieudoelen. Het systeem van natuurdoeltypen en watertypen biedt hiervoor goede handvatten, bijvoorbeeld bij het apart onderscheiden van 'kunstmatige' of 'sterk veranderde wateren', die in de Richtlijn een aparte status zullen krijgen. Hetzelfde geldt voor het beoogde onderscheid van de ecologische toestand van gebieden in normatieve klassen (zeer goed, goed en matig). De natuurdoeltypen en de watertypen vormen een belangrijke basis voor de benodigde referentiebeschrijvingen die in het kader van de EU-kaderrichtlijn opgesteld dienen te worden voor alle wateren binnen een stroomgebied.

Tabel B: Relatie tussen de watertypen uit het Aquatisch Supplement (13 deelrapporten) en de natuurdoeltypen uit het Handboek Natuurdoeltypen (Bal et al., in prep).

Watertypen van het Aquatisch Supplement	**Concept-natuurdoeltypen van het Handboek Natuurdoeltypen in prep. (s.v.z. december 2000)** (NB: tussen haakjes staan de concept-subnatuurdoeltypen)
Bronnen, deelrapport 1	
Bronnen met geconcentreerde, hoge afvoer	Permanente bron (matig mineralenrijk)
Mineralenarme bronnen met pleksgewijze, matige afvoer	Permanente bron (mineralenarm)
Matig mineralenrijke bronnen met pleksgewijze, matige afvoer	Permanente bron (matig mineralenrijk)
Mineralenarme bronnen met diffuse, lage afvoer	Permanente bron (mineralenarm)
Matig mineralenrijke bronnen met diffuse, lage afvoer	Permanente bron (matig mineralenrijk)
Mineralenarme, beekbegeleidende bronnen	Permanente bron (mineralenarm)
Matig mineralenrijke, beekbegeleidende bronnen	Permanente bron (matig mineralenrijk)
Mineralenarme, droogvallende bronnen	Droogvallende bron en beek
Matig mineralenrijke, droogvallende bronnen	Droogvallende bron en beek
Mineralenarme bronvijvers	Permanente bron (bronvijver)
Matig mineralenrijke bronvijvers	Permanente bron (bronvijver)
Limnocrene bronnen	Permanente bron (bronvijver)
Beken, deelrapport 2	
Droogvallende bovenloopjes	Droogvallende bron en beek
Droogvallende bovenlopen	Droogvallende bron en beek
(Zwak) zure bovenloopjes	Langzaam stromende bovenloop (zuur)
(Zwak) zure bovenlopen	Langzaam stromende bovenloop (zuur)
Zwak zure middenlopen	Langzaam stromende midden- en benedenloop zuur)
Snelstromende bovenloopjes	Snelstromende bovenloop
Snelstromende bovenlopen	Snelstromende bovenloop
Snelstromende middenlopen	Snelstromende midden- en benedenloop
Snelstromende benedenlopen	Snelstromende midden- en benedenloop
Snelstromende riviertjes	Snelstromend riviertje
Langzaam stromende bovenloopjes	Langzaam stromende bovenloop
Langzaam stromende bovenlopen	Langzaam stromende bovenloop
Langzaam stromende middenlopen	Langzaam stromende midden- en benedenloop
Langzaam stromende benedenlopen	Langzaam stromende midden- en benedenloop
Langzaam stromende riviertjes	Langzaam stromend riviertje
Wateren in het rivierengebied, deelrapport 3	
Rivier: hard substraat (stenen, grind, veenbanken, dood hout) in snelstromend water	Snelstromende rivier en meestromende nevengeul/ Langzaam stromende rivier en meestromende nevengeul
Rivier: zand in snelstromend water	Snelstromende rivier en meestromende nevengeul/ langzaam stromende rivier en nevengeul

Rivier: klei- of leemoevers in snelstromend water	Langzaam stromende rivier en meestroomde nevengeul
Rivier: vast substraat (stenen, grind, veen/ kleibanken, hout) in langzaam stromend water	Langzaam stromende rivier en meestromende nevengeul/snelstromende rivier en meestromende nevengeul
Rivier: zand in langzaam stromend water	Langzaam stromende rivier en meestromende nevengeul/snelstromende rivier en meestromende nevengeul
Rivier: zand met een laagje slib of detritus in langzaam stromend water	Langzaam stromende rivier en meestromende nevengeul
Rivier: slib in langzaam stromend tot stilstaand water	Langzaam stromende rivier en meestromende nevengeul
Periodiek droogvallende wateren	Moeras en droogvallend water
Diepe wateren in open verbinding met de rivier	Dynamisch rivierbegeleidend water (groot)
Van de rivier geïsoleerde grote diepe wateren	Afgeleid type meer (diep matig tot sterk gebufferd)
Diepe van de rivier geïsoleerde kleine wateren	Gebufferde poel en wiel
Ondiepe wateren in open verbinding met de rivier	Dynamisch rivierbegeleidend water (klein)
Ondiepe geïsoleerde sterk geïnundeerde wateren	Dynamisch rivierbegeleidend water (klein)
Ondiepe geïsoleerde matig geïnundeerde wateren	Geïsoleerde meander en petgat (geïsoleerde meander)
Geïsoleerde ondiepe zelden geinundeerde wateren	Geïsoleerde meander en petgat (geïsoleerde meander)
Wateren met getijdeninvloed	Zoet getijdenwater
Zoete intergetijdenzone	Zoet getijdenwater
Zoete, ondiepe getijdenwateren	Zoet getijdenwater
Zoete, diepe getijdenwateren en de stroomgeul	Zoet getijdenwater
Licht brakke intergetijdenzone	Brak getijdenwater
Licht brakke, ondiepe getijdenwateren	Brak getijdenwater
Licht brakke, diepe getijdenwateren en de stroomgeul	Brak getijdenwater
Brakke intergetijdenzone	Brak getijdenwater
Brakke, ondiepe getijdenwateren	Brak getijdenwater
Brakke, diepe getijdenwateren en de stroomgeul	Brak getijdenwater
Brakke binnenwateren, deelrapport 4	
Licht brakke duinplassen	Brak stilstaand water (licht tot matig)/ondiep duinwater
Licht brakke laagveenplassen	Stilstaand brak water (licht tot matig)/meer (ondiep matig tot sterk gebufferd)

Geïsoleerde, kleine, stagnante, licht brakke wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)/gebufferde poel
Geïsoleerde, grote, stagnante, licht brakke wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)/meer (ondiep matig tot sterk gebufferd)
Kleine, licht brakke, lijnvormige wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)/gebufferde sloot
Grote, licht brakke, lijnvormige wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)/Kanaal, vaart en boezemwater
Geïsoleerde, kleine, stagnante, matig brakke wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)
Geïsoleerde, grote, stagnante, matig brakke wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)
Matig brakke, lijnvormige wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)
Geïsoleerde, kleine, stagnante, sterk brakke wateren	Stilstaand brak water (sterk)
Geïsoleerde, grote, stagnante, sterk brakke wateren	Stilstaand brak water (sterk)
Sterk brakke, lijnvormige wateren	Stilstaand brak water (sterk)
Poelen, deelrapport 5	
Temporaire zure poelen	Zuur ven (droogvallende poel)
Temporaire, niet zure poelen	Moeras en droogvallend water
Permanente zure poelen	Zuur ven (poel)
Sterk beschaduwde, permanente poelen	Bospoel
Zwak gebufferde poelen op zandgrond	Zwak gebufferd ven en wingat (poel en ven)
Zwak tot matig gebufferde poelen op zandgrond	Gebufferde poel en wiel (poel)
Poelen op kleigrond	Gebufferde poel en wiel (poel)
Sloten, deelrapport 6	
Brakke sloten	Stilstaand brak water (licht tot matig)/gebufferde sloot
(zwak) zure zandsloten	Zwak gebufferde sloot (zwak zure zandsloot)
Zure hoogveenslootjes	Levend hoogveen
Oligo- tot mesotrofe zandsloten	Zwak gebufferde sloot (oligo- tot mesotrofe sloot)
Mesotrofe veensloten	Gebufferde sloot
Eutrofe veensloten	Gebufferde sloot
Kleisloten	Gebufferde sloot
Laagveenwateren, deelrapport 7	
Zure oligotrofe laagveenslootjes	Veenmosrietland
Oligo- tot mesotrofe laagveensloten	Zwak gebufferde sloot (oligo- tot mesotrofe sloot)
Meso- tot eutrofe laagveensloten	Gebufferde sloot
Brakke laagveensloten	Stilstaand brak water (licht tot matig)/gebufferde sloot
Vaarten en laagveenkanalen	Kanaal, vaart, boezemwater
Mesotrofe petgaten	Geïsoleerde meander en petgat (petgat)
Voedselrijke petgaten	Geïsoleerde meander en petgat (petgat)
Mesotrofe plasjes	Gebufferd meer (ondiep zwak tot matig gebufferd)
Voedselrijke plasjes	Gebufferd meer (ondiep zwak tot matig gebufferd)

Voedselarme plassen en meren	Gebufferd meer (ondiep zwak tot matig gebufferd)
Voedselrijke plassen en meren	Gebufferd meer (ondiep zwak tot matig gebufferd)
Wingaten, deelrapport 8	
Grote, diepe, zure wingaten	Zwak gebufferd ven en wingat (wingat)
Grote, diepe zwak gebufferde wingaten	Zwak gebufferd ven en wingat (wingat)
Grote, diepe oligo- mesotrofe matig tot sterk gebufferde wingaten	Afgeleid type gebufferd meer (diep matig tot sterk gebufferd)
Grote, diepe mesotrofe matig tot sterk gebufferde wingaten	Afgeleid type gebufferd meer (diep matig tot sterk gebufferd)
Ondiepe tot matig diepe, zure, oligotrofe wingaten op zand- of leemgrond	Zuur ven
Ondiepe tot matig diepe, (zeer) zwak gebufferde wingaten op zand- of leemgrond	Zuur ven
Ondiepe tot matig diepe wingaten op kleigrond	Meer (ondiep matig tot sterk gebufferd)
Rijksmeren, deelrapport 9	
Meren, zeer diep water	Afgesloten zoete zeearm
Meren, diep water	Afgesloten zoete zeearm
Meren, matig diep water	Afgesloten zoete zeearm
Meren, ondiep water	Gebufferd meer (ondiep matig tot sterk gebufferd)
Regionale kanalen, deelrapport 10	
Kleine, stromende kanalen	Afgeleid type langzaam stromende midden- en benedenloop
Grote, licht stromende kanalen	Afgeleid type langzaam stromend riviertje
Zure kanalen op zandgrond	Afgeleid type kanaal, vaart, boezemwater
Zwak tot matig gebufferde kanalen op zandgrond	Kanaal, vaart, boezemwater
Grote, stilstaande kanalen op zandgrond	Kanaal, vaart, boezemwater
Kleine, stilstaande kanalen op kleigrond	Kanaal, vaart, boezemwater
Grote, stilstaande kanalen op kleigrond	Kanaal, vaart, boezemwater
Rijkskanalen, deelrapport 11	
Zoete kanalen, diep water, sterk tot matig dynamisch	Kanaal, vaart, boezemwater
Zoete kanalen, ondiep water, sterk tot matig dynamisch	Kanaal, vaart, boezemwater
Zoete kanalen, ondiep water, matig tot gering dynamisch	Kanaal, vaart, boezemwater
Brakke kanalen, zeer diep water, sterk tot matig dynamisch	Stilstaand brak water (sterk)
Brakke kanalen, diep water, sterk tot matig dynamisch	Stilstaand brak water (sterk)
Brakke kanalen, ondiep water, sterk tot matig dynamisch	Stilstaand brak water (licht tot matig)
Brakke kanalen, ondiep water, matig tot gering dynamisch	Stilstaand brak water (licht tot matig)

Zoete duinwateren, deelrapport 12	
Droogvallende, ondiepe, kalkrijke duinwateren	Natte duinvallei
Droogvallende, ondiepe, kalkarme duinwateren	Natte duinvallei
Droogvallende, ondiepe, zwak zure duinwateren	Natte duinvallei
Permanente, ondiepe, jonge duinwateren	Ondiep duinwater
Permanente, ondiepe, oude duinwateren	Ondiep duinwater
Grote, diepe duinwateren	Meer (ondiep matig tot sterk gebufferd)
Kleine duinwateren	Ondiep duinwater
Duinbron	Permanente bron (matig mineralenrijk)
Langzaam stromende (droogvallende) duinwateren	Droogvallende bron en beek
Stromende duinwateren	Langzaam stromende bovenloop/midden- en benedenloop
Vennen, deelrapport 13	
Zure vennen zonder hoogveenontwikkeling	Zuur ven
Ionenrijkere, matig zure vennen zonder hoogveenontwikkeling	Zuur ven
Hoogveenvennen	Levend hoogveen
Open water in hoogveengebieden	Levend hoogveen
Ionenrijkere hoogveenvennen	Levend hoogveen
Zeer zwak gebufferde zandbodemvennen	Zwak gebufferd ven en wingat (poel en ven)
Ondiepe, zwak gebufferde zandbodemvennen	Zwak gebufferd ven en wingat (poel en ven)
Diepe, zwak gebufferde zandbodemvennen	Zwak gebufferd ven en wingat (poel en ven)
Beekdalvennen	Gebufferde poel en wiel/geïsoleerde meander en pet gat

Voorwoord

Bij het realiseren van de Ecologische Hoofdstructuur stuurt het rijk op kwaliteit. In 1995 heeft het hiervoor de mogelijke typen natuur beschreven in het 'Handboek natuurdoeltypen in Nederland'. Het doel van dit handboek is het creëren van een gemeenschappelijke taal die beleidsmakers en beheerders kunnen gebruiken bij het maken van afspraken over de te realiseren natuurkwaliteit.
Het handboek uit 1995 richt zich met name op de terrestische natuur. De beschrijving van de typen aquatische natuur is globaal gebleven. Dit is een groot gemis, met name vanwege het specifieke belang van natte natuur in Nederland.

In 1997 is in de workshop 'Aquatische-ecologische instrumenten voor de toekomst' de behoefte aan een aanvulling van het Handboek Natuurdoeltypen ten aanzien van natte natuur reeds geuit. Om hierin te voorzien heeft de directie Natuurbeheer van LNV aan het Expertisecentrum LNV de opdracht gegeven een 'Aquatisch Supplement' voor het handboek op te stellen.
Het voor u liggende rapport is onderdeel van dit Aquatisch Supplement. De totale reeks van dit supplement bestaat uit 13 rapporten waarin verschillende soorten zoet watersystemen zijn beschreven. Ieder watersysteem is beschreven in termen van organismen (doelsoorten en indicatorsoorten), de bijbehorende abiotische omstandigheden, de meest sturende ecologische processen, de ligging in het landschap en adviezen voor beheer en inrichting.

Onder leiding van het EC-LNV is deze reeks rapporten opgesteld in samenwerking met het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling), Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), enkele waterschappen (Hollandse Eilanden en Waarden, Uitwaterende Sluizen en de Maaskant) en de provincie Friesland. RIZA en Alterra hebben het project uitgevoerd.

Mede op basis van het Aquatisch Supplement is momenteel een nieuwe versie van het Handboek Natuurdoeltypen in voorbereiding bij het Experticecentrum LNV. Dit document zal in het voorjaar van 2001 verschijnen.

Ik hoop dat u allen in uw dagelijks werk geïnspireerd wordt door de inhoud van deze reeks van rapporten. Alle betrokkenen bedank ik hartelijk voor hun inzet.

Drs. R.P. van Brouwershaven
Directeur Expertisecentrum LNV
Wageningen

Samenvattend overzicht 'bronnen'

De onderstaande twee tabellen geven een samenvattend overzicht van de belangrijkste kenmerken van gemeenschapstypen in bronnen. Voor nadere toelichting wordt verwezen naar betreffende hoofdstukken en paragrafen.

Brontype	Ontstaanswijze en morfologie	Landschaps-ecologische aspecten	Bedreigingen en trends	Herstel-mogelijkheden
Bronnen met geconcentreerde, hoge afvoer	rheocreen	grondwater-hydrologie	betreding, verdroging	uitrasteren, natuurlijke hydrologie
Mineralenarme bronnen met pleksgewijze, matige afvoer	helocreen	grondwater-hydrologie en mineralen	verdroging, eutrofiëring	natuurlijke hydrologie, beperken stoffentoevoer
Matig mineralenrijke bronnen met pleksgewijze, matige afvoer	helocreen	grondwater-hydrologie en mineralen	verdroging, eutrofiëring	natuurlijke hydrologie, beperken stoffentoevoer
Mineralenarme bronnen met diffuse, lage afvoer	helocreen-kwelplek	mineralen	verdroging, eutrofiëring	natuurlijke hydrologie, beperken stoffentoevoer
Matig mineralenrijke bronnen met diffuse, lage afvoer	helocreen-kwelplek	mineralen	verdroging, eutrofiëring	natuurlijke hydrologie, beperken stoffentoevoer
Mineralenarme, droogvallende bronnen	temporaire helocreen	grondwater-hydrologie	verdroging, verzuring	natuurlijke hydrologie
Matig mineralenrijke, droogvallende bronnen	temporaire helocreen	grondwater-hydrologie	verdroging, verzuring	natuurlijke hydrologie
Mineralenarme, beekbegeleidende bronnen	helocreen	inundatie	eutrofiëring	beperken voedselrijke inundatie
Matig mineralenrijke, beekbegeleidende bronnen	helocreen	inundatie	eutrofiëring	beperken voedselrijke inundatie
Mineralenarme bronvijvers	kunstmatig	mineralen	eutrofiëring, verzuring	beperken stoffentoevoer
Matig mineralenrijke bronvijvers	kunstmatig	mineralen	eutrofiëring	beperken stoffentoevoer
Limnocrenen	limnocreen	grondwater-hydrologie	verdroging	natuurlijke hydrologie

Brontype	***Hoofdfactoren***			
	Temperatuur	**Hydrologie**	**Mineralen**	**Zuurstof**
Bronnen met geconcentreerde, hoge afvoer		*		
Mineralenarme bronnen met pleksgewijze, matige afvoer		*	*	*
Matig mineralenrijke bronnen met pleksgewijze, matige afvoer		*	*	*
Mineralenarme bronnen met diffuse, lage afvoer		*	*	*
Matig mineralenrijke bronnen met diffuse, lage afvoer		*	*	*
Mineralenarme, droogvallende bronnen		*		*
Matig mineralenrijke, droogvallende bronnen		*		*
Mineralenarme, beekbegeleidende bronnen	*		*	*
Matig mineralenrijke, beekbegeleidende bronnen	*		*	*
Mineralenarme bronvijvers		*	*	
Matig mineralenrijke bronvijvers		*	*	
Limnocrenen		*	*	

* = hoofdfactor speelt een belangrijke rol



Paarbladig goudveil (Chrysosplenium oppositifolium)

1 Ontstaanswijze en morfologie

1.1 Inleiding

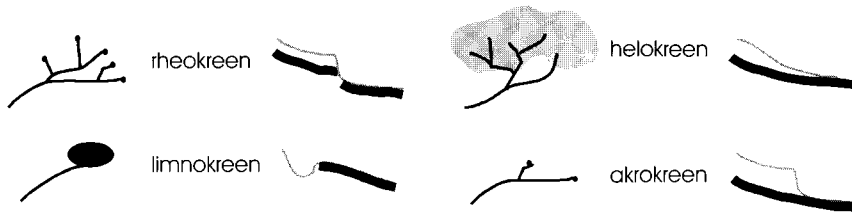
Bronnen of brongebieden worden aangeduid als plaatsen waar grondwater op natuurlijke wijze, over een klein of groot oppervlak, uittreedt. Ze zijn aanwezig in glooiende en hellende gebieden waar waterstagnerende bodemlagen (keileem, klei) in de ondergrond voorkomen. Deze bodemlagen zorgen ervoor dat het grondwater onder druk komt te staan. Hierdoor treedt een min of meer geconcentreerde verplaatsing van het grondwater op. Dit grondwater treedt uit op laaggelegen plaatsen en plaatsen waar de ondoorlatende laag onderbroken is of aan het oppervlak komt (gewijzigd naar IAWM 1985). Deze plaatsen worden als bronnen aangeduid. De overgang tussen brongebied, bronbeek en bovenloopje is gradueel en de begrenzing is locatie-afhankelijk.

Het ontstaan, de morfologie en het voorkomen van bronnen hangt enerzijds nauw samen met de geologische en geomorfologische ondergrond zoals de aanwezigheid en plooiingsvorm van keileem of andere ondoorlatende lagen, en anderzijds van de regionale grondwaterstromen. Deze combinatie heeft geleid tot (a) een geohydrologische brontypering. Daarnaast zijn bronnen ook getypeerd op basis van (b) landschappelijke, (c) hydro-morfologische en (d) anthropogene kenmerken. Deze typeringen worden in de volgende paragrafen uitgewerkt.

1.2 Ligging en typering

Geohydrologische brontypering

Veelal is de ligging van bronnen onderaan abrupte hoogteverschillen duidelijk verklaarbaar uit de bodemopbouw (de positie van de bodemlagen ten opzichte van de hellingsrichting). De oorzaak van de aanwezigheid van bronnen in een vlak gebied is op geohydrologische gronden vaak veel moeilijker te achterhalen. Dit voorkomen hangt samen met de omvang van het inzijggebied en de ligging en stand van de verschillende bodemlagen. De relatie tussen de geologische opbouw van de ondergrond en de manier van uittreden van grondwater heeft geleid tot een geohydrologische typering van bronnen (Stiny 1933, Hendrix 1990; figuur 1):



Figuur 1. Geohydrologische en hydrologische brontypering (vette lijn = ondoorlatende bodemlaag).

- *Dagzoombronnen*

Dagzoombronnen ontstaan daar waar goed doorlatende bodemlagen (bijvoorbeeld grindlagen), gelegen op slecht doorlatende lagen, dagzomen. Het door de doorlatende bodemlaag stromende grondwater treedt uit.

- *Dalbodembronnen*

Dalbodembronnen ontstaan daar waar grondwater dagzoomt doordat een beek of het beekdal de regionale grondwaterspiegel heeft aangesneden.

- *Breukvlakbronnen*

Langs breukvlakken in de ondergrond kan, doordat minder doorlatende lagen de stroombaan blokkeren, het grondwater worden opgestuwd om vervolgens aan het oppervlak uit te treden.

- *Artesische bronnen*

Artesische bronnen ontstaan daar waar grondwater onder een slecht doorlatende laag op plaatsen waar deze laag doorbroken is, onder een hoge hydrostatische druk uittreedt.

- *Stuwbronnen*

Bij stuwbronnen stagneert de grondwaterstroming tegen slecht doorlatende lagen en stuwt op totdat het water over deze lagen kan afstromen.

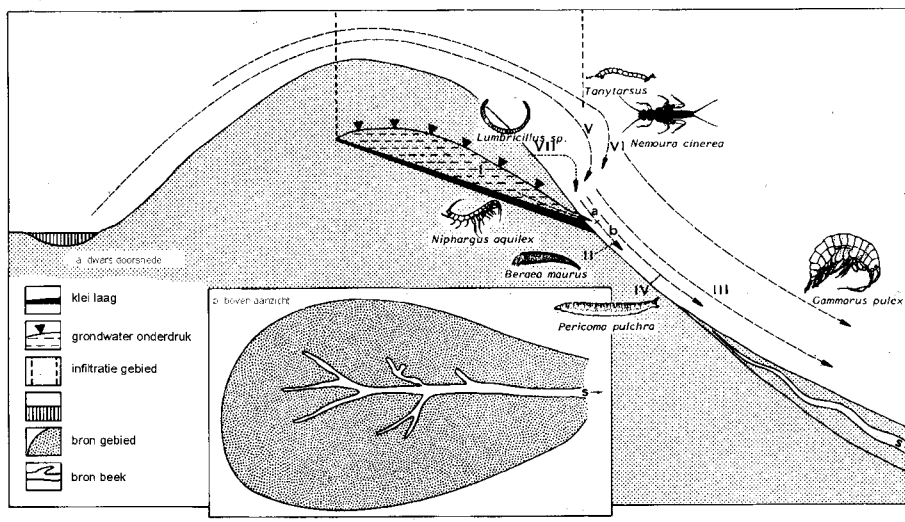
Landschappelijke brontypering

Meestal zijn bronnen gesitueerd op sterker hellende plaatsen zoals (1) stuwwallen (Claessens 1978, Verweij 1981, Verdonschot & Schot 1986), (2) plateaus en terrassen (Torenbeek et al. 1987, Verdonschot et al. 1996) en (3) glooiende dekzandgebieden zoals steilranden langs diep ingesneden beken (Cuppen & Moller Pillot 1978, Waajen 1981, Vos & Van den Houdt 1981). Er blijkt een duidelijk verschil te bestaan tussen bronsituaties in stuwwalgebieden, plateaus en terrassen enerzijds en bronsituaties in glooiende gebieden anderzijds. Op stuwwallen beginnen bronnen meestal hoog in erosiedalen, die vaak al in de ijstijd zijn gevormd. In terrassengebieden zijn de bronnen gesitueerd aan de

voet van steilranden. Het grondwater dagzoomt in beide situaties over een beperkt oppervlak, en stroomt in een bronbeek af. De bronsituaties in glooiende gebieden zoals ingesneden beekdalen kenmerken zich eveneens door de ligging aan de voet van een hoogterand, één- of tweezijdig langs de beek. Het grondwater dagzoomt in de beekdalbodem en treedt vaak meer diffuus uit.

- *Stuwwalbronnen*

Stuwwallen worden aangetroffen in het midden en oosten van Overijssel, in de omgeving van Montferland en Nijmegen en langs de oostelijke en zuidelijke Veluwezoom. De stuwwallen zijn in het Saalien, de voorlaatste ijstijd, gevormd. Door het ijs zijn de fluviatiele sedimenten, die de Rijn voor het Saalien had afgezet, als wallen omhoog gedrukt. Deze sedimenten zijn hierdoor als scheef liggende, op elkaar geschoven lagen gerangschikt (figuur 2). In de langs de wallen gelegen dalen is later dekzand afgezet. De verschillen in doorlatendheid (korrelgrootte-samenstelling) van de verschillende bodemlagen en de helling in de stuwwallen geven aanleiding tot het voorkomen van stuwwalbronnen (met name dagzoombronnen).

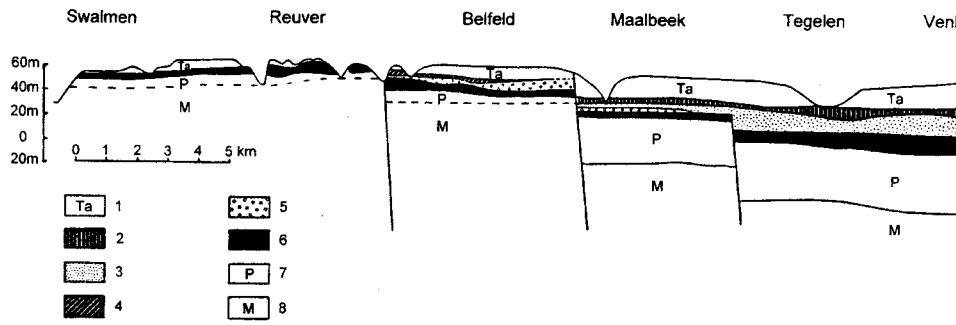


Figuur 2. Schematisatie stuwwalbron in Noord-Oost Twente.

- *Terrasbronnen*

Het terrassenlandschap wordt alleen in Limburg aangetroffen. Belangrijk in de ondergrond van het terrassenlandschap zijn de klei-afzettingen uit het vroeg Pleistoceen (figuur 3). De hierop afgezette hoogste delen van het terrassenlandschap (40-48 m hoogte boven NAP en 20-25 m boven het Maasdal) bestaan uit Rijnterrassen. Deze hoogterrassen bestaan uit het gedurende het Taxandrien/Cromerien (Midden-Pleistoceen) door Rijn en Maas in het gehele gebied afgezette, grove grindhoudende zanden. De Rijn verlegde geleidelijk

haar loop naar het oosten, zich daarbij insnijdend in de onderliggende afzettingen. De oorspronkelijke bodemlagen bleven daarbij als terrassen in het landschap achter. De afzettingen liggen dicht onder de oppervlakte en het reliëf is vrij vlak als gevolg van latere erosie.



Figuur 3. Het terrassenlandschap in Limburg.

De hoogterrassen gaan vrij abrupt en steil over in de midden- en laagterrassen van het Maaslandschap. Deze overgangen zijn mede veroorzaakt door bewegingen van de aardkorst (bijvoorbeeld de steilrand van Belfeld) en de zich insnijdende westelijk gelegen Maas. De Maasterrassen en de rivierdalbodem vormen de laagste delen van het gebied. Binnen de Maasterrassen zijn verschillende niveaus te onderscheiden met vlakke tot vrij reliëfrijke terreinvormen. Tijdens de laatste fase van het Midden-Pleistoceen (Saalien) zijn de hoogste Maasterrassen gevormd. Gedurende het Weichselien (Laat-Pleistoceen) heeft de Maas, toen een meanderende rivier, zich diep ingesneden. Op de overstromingsvlakte werd veel klei afgezet, terwijl vlak langs de rivier oeverwallen (grof zand) werden gevormd. In het Laat-Weichselien werd de Maas weer vlechtend. Deze vlechtende rivier vormde het middenterras met hoge terraswanden en een enigzins hol grondvlak. Het laagterras is begrensd door rechte wanden en vrij constant van breedte. Dit terras is eveneens gevormd door een, echter kleinschaligere, vlechtende rivier tijdens de overgangsperiode tussen Pleisto- en Holoceen.

Tijdens het Holoceen werd het beschreven terrassenlandschap vastgelegd. Langs de Maas zijn duinen gevormd. Langs Maas, Niers en Kendel werd jonge klei afgezet. De verschillen in textuur van de verschillende bodemlagen waaruit deze terrassen zijn opgebouwd geven, tezamen met het voorkomen van abrupte hoogteverschillen langs de terrasranden, aanleiding tot het voorkomen van terrasbronnen (met name dagzoom- en breukvlakbronnen).

- *Dekzandbronnen*

In Noord-Limburg ten westen van de Maas helt het dekzandlandschap van de Peelhorst af en vertoont vrij veel glooiingen. Ook in Drenthe, Brabant en Gelderland komen dergelijke glooiende landschappen voor. Het dikke dekzandpakket is gevormd tijdens het einde van het Laat-Pleistoceen en bestaat uit eolische en periglaciale zanden. Één van de belangrijkste glooiingsvormen in dit landschap zijn de beekdalen. Vrijwel alle beekdalstelsels bestaan in hun bovenstroomse deel uit vrij ondiepe laagten. Stroomafwaarts wordt de insnijding van de meestal relatief smalle dalen, breder en dieper. Dit ontstond in het Laat-Pleistoceen. De bodem in de benedenstroomse dalvlakte ligt ongeveer 2 m lager dan die van de omgeving en wordt soms begrensd door glooiingen met een hellingshoek van 0.5-1o. De diepe insnijding van het benedenstroomse deel van de Oostrumsche beek in Midden-Limburg is bijvoorbeeld een gevolg van de terugschrijdende erosie van de Maas. Door de hierop volgende insnijding van de beek vond ook geen veengroei in het beekdal plaats. Daar waar diepe beekdalen zijn gevormd, kunnen bodemlagen met verschillende textuur dagzomen en aanleiding geven tot het voorkomen van dekzandbronnen (met name dalbodembronnen).

Hydro-morfologische brontypering

Naast de grondwaterstromings- of geohydrologische processen in een bron zijn ook de oppervlaktewaterstromings- of hydrologische processen van belang. De hydrologie van een bron is enerzijds afhankelijk van de hoeveelheid en verdeling van de neerslag en anderzijds van de omvang en aard van het infiltratiegebied en de watervoerende pakketten die de bron voeden. Bronnen met een klein infiltratiegebied en een klein watervoerend pakket zullen grote schommelingen vertonen in afvoer.

Een ander aspect van de hydrologie komt tot uiting in de wijze van uittreden van het water uit een bron, hetgeen weer leidt tot een verschil in vorm en omvang van een bron. Het water kan meer of minder geconcentreerd, meer of minder krachtig (afvoer per oppervlakte-eenheid) aan het grensvlak bodem-lucht of bodem-water uittreden. Naar de wijze van uittreden van het water zijn vier hoofdtypen te onderscheiden: (akrocrenen of puntbronnen, rheocrenen, limnocrenen en helocrenen (Thienemann 1922, Cuppen & Moller-Pillot 1978, *Tolkamp 1983) in navolging van Bornhauser (1912) en Steinmann* (1913)(figuur 2). De hydrologische karakterisering in tabel 1 is samengesteld op basis van de indeling naar Steinmann (1913), Cuppen & Moller-Pillot (1978), Brehm & Meijering (1982) en Hendrix (1990).

Tabel 1. Hydrologische karakterisering van bronnen (zie ook figuur 1).

Uittredend grondwater ***brontype***	**verval**	**oppervlak**	**stroom-snelheid**	**grens-vlak**	**Nederlandse naam**
rheocreen	verticaal steil redelijk	klein klein klein	hoog hoog hoog	lucht lucht lucht	stort-/borrelbron schietbron stroombron
helocreen	zwak	groot	laag	lucht	moeras-/ sijpelbron
limnocreen	nvt nvt	klein groot	nvt nvt	water water	poel-/ trechterbron waterbodem- bron
akrocreen	zwak	klein	nvt	lucht	puntbron

Bovenstaande bronnen kunnen ook tijdelijk droogvallen. Op basis van periodiciteit kan onderscheid worden gemaakt in (naar Driver 1977):

- permanente bronn : bron die tenminste 25 jaar aaneen water bevat
- semi-permanente bron : bron die slechts eenmaal in de 2 tot 25 jaar droog valt
- temporaire bron : bron die vrijwel ieder jaar droog valt

De temporaire bronnen kunnen weer onderverdeeld worden naar tijdsduur dat ze in één jaar droog vallen:

- intermitterende bron : de bron valt meer dan 6 maanden per jaar droog
- periodieke bron : de bron valt 3-6 maanden per jaar droog
- temporaire bron (in strikte zin) : de bron valt pas aan het einde van de zomer enkele maanden droog

Daarnaast is nog een verborgen type bron te onderscheiden; de onderwater- of waterbodembron (Hendrix 1990). Dit brontype is vrij onbekend en komt voor op de bodem van waterpartijen zoals vijvers en in beddingen van beken en rivieren. Bij zeer lage waterstanden worden dergelijke bronnen soms zichtbaar, zoals in 1959 in Bekendelle bij Winterswijk (mond. med. E. Weeda).



Bronput op de Tankenberg (Twente)

Anthropogene brontypering

Ook menselijke ingrepen kunnen bronnen doen ontstaan, zoals kunstmatige artesische bronnen, sprengen, gekluisterde bronnen en bronvijvers.

- *Kunstmatige artesische bronnen*

Boringen kunnen leiden tot gaten in afsluitende bodemlagen. Indien hieronder grondwater onder hoge hydrostatische druk aanwezig is, zal het leiden tot opstijgen en uittreden van dit water.

- *Sprengen*

Sprengen zijn kunstmatige bronnen, welke ontspringen in trechtervormige dalen. Ze zijn in zoverre kunstmatig dat door ingraving in een helling een watervoerende laag is aangesneden. Het water kwelt dan in de zo ontstane geul en wordt door de nieuw gegraven waterloop afgevoerd. De spreng is het ingegraven deel onder de grondwaterspiegel dus ook het eerste waterafvoerende gedeelte. Waar de beken tussen wallen hoger langs de dalwand geleid worden ten behoeve van het creëren van een verval voor de aanleg van een watermolen spreekt men van 'opgeleide trajecten'. Aangezien de beek hier boven de grondwaterspiegel ligt, werden en worden deze trajecten beleemd om waterverlies naar het grondwater te voorkomen.
Duinrellen worden gevoed vanuit in de duinen gegraven sprengen.

- *Gekluisterde bronnen*

Gekluisterde bronnen zijn bronnen die overkluisd zijn. Hierbij is de bron gedraineerd en in een afvoerpijp gelegd of is zij overdekt. Dit is vooral in Limburg en het duingebied veel gebeurd.

- *Bronvijvers*

Bronvijvers ontstaan als de mens met behulp van een ondoorlatende dam het brongebied indijkt. De kweldruk zorgt ervoor dat het ingedijkte gebied vol loopt met water. Een overloop vormt de afvoer van de bronvijver.



Bittere veldkers (Cardamine amara)

2 Landschapsecologische aspecten

2.1 Inleiding

Het bronmilieu wordt, in volgorde van dominantie, gekenmerkt door een vrij constante watertemperatuur (een schommeling van circa 5°C mede afhankelijk van het type, hoeveelheid en snelheid van het aangevoerde grondwater en het oppervlak van uittreden), een redelijk constant debiet, een chemische samenstelling die nauw samenhangt met de geologische ondergrond en de voeding (verblijftijd), een laag zuurstofgehalte bij uittreding dat echter snel tot verzadiging oploopt en een hierop aangepaste flora en fauna. Hoofdkenmerk van alle processen in bronnen is constantie in de tijd (Odum 1971). [29
Bronnen bevinden zich op de flanken van hellingen en terrassen, langs beken of rivieren, of langs breukranden. Bronnen komen in een groot deel van pleistoceen deel van Nederland voor (figuur 4), met name in Limburg, Gelderland en Overijssel en sporadisch langs de binnenduinrand.



Figuur 4. Ligging van bronnen in Nederland

2.2 Landschapsecologische relaties

Bronnen zijn gelegen in hellende terreinen (stuwwallen, terrasranden, heuvels) of langs insnijdingen in geaccidenteerde terreinen. Met deze geomorfologische vorm hangt de omvang en aard van het infiltratiegebied samen. Dit heeft een belangrijk effect op de hoeveelheid uittredend bronwater en de chemische samenstelling ervan. In glooiend terrein liggen bronnen alleen langs insnijdingen van beken. Dergelijke bronnen zijn minder krachtig en kunnen door de beek worden beïnvloed (inundatie).
De geomorfologie heeft ook invloed op de lengte van de weg en daarmee de verblijftijd van het water. In grote lijnen worden de bronnen op de Veluweranden gevoed met diep grondwater. Deze bronnen hebben een groot inzijggebied en de weg van het water verloopt via diepe bodemlagen. Het diepe, oude grondwater heeft een redelijk constante temperatuur en in chemisch opzicht een grondwaterkarakter. De bronnen op stuwwallen in het oosten van het land en op terrassen in Limburg hebben vaak een kleiner inzijggebied, het grondwater legt een minder lange tot korte weg af na inzijging. De bronnen langs beken en beekdalen hebben een groter inzijggebied maar de weg van het water is kort.
Naast de toevoer van grondwater en het daarmee samenhangend fysisch-chemisch karakter van het bronwater, vindt ook toevoer van regenwater plaats. De invloed van regenwater is groter naarmate water van de omliggende gronden vrij kan afspoelen. Dit speelt vooral een rol in agrarische gebieden. Naast de directe toevoer van regenwater vindt ook toevoer van slib en voedingsstoffen via oppervlakkige afspoeling plaats. Natuurlijke bronnen, zoals beschreven in dit rapport, ondervinden veel minder oppervlakkige afspoeling door hun ligging in bos- en natuurgebieden.

Voor de typologie is de ligging in het landschap van belang bij het onderscheid tussen al dan niet beekbegeleidende brontypen.

3 Hoofdfactoren

3.1 Inleiding

Het bronmilieu wordt, in volgorde van dominantie, gekenmerkt door een vrij constante watertemperatuur (een schommeling van circa 5°C mede afhankelijk van het type, hoeveelheid en snelheid van het aangevoerde grondwater en het oppervlak van uittreden), een redelijk constant debiet, een chemische samenstelling die nauw samenhangt met de geologische ondergrond en de voeding (verblijftijd), een laag zuurstofgehalte bij uittreding dat echter snel tot verzadiging oploopt en een hierop aangepaste flora en fauna. Hoofdkenmerk van alle processen in bronnen is constantie in de tijd (Odum 1971).

3.2 Temperatuur

Eén van de meest karakteristieke eigenschappen van bronwater is de weinig schommelende temperatuur. Grondwater heeft een vrijwel constante temperatuur die vergelijkbaar is met de gemiddelde luchttemperatuur van 8-11 oC. Op basis van het verloop van de temperatuur zijn de meeste bronnen in Nederland te classificeren als koud stenotherm (= smalle temperatuurrange bij lage waarde; Thiennemann 1922). Dit geldt echter hoofdzakelijk het eigenlijke uittredingspunt van het grondwater. Hogere temperaturen zijn nauwelijks bekend behalve die van een artesische (geboorde) bron bij Eijsden van 12-16 oC (Jongmans et al. 1941). Dit grondwater komt van grote diepte (Hendrix 1990). De temperatuur bepaalt in hoge mate de snelheid van chemische, biochemische en fysiologische processen. De constante brontemperatuur is daarom één van de belangrijkste factoren die de levenscycli en productie van bronorganismen bepaalt. Het eigenlijke bronmilieu kan aan de hand van de dagelijkse variatie en het seizoensverloop van de temperatuur worden begrensd. De temperatuur is de verklarende factor voor het bestaan van uitsluitend in bronnen voorkomende soorten.
Een uitzonderlijke menselijke invloed zijn warme kwelstromen uit brandende pyrietbergen (tot 18 oC) bij de bron van het Ruisscherbeekje (mond. med. H. Tolkamp).

De temperatuur en de wisselingen daarin hangen samen met de snelheid waarmee het grondwater uittreedt. Daarom is temperatuur niet als aparte factor in de typologie opgenomen maar gerelateerd aan de hydrologische processen.



Bevroren, open bron met pleksgewijze, matige afvoer

3.3 Licht

Lichtinval is een belangrijke factor die van grote invloed is op de begroeiing van de bron en op de temperatuur. Directe lichtinval zorgt voor grotere wisselingen in de temperatuur van het bronwater. Licht is voor de aquatische bronorganismen een ongewenste omstandigheid. Koud-stenotherme soorten worden door directe zoninstraling negatief beïnvloed. Omgekeerd is directe lichtinval gunstig voor bepaalde bronvegetatiegemeenschappen. De bronkruidassociatie (Philonotido fontanae-Montietum) ontwikkelt zich op open, niet beschaduwde plaatsen (Eysink, Horsthuis & Abbink-Meijerink 1999), de associatie van paarbladig goudveil (Pellio-epiphyllae-Chrysosplenietum oppositifolii) ontwikkelt zich op beschaduwde plaatsen terwijl de kegelmosassociatie (Pellio-conocephaletum) op sterk beschaduwde plaatsen gevonden wordt (Schaminée et al. 1995). Bij de interpretatie van de indicatieve macrofyten dient met dit verschil rekening te worden gehouden.

Het licht vormt een sturende factor in de temperatuurhuishouding en de vegetatie-ontwikkeling van bronsystemen. Dit geldt voor allle brontypen. Daarom is ook licht niet als aparte factor in de typologie opgenomen maar er dient bij de interpretatie van de bronbegroeiing wel rekening mee te worden gehouden.

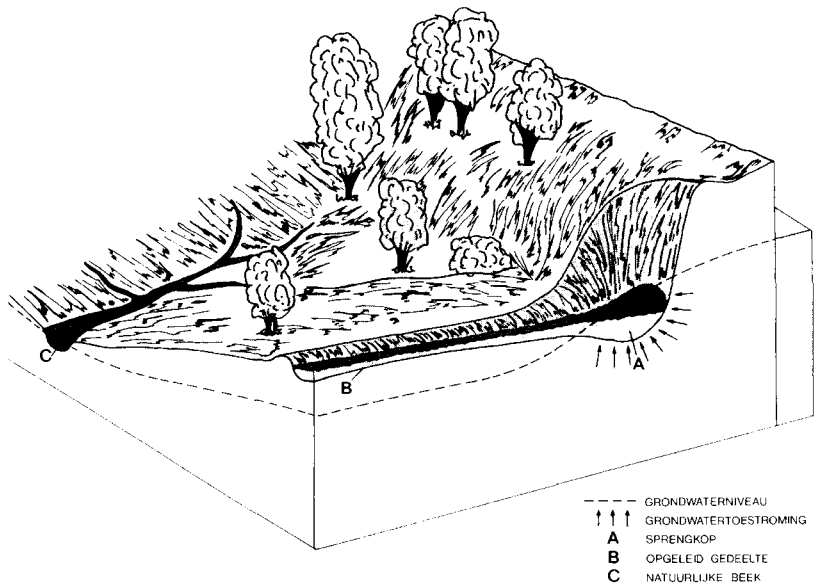
3.4 Hydrologie

Bronnen worden continu gevoed met toestromend grondwater. De aard en wijze waarop infiltrerend regenwater inzijgt, door de bodem stroomt en weer uittreedt, bepaalt de toestand van de bron. De kwaliteit en kwantiteit van het bronwater hangen mede af van de aard, omvang en locatie van het infiltratiegebied. Het grondgebruik in het infiltratiegebied kan grote invloed hebben op de chemische samenstelling van het bronwater. De intensiteit van drainage beïnvloedt in sterke mate het debiet van een bron. Beide invloeden zijn sterker naarmate de afgelegde weg van het geïnfiltreerde regenwater korter is. De relatie tussen de verblijftijd van het grondwater en de chemische samenstelling van het bronwater wordt in de volgende paragraaf besproken. Is het infiltratiegebied klein en/of is de afgelegde weg van het water relatief kort dan kunnen bronnen in de zomer droogvallen. Tijdens hevige regenval kunnen piekafvoeren optreden. Piekafvoeren zorgen voor sterke erosie en zijn te beschouwen als catastrofes voor het natuurlijke bronsysteem.

[33

Bronnen worden gekenmerkt door continue uittreding van water en daarmee een continue natheid en vochtigheid naast een constante chemische en fysische samenstelling. Deze constantheid uit zich zowel aquatisch als terrestrisch. De bodem van een bronmilieu heeft een specifiek karakter en door de constante natheid kan zich vaak plaatselijk veen vormen.

Veel bronnen liggen onderaan of op hellingen. Daarom speelt ook afspoeling van stoffen en deeltjes over het oppervlak een belangrijke rol in de samenstelling van het bronwater. Een schematisatie van de hydrologie van bronnen op de Veluwe is gegeven in figuur 5.



Figuur 5. Schematisatie van sprengen op de Veluwe.

De hydrologische processen zijn het meest onderscheidend voor de bronlevensgemeenschappen. Op basis van de factor afvoer is een onderverdeling gemaakt in hoog, matig en laag afvoerende brongebieden, droogvallende bronnen en stilstaande vijvers.

3.5 Mineralen

Macro-ionen- en kalkhuishouding

Bronnen vormen de verbinding tussen het grond- en oppervlaktewatersysteem. Bronnen worden gevoed met meer of minder diep grondwater wat herkenbaar is aan de chemische samenstelling. Met de hydrologische voedingswijze hangen het debiet, de fluctuatie daarin en de chemische samenstelling van het bronwater nauw samen. Van nature is de chemische samenstelling van het bronwater vrij constant en is de aard van de chemische samenstelling afhankelijk van de doorstroomde bodemlagen en de verblijftijd.

Macro-ionen komen in neerslagwater slechts in lage concentraties voor (tabel 2). Eenmaal geïnfiltreerd, wordt het water door uitwisselingsprocessen in de bodem, geleidelijk macro-ionen-rijker. In infiltratiegebieden raakt de bodem in de tijd geleidelijk armer aan macro-ionen (uitloging of verwering waardoor podzolen ontstaan) ten gunste van de gehalten aan opgeloste zouten, in het bijzonder macro-ionen, in grondwater. Naarmate water langer ondergronds verblijft, wordt de verrijking met macro-ionen (in het bijzonder calcium, ijzer, bicarbonaat en sulfaat) groter. Behalve van de verblijftijd is de mate van 'verrijking' afhankelijk van de samenstelling van de bodem.

Bronwater afkomstig uit kalksteen en kalkrijke tertiaire afzettingen is rijk aan calcium en bicarbonaat (verderop onder mineralenrijk benoemd). Bij het dagzomen van het water wordt kalk ($CaCO_3$) afgezet en ontsnapt koolzuurgas (CO_2). Dergelijke kalkrijke bronnen worden vooral in Zuid-Limburg gevonden (circa 100 mg/l). Wordt de bron gevoed door grondwater uit kalkarme lagen dan is de bron ook kalkarm. Voorbeelden zijn te vinden op de voedselarme zandgronden van de Veluwe en Twente (circa 15-25 mg/l) (Redeke 1948). Bij voeding met grondwater uit kalkrijkere bodems is de bron matig voedselrijk. In Zuid-Limburg is water na een slechts korte verblijftijd dikwijls al verzadigd met kalk. In het pleistocene zandgebied met minder kalkrijke afzettingen is een langere verblijftijd nodig voor het bereiken van verzadiging. Hier wordt alleen in zeer oud kwelwater (enkele honderden tot enkele duizenden jaren) kalkverzadiging waargenomen.

De onderlinge macro-ionenverhoudingen vormen een goede indicator voor de herkomst van het grondwater als de bodemsamenstelling bekend is. Bronnen die worden gevoed met neerslag en/of 'jong' grondwater, bevatten doorgaans lage gehaltes aan macro-ionen (atmotroof watertype; Stuyfzand 1986, Van Wirdum 1991) en zijn vaak circumneutraal (pH 6-8). Bronnen die door ouder grondwater worden gevoed (lithotroof watertype; Stuyfzand 1986, Van Wirdum

1991) dat verrijkt is met mineralen waaronder kalk, zijn doorgaans neutraal tot licht basisch. Basisch water (pH > 8) komt voor in Zuid-Limburg, langs plateauranden met kalkrijkere afzettingen en in het kalkrijke duingebied. Bronnen die worden gevoed vanuit veenpakketten, zijn van nature of beter gezegd waren vaak arm aan macro-ionen en zuurder (vroegere situatie van onder andere Reest, Drentse Aa en Glanerbeek). Aangezien de mineralenrijkdom mede afhankelijk is van de mineralenrijkdom van de doorstroomde bodemlagen zegt 'jong'en 'oud' (lang) niet altijd iets over eventuele mineralenrijkdom.

Tabel 2. De voornaamste macro-ionen in regen- en bronwater.

		Regenwater[1]	Stuwwal bron Ugchelen[1]	terras bron Maalbeek[2]	dekzand bron Gebroken Slot[2]
Ca^{2+}	mg/l	1.68	3.01	26.3	116.0
Mg^{2+}	mg/l	1.09	1.01	10.0	17.8
Na^{+}	mg/l	0.00	6.99	10.0	15.5
K^{+}	mg/l	0.00	1.02	2.5	9.9
HCO_3^{-}	mg/l	2.56	12.20	5.0	49.9
Cl^{-}	mg/l	5.01	11.72	17.0	35.0
SO_4^{-}	mg/l	4.61	7.20	81.0	165.0

([1] De Lange & de Ruiter 1977, [2] Verdonschot et al 1996)



Slanke sleutelbloem (Primula elatior)

Voedingsstoffenhuishouding

Van nature komen fosfor en stikstof niet evenredig verdeeld over een stroomgebied voor. De afstand tussen infiltratiegebied en bron is vaak relatief kort. Hoe korter de afstand des te groter zal de invloed van de neerslag zijn op de water- en stoffenhuishouding. Omdat neerslag van nature arm is aan opgeloste stikstof- en fosforverbindingen is de omgeving van de bron vaak voedselarm. Dit geldt ook voor de randen van het stroomgebied (waterscheiding) en andere hoog gelegen delen (infiltratiegebieden), waar neerslag de belangrijkste bron van stoffen en water is. Door transport door of over de bodem worden oplosbare stikstof- en fosforverbindingen uit de bodem aan het water toegevoegd. Fosfaat kan worden gebonden aan bodemdeeltjes, maar de mate waarin dat gebeurt, is sterk afhankelijk van de bodemsamenstelling. Zandgrond die arm is aan ijzer of

aluminium, en ook nog kalkarm, is vrij snel verzadigd. In 1990 bleek reeds 53 % van het totale maïs- en graslandareaal in de zandgebieden fosfaatverzadigd (Breeuwsma et al. 1990) te zijn. Hier spoelt een groot deel van het fosfaat dat als bemesting wordt toegediend uit naar het grondwater. Stikstof wordt nauwelijks gebonden, waardoor het in de vorm van nitraat uitspoelt. Het water kan echter ook rijker worden aan stikstof en fosfaat als dat in grote mate in de bodem aanwezig is, zoals in mariene kleiafzettingen in het holocene deel van Nederland. Vrij hoge stikstofgehaltes in bronnen zijn ook vaak een gevolg van een aëroob grondwatersysteem. Fosfaatverzadigde gronden, maar ook gronden met een gering fosfaatbindend vermogen kunnen een verhoogde uitspoeling vertonen, vooral na grondwaterstandsverhogingen.

De mineralen- en voedingsstoffenhuishouding leidt bij de bronnen tot een onderscheid in voedselarme (en mineralenarme) en matig voedselrijke (en mineralenrijke) subbrontypen.

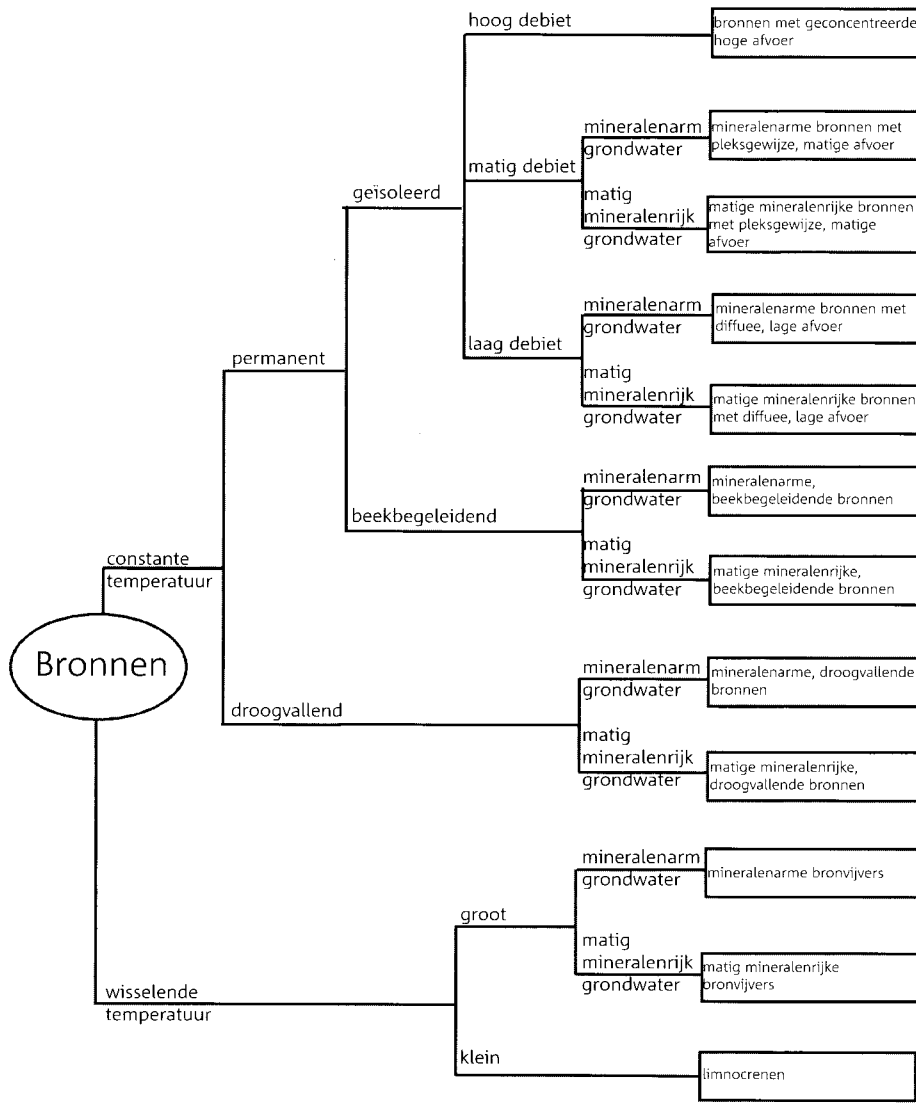
3.6 Zuurstof

Bronwater is, voordat het uittreedt, niet verzadigd met zuurstof (hetgeen bij deze lage temperatuur in absolute zin veel zuurstof betekent). Biochemisch en chemisch zuurstofverbruik in de bodem leiden tot een relatief laag zuurstofgehalte in het opwellende bronwater. Hendrix (1982) noemt waarden van 66-91%. Door diffusie en zuurstofproductie (van vooral diatomeeën) raakt het bronwater na uittreding echter zeer snel verzadigd tot oververzadigd.

De zuurstofhuishouding is vooral van belang in het bronmilieu op micromilieu-niveau. De organische pakketten in het brongebied alsmede de uittredingspunten van het grondwater bevatten minder zuurstof dan het bronbeekwater. In de typologie is deze factor niet opgenomen.

3.7 Samenvattend overzicht

Wanneer de bronnen naar de belangrijkste abiotische hoofdfactoren worden gerangschikt ontstaat het schema geïllustreerd in figuur 6.



Figuur 6. Samenhang tussen abiotische hoofdfactoren en brontypen (voor nadere verklaring zie hoofdstuk 2 en 4).

4 Typologie

4.1 Inleiding en ambitieniveau

Er zijn uitgebreide typologieën van bronnen op basis van de macrofauna beschikbaar van de regio's Noord- en Midden-Limburg, Zuid-Limburg, Midden-Overijssel en Twente (Verdonschot & Schot 1986, Verdonschot 1990a &1990b, Verdonschot et al. 1996). Verdonschot & Schot (1986) hebben in hun typologie de brongebieden op twee niveaus beschreven, namelijk naar brontype en naar bronhabitats. Voor elk van de niveaus zijn potentiële indicatorsoorten genoemd. Naast de bovengenoemde uitgebreide typologieën zijn, met name in de begin tachtiger jaren, van een aantal auteurs meer locale typologieën en indelingen verschenen. Alle genoemde werken zijn gebruikt voor het formuleren van een referentietypologie.

Hiervoor zijn de meest natuurlijke typen uit elk van de gepresenteerde macrofauna-typologieën en -indelingen geselecteerd en gerangschikt naar benoemde indicatorsoorten. Uit deze rangschikking is op basis van overeenkomst in kenmerkende soorten een biologische groepering van de natuurlijke typen opgesteld. Overeenkomende typen zijn gecombineerd tot een referentietype. Daarna zijn waar mogelijk en beschikbaar aan deze groepering een aantal abiotische parameters gekoppeld.

Indelingen op basis van de bronvegetaties zijn beschreven door Maas (1959), Westhof & Den Held (1969), Siebum & Schaminée (1991), Higler (1993) en Schaminée et al. (1995). De vegetatiegemeenschappen zijn op basis van overeenkomsten in vereiste milieucondities gekoppeld aan de macrofaunatypen of, bij het ontbreken van overeenkomst, apart gezet.

Een algemene toelichting op het onderdeel beheer en inrichting is gegeven in het laatste hoofdstuk " Herstelmogelijkheden".

De voor de referentietypologie gebruikte (nagenoeg) natuurlijke typen op basis van de macrofauna zijn per gemeenschapstype ter verantwoording hieronder weergegeven.

Gemeenschap van bronnen met geconcentreerde, hoge afvoer

Literatuur: Hendrix 1982, Kingbeek; Van Dael 1982, type I var. b en II var. b; van der Ploeg & Upperman 1982, type 1 en 2; Verdonschot & Schot 1986, type 1.2(.1 en .2); Boer 1983, type 2 en 3; Cuppen & Moller-Pillot 1978 (puntbron en rheokreen)

Gemeenschap van mineralenarme bronnen met pleksgewijze, matige afvoer

Literatuur: Verdonschot & Schot 1986, type 1.1.2; Boer 1983, type 1 en 1.2; Verdonschot, Schot & Scheffers 1993, H3/5+; Verdonschot, Schot & Mosterdijk 1996, type 2-3

Gemeenschap van matig mineralenrijke bronnen met pleksgewijze, matige afvoer
Literatuur: Geraedts 1980, Leuckertype I; Verweij 1981, type 1b; Van Dael 1982, type III var. a; Verdonschot & Schot 1986, type 1.1(.1); Cuppen & Moller-Pillot 1978 (bos en wei); Vos & van den Houdt 1981, Leucker; Verdonschot, Schot & Scheffers 1993, H1+

Gemeenschap van mineralenarme bronnen met diffuse, lage afvoer
Literatuur: van der Ploeg & Upperman 1982, type 3;Verdonschot & Schot 1986, type 2(.1); Cuppen 1978, type 5.1 oligo-mesotroof

Gemeenschap van matig mineralenrijke bronnen met diffuse, lage afvoer
Literatuur: Geraedts 1980, Teutebeektype III; Verweij 1981, type 1a; Cuppen 1978, type 5.1 meso-eutroof

Gemeenschap van mineralenarme, droogvallende bronnen
Literatuur: niet gepubliceerde gegevens Alterra

Gemeenschap van matig mineralenrijke, droogvallende bronnen
Literatuur: Verdonschot & Schot 1986, type 3

Gemeenschap van mineralenarme, beekbegeleidende bronnen
Literatuur: Geraedts 1980, Oeverbron

Gemeenschap van matig mineralenrijke, beekbegeleidende bronnen
Literatuur: Geraedts 1980, Rookhuizentype II, Verdonschot, Schot & Mosterdijk 1996, type 4-5

Gemeenschap van mineralenarme bronvijvers
Literatuur: Verdonschot, Schot & Mosterdijk 1996, type 6

Gemeenschap van matig mineralenrijke bronvijvers
Literatuur: Verweij 1981, Wyl5; Verdonschot, Schot & Mosterdijk 1996, type 7

Gemeenschap van limnocrenen
Literatuur: Verweij 1981, type 2

Rheocrene bron



4.2 Gemeenschap van bronnen met geconcentreerde, hoge afvoer

Processen

Bij bronnen met een constante, geconcentreerde en hoge afvoer treedt het water uit aan een vertikaal of steil hellend vlak. Het valt, respectievelijk stroomt met hoge stroomsnelheid langs dit vlak naar beneden. Deze bronnen vormen soms onderdeel van grotere broncomplexen met meerdere uittredingspunten van water waarin verschillend debiet kan optreden. Tussen de uittredingspunten is het relatief droog. Dergelijke bronnen kunnen ook alleen of over klein oppervlak voorkomen. Ze wateren af op een snelstromend bronbovenloopje van een heuvellandbeek. Het water treedt veelal vrij geconcentreerd over een klein oppervlak of puntsgewijs en met hoge snelheid uit. De voeding komt van zeer diep, oud grondwater en is constant hoog als gevolg van een hoge hydrostatische druk op het grondwaterpakket. De doorstroomde vaak kalkrijke bodemlagen of de lange verblijfstijd zorgen voor (matig) kalkrijk uittredend water. Dergelijke omstandigheden komen alleen voor in relatief sterk hellende gebieden met ondoorlatende bodemlagen. Er is geen sprake van een directe relatie met het inzijggebied. De waterdiepte is zeer gering. In de spatzone en over grotere keien ontstaan hygropetrische milieu's; dit zijn dunne waterlagen over harde substraten. Het substraat bestaat veelal uit keien, grind en grof zand. Het snel uittredende water heeft een constante temperatuur. Het water is matig rijk aan voedingsstoffen. In de omgeving van het uittredingsvlak is weinig organisch materiaal aanwezig.

[41

Ecologische typering

De bronnen met een constante, geconcentreerde en hoge afvoer vormen de kleinste bronelementen in het Nederlandse landschap. Toch herbergen ze unieke natuurkwaliteiten. De hoge uittredingssnelheid van het grondwater veroorzaakt dat soms ook grondwater gebonden dieren (stygobionten) gevonden worden. De hygropetrische milieu's worden bewoond door hygropetrische macrofauna. Een deel van de fauna is aangepast aan de constante temperatuur; de koud stenotherme soorten. De macrofauna bestaat vooral uit platwormen, kreeftachtigen, kokerjuffers en vedermuggen. Het betreft detritivoren, herbivoren en carnivoren (vergaarders, schrapers en verzwelgers). De macrofauna leeft in en op het substraat. Door de hoge en geconcentreerde waterafvoer ontbreken hogere waterplanten.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	8 – 10
pH	6.5 – 7.5
EGV µS/cm	> 250
O_2 %	> 50
Hardheid °D	> 5
Fe^{2+} mg/l	0 – 30
Ca^{2+} mg/l	> 30
Na^{+} mg/l	3 – 20
K^{+} mg/l	4 – 30
Mg^{2+} mg/l	> 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	< 0.35
o-P mgP/l	< 0.034
t-P mgP/l	< 0.040
TOC mg/l	< 2
debiet	hoog

Indicatoren

Macrofauna

Agapetus fuscipes, Baetis rhodani, Beris sp., Brillia modesta, Chaetocladius gr. vitellinus, Crenobia alpina, Crunoecia irrorata, Dendrocoelum cf. boetgeri, Dixa gr. maculata, Drusus annulatus, Dugesia gonocephala, Elodes minuta, Eukiefferiella discoloripes, E. claripennis, Eusimulium costatum, Gammarus fossarum, Halesus radiatus, Heleniella ornaticollis, Hermione sp., Heterotanytarsus apicalis, Limnius volckmari, Metriocnemus gr. hygropetricus, Nemoura marginata, N. cambrica, Niphargus aquilex, N. schellenbergi, Notidobia ciliaris, Odagmia ornata, Parametriocnemus stylatus, Pedicia sp., Pericoma sp., Phagocata vittata, Plectrocnemia conspersa, Potamophylax nigricornis, P. cingulatus, P. latipes, Psychoda sp., Rheocricotopus gr. fuscipes, Sericostoma personatum, Silo nigricornis, S. pallipes, Telmatoscopus sp., Thaumalia testacea

Macrofyten en mossen

Associatie: Pellio-Chrysosplenietum cratoneuretosum (op kalkrijke hellingen; Cratoneuretum commutati; verder Barchythecium rivulare en Cratoneuron filicinum)

Kenmerkende soorten: reuzenpaardenstaart (Equisetum telmateia), bittere veldkers (Cardamine amara), mannagras (Glyceria fluitans) (teveel duidt op storing)

Doelsoorten

Macrofauna

Crenobia alpina, Polycelis felina, Nemoura dubitans, Nemoura marginata, Nemurella pictetii, Protonemura meyeri, Protonemura nitida, Apatania fimbriata, Drusus annulatus, Drusus trifidus, Hydropsyche fulvipes, Lithax obscurus, Melampophylax mucoreus, Parachiona picicornis, Sericostoma flavicorne, Wormaldia occipitalis

Beheer en inrichting

Voor de bronnen met geconcentreerde en hoge afvoer gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

- voorkomen/opheffen van regulatie en normalisatie van de afvoerende beek
- voorkomen/opheffen van waterontrekkende activiteiten in het inzijggebied

structuren

- bescherming van het brongebied, met name de afvoerende beek, tegen betreding en vertrapping door mens en dier
- tegengaan van storten van afval
- geen onderhoud plegen
- bevorderen van loofboomgroei rondom het brongebied bij keuze van beschaduwing of extensief maaibeheer bij keuze van open brongebied

waterkwaliteit

- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- stoppen van eventuele directe lozingen
- beschermen van het inzijggebied

Het betreft zeer kleine landschapselementen waarvan de waarde en zeldzaamheid vaak niet herkend wordt door de grondeigenaren. Voorlichting en ondersteuning bij inpassing van dergelijke brongebieden in hun omgeving en het gebruik daarvan is erg belangrijk.

4.3 Gemeenschap van mineralenarme bronnen met pleksgewijze, matige afvoer

Processen

Deze bronnen hebben een matige afvoer. Het oppervlak van het brongebied is groter dan in het vorige type. Het water treedt over het gehele brongebied uit en er zijn pleksgewijs punten met een hoge afvoer. Het brongebied ligt op een matig hellend vlak en vormt altijd onderdeel van grotere broncomplexen met meerdere uittredingspunten van water waarin verschillend debiet kan optreden. Tussen de uittredingspunten treedt water diffuus uit en is de bodem soppig.

Door het pleksgewijze verschil in afvoer vormt zich een mozaïek aan substraten. Plekken met hoge afvoer bevatten weinig organisch materiaal en bestaan uit een variatie aan minerale substraten zoals keien, grind en grof zand. De waterdiepte is gering. Ze wateren af op bronbovenloopjes. Het uittredende water heeft een redelijk constante temperatuur. Tussen deze sterk afvoerende plekken treedt het grondwater meer diffuus en minder krachtig uit. Hier bevinden zich geringe ophopingen van organisch materiaal die begroeid zijn met voornamelijk mossen. De plantaardige productie is gering. Dergelijke pakketten vormen een semi-aquatisch tot aquatisch milieu. Het water in dergelijke pakketten heeft een slechte tot matige zuurstofhuishouding als gevolg van het evenwicht tussen afbraak van organisch materiaal (zuurstofconsumptie) en een constante doorstroming (zuurstofaanvoer).

Het grondwater heeft een matig tot lange verblijftijd in mineralenarme bodemlagen (geringe aanrijking) en is bij uittreding kalk- en voedselarm en zwak-zuur. De voeding is redelijk constant als gevolg van een hydrostatische druk op het grondwaterpakket. Dergelijke omstandigheden komen voor in hellende gebieden met ondoorlatende bodemlagen. Door het jaar heen is de wisseling in afvoer dan ook gering tot matig waardoor de fysisch-chemische parameters ook een redelijke constantie vertonen. Er is beperkte directe beïnvloeding door het inzijggebied.

Ecologische typering

Deze bronnen nemen een klein oppervlak in het landschap in. Het betreft unieke elementen. De redelijk constante temperatuur biedt levensmogelijkheden voor stenotherme soorten. In de organische pakketten leven soorten aangepast aan semi-aquatische omstandigheden en soorten uit zuurstofarmere milieu's. De aquatische macrofauna bevat acidofiele soorten. De macrofauna bestaat vooral uit bewoners van vaste substraten en van de waterkolom. Het betreft vooral carnivoren en detritivoren (verzwelgers en vergaarders). De vedermuggen zijn talrijk naast steenvliegen, slijkvliegen en kokerjuffers. Waterplanten ontbreken in de bronbeekjes. De ophopingen van organisch materiaal zijn voornamelijk met mossen begroeid.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	6 – 12
pH	4.5 – 5.5
EGV µS/cm	< 250
O_2 %	> 70
Hardheid °D	< 5
Fe^{2+} mg/l	< 0.2
Ca^{2+} mg/l	< 30
Na^{+} mg/l	< 10
K^{+} mg/l	< 4
Mg^{2+} mg/l	< 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	0
o-P mgP/l	< 0.007
t-P mgP/l	< 0.015
TOC mg/l	< 2
debiet	matig

Indicatoren

Macrofauna

Adicella reducta, Agabus paludosus, A. guttatus, Anacaena globulus, Annitella obscurata, Apatania fimbriata, Beraea maurus, Brillia modesta, Chaetocladius sp. Herkenbosch, Chaetopteryx villosa, Cnetha cryophila, Cnetha latipes, Cordulegaster boltonii, Crunoecia irrorata, Dixa gr. maculata, Dugesia gonocephala, Elmis aenea, Elodes minuta, Elodes sp., Enoicyla pusilla, Eusimulium costatum, Gammarus fossarum, H. memnonius, H. nigrita, Heleniella ornaticollis, Heterotanytarsus apicalis, Hydroporus discretus, Hydropsyche saxonica, Laccobius atratus, L. elegans, Leuctra nigra, Limnephilus extricatus, Lype reducta, L. phaeopa, Macropelopia sp., Metriocnemus gr. hygropetricus, Micropterna lateralis, M. sequax, Nemoura dubitans, Nemurella pictetii, Niphargus aquilex, N. schellenbergi, Parametriocnemus stylatus, Pedicia sp., Pericoma sp., Phagocata vittata, Plectrocnemia conspersa, Proasellus cavaticus, Ptychoptera sp., Riolus subviolacens, Sericostoma personatum, Sialis fuliginosa, Silo nigricornis, S. pallipes, Tinodes pallidulus, Tinodes waeneri

Macrofyten en mossen

Associatie: Philonotido fontanae-Montietum

Kenmerkende soorten: Philonotis fontana; groot bronkruid (Montia fontana ssp. fontana), egelboterbloem (Ranunculus flammula), wilde gagel (Myrica gale), veenpluis (Eriophorum angustifolium), moerasmuur (Stellaria uligino-

sa), moeraswalstro (Galium palustre), mannagras (Glyceria fluitans), waterpeper (Polygonum hydropiper) (beide laatstgenoemde soorten kunnen gemakkelijk storingsindicatoren worden)

Doelsoorten

Macrofauna

Polycelis felina, Nemoura dubitans, Nemoura marginata, Nemurella pictetii, Adicella filicornis, Parachiona picicornis, Ptilocelopus granulatus

Beheer en inrichting

Voor deze bronnen gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

- voorkomen/opheffen van wateronttrekking in het inzijggebied en uit het grondwaterpakket
- voorkomen of opheffen van drainage in het inzijggebied
- het dichten van greppels en sloten
- voorkomen van beschadiging van de ondoorlatende bodemlagen
- voorkomen/opheffen van regulatie en normalisatie van de afvoerende beek

structuren

- bescherming van het brongebied tegen betreding en vertrapping door mens en dier
- tegengaan van het storten van afval
- geen machinaal onderhoud plegen en in handkracht schonen
- bevorderen van loofboomgroei rondom het brongebied

waterkwaliteit

- beperking van meststoffengift en het gebruik van bestrijdingsmiddelen in het inzijggebied
- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- stoppen van eventuele directe lozingen



Mineralenarme bron met pleksgewijze, matige afvoer

4.4 Gemeenschap van matig mineralenrijke bronnen met pleksgewijze, matige afvoer

Processen

Deze bronnen hebben een matige afvoer. Het oppervlak van het brongebied is groter dan in het vorige type. Het water treedt over het gehele brongebied uit en er zijn pleksgewijs punten met een hoge afvoer. Het brongebied ligt op een matig hellend vlak en vormt altijd onderdeel van een groter broncomplex met meerdere uittredingspunten van water waarin verschillend debiet kan optreden. Ze wateren af op bronbovenloopjes. Tussen de uittredingspunten treedt water diffuus uit en is de bodem soppig.

Door het verschil in afvoer vormt zich een mozaïek aan substraten. Plekken met hoge afvoer bevatten weinig organisch materiaal en bestaan uit een variatie aan minerale substraten zoals keien, grind en grof zand. De waterdiepte is er gering. Het uittredende water heeft een redelijk constante temperatuur. Tussen deze sterk afvoerende plekken treedt het grondwater meer diffuus en minder krachtig uit. Hier bevinden zich dikke ophopingen van organisch materiaal. De meer weelderige begroeiing zorgt voor een hogere productie aan organisch materiaal. Dergelijke pakketten vormen een semi-aquatisch tot aquatisch milieu. Het water in dergelijke pakketten heeft een slechte tot matige zuurstofhuishouding als gevolg van het evenwicht tussen afbraak van organisch materiaal (zuurstofconsumptie) en een constante doorstroming (zuurstofaanvoer).

[47

Het grondwater heeft een matige tot lange verblijftijd in mineralenrijkere bodemlagen (aanrijking) en is bij uittreding kalkrijk en matig voedselrijk. Dergelijke omstandigheden komen voor in hellende gebieden met ondoorlatende en kalkhoudende bodemlagen. De voeding is redelijk constant als gevolg van hydrostatische druk op het grondwaterpakket. Door het jaar heen is de wisseling in afvoer daardoor gering tot matig, waardoor de fysisch-chemische parameters ook een redelijke constantie vertonen. Er is sprake van een directe relatie met het inzijggebied.

Ecologische typering

Deze bronnen nemen een klein oppervlak in het landschap in. Het betreft unieke elementen. De redelijk constante temperatuur biedt levensmogelijkheden voor stenotherme soorten. In de organische pakketten leven soorten aangepast aan semi-aquatische omstandigheden en soorten uit zuurstofarmere milieu's. Acidofiele soorten ontbreken. De macrofauna leeft voornamelijk in het minerale en organische substraat en tussen/onder vaste substraten en soms in de waterlaag. Het betreft detritivoren, herbivoren en carnivoren (vergaarders, verzwelgers en knippers). De taxonsamenstelling wordt gedomineerd door vedermuggen en kreeftachtigen terwijl veel kokerjuffers, steenvliegen, platwormen en tweekleppigen aanwezig zijn. Waterplanten ontbreken in de bronbeekjes. De dikke ophopingen van organisch materiaal zijn weelderig begroeid met hogere waterplanten en mossen.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	6 – 12
pH	6.5 – 7.5
EGV µS/cm	> 250
O_2 %	> 60
Hardheid °D	> 5
Fe^{2+} mg/l	< 0.2
Ca^{2+} mg/l	> 30
Na^{+} mg/l	3 – 20
K^{+} mg/l	4 – 30
Mg^{2+} mg/l	> 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	< 0.35
o-P mgP/l	< 0.034
t-P mgP/l	< 0.040
TOC mg/l	< 2
debiet	matig

Indicatoren

Macrofauna

Adicella reducta, Agabus melanarius, Agapetus fuscipes, Anacaena globulus, Beraea maurus, B. pullata, Brillia modesta, Chaetocladius piger, C. laminatus, Chaetopteryx villosa, Crenobia alpina, Crunoecia irrorata, Dicranota bimaculata, Dixa dilatata, Dixa gr. maculata, Dugesia gonocephala, Eiseniella tetraedra, Elmis aenea, Elodes minuta, Enoicyla pusilla, Gammarus fossarum, G. pulex, Halesus radiatus, Heleniella ornaticollis, Heterotrissocladius marcidus, Hydraena melas, Hydroporus discretus, H. memnonius, H. nigrita, Krenopelopia sp., Limnephilus auricula, L. extricatus, L. subcentralis, Limnophyes sp., Lype reducta, Macropelopia sp., Micropsectra sp., Micropterna lateralis, M. sequax, Nemoura marginata, N. dubitans, Nemurella pictetii, Niphargus aquilex, N. schellenbergi, Parametriocnemus stylatus, Pedicia sp., Plectrocnemia conspersa, Polycelis felina, Ptilocolepus grannulatus, Ptychoptera sp., Rheocricotopus sp., Sericostoma personatum, Sialis fuliginosa, Silo nigricornis, Sperchon squamosus, Stenophylax sp., Stenus nitidiculus, Telmatoscopus sp., Velia caprai, Wormaldia occipitalis, Zavrelimyia nubila

Macrofyten en mossen

Associatie: 7Aa2 b Pellio epiphyllae-Chrysosplenietum pellietosum

Kenmerkende soorten: Pellia epiphylla; paarbladig goudveil (Chrysosplenium oppositifolium), Brachythecium rutabulum (in hoge bedekking wijst op storing), kale jonker (Cirsium palustre)

Doelsoorten

Macrofauna

Crenobia alpina, Polycelis felina, Nemoura dubitans, Nemoura marginata, Nemurella pictetii, Apatania fimbriata, Drusus annulatus, Ernodes articularis, Lithax obscurus, Melampophylax mucoreus, Parachiona picicornis, Sericostoma flavicorne, Wormaldia occipitalis

Beheer en inrichting

Voor deze bronnen gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

- voorkomen/opheffen van wateronttrekking in het inzijggebied en uit het grondwaterpakket
- voorkomen of opheffen van drainage in het inzijggebied
- het dichten van greppels en sloten
- voorkomen van beschadiging van de ondoorlatende bodemlagen
- voorkomen/opheffen van regulatie en normalisatie van de afvoerende beek

structuren

- bescherming brongebied tegen betreding en vertrapping door mens en dier
- tegengaan van storten van afval
- geen machinaal onderhoud plegen en in handkracht schonen
- bevorderen van boomgroei rondom het brongebied

waterkwaliteit

- beperking van meststoffengift en het gebruik van bestrijdingsmiddelen in het inzijggebied
- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- stoppen van eventuele directe lozingen



Matig mineralenrijke bron met pleksgewijze, matige afvoer

4.5 Gemeenschap van mineralenarme bronnen met diffuse, lage afvoer

Processen

Deze bronnen hebben een lage en diffuse afvoer. Het oppervlak van het brongebied is vaak groter dan in het vorige type. Het water treedt over het gehele brongebied uit en er zijn nauwelijks pleksgewijze punten met een hogere afvoer. Het brongebied ligt in een vlak of zwak hellend gebied. Door het geringe verschil in afvoer vormt zich een organisch pakket dat bijna het gehele brongebied bedekt. Dit pakket wordt met grondwater doorstroomt waardoor nauwelijks sprake is van waterdiepte maar van een spons van organisch materiaal vol water.

Meer benedenstrooms in een dergelijk brongebied treedt een concentratie van afstromend water op waardoor het organisch pakket verdwijnt en er één of enkele afvoerende bronbeekjes ontstaan die samenvloeien in de bronbeek. Dergelijke bronbeekjes hebben een schoon substraat, vaak bestaand uit zand met lokaal grind of keien. Het uittredende water heeft een redelijk wisselende temperatuur. De plantaardige productie is beperkt en het organisch pakket relatief dun. Het bronmilieu heeft kenmerken van een semi-aquatisch tot aquatisch milieu. Het water in dergelijke pakketten heeft een slechte tot matige zuurstofhuishouding als gevolg van het evenwicht tussen afbraak van organisch materiaal (zuurstofconsumptie) en een constante doorstroming (zuurstofaanvoer).

De verblijftijd van het grondwater kan lang of kort zijn. Het grondwater is bij uittreding kalk- en voedselarm. Door het jaar heen is er een wisseling in afvoer waardoor de fysisch-chemische parameters ook sterk kunnen wisselen. De toevoer van grondwater kan soms stagneren waardoor korte tijd droogval kan optreden. Het bronwater is zuur.

Ecologische typering

Deze bronnen nemen een klein oppervlak in het landschap in. Het betreft unieke elementen. Er worden veel soorten gevonden die aangepast zijn aan zuurstofarme, semi-aquatische en zure milieu's. Stenotherme soorten ontbreken. De macrofauna leeft voornamelijk in het organische substraat. Het betreft vooral detritivoren en carnivoren (vergaarders en verzwelgers). De macrofaunasamenstelling wordt gedomineerd door vliegen en muggen (vooral vedermuggen), en kreeftachtigen. De ophopingen van organisch materiaal zijn begroeid met veel mossen en weinig hogere planten.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	4 – 14
pH	4.5 – 5.5
EGV µS/cm	< 250
O_2 %	> 50
Hardheid °D	< 5
Fe^{2+} mg/l	< 0.2
Ca^{2+} mg/l	< 30
Na^{+} mg/l	< 10
K^{+} mg/l	< 4
Mg^{2+} mg/l	< 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	0
o-P mgP/l	< 0.007
t-P mgP/l	< 0.015
TOC mg/l	< 2
debiet	laag

[51

Indicatoren

Macrofauna

Agabus guttatus, Chaetopteryx villosa, Chrysogaster sp., Cordulegaster boltonii, Dicranota bimaculata, Dixa gr. maculata, Eukiefferiella brevicalcar, Hydroporus longulus (gebonden aan veenmos), H. memnonius, H. nigrita, Laccobius atratus, Leptophlebia marginata, Leuctra nigra, Limnophila sp., Macropelopia sp., Micropsectra roseiventris, Nemoura avicularis, N. cinerea, Nemurella pictetii, Notidobia ciliaris, Plectrocnemia conspersa, Polypedilum breviantennatum, P. uncinatum, Ptychoptera sp., Sialis fuliginosa, Stempellinella gr. brevis, Tipulidae, Trissopelopia longimana

Macrofyten en mossen

Associatie: Philonotido fontanae-Montietum

Kenmerkende soorten: Philonotis fontana; groot bronkruid (Montia fontana ssp. fontana), moerasmuur (Stellaria uliginosa), moeraswalstro (Galium palustre), egelboterbloem (Ranunculus flammula), mannagras (Glyceria fluitans), veenwortel (Polygonum hydropiper) (van beide laatste wijst een teveel op storing)

Doelsoorten

Macrofauna

Polycelis felina, Nemurella pictetii, Adicella filicornis, Grammotaulius submaculatus, Limnephilus ignavus

Beheer en inrichting

Voor deze bronnen gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

- voorkomen of opheffen van drainage in het inzijggebied
- het dichten van greppels en sloten
- voorkomen/opheffen van regulatie en normalisatie van de afvoerende beek

structuren

- bescherming van het brongebied tegen betreding en vertrapping door mens en dier
- tegengaan van storten van afval
- geen machinaal onderhoud plegen en in handkracht schonen

waterkwaliteit

- beperking van de meststoffengift in het inzijggebied
- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- stoppen van eventuele directe lozingen



Mineralenarme bron met diffuse, lage afvoer

4.6 Gemeenschap van matig mineralenrijke bronnen met diffuse, lage afvoer

Processen

Deze bronnen hebben een lage en diffuse afvoer. Het oppervlak van het brongebied is groot. Het water treedt over het gehele brongebied uit en er zijn nauwelijks pleksgewijze punten met een wat hogere afvoer. Het brongebied ligt in een vlak tot zwak hellend gebied. Door het geringe verschil in afvoer vormt zich een organisch pakket dat bijna het gehele brongebied bedekt. De plantaardige productie in het brongebied is redelijk waardoor de pakketten dik kunnen zijn. Dit pakket wordt met grondwater doorstroomt waardoor nauwelijks sprake is van waterdiepte maar van een spons van organisch materiaal vol water.

Meer benedenstrooms in een dergelijk brongebied treedt een concentratie van afstromend water op waardoor het organisch pakket verdwijnt en er één of enkele afvoerende bronbeekjes ontstaan die samenvloeien in de bronbeek. Dergelijke bronbeekjes hebben een schoon substraat bestaande uit zand met lokaal grind of keien. Het uittredende water heeft een redelijk wisselende temperatuur. Het bronmilieu heeft kenmerken van een semi-aquatisch tot aquatisch milieu. Het water in dergelijke pakketten heeft een slechte tot matige zuurstofhuishouding als gevolg van het evenwicht tussen afbraak van organisch materiaal (zuurstofconsumptie) en een constante doorstroming (zuurstofaanvoer). [53

De verblijftijd van het grondwater kan lang of kort zijn. Het grondwater is bij uittreding kalkrijk en matig voedselrijk. Door het jaar heen is er een wisseling in afvoer waardoor de fysisch-chemische parameters ook sterk kunnen wisselen. De toevoer van grondwater kan soms stagneren waardoor korte tijd droogval kan optreden.

Ecologische typering

Deze bronnen nemen een klein oppervlak in het landschap in. Het betreft unieke elementen. Er worden veel soorten gevonden die aangepast zijn aan zuurstofarme en semi-aquatische milieu's. Stenotherme soorten ontbreken. De macrofauna leeft voornamelijk in het organische substraat. Het betreft vooral detritivoren en carnivoren (vergaarders en verzwelgers). De taxonsamenstelling wordt gedomineerd door vliegen en muggen (vooral vedermuggen), en kreeftachtigen. De ophopingen van organisch materiaal zijn redelijk weelderig begroeid met hogere planten en mossen.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	4 – 14
pH	6.5 – 7.5
EGV µS/cm	> 250
O_2 %	> 50
Hardheid °D	> 5
Fe^{2+} mg/l	< 0.2
Ca^{2+} mg/l	> 30
Na^{+} mg/l	3 – 20
K^{+} mg/l	4 – 30
Mg^{2+} mg/l	> 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	< 0.35
o-P mgP/l	< 0.034
t-P mgP/l	< 0.040
TOC mg/l	< 2
debiet	laag

Indicatoren

Macrofauna

Agabus guttatus, Anacaena globulus, Beraea maurus, B. pullata, Crunoecia irrorata, Dendrocoelum lacteum, Dicranota bimaculata, Dixa gr. maculata, D. dilatata, Dugesia gonocephala, Elodes minuta, Gammarus fossarum, G. pulex, Leuctra nigra, Limoniidae, Macropelopia sp., Micropsectra sp., Nemoura cinerea, N. dubitans, Nemurella pictetii, Pericoma sp., Plectrocnemia conspersa, Psychoda sp., Ptychoptera sp., Sericostoma personatum, Tipula gr. griseipennis, Tipulidae, Trissopelopia longimana, Velia caprai

Macrofyten en mossen

Associatie: Pellio Epiphyllae-Chrysosplenietum oppositifoli

Kenmerkende soorten: Pellia epiphylla, Cratoneuron filicinum, Brachythecium rutabulum; kale jonker (Cirsium palustre), bittere veldkers (Cardamine amara), paarbladig goudveil (Chrysosplenium oppositifolium), verspreidbladig goudveil (Chrysosplenium alternifolium), gele zegge (Carex flava), reuzenpaardestaart (Equisetum telmateia)

Doelsoorten

Macrofauna

Polycelis felina, Nemurella pictetii, Apatania fimbriata, Ernodes articularis, Limnephilus ignavus

Beheer en inrichting

Voor deze bronnen gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

- voorkomen of opheffen van drainage in het inzijggebied
- het dichten van greppels en sloten
- voorkomen/opheffen van regulatie en normalisatie van de afvoerende beek

structuren

- bescherming brongebied tegen betreding en vertrapping door mens en dier
- tegengaan van storten van afval
- geen machinaal onderhoud plegen en in handkracht schonen

waterkwaliteit

- beperking van de meststoffengift in het inzijggebied
- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- stoppen van eventuele directe lozingen



Matig mineralenrijke bron met diffuse, lage afvoer

4.7 Gemeenschap van mineralenarme, droogvallende bronnen

Processen

Deze bronnen hebben een lage en vaak diffuse en wisselende afvoer. Het betreft brongebieden die of vanuit ondiep grondwater worden gevoed, of die een klein inzijggebied bezitten, en het betreft bronplekken die gelegen zijn aan de randen van andere brontypen. Het oppervlak van het brongebied is relatief groot. Het water treedt over het gehele brongebied uit en er kunnen pleksgewijs punten zijn met een wat hogere afvoer. Het brongebied ligt in een vlak tot sterk hellend gebeid.

Door de verschillen in afvoer in de tijd ontstaat een wisseling in verschijningsvorm. In de zomer vormt zich een organisch pakket dat bijna het gehele brongebied bedekt. Het water in dergelijke pakketten heeft vaak een slechte zuurstofhuishouding als gevolg van de overheersende afbraak van organisch materiaal (zuurstofconsumptie) en wisselende doorstroming (beperkte zuurstofaanvoer). Het organisch pakket is een spons van organisch materiaal vol water, die bij droogval geleidelijk opdroogt. Droogval leidt tot een sterke mineralisatie van het organisch materiaal. Het bronmilieu heeft in de zomer veel kenmerken van een semi-aquatisch milieu. De plantaardige productie is gering. In winter en voorjaar treedt afvoer op, die leidt tot het plaatselijk verdwijnen van het organisch pakket en tot het ontstaan van enkele schoon gespoelde bronplekken en schone afvoerende bronbeekjes. Dergelijke bronbeekjes hebben een schoon substraat van zand met lokaal grind of keien.

Het uittredende water heeft een sterk wisselende temperatuur. De verblijftijd van het grondwater is vaak gering en het water is bij uittreding kalk- en voedselarm. Door het jaar heen is de wisseling in afvoer groot waardoor de fysisch-chemische parameters ook sterk wisselen.

Ecologische typering

Deze bronnen nemen een klein tot groter oppervlak in in het landschap. Het betreft kleine, waardevolle elementen. De macrofaunagemeenschap bevat veel soorten die ongevoelig zijn voor of aangepast zijn aan droogval. Meestal betreft het soorten die in de zomer geen watergebonden stadia hebben. Daarnaast zijn veel soorten aangepast aan slechte zuurstofomstandigheden. De meeste soorten zijn detrituseters of predatoren. Vergaarders, verzwelgers en in minder mate knippers bepalen de functionele relaties.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	4 – 14
pH	4.5 – 5.5
EGV µS/cm	< 250
O_2 %	> 50
Hardheid °D	< 5
Fe^{2+} mg/l	< 1.0
Ca^{2+} mg/l	< 30
Na^{+} mg/l	< 10
K^{+} mg/l	< 4
Mg^{2+} mg/l	< 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	0
o-P mgP/l	< 0.007
t-P mgP/l	< 0.015
TOC mg/l	< 2
debiet	laag

Indicatoren

Macrofauna

Anacaena globulus, Bidessus sp., Eiseniella tetraedra, Enchytraeidae, Eriopterinae, Hydroporus memnonius, H. longulus, H. nigrita, Leptophlebia marginata, Leuctra nigra, Limnephilus bipunctatus, Limnephilus coenosus, Limnephilus sparsus, Limnophyes sp., Nemoura avicularis, Notidobia ciliaris, Pedicia sp., Ptychoptera sp., Sialis fuliginosa, Tipulidae

Macrofyten en mossen

Associatie: Philonotido fontanae-Montietum peplidetosum, Pellio epiphyllae-Chrysosplenietum inops

Kenmerkende soorten: Philonotis fontana; groot bronkruid (Montia fontana ssp. fontana), greppelrus (Juncus bufonius), waterpostelein (Lythrum portula), liggende vetmuur (Sagina procumbens)

Doelsoorten

Macrofauna

Limnephilus auricula

Beheer en inrichting

Voor deze bronnen gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

- voorkomen/opheffen van regulatie en normalisatie van de afvoerende beek

structuren

- bescherming van het brongebied tegen betreding en vertrapping door mens en dier
- tegengaan van storten van afval
- geen machinaal onderhoud plegen en in handkracht schonen

waterkwaliteit

- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- stoppen van eventuele directe lozingen



Mineralenarme, droogvallende bron

4.8 Gemeenschap van matig mineralenrijke, droogvallende bronnen

Processen

Deze bronnen hebben een lage en vaak diffuse en wisselende afvoer. Het betreft brongebieden die vanuit ondiep grondwater worden gevoed en bronplekken die gelegen zijn aan de randen van andere brontypen. Het inzijggebied is meestal relatief groot. Ook het oppervlak van het brongebied is relatief groot. Het water treedt over het gehele brongebied uit en er kunnen pleksgewijs punten zijn met een wat hogere afvoer. Het brongebied ligt in een vlak tot sterk hellend gebied.

Door het verschil in afvoer in de tijd ontstaat een wisseling in verschijningsvorm. In de zomer vormt zich een organisch pakket dat bijna het gehele brongebied bedekt. Het water in dergelijke pakketten heeft vaak een slechte zuurstofhuishouding als gevolg van de overheersende afbraak van organisch materiaal (zuurstofconsumptie) en wisselende doorstroming (beperkte zuurstofaanvoer). Het organische pakket is een spons van organisch materiaal vol water, die bij droogval geleidelijk opdroogt. Droogval leidt tot een sterke mineralisatie van het organisch materiaal. Het bronmilieu heeft in de zomer veel kenmerken van een semi-aquatisch milieu. De plantaardige productie in het brongebied is redelijk. In winter en voorjaar treedt afvoer op die leidt tot het plaatselijk verdwijnen van het organisch pakket en tot het ontstaan van enkele schoon gespoelde bronplekken en bronbeekjes. Dergelijke bronbeekjes hebben een schoon substraat van zand met lokaal grind of keien.

[59

Het uittredende water heeft een sterk wisselende temperatuur. De verblijftijd van het grondwater is vaak langer waardoor het water bij uittreding kalkrijker en matig voedselrijk is. Door het jaar heen is de wisseling in afvoer groot waardoor de fysisch-chemische parameters ook sterk wisselen.

Ecologische typering

Deze bronnen zijn kleine, waardevolle elementen in het landschap. De macrofaunagemeenschap bevat veel soorten die ongevoelig zijn voor of aangepast zijn aan droogval. Meestal betreft het soorten die in de zomer geen watergebonden stadia hebben. Daarnaast zijn veel soorten aangepast aan slechte zuurstofomstandigheden. De meeste soorten zijn detrituseters of predatoren. Vergaarders, verzwelgers en in minder mate knippers bepalen de functionele relaties.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	4 – 14
pH	6.5 – 7.5
EGV µS/cm	> 250
O_2 %	> 70
Hardheid °D	> 5
Fe^{2+} mg/l	< 2.0
Ca^{2+} mg/l	> 30
Na^{+} mg/l	3 – 20
K^{+} mg/l	4 – 30
Mg^{2+} mg/l	> 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	< 0.35
o-P mgP/l	< 0.034
t-P mgP/l	< 0.040
TOC mg/l	< 2
debiet	zeer laag

Indicatoren

Macrofauna

Anacaena globulus, Anisus leucostoma, Asellus aquaticus, Chironomus sp., Culicidae, Cyphonidae, Eiseniella tetraedra, Limnephilus bipunctatus, L. sparsus, Limnophyes sp., Limoniidae, Lumbriculus variegatus, Macropelopia sp., Nemoura cinerea, Pedicia sp., Phagocata vittata, Polycelis tenuis, Psectrotanypus varius, Scirtes sp., Stagnicola glabra, Tipulidae, Trocheta bykowskii, Zavrelimyia nubila

Macrofyten en mossen

Associatie: Pellio epiphyllae-Chrysosplenietum pellietosum

Kenmerkende soorten: Pellia epiphylla, Brachytecium rutabulum; bittere veldkers (Cardamine amara)

Doelsoorten

Macrofauna

Limnephilus auricula

Beheer en inrichting

Voor deze bronnen gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

- voorkomen/opheffen van regulatie en normalisatie van de afvoerende beek

structuren

- bescherming van het brongebied tegen betreding en vertrapping door mens en dier
- tegengaan van storten van afval
- geen machinaal onderhoud plegen en in handkracht schonen

waterkwaliteit

- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- stoppen van eventuele directe lozingen

4.9 Gemeenschap van mineralenarme, beekbegeleidende bronnen

Processen

Beekbegeleidende bronnen worden aangetroffen aan de voet van de hellingen in uitgeslepen beekdalen in geaccidenteerd terrein. Meestal komen over een grotere afstand langs de beek verspreid kleine bronnen of broncomplexen voor, doordat de beek op meerdere plaatsen een minder doorlatende laag of de grondwaterspiegel heeft aangesneden. De afvoer is meestal matig tot zwak en wisselt door het jaar heen. Vaak treedt droogval op. Het inzijggebied is beperkt en de verblijftijd van het grondwater is relatief kort. Vanaf de plekken waar het water uittreedt, lopen kleine bronbeekjes naar de beek. Dergelijke bronplekken kunnen ook voorkomen onder de waterspiegel in de beekbodem. Al naar gelang de hoeveelheid uittredend water wordt zand en soms grind schoongespoeld of bestaat het substraat vooral uit een dun pakket organisch materiaal. De beekbegeleidende bronnen worden jaarlijks in meer of minder hoge frequentie tijdens perioden met hoge afvoer overspoeld met beekwater. Dit heeft een grote invloed op de fysische en chemische parameters in de bron. Mineralenarme beekbegeleidende bronnen worden alleen aangetroffen langs mineralenarme of matig mineralenrijke boven- en middenlopen en worden gevoed vanuit mineralenarme grondwaterpakketten.

Ecologische typering

Deze bronnen nemen een klein tot groter oppervlak in langs beken. Het betreft kleine, waardevolle elementen. In de organische pakketten leven soorten aangepast aan semi-aquatische omstandigheden en soorten uit zuurstofarmere milieu's. De aquatische macrofauna bevat acidofiele soorten. De macrofauna bestaat vooral uit substraat bewonende soorten alsmede waterkolombewoners. Het betreft vooral carnivoren en detritivoren (verzwelgers en vergaarders). De vedermuggen zijn talrijk naast steenvliegen, slijkvliegen en kokerjuffers. De begroeiing met hogere waterplanten wordt sterk beïnvloed door de frequentie van inundatie en de samenstelling van het beekwater.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	4 – 14
pH	4.5 – 5.5
EGV µS/cm	< 250
O_2 %	> 50
Hardheid °D	< 5
Fe^{2+} mg/l	< 0.2
Ca^{2+} mg/l	< 30
Na^{+} mg/l	< 10
K^{+} mg/l	< 4
Mg^{2+} mg/l	< 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	0
o-P mgP/l	< 0.007
t-P mgP/l	< 0.015
TOC mg/l	< 2
debiet	matig
inundatie	ja

Indicatoren

Macrofauna

Adicella reducta, Agabus guttatus, A. paludosus, Anacaena globulus, Annitella obscurata, Apatania fimbriata, Beraea maurus, Brillia modesta, Chaetocladius sp. Herkenbosch, Chaetopteryx villosa, Cnetha cryophila, Cnetha latipes, Cordulegaster boltonii, Crunoecia irrorata, Dixa gr. maculata, Dugesia gonocephala, Elmis aenea, Elodes minuta, Elodes sp., Enoicyla pusilla, Eusimulium costatum, Gammarus fossarum, Heleniella ornaticollis, Heterotanytarsus apicalis, Hydroporus discretus, H. memnonius, H. nigrita, Hydropsyche saxonica, Laccobius atratus, Leuctra nigra, Limnephilus extricatus, L. elegans, Lype reducta, L. phaeopa, Macropelopia sp., Metriocnemus gr. hygropetricus, Micropterna lateralis, M. sequax, Nemoura dubitans, Nemurella pictetii, Niphargus aquilex, N. schellenbergi, Parametriocnemus stylatus, Pedicia sp., Pericoma sp., Plectrocnemia conspersa, Polycelis felina, Ptychoptera sp., Riolus subviolaceus, S. pallipes, Sericostoma personatum, Sialis fuliginosa, Silo nigricornis, Tinodes pallidulus, Tinodes waeneri

Macrofyten en mossen

Associatie: Philonotido fontanae-Montietum, Pellio Epiphyllae-Chrysosplenietum inops

Kenmerkende soorten: Philonotis fontana; groot bronkruid (Montia fontana ssp. fontana), mannagras (Glyceria fluitans), waterpeper (Polygonum hydropiper), egelboterbloem (Ranunculus flammula)

Doelsoorten

Macrofauna

Polycelis felina, Nemurella pictetii, Adicella filicornis, Parachiona picicornis

Beheer en inrichting

Voor deze bronnen gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

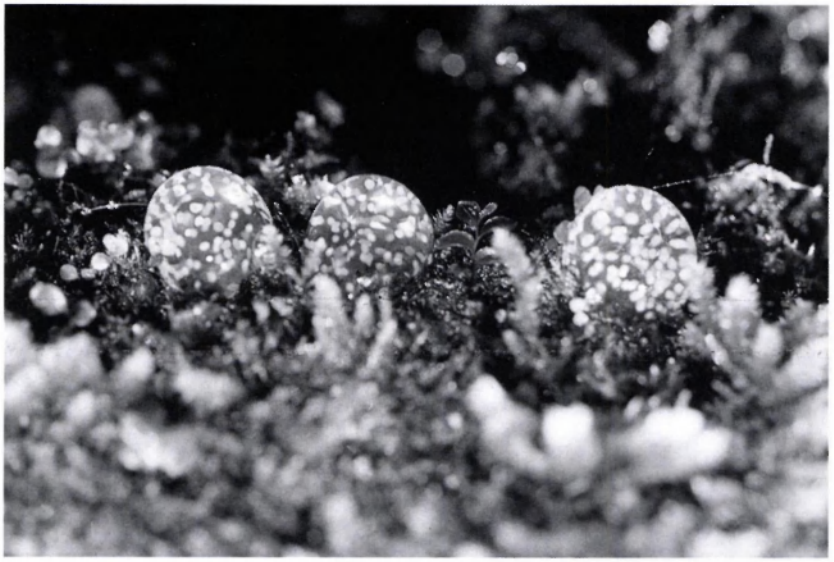
- voorkomen van wateronttrekking in het inzijggebied en uit het grondwaterpakket
- voorkomen of opheffen van drainage in het inzijggebied
- het dichten van greppels en sloten
- voorkomen van verhoging van de inundatiefrequentie

structuren

- bescherming van het brongebied tegen betreding en vertrapping door mens en dier
- bevorderen van boomgroei rondom het brongebied

waterkwaliteit

- beperking van meststoffengift en gebruik bestrijdingsmiddelen in het inzijggebied
- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- voorkomen van inundatie met mineralenrijke stoffen



Eipakketten van kokerjuffers in mineralenarme beekbegeleidende bron

4.10 Gemeenschap van matig mineralenrijke, beekbegeleidende bronnen

Processen

Beekbegeleidende bronnen worden aangetroffen aan de voet van de hellingen in uitgeslepen beekdalen in geaccidenteerd terrein. Meestal komen over een grotere afstand langs de beek verspreid kleine bronnen of broncomplexen voor, doordat de beek op meerdere plaatsen een minder doorlatende laag of de grondwaterspiegel heeft aangesneden. De afvoer is meestal matig tot zwak en wisselt door het jaar heen. Het inzijggebied is beperkt en de verblijftijd relatief kort. Vanaf de plekken waar het water uittreedt, lopen kleine bronbeekjes naar de beek. Dergelijke bronplekken kunnen ook voorkomen onder de waterspiegel in de beekbodem. Al naar gelang de hoeveelheid uittredend water wordt zand en soms grind schoongespoeld of bestaat het substraat vooral uit een dun pakket organisch materiaal. De beekbegeleidende bronnen worden jaarlijks in meer of minder hoge frequentie tijdens perioden met hoge afvoer overspoeld met beekwater. Dit heeft een grote invloed op de fysische en chemische parameters in de bron. Matig mineralenrijke beekbegeleidende bronnen worden aangetroffen langs matig mineralenrijke tot mineralenrijke beken (vooral midden- en benedenlopen en riviertjes) en worden gevoed vanuit mineralenrijke grondwaterpakketten.

[65

Ecologische typering

Deze bronnen vormen unieke elementen in het beeklandschap. In de organische pakketten leven soorten aangepast aan semi-aquatische omstandigheden en soorten uit zuurstofarmere milieu's. Acidofiele soorten ontbreken. De macrofauna leeft voornamelijk in het minerale en organische substraat en tussen/onder vaste substraten en soms in de waterlaag. Het betreft vooral detritivoren, herbivoren en carnivoren (vergaarders, verzwelgers en knippers). De taxonsamenstelling wordt gedomineerd door vedermuggen en kreeftachtigen, maa ook kokerjuffers, steenvliegen, platwormen en tweekleppigen kunnen aanwezig zijn. Waterplanten ontbreken in de bronbeekjes. De overige begroeiing wordt sterk beïnvloed door de frequentie van inundatie en de samenstelling van het beekwater. De dikke ophopingen van organisch materiaal kunnen weelderig begroeid zijn.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	4 – 14
pH	6.5 – 7.5
EGV µS/cm	> 250
O_2 %	> 70
Hardheid °D	> 5
Fe^{2+} mg/l	< 0.2
Ca^{2+} mg/l	> 30
Na^{+} mg/l	3 – 20
K^{+} mg/l	4 – 30
Mg^{2+} mg/l	> 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	< 0.35
o-P mgP/l	< 0.034
t-P mgP/l	< 0.040
TOC mg/l	< 2
debiet	matig
inundatie	ja

Indicatoren

Macrofauna:

Adicella reducta, Agabus melanarius, Agapetus fuscipes, Anacaena globulus, A. lutescens, B. pullata, Beraea maurus, Brillia modesta, Chaetocladius piger, C. laminatus, Chaetopteryx villosa, Crenobia alpina, Crunoecia irrorata, Dicranota bimaculata, Dixa dilatata, Dixa gr. maculata, Dugesia gonocephala, Eiseniella tetraedra, Elmis aenea, Elodes minuta, Enoicyla pusilla, Gammarus fossarum, Gammarus pulex, Halesus radiatus, Heleniella ornaticollis, Heterotrissocladius marcidus, Hydraena melas, Hydroporus discretus, H. memnonius, H. nigrita, Krenopelopia sp., Limnephilus auricula, L. extricatus, L. subcentralis, Limnophyes sp., Lype reducta, Macropelopia sp., Micropsectra sp., Micropterna lateralis, M. sequax, Nemoura dubitans, Nemoura marginata, Nemurella pictetii, Niphargus aquilex, N. schellenbergi, Parametriocnemus stylatus, Pedicia sp., Plectrocnemia conspersa, Polycelis felina, Ptilocolepus granulatus, Ptychoptera sp., Rheocricotopus sp., Sericostoma personatum, Sialis fuliginosa, Silo nigricornis, Sperchon squamosus, Stenophylax sp., Stenus nitidiculus, Telmatoscopus sp., Velia caprai, Wormaldia occipitalis, Zavrelimyia nubila

Macrofyten en mossen

Associatie: Pellio Epiphyllae-Chrysosplenietum pellietosum

Kenmerkende soorten: Pellia epiphylla, Brachythecium rutabulum; paarbladig goudveil (Chrysosplenum oppositifolium), kale jonker (Cirsium palustre)

Doelsoorten

Macrofauna

Crenobia alpina, Polycelis felina, Nemurella pictetii, Apatania fimbriata, Drusus annulatus, Ernodes articularis, Lithax obscurus, Parachiona picicornis, Sericostoma flavicorne, Wormaldia occipitalis

Beheer en inrichting

Voor deze bronnen gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

- voorkomen van wateronttrekking in het inzijggebied en uit het grondwaterpakket
- voorkomen of opheffen van drainage in het inzijggebied
- het dichten van greppels en sloten
- voorkomen van verhoging van de inundatiefrequentie

waterkwaliteit

- beperking van meststoffengift en gebruik bestrijdingsmiddelen in het inzijggebied
- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- voorkomen van inundatie met mineralenrijke stoffen

structuren

- bescherming van het brongebied tegen betreding en vertrapping door mens en dier
- bevorderen van boomgroei rondom het brongebied



Matig mineralenrijke, beekbegeleidende bron

4.11 Gemeenschap van mineralenarme bronvijvers

Processen

Bronvijvers ontstaan doordat water uittreedt op de bodem van een kom die door het afdammen van een brongebied is ontstaan. Vanuit de bronvijver voert een bronbeek het water af. Doordat het opkwellende bronwater zich in een kom verzamelt, wordt het milieu in de bronvijver bepaald door de kenmerken van het grondwater enerzijds (vooral samenstelling en afvoer) en de processen rondom en in de vijver anderzijds.

Het grondwater heeft een matig tot lange verblijftijd in mineralenarme bodemlagen en is bij uittreding kalk- en voedselarm. De mineralenarmoede en de matig tot hoge afvoer bepalen het voedselarme milieu. Productie- en decompositieprocessen verlopen traag. Door het jaar heen is de wisseling in afvoer gering tot matig. De temperatuur is wisselend en volgt, zij het zeer gedempt, de buitentemperatuur.

Ecologische typering

De macrofaunagemeenschap kenmerkt zich door de aanwezigheid van een combinatie van echte bronbewonende (acidofiele) soorten en stilstaand water soorten. Veel macrofaunasoorten leven in het sediment of op vaste substraten (vooral planten). Het betreft vooral carnivore verzwelgers en detriti-herbivore filtreerders en vergaarders. Belangrijke groepen zijn vedermuggen, slijkvliegen en libellen. De bronvijver is helder en begroeid met mossen en macrofyten.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	4 – 14
pH	4.5 – 5.5
EGV µS/cm	< 250
O_2 %	> 70
Hardheid °D	< 5
Fe^{2+} mg/l	< 0.2
Ca^{2+} mg/l	< 30
Na^{+} mg/l	< 10
K^{+} mg/l	< 4
Mg^{2+} mg/l	< 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	0
o-P mgP/l	< 0.007
t-P mgP/l	< 0.015
TOC mg/l	< 2
debiet	matig

Indicatoren

Macrofauna

Anacaena lutescens, Crunoecia irrorata, Dixa maculata, Glyphotaelius pellucides, Notonecta obliqua, Oligostomis reticulata, Pyrrhosoma nymphula

Macrofyten en mossen

Associatie: Callitricho-Potametalia, Scirpetum fluitantis, Callitricho-Myriophylletum alterniflori

Kenmerkende soorten: waterviolier (Hottonia palustris), grof hoornblad (Ceratophyllum demersum)

Doelsoorten

Macrofauna

geen

Beheer en inrichting

Voor deze bronvijvers gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

- voorkomen van beschadiging van de afsluitende dam
- voorkomen van wateronttrekking uit de vijver

structuren

- tegengaan van storten van afval

waterkwaliteit

- beperking van meststoffengift en gebruik bestrijdingsmiddelen in het inzijggebied
- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- stoppen van eventuele directe lozingen

4.12 Gemeenschap van matig mineralenrijke bronvijvers

Processen

Bronvijvers ontstaan doordat water uittreedt op de bodem van een kom die door het afdammen van een brongebied is ontstaan. Vanuit de bronvijver voert een bronbeek het water af. Doordat het opkwellende bronwater zich in een kom verzamelt wordt het milieu in de bronvijver bepaald door de kenmerken van het grondwater enerzijds (vooral samenstelling en afvoer) en de processen rondom de vijver anderzijds.

Het grondwater heeft een matig tot lange verblijftijd in mineralenrijkere bodemlagen en is bij uittreding kalkrijk en matig voedselrijk. De mineralenrijkdom van de bronvijver is afhankelijk van de waterafvoer en van de afbraak van ingevallen blad. Door het jaar heen is de wisseling in afvoer gering tot matig. De temperatuur is wisselend en volgt, zij het zeer gedempt, de buitentemperatuur.

Ecologische typering

De macrofaunagemeenschap kenmerkt zich door de aanwezigheid van een combinatie van echte bronbewonende soorten en stilstaand water soorten. Veel macrofaunasoorten leven in het sediment of op vaste substraten (vooral planten). Het betreft vooral carnivore verzwelgers en detriti-herbivore filtreerders en vergaarders. Belangrijke groepen zijn vedermuggen, slijkvliegen, kokerjuffers, eendagsvliegen en libellen. De bronvijver is helder en begroeid met hogere waterplanten en mossen.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	4 – 14
pH	6.5 – 7.5
EGV µS/cm	> 250
O_2 %	> 70
Hardheid °D	> 5
Fe^{2+} mg/l	< 0.2
Ca^{2+} mg/l	> 30
Na^{+} mg/l	3 – 20
K^{+} mg/l	4 – 30
Mg^{2+} mg/l	> 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	< 0.35
o-P mgP/l	< 0.034
t-P mgP/l	< 0.040
TOC mg/l	< 2
debiet	matig

Indicatoren

Macrofauna

Armiger crista, Beraea maurus, Caenis horaria, Cataclysta lemnata, Dixa maculata, Erpobdella octoculata, Glyphotaelius pellucidus, Limnephilus rhombicus, Polycelis tenuis, Proasellus meridianus, Ptychoptera sp.

Macrofyten en mossen

Associatie: Callitricho-Potametalia, Potametum obtusifolii

Kenmerkende soorten: waterviolier (Hottonia palustris), grof hoornblad (Ceratophyllum demersum)

Doelsoorten

Macrofauna

Ernodus articularis

Beheer en inrichting

Voor deze bronvijvers gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

- voorkomen van beschadiging van de afsluitende dam
- voorkomen van wateronttrekking uit de vijver

structuren

- tegengaan van storten van afval

waterkwaliteit

- beperking van meststoffengift en gebruik bestrijdingsmiddelen in het inzijggebied
- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- stoppen van eventuele directe lozingen



Matig mineralenrijke bronvijver

4.13 Gemeenschap van limnocrene bronnen

Processen

Limnocrenen ontstaan doordat water uittreedt op de bodem van een kom die ontstaan is door het opborrelende water. Het is een natuurlijke ontstaanswijze. Vanuit de kom voert een bronbeek het water af. Doordat het opkwellende bronwater zich in een relatief kleine kom verzamelt wordt het milieu in de bronvijver bepaald door de kenmerken van het grondwater (vooral samenstelling en afvoer).

Het grondwater heeft een matig tot lange verblijftijd in mineralenarme of -rijkere bodemlagen en is bij uittreding arm tot matig rijk aan mineralen. De mineralenrijkdom, de matig tot hoge afvoer en de beperkte afbraak van ingevallen blad bepalen het milieu. Door het jaar heen is de wisseling in afvoer gering tot matig. De temperatuur is wisselend en volgt, zij het gedempt, de buitentemperatuur.

Limnocrene bronnen zijn zeer zeldzaam in Nederland.

Ecologische typering

De macrofaunagemeenschap kenmerkt zich door de aanwezigheid van echte bronbewonende soorten. Veel macrofaunasoorten leven in het sediment of in de waterkolom. Het betreft vooral detritivoren, herbivoren (filtreerders en vergaarders) en carnivore verzwelgers. Belangrijke groepen zijn vedermuggen en platwormen. De limnocrenen zijn helder en begroeiing met hogere waterplanten en mossen is afwezig.

Abiotische toestandsvariabelen

variabele	*range*
T °C	4 – 14
pH	6.5 – 7.5
EGV µS/cm	> 250
O_2 %	> 70
Hardheid °D	> 5
Fe^{2+} mg/l	< 0.2
Ca^{2+} mg/l	> 30
Na^{+} mg/l	3 – 20
K^{+} mg/l	4 – 30
Mg^{2+} mg/l	> 5
Cl^{-} mg/l	< 25
NH_4^{+} mgN/l	< 0.4
NO_3^{-} mgN/l	< 0.35
o-P mgP/l	< 0.034
t-P mg/l	< 0.040
TOC mg/l	< 2
debiet	matig

Indicatoren

Macrofauna

o.a. Glossiphonia complanata, Glyptotendipes sp., voldoende kennis ontbreekt vooralsnog

Macrofyten en mossen

Geen

Doelsoorten

Macrofauna

geen

Beheer en inrichting

Voor deze limnocrenen gelden de volgende beheersmaatregelen:

hydrologie

- voorkomen van wateronttrekking in het inzijggebied en uit het grondwaterpakket
- voorkomen of opheffen van drainage in het inzijggebied
- het dichten van greppels en sloten
- voorkomen van beschadiging van de ondoorlatende lagen
- voorkomen van wateronttrekking

waterkwaliteit

- beperking van meststoffengift en gebruik bestrijdingsmiddelen in het inzijggebied
- tegengaan van directe instroom, oppervlakkige afstroom en ondiepe toevoer van stoffen
- stoppen van eventuele directe lozingen

structuren

- tegengaan van storten van afval
- bevorderen van loofboomgroei rondom het brongebied



Limnocrene bron

5 Bedreigingen en trends

5.1 Inleiding

Bronnen zijn afhankelijk van de kwaliteit van het infiltratiegebied en de directe omgeving. Het gebruik van deze gronden bepaalt in sterke mate de toestand van de bron. Bronnen worden daarom ook de graadmeters van de kwaliteit van het grondwater cq. het gebruik van het inzijggebied genoemd. Het intensieve grondgebruik in Nederland heeft veel van de bronnen doen verslechteren danwel doen verdwijnen. Het kleine oppervlak maakt bronnen nog kwetsbaarder.

5.2 Waterkwantiteit

Watergebruik, waterwinning, bodemverharding en -verdichting en drainage in inzijg-, toe- en afvoergebied kunnen de afvoer van de bron en daarmee het functioneren sterk beïnvloeden en leiden tot sterkere wisselingen in afvoer en zelfs tot verdroging. Veel inzijggebieden zijn vandaag de dag gedraineerd en in veel van de grondwaterpakketten vindt drinkwaterwinning plaats. Ook benedenstroomse vergraving, normalisatie of anderszins versnelde wateraf-voer hebben een negatief effect op de hydrologie van een bron.

5.3 Vervuiling van het grondwater

Veel menselijke activiteiten in het inzijggebied leiden tot verhoging van stofconcentraties in het grondwater. Uiteindelijk komen deze stoffen weer tevoorschijn in de bron en leiden daar tot verarming van de levensgemeenschappen. Voorbeelden van bronnen van belastende stoffen voor het grondwater zijn vuilstorten, bemesting en gebruik van bestrijdingsmiddelen op landbouwgronden, lekkende rioleringen en septic tanks en gladheidsbestrijdingsmiddelen.
Eén van de meest belastende stoffen is nitraat, hetgeen leidt tot een eutrofiëringsprobleem. De nitraatconcentratie overschrijdt in de meeste bronnen de drinkwaternorm terwijl tot voor kort uit bronnen nog plaatselijk drinkwater werd gewonnen. De fosfaatconcentraties zijn soms minder hoog, omdat fosfaat aan bodemdeeltjes wordt gebonden. Toch is de opslagcapaciteit voor fosfaat in meer dan de helft van de inzijggebeiden van bronnen reeds verbruikt. Daarnaast leidt bemesting (afstroming) ook tot een duidelijke toename in fosfaat-, stikstof- en kaliumconcentraties in bronnen.
Lokaal zijn ook hoge concentraties aan zware metalen en sulfaat aanwezig als gevolg van mijnsteenstorten (in Zuid Limburg) en industriële activiteiten.

5.4 Oppervlakkige afstroming

Gelegen op en langs hellingen ontvangen bronnen veel afstromend regenwater. Grondgebruik in het inzijggebied en de directe omgeving kan leiden tot voedselverrijking (eutrofiëring en secundaire saprobiëring (=toename van de hoeveelheid organisch materiaal in het brongebied als gevolg van een toename in primaire productie) en toxische belasting door oppervlakkige afstroming en via toestromend belast grondwater. Ook de toestroom van slibdeeltjes met aangehechte belastende stoffen beïnvloedt het bronsysteem.

5.5 Atmosferische depositie

Atmosferische depositie en landbouwkundige activiteit in het stroomgebied kunnen aanleiding geven tot verzuring (Van Dam et al. 1993) en microverontreiniging (vergiftiging). Vooral bronnen die gevoed worden met ondiep grondwater zijn sterk afhankelijk van de kwaliteit van het regenwater. Vooral het stikstof- en sulfaatgehalte zijn als gevolg van atmosferische depositie toegenomen.

5.6 Fysische verstoring

Bronnen beslaan vaak kleine oppervlakken in het landschap. Het kleine oppervlak maakt brongebieden kwetsbaar voor fysische verstoring zoals vertrapping door mens en vee, vuilstort, zwerfvuil, vergraving en dergelijke. In het verleden werden vaak glasscherven in brongebieden gestort. Het verdient aanbeveling campings en andere vormen van recreatie te weren uit de directe omgeving van deze kwetsbare landschapselementen.
Eutrofiëring en daarmee secundaire saprobiëring en toegenomen bladinval/-waai kan tot problemen in bronnen leiden.
Het beheer van een brongebied heeft eveneens grote invloed op de levensgemeenschap (kap- en/of maaibeheer). Verdonschot & Schot (1986) geven een uitvoerige opsomming van de mogelijke bedreigingen en de daarmee samenhangende macrofaunagemeenschappen.

5.7 Trends

Bronnen zijn gelegen op de hellingen van stuwwallen en terrassen. Daarom zijn bronnen lange tijd min of meer van nature beschermd geweest. De laatste dertig jaar is dit echter drastisch veranderd. Sinds de akkerbouw (vooral maisteelt) zijn intrede heeft gedaan in Pleistoceen Nederland is de toevoer van meststoffen naar brongebieden sterk toegenomen. De brongebieden die gevoed worden vanuit ondiepe grondwaterpakketten (bronnen met matige tot lage afvoer) zijn het sterkst achteruit gegaan. Brongebieden gevoed vanuit diepe pakketten (bronnen met hoge tot matige afvoer) zijn vooralsnog

minder beïnvloed omdat de verblijftijd (de weg) van het belaste water veel langer is. De toename in voedingstoffen heeft geleid tot een toename van de productie van organisch materiaal in veel brongebieden. Dit heeft geleid tot dikke organische pakketten en het 'dichtslibben' van bronnen. Typische bronplanten zoals paarbladig goudveil en bittere veldkers zijn vaak vervangen door grote brandnetel, kleefkruid en andere ruigtesoorten. Toch is de atlasblokfrequentie van de kentaxa niet noemenswaardig verminderd. Dit komt omdat het vaak soorten betreft die ook in andere, minder zeldzame begroeiingstypen voorkomen, maar ook omdat de soorten nog niet geheel zijn verdwenen maar wel sterk achteruit zijn gegaan op hun bijzondere standplaatsen (Schaminee et al. 1995).

Daarnaast is de invloed van benedenstroomse drainage en normalisatie van afvoerende beken van grote invloed geweest op de vermindering van de afvoercapaciteit van bronnen. Ook deze beïnvloeding is van de laatste decennia en heeft geleid tot het droogvallen van veel bronnen met een lagere afvoer. Kenmerkende bronsoorten zoals de platworm Crenobia alpina, de vlokreeft Gammarus fossarum en de kokerjuffer Agapetus fuscipes zijn hierdoor achteruitgegaan en op veel plaatsen volledig verdwenen. Dit geldt overigens ook voor de toegenomen drainage boven op de hellingen, stuwwallen en terrassen.

Veel bronnen zijn, zeker na het verliezen van hun eventuele economische waarde, gewijzigd. Veel bronnen zijn dichtgestort of omgezet in vijvers waardoor veel natuurwaarden verloren gingen.

De beekbegeleidende bronnen zijn al eerder aangetast. Vooral door de normalisatie van beken in de jaren dertig en zestig zijn veel van deze systemen volledig verdwenen of sterk verdroogd.



Drainage in rheocrene bron

6 Herstelmogelijkheden

Dit hoofdstuk geeft een meer algemene toelichting op de paragrafen beheer en inrichting van alle typen.

Hydrologie

Aangezien de hydrologie van een brongebied de meest bepalende factor is voor het bronecosysteem, brengen wijzigingen hierin ook de grootste biologische veranderingen teweeg. Ecologisch beleid van bronnen richt zich op het behouden dan wel herstellen van het proces van geconcentreerd uittreden van grondwater van een natuurlijke samenstelling. Het betekent ook dat voor het beleid niet alleen het brongebied zelf, maar het hele infiltratie/stroomgebied in de planvorming moet worden betrokken. Bronnen zijn de graadmeters van de kwaliteit en de kwantiteit van het grondwater in het inzijggebied.

Oorzaakgerichte maatregelen richten zich op het in stand houden of vergroten van de hoeveelheid en de samenstelling van het aangevoerde grondwater. Vaak zijn hiervoor maatregelen in het inzijggebied noodzakelijk en soms zijn additionele beleidsmaatregelen benedenstrooms van de bron aan de orde.
Waterconserverende maatregelen zijn: verminderen van drainage, het dichten (van een deel van) de greppels/sloten in het brongebied, het niet reguleren dan wel dereguleren van de bovenloop van de beek vlak na het brongebied, het niet beschadigen dan wel herstellen van de onderliggende minder doorlatende laag, het niet winnen/onttrekken van grondwater en het omvormen van bos (van naald- naar loofbos ter vermindering van de netto verdamping).

Waterkwaliteit

Eutrofiëring speelt in Nederland een belangrijke rol. De toevoer van voedingsstoffen leidt naast de wijziging van de chemische samenstelling van het bronwater zelf onder andere ook tot een verhoogde primaire produktie en daardoor tot een grotere produktie van organisch materiaal in het brongebied. Hierdoor "verslibt" het brongebied. Beheersmaatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit zijn onder andere het verminderen van (over-)bemesting in het infiltratiegebied, het tegengaan van directe instroom (oppervlakkige of ondiepe afstroom) van voedselrijk water, en het stoppen van directe huishoudelijke lozingen. Hetzelfde geldt voor de toevoer van bestrijdingsmiddelen vanaf landbouwgronden.
Daarnaast kan de kwaliteit van de bron beïnvloed worden door het vrijkomen van stoffen uit gestort afval.

Structuren

Een brongebied met een mozaïek aan drogere en natte detrituspakketten, zandige en grindige beekjes, lage kruidige vegetaties en dergelijke is zeer

gevoelig voor fysische verstoring. Bij fysische verstoring vindt verdichting van de bodem, vertrapping van de mozaïeken en ophoping van organisch materiaal plaats, waardoor het gehele milieu een moerassig karakter krijgt. Om dit kleinschalige gevarieerde ruimtelijke patroon te behouden kunnen beheersmaatregelen worden genomen zoals het tegengaan van betreding, vertrapping en het storten van vast afval, het achterwege laten van machinaal onderhoud, het schonen in handkracht en het bevorderen van de ontwikkeling van boomgroei typisch voor brongebieden. Recreatie is in brongebieden ontoelaatbaar.

Herstel en inrichting

- Een aantal bronlocaties vermeld in historische bronnen is reeds verdwenen of sterk verstoord (droogvalling, vergraving). Het is aan te bevelen in de toekomst in het kader van herstel nadere aandacht aan deze locaties te besteden om te kunnen bepalen hoe herstel plaats kan vinden en of herstel kans van slagen heeft. Dit vraagt om een locatiespecifieke en brongerichte aanpak.
- Het verdient aanbeveling om aan bronnen en bronloopjes de natuurfunctie toe te kennen en ze op de legger te plaatsen, indien daarmee locatiespecifieke maatregelen versneld kunnen worden uitgevoerd.
- Hydrologische maatregelen zoals het dichten van waterafvoerende greppels en sloten in brongebieden en op bronflanken verdienen directe uitvoering.
- Brongebieden in particulier eigendom zouden kunnen worden aangekocht.
- Het verdient aanbeveling de voorlopige ecologische brontypologie nader te onderbouwen door gebiedsgedifferentieerd onderzoek alsmede om streefbeelden per regio op te stellen. Dit geeft een verfijnd instrumentarium (methoden voor beoordeling, monitoring en evaluatie) en richting aan gebiedsgericht beleid en beheer.
- Veel bronlocaties zijn in handen van natuurbeschermingsorganisaties en Staatsbosbeheer. Overleg tussen de waterbeheerders en deze instanties is op korte termijn nodig om te komen tot doelgerichte bescherming en herstel.



Vetblad (Pinguicula vulgaris)

7 Literatuur

Bal D., Beije H.M., Hoogeveen Y.R., Jansen S.R.J. & Van der Reest P.J. 1995. Handboek voor Natuuurdoeltypen in Nederland. IKC-Natuurbeheer nr. 11, Wageningen. Min. van LNV, Wageningen. 408 p.

Bornhauser K. 1912. Die Tierwelt der Bäche und Quellen in der Umgebung Basels. Int. Rev. ges. Hydrobiol., Suppl. 5: 1-90.

Breeuwsma A., Reijerink J.G.A. & Schoumans O.F. 1990. Fosfaatverzadigde gronden in het oostelijk, centraal en zuidelijk zandgebied. Rapport 68 Staringcentrum, Wageningen.

Brehm J. & Meijering M.P.D. 1982. Fliessgewässerkunde. Biologisch Arbeitsbücher 36. Heidelberg.

Claessens E. 1978. Makrofauna-onderzoek in Zuidveluwse beken: de Duno, de Seelbeek en de Hoge Oorsprong. LH/NB nr. 448.

Cuppen H.P.J.J. & Moller-Pillot H.K.M. 1978. Een oriënterend onderzoek naar de bronnen en bronbeken in Mergelland. Werkrapport Mergelland.

Cuppen, H.P.J.J., 1978. De Roerstreek. Een oriënterend hydrobiologisch onderzoek naar de macrofauna in het Roerdal en omgeving. RIN rapport.

De Boer J. 1983. Bronnen en beken in het boven-Geuldal. Landbouwhogeschool Wageningen, LH/NB nr. 668, 35 p.

De Lange L. & de Ruiter M.A. 1977. Biologische waterbeoordeling. Methoden voor het beoordelen van Nederlands oppervlaktewater op biologische grondslag. Werkgroep Biologische Waterbeoordeling. Inst. Voor Milieuhygiene en Gezondheidstechniek TNO. 251 p.

Driver E.A. 1977. Chironomid communities in small prairie ponds: some characteristics and controls. Freshwater Biology 7: 121-133.

Eysink A.Th.W., Horsthuis M.A.P. & Abbink-Meijerink C.G. 1999. Terug naar de bron – plantensoorten als indicator voor herstelbeheer van bronnen in Oost-Nederland. Stratiotes 19: 103-128.

Geraedts W.H.J.M. 1980. Makrofaunaonderzoek van bronnen en beken in Swalmen. Kwaliteit, typologie van bronnen, bedreigingen en beheer. LH/NB nr. 529.

Hendrix W.P.A.M. 1982. De Kingbeek uit een oogpunt van natuurbeheer. LH/NB nr. 603.

Hendrix W.P.A.M. 1990. Bronnen in Zuid-Limburg. Publ. Natuurhist. Gen. Limburg XXXVIII/1: 14-26.

Higler L.W.G. 1993. The riparian community of north-west European lowland streams. Freshwater Biology 29: 229-241.

IAWM 1985. Beschrijving van de interprovinciale inventarisatie-eenheden (IPI's) voor floristisch-vegetatiekundig- en hydrobiologisch onderzoek. interprovinciale Ambtelijke Werkgroep Milieu-inventarisatie. April 1985.

Jongmans W.J., Krul W.F.J.M. & Vos J.J.H. 1941. Waterwinning in Zuid-Limburg N.V. Waterleidingmij. Voor Z-Limburg, Maastricht.

Maas F.M. 1959. Bronnen, bronbeken en bronbossen van Nederland, in het bijzonder die van de Veluwezoom.

Odum E.P. 1971. Fundamentals of Ecology. Saunders Comp. , Philadelphia. 574 p.

Olsen S. 1950. Aquatic plants and hydrospheric factors. Svensk. Bot. Tidskr. 44: 1-34.

Redeke H.C. 1948. Hydrobiologie van Nederland. De zoete wateren. Backhuys en Meesters, Amsterdam, 579 p.

Schaminée J.H.J., Weeda E.J. & Westhoff V. 1995. De vegetatie van Nederland. Deel 2; plantengemeenschappen van wateren, moerassen, natte heiden. Leiden, 360 p.

Siebum M.B. & Schaminée J.H.J. 1991. Plantengemeenschappen van Nederland. 8. Montio-Cardaminetea. RIN rapp. 91/24.

Steinmann P. 1913. Die Tierwelt der Gebirgsbäche. Ein faunistisch-biologische Studie. Annls. Biol. lacustre 2: 30-150.

Stiny J. 1933. Die Quellen. Wien

Stuyfzand P.J. 1986. Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen met Nederlandse voorbeelden van toepassing. H2O (19) 23: 562-568.

Thiennemann 1922. Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen (I-IV). Arch. f. Hydrobiol. XIV: 151-190.

Tolkamp H.H. 1983. Beken in Zuid-Limburg. Natura 80: 102-108

Torenbeek R., Verdonschot P.F.M. & Higler L.W.G. 1987. Biologische effecten van vergroting van waterinlaat in Drenthe. RIN, Leersum, rapp. 87/20: 1-76.

Van Dael G. 1982. Niet bij makrofauna alleen. Onderzoek van de makrofauna in bronnen en beken van het Mechelderbeekdal. LH/NB nr. 634.

Van Dam H., Mertens A. & Janmaat L.M. 1993. De invloed van atmosferische depositie op diatomeeën en chemische samenstelling van het water in sprengen, beken en bronnen. IBN-rapp. 052.

Van der Ploeg M.P.M. & Upperman C.W. 1982. Bronnen in Vaals, macrofaunaonderzoek. Landbouwhogeschool, Wageningen, LH/NB nr. 643, 67 p.

Van Wirdum G. 1991. Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam. 310 p.

Verweij G.C.G. 1981. Hydrobiologisch onderzoek aan bronnen en bronbeken in het stuwwallengebied ten Z.O. van Nijmegen. Macrofauna inventarisatie, chemische bemonstering, bedreigingen en beheersadviezen. LH/NB nr. 593.

Verdonschot P.F.M. & Schot J.A. 1986. Macrofaunal community types in helocrene springs. Ann. Rep. Res. Inst. Nature Management, Leersum 1986: 85-103.

Verdonschot 1990a. Ecological characterization of surface waters in the province of Overijssel (The Netherlands). Proefschrift, Wageningen. 255 p.

Verdonschot, P.F.M. 1990b. Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel. Het netwerk van cenotypen als instrument voor ecologisch beheer, inrichting en beoordeling van oppervlaktewateren. Provincie Overijssel, Zwolle. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. 301 pp.

Verdonschot, P.F.M., Schot, J.A. & Scheffers, M.R. (1993): Potentiële ecologische ontwikkelingen in het aquatisch deel van het Dinkelsysteem. IBN rapp. 004: 1-128.

Verdonschot, P.F.M., Schot J.A. & Mosterdijk H. 1996. Bronnen in Noord- en Midden-Limburg; ligging en globale karakterisering. 234 p.

Verweij G.C.G. 1981. Hydrobiologisch onderzoek aan bronnen en bronbeken in het stuwwallengebied ten zuid-oosten van Nijmegen. Landbouwhogeschool Wageningen, LH/NB nr. 593, 51 p.

Vos M. & Van den Houdt J. 1981. Hydrobiologies onderzoek van het bronbos Leucker en de beek de Swalm. LH/NB nr. 573.

Waajen G.W.A.M. 1981. Brongebieden in Midden- en Zuid-Limburg; een oriënterend onderzoek. LH/NB nr. 566.

Westhoff V. & Den Held A.J. 1969. Plantengemeenschappen in Nederland.

Bijlage 1: Begeleidingscommissie Aquatisch Supplement

L. van den Aarsen/ J. van Bodegraven	Ministerie LNV, Directie Natuurbeheer
C. Roos/ M.Schreijer	Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier
M. van der Vlies	Waterschap de Maaskant
H. Boeijen	Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden
H. de Haan	Provincie Fryslân, Afdeling Milieu en Water
B. van der Wal	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA)
W. Ligtvoet	RIVM
P. Verdonschot	Alterra, Afdeling Ecologie en Milieu
R. Nijboer	Alterra, Afdeling Ecologie en Milieu
D. van der Molen	RIZA
D. Bal	Expertisecentrum LNV
C. Bisseling	Expertisecentrum LNV (voorzitter)
M. Fellinger	Expertisecentrum LNV (secretaris)

Bijlage 2: Deelnemers expert-workshop bronnen

P. Verdonschot	Alterra, Afdeling Ecologie en Milieu
H. Tolkamp	Zuiveringschap Limburg
M. Fransen/H. Kierkels	Zuiveringsschap Rivierenland
F. Eijsink	Staatsbosbeheer
M. Jalink	KIWA Onderzoek en Advies
J. Gardeniers	Landbouwuniversiteit Wageningen, vakgroep Waterkwaliteitsbeheer en Aquatische Oecologie
M. Koopmans	Waterschap Veluwe
A. Grootjans	Rijksuniversiteit Groningen, laboratorium voor Plantenoecologie
E. Weeda	Alterra, Afdeling Ecologie en Milieu
M. Fellinger	Expertisecentrum LNV (voorzitter)





landbouw, natuurbeheer
en visserij

Wageningen 2001