

Ecologische aspecten van de Veluwe-infiltratie*

1. De ecologische betekenis van het Veluwemassief en de randgebieden

Het 'Veluwemassief' is het grootste aaneengesloten gebied in Nederland dat voor een groot deel uit bijzonder tot uiterst waardevolle natuurelementen bestaat. Het bevat bijna een kwart van de Nederlandse bos- en natuurgebieden.

De oorzaken van deze grote rijkdom zijn de uitgestrektheid, de extreme voedselarmoede en de hoge ligging. Het Veluwemassief is het grootste nog resterende voedselarme gebied in Nederland; de overige nog



H. VAN DAM

Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, 's-Gravenhage, gedetacheerd bij het Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum

M. ZWIJNENBURG-DE RIJKE

Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, 's-Gravenhage, gedetacheerd bij het Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum

voedselarme gebieden zijn sterk versnipperd en te zamen ongeveer even groot als het Veluwemassief. De hogere delen van de Veluwe zijn schaars bevolkt en er vindt relatief weinig landbouw en bemesting plaats. Omstreeks 1900 waren bijna alle Pleistocene gronden en grote delen van West-Nederland nog voedselarm, maar door de intensivering van de landbouw zijn de natuurwaarden, die afhankelijk zijn van deze voedselarmoede, elders grotendeels verdwenen.

Oorspronkelijk was de Veluwe met loofbos begroeid. Na de vestiging van de mens verdween dit bos over grote oppervlakten en maakte plaats voor heide. Relatief kleine stukken bos werden gespaard om in de behoefte aan timmer- en brandhout te kunnen voorzien (malebossen). Een deel van de heidebegroeiing werd door schapen afgegraasd en in de vorm van mest gedeponeerd in de potstallen van de bevolking, die voornamelijk langs de Veluwerand woonde. De mest werd, vermengd met heiplaggen, gebruikt om de essen, die van nature al iets voedselrijker waren dan het merendeel, te bemesten. Op deze manier werden door menselijke activiteit aan het Veluwemassief mineralen onttrokken, waardoor het nog voedselarmer werd dan het al was. Bij het te intensief steken van plaggen ontstonden zandverstuivingen.

Op plaatsen waar de neerslag door de aanwezigheid van slecht- of ondoorlatende lagen niet in de bodem kon wegzakken

ontstonden vennen (flessen). In de tweede helft van de 19e eeuw, maar vooral in de 20e eeuw verloor de heide door opkomst van de kunstmest zijn functie in het agrarische bedrijf en werden grote delen ervan bebost, voornamelijk met naaldhout. Ook de zandverstuivingen werden door bebossing grotendeels aan banden gelegd. De nog overgebleven heiden en zandverstuivingen zijn ook in internationaal opzicht van zeer grote betekenis. Nederland ligt nabij het centrum van het heide-areaal, dat zich tot het atlantische en subatlantische deel van de noordwesteuropese laagvlakte beperkt. De Nederlandse heidetypen verschillen soms aanzienlijk van die in andere landen. De oorspronkelijke loofbossen en de later aangeplante bossen zijn zeer uitgestrekt. Vanwege de betrekkelijke rust zijn deze, vooral in het Kroondomein, van groot belang voor de fauna. Roofvogels, boomkruipers, wilde zwijnen en herten kunnen zich nog handhaven, hoewel de versnippering en verstoring (wegaanleg, recreatie) vooral in de laatste jaren sterk toeneemt. Het grondwater onder het massief is zeer voedselarm; het heeft bijna dezelfde samenstelling als het infiltrerende regenwater.

Het grondwater kwelt op in de randgebieden en een deel ervan verlaat het massief door beekjes. De beekbezinkingsgronden zijn voedselrijker (leem, zand, veen) dan de iets hoger gelegen zandige ruggen. In komen waar water stagneert, heeft zich veen gevormd. Door dit gedifferentieerde milieu is in de randgebieden een zeer afwisselende vegetatie ontstaan, in tegenstelling tot de toestand op het massief, waar grote eenvormige complexen van een gering aantal vegetatietypen overheersen.

Door de hoge ligging van het massief ten opzichte van de randgebieden is er een voortdurende stroom van voedselarm grondwater uit het massief naar de randgebieden, waar zich voedselrijk grondwater bevindt. Ook in de randgebieden zijn de hoogste plaatsen voedselarmer dan de laagste plaatsen. De infiltrerende neerslag spoelt de weinige nutriënten uit de hoge gebieden naar de lage gebieden. De oorspronkelijke tegenstelling voedselarm massief - voedselrijk randgebied is door de hydrologische kringloop niet alleen gehandhaafd, maar zelfs vergroot, waardoor een stabiele overgangssituatie (gradiënt) is ontstaan.

Systemen in noordwest-Europa met gradiëntsituaties, vergelijkbaar met de Veluwe, zijn o.a. het Kempisch Plateau, de Utrechtse Heuvelrug, het Gooi en de Lüneburger Heide. Het Kempisch Plateau is het grootste voedselarme zandgebied dat voor Nederland van belang was, het had ook de grootste en best ontwikkelde gradiëntzone.

* R.I.N.-mededeling 136.

Gebieden met veel gradiënten zijn van oorsprong rijk aan zeldzame plantesoorten, zoals de noordelijke flank van het Kempisch Plateau (vooral het gebied tussen Eindhoven en Weert) en de Gelderse Vallei. Voedselarme gebieden en gradiëntgebieden zijn bijzonder gevoelig voor cultuurtechnische maatregelen als ontwatering en bemesting. Daardoor zijn vooral de Brabantse gradiëntgebieden zeer sterk in waarde verminderd. Hoewel ook het noordelijk deel van de Gelderse Vallei reeds in waarde is verminderd, is dit gebied nog steeds van grote betekenis. Vanuit dit oopunt zijn ook het zuidelijk deel van de IJsselvallei (hier lag het legendarische Beekberger Woud, geveld in 1870-1871) en het Wisselse Veen bij Epe (nagenoeg geheel ontgonnen) van belang.

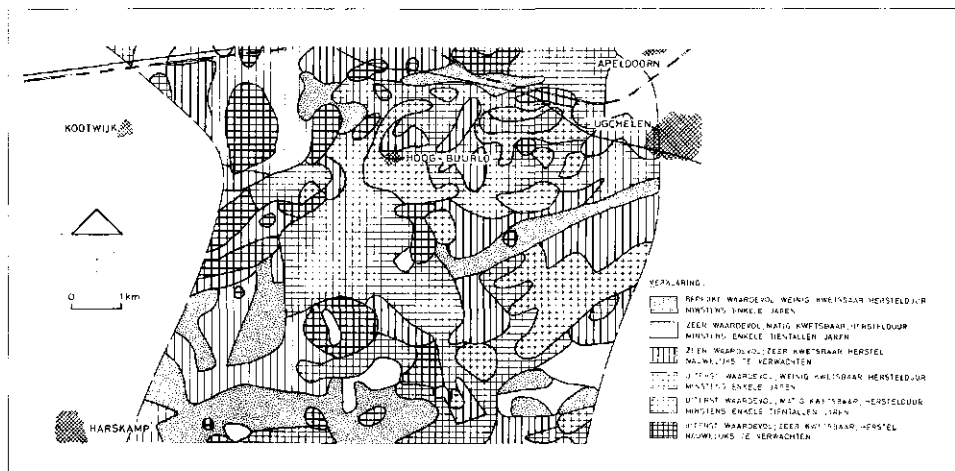
2. Aanleg en exploitatie

2.1. De aanleg en exploitatie van pijpleidingen, bouwwerken, wegen, infiltratievijvers e.d. in verband met de vegetatie van het Veluwemassief

Doel van het onderzoek was, de natuurwaarde en de kwetsbaarheid van de vegetatie van het gebied, waar infiltratie geohydrologisch mogelijk geacht wordt op een kaart met schaal 1 : 50 000 aan te geven. De natuurwaarde is voornamelijk gebaseerd op de zeldzaamheid van de vegetatie, de kwetsbaarheid op het vermogen tot herstel daarvan. Er zijn verschillende manieren, waarop een vegetatie 'gekwetst' kan worden, zoals bemesting, betreding enz. In het onderhavige geval gaat het om de kwetsbaarheid voor graafwerkzaamheden. De aanleg van de infiltratiewerken heeft met betrekking tot de vegetatie twee geheel verschillende aspecten:

1. Het leggen van pijpleidingen, waarvoor drie meter diepe sleuven gegraven moeten worden, waarbij bodem en vegetatie worden vernield. Later, als de sleuf weer geëgaliseerd is, zal de vegetatie zich in meerdere of mindere mate herstellen. Hier gaat het dus om de kwetsbaarheid van de vegetatie voor graafwerkzaamheden. Kwetsbare vegetaties herstellen zich niet of moeilijk; daarom zijn leidingen hier het minst gewenst, vooral als deze vegetaties bovendien een hoge natuurwaarde hebben. In bepaalde gevallen is het misschien mogelijk de leidingen zodanig te leggen, b.v. onder zandwegen of brede paden dat bodem en vegetatie niet of nauwelijks worden geschaad.

2. De aanleg van infiltratievijvers, bouwwerken e.d., waarvoor de vegetatie zal moeten verdwijnen en nooit meer terug kan keren. In dit geval gaat het om de natuur-



Afb. 1 - Fragment van de kaart met natuurwaarde en kwetsbaarheid van de vegetatie voor graafwerkzaamheden op het Veluwemassief.

waarde van de vegetatie. Als deze groot is, is het verdwijnen van de vegetatie en dus het aanleggen van vijvers, bouwwerken e.d. ongewenst.

Om genoemde kaart te kunnen vervaardigen, zijn voor de Veluwe acht begroeiingstypen onderscheiden. Aangezien voor uitvoerig veldwerk de tijd ontbrak, is gebruik gemaakt van reeds bestaande karteringen. Waar nodig zijn deze in het veld gecontroleerd. Vervolgens is een schema opgesteld, waarin de natuurwaarde en kwetsbaarheid per begroeiingstype in een relatieve driedelige schaal zijn aangegeven (tabel I). Deze cijfers geven slechts een rangorde aan en geen absolute waarde. Het vervaardigen van dit schema is zeer moeilijk, omdat objectieve criteria voor het bepalen van de natuurwaarde en kwetsbaarheid merendeels ontbreken. Het is tenslotte tot stand gekomen aan de hand van

literatuurstudies en overleg met collegaebotanici.

De waarderings- en kwetsbaarheidskaart (afb. 1) is samengesteld met behulp van dit schema en bovengenoemde begroeiingstypenkaart. Om schijnnaauwkeurigheid te voorkomen, zijn de contouren zoveel mogelijk vereenvoudigd. Uiteraard moet deze kaart zeer voorzichtig gehanteerd worden. Natuurwaarde en kwetsbaarheid zijn aangegeven per begroeiingstype; met lokale verschillen binnen één type is geen rekening gehouden, daar dit in verband met de tijd onmogelijk was. De droge heide (afb. 2) b.v. kan op de ene plaats veel waardevoller en/of kwetsbaarder zijn dan op de andere, wegens het voorkomen van bepaalde zeldzame soorten of omdat we met een kwetsbaarder bodemtype te doen hebben. Van deze kaart kan slechts globaal afgelezen worden, waar de aanleg van de werken, relatief gezien, voor de vegetatie het minst

TABEL I - Natuurwaarde en kwetsbaarheid van vegetatie in driedelige schaal; 3 geeft de hoogste waarde en kwetsbaarheid aan, 1 de laagste.

	natuurwaarde, met betrekking tot de aanleg van vijvers, bouwwerken e.d.	kwetsbaarheid voor graafwerkzaamheden, met betrekking tot de aanleg van leidingen
oud voedselarm loofbos van voor 1850	3	3
oud naaldbos, aangelegd voor 1910	2	2
jong naaldbos, aangelegd na 1910	1	1
stuifzandbebossing	2	3
droge heide	3	2
natte en vochtige heide en vennen	3	3
actief stuifzand *	3	1
stuifzand met korstmossenvegetatie *	3	2

Natuurwaarde:

1 = beperkt waardevol; 2 = zeer waardevol; 3 = uiterst waardevol.

Kwetsbaarheid:

1 = weinig kwetsbaar; herstelduur minstens enkele jaren;
2 = matig kwetsbaar; herstelduur minstens enkele tientallen jaren;
3 = zeer kwetsbaar; herstel nauwelijks te verwachten.

* Actief stuifzand betekent, dat het zand regelmatig in beweging is en de begroeiing schaars is. Als het zand tot rust komt, raakt het begroeid met korstmossen.

of het meest schadelijk zal zijn.

Indien het infiltratieproject doorgaat en de lokatie ervan min of meer vaststaat, zal ter plaatse detailonderzoek verricht moeten worden. Aan de hand daarvan moet het uiteindelijke tracé van de pijpleiding, de ligging van de vijver enz. worden bepaald.

Er wordt uitdrukkelijk voor gewaarschuwd, dat deze waarderings- en kwetsbaarheidskaart vervaardigd is ten behoeve van het infiltratieproject en niet voor andere doeleinden, zoals wegeaanleg, recreatievoorzieningen e.d.

In dit hoofdstuk is alleen sprake geweest van de aanleg der werken. De exploitatie zal in het algemeen weinig invloed hebben op de vegetatie van het Veluwemassief.

2.2. De aanleg en exploitatie van de infiltratiewerken in verband met de fauna van het Veluwemassief

Het is zeer moeilijk gebleken om vast te stellen welke diersoorten eventueel nadelige gevolgen zullen ondervinden van rustverstoring bij de aanleg en exploitatie van de infiltratiewerken.

In de eerste plaats is rustverstoring een relatief begrip. De meeste dieren zijn veel minder gevoelig voor geluidshinder en bewegingen die regelmatig plaatsvinden, dan voor plotselinge, onverwachte verstoringen in die zin. Zij raken aan eerstgenoemde verstoring gewend. Zo zullen zij zich op den duur betrekkelijk weinig aantrekken van b.v. een snelweg. Aan — al of niet regelmatig — rondlopende mensen wennen de diersoorten echter niet of moeilijker.

In de tweede plaats is het moeilijk te voorspellen wat bovengenoemde nadelige gevolgen in concreto zullen zijn. Hierover is zeer weinig bekend. Bepaalde dieren kunnen worden verdreven van hun nest of uit hun habitat (woongebied van een organisme). Vooral voor zeldzame soorten die een groot territorium hebben of hoge eisen aan hun habitat stellen, kan dit nadelig zijn. De niet zeldzame soorten komen in dergelijke aantallen voor, dat de populatie zich na de verstoring wel weer zal herstellen.

Het gaat nu om de vraag, of deze zeldzame dieren later, na de verontrusting, naar hun nest of hun eventueel versnipperde territorium of vernielde habitat zullen terugkeren en zo niet, of zij elders een geschikt substituuut zullen vinden. Hierover valt niets met zekerheid te zeggen. Indien het antwoord negatief zou zijn, kan dit plaatselijk achteruitgang of verdwijnen van de betreffende soort betekenen.

De aanleg van infiltratiewerken zal een plotselinge, hevige, zij het tijdelijke bron van onrust zijn. Tijdens de exploitatie zullen bij



Afb. 2 - Droge heide (*Genista pilosae-Callunetum*); met berkenopslag; foto R.I.N.

de infiltratievijvers, putten e.d. regelmatig mensen moeten komen voor controle- en schoonmaakwerkzaamheden. Deze kunnen voor de fauna een blijvende verontrusting bron zijn. Aan de hand van literatuurstudies en besprekingen met ornithologen en zoölogen, met name van het R.I.N., is een lijst opgesteld van diersoorten op de Veluwe die in Nederland zeer zeldzaam, zeldzaam of vrij zeldzaam zijn en die eventueel schade zullen ondervinden van deze aanleg- en exploitatiewerkzaamheden. Deze soorten zijn: boommarter, havik, buizerd, wespensdief, sperwer, boomvalk, korhoen, wulp, houtsnip, boomleeuwerik, nachtzwaluw, duinpieper en zwarte specht.

Het bleek niet mogelijk, de broed-, voedsel- of rustgebieden van deze soorten op een kaart aan te geven, omdat de gegevens hiervoor (nog) te summier zijn. Tevens was het onmogelijk de kwetsbaarheid voor rustverstoring per soort in cijfers uit te drukken, zoals bij de vegetatietypen met de kwetsbaarheid voor graafwerkzaamheden is gedaan. Er is nog onvoldoende bekend over de reacties van dieren op een dergelijke verstoring, waarbij overigens grote verschillen tussen individuen van één soort worden opgemerkt. Om deze redenen moet volstaan worden met een zo nauwkeurig mogelijke beschrijving van de habitat van de zeldzame soorten, zodat bekend is waar zij aangetroffen kunnen worden en welke eisen zij stellen aan hun leefgebied.

Versnippering van grote, aaneengesloten gebieden moet zoveel mogelijk vermeden worden. De aanleg van infiltratiewerken zal voor de fauna het minst schadelijk zijn in gebieden waar reeds relatief veel menselijke activiteiten zijn (recreatie e.d.). Een dergelijke lokatie zal in de praktijk moeilijk zijn te realiseren, daar calamiteiten, die een gevolg zijn van menselijke activiteiten, de kwaliteit van het drinkwater bedreigen. Bij

versturende activiteiten moet de grootste voorzichtigheid in acht genomen worden, in het bijzonder als er onzekerheid bestaat omtrent de gevolgen van deze activiteiten. Over habitateisen van veel soorten kunnen wel algemene uitspraken gedaan worden, maar over details is soms onvoldoende bekend; nader onderzoek is hier gewenst. Ook voor de fauna geldt, dat detailonderzoek plaats zal moeten vinden, indien het infiltratieproject doorgaat. Men zal b.v. ver uit de buurt moeten blijven van nesten van bovengenoemde zeldzame vogels. Van roofvogels is bekend, dat zij sterk plaatsgebonden zijn. Verstoring maakt reproductie voor de betrokken dieren onmogelijk, omdat zij niet elders opnieuw gaan broeden.

2.3. De aanleg van pijpleidingen en inlaatwerken in verband met de vegetatie van de IJsselvallei en de Gelderse Vallei

IJsselvallei en Gelderse Vallei bestaan voor een groot deel uit agrarisch gebied. De aanleg van pijpleidingen zal daar uit natuurwetenschappelijk oogpunt niet erg schadelijk zijn, mits kleinschalige gebieden met veel heggen, houtwallen e.d. vermeden worden. Deze kleinschalige gebieden hebben een grote vogelrijkdom. De roofvogels zijn zeldzaam en uiterst gevoelig voor verstoring. Verspreid in dit agrarisch gebied liggen natuurgebieden met een hoge natuurwaarde en een grote kwetsbaarheid voor graafwerkzaamheden. Deze gebieden dienen in ieder geval vermeden te worden. Het leggen van leidingen zal in de grootschalige, open agrarische gebieden voor vegetatie en fauna het minst schadelijk zijn. Door Staatsbosbeheer te Arnhem is een kaart gemaakt van natuur- en landschapsgebieden, welke een belemmering vormen voor het stichten van een inlaatwerk aan de IJssel. Op deze kaart zijn tevens vijf plaatsen aangegeven, waar dit werk het minst schadelijk zal zijn. Indien deze plaatsen voor drinkwaterwinning ongeschikt zijn, b.v. omdat in de nabijheid afvalwater in de rivier wordt geloosd, zal in overleg met Staatsbosbeheer een lokatie gevonden moeten worden, waar de belangen van natuurbehoud en drinkwatervoorziening zo weinig mogelijk worden geschaad.

3. Gevolgen van de exploitatie van mogelijke infiltratiewerken in de randgebieden

3.1. Grondwaterstandsfluctuatie en chemische samenstelling van het grondwater in verband met de vegetatie

Getracht is om de natuurwaarde en de hydrologische kwetsbaarheid van de vegetatie in het randgebied van de Veluwe,

waar de vegetatie afhankelijk is van stand en samenstelling van het grondwater, weer te geven op een kaart met schaal 1 : 50 000. Een plotselinge, gedwongen onderbreking van de filtratie zal een fluctuatie van de grondwaterstand veroorzaken, die wordt gesuperponeerd op de van nature aanwezige fluctuatie. Er is aangenomen dat de extra fluctuatie in de randgebieden plaatselijk een verlaging van de grondwaterstand van 1 - 2 dm zal betekenen.

Er is geen nauwkeurige kaart van de actuele vegetatie van het randgebied van de Veluwe en deze kon in de beschikbare tijd ook niet worden vervaardigd. De samenstelling van de vegetatie en daarmee de hydrologische kwetsbaarheid is voor een groot deel afhankelijk van de samenstelling van de bodem. In de vegetatie komen verschillen voor die mede worden veroorzaakt door lokale verschillen in grondwaterstand en bodemsoort, die niet zijn aangegeven op de bodemkaart met schaal 1 : 50 000. Daarom kon hydrologische kwetsbaarheid ook niet uit deze bodemkaart worden afgeleid en is de samenstelling van de vegetatie zelf als indicatie voor de grondwaterstand en de fluctuaties daarvan gebruikt. Dit is slechts mogelijk gebleken in die gebieden waarvan voldoende inventarisatiegegevens beschikbaar zijn. Dat zijn in het algemeen de natuurgebieden waarvoor een planologische bescherming geldt.

In twee gebieden met hetzelfde bodemtype en verschillende grondwaterstand, waar de grondwaterstand evenveel verandert, is de relatieve verandering het grootst in het gebied met de hoogste grondwaterstand. Afgezien van andere eigenschappen zijn daarom gebieden met de hoogste grondwaterstand het meest kwetsbaar. De fysische eigenschappen van de bodem bepalen de toelevering van grondwater en de hoeveelheid beschikbaar water in het bodemprofiel. Deze nemen toe bij een fijnere granulaire samenstelling van de bodem, dus bij de toename van het leem- en kleigehalte, waarmee ook grotere voedselrijkdom gepaard gaat. Ook de voedselrijkdom zelf beïnvloedt de hydrologische kwetsbaarheid. In voedselarme gebieden mineraliseert het geproduceerde materiaal door de zeer lage pH niet of nauwelijks. Op plaatsen waar het substraat voortdurend met water is verzadigd, kan zelfs hoogveenvorming plaatsvinden. Door tijdelijke daling of sterkere fluctuatie van de grondwaterspiegel wordt de bodem beter doorlucht, waardoor mineralisatie van de organische stof optreedt. Hierdoor verschijnen in de vegetatie planten, die profiteren van de bij de mineralisatie gevormde zouten (NH_4^+ , NO_3^- en PO_4^{3-} verbindingen), ten koste van soorten die gebonden zijn aan milieus met weinig of

TABEL II - Hydrologische kwetsbaarheid van de vegetatie.

	matig voedselarm	matig voedselrijk	matig voedselarm	matig voedselrijk
Droog *	1	1	1	1
Vochtig	3	2	2	2
Drassig	3	3	2	2
Nat	3	3	3	2
Open water met geleidelijke overgang land/water	3	3	3	2
Open water met abrupte overgang land/water	2	2	2	1

1 = Vegetatie niet tot zeer weinig kwetsbaar voor waterstandsveranderingen in de orde van grootte van 1 - 2 dm.

2 = Vegetatie matig kwetsbaar voor waterstandsveranderingen in de orde van grootte van 1 - 2 dm.

3 = Vegetatie zeer kwetsbaar voor waterstandsveranderingen in de orde van grootte van 1 - 2 dm.

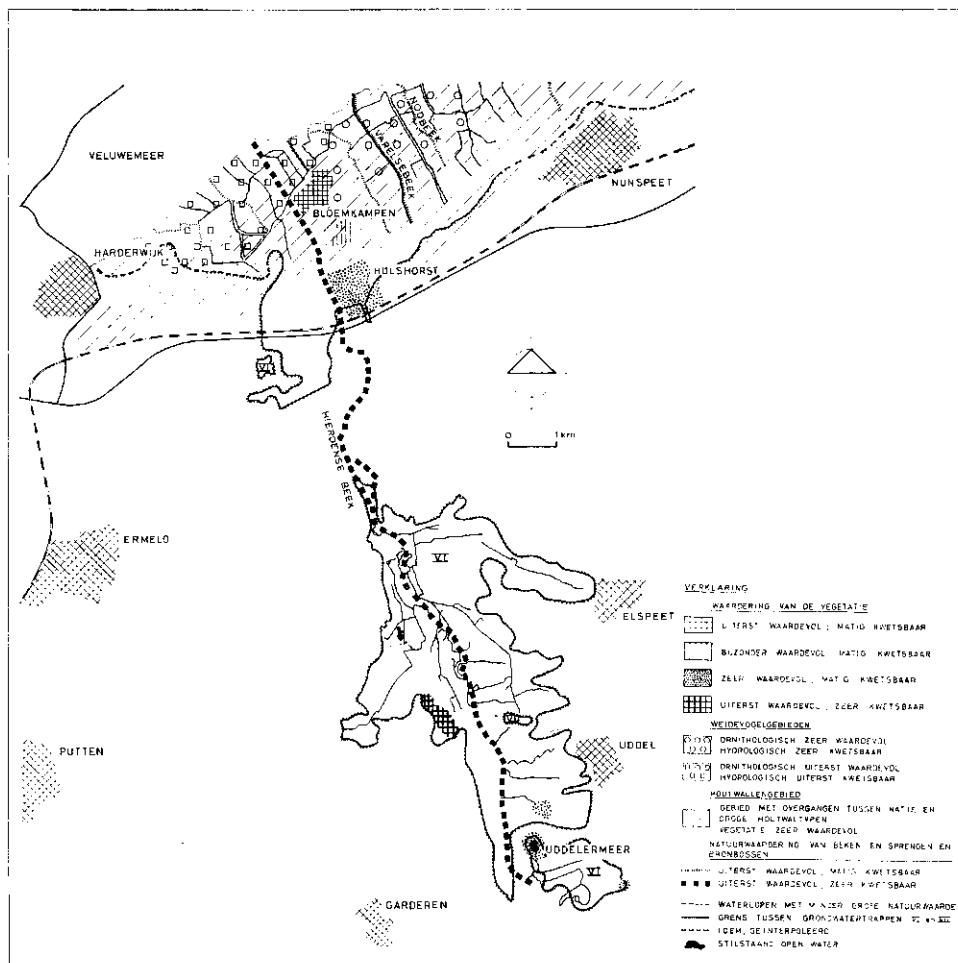
* De termen droog, nat etc. hebben slechts relatieve betekenis.

geen mineralisatie. Ook in gebieden met voedselrijke bodem vinden dergelijke veranderingen plaats, maar relatief zijn deze van minder betekenis dan in voedselarme gebieden.

Op grond van de inventarisaties van een aantal in de natuurgebieden aanwezige plantesoorten en relatieve gegevens over de eisen die deze planten stellen aan de voedselrijkdom en de hoeveelheid beschikbaar water zijn de natuurgebieden ingedeeld in drie klassen van hydrologische kwetsbaarheid (tabel II). De mate van kwetsbaarheid van de vegetatie van elk natuur-

gebied is aangegeven op de kaart (afb. 3). In enkele gevallen zijn er niet voldoende gegevens over de vegetatie van de natuurterreinen bekend en is er op grond van vergelijking met naburige terreinen en gegevens van de bodemkaart toch een uitspraak gedaan. Bij het hanteren van de kaart moet er rekening mee worden gehouden dat voor enkele terreinen de waardering niet juist is door het ontbreken van voldoende gegevens. Dit verstoort echter het algemene kaartbeeld niet, omdat het over kleine stukken gaat. Indien tot infiltratie wordt besloten, zal van de daar-

Afb. 3 - Fragment van de kaart met natuurwaarde en hydrologische kwetsbaarheid van de natuurgebieden in het randgebied van de Veluwe.



toe gekozen plaatsen alsnog een nauwkeuriger studie gemaakt moeten worden. Door infiltratie kan in het grondwater het gehalte aan chloride en voedingsstoffen voor planten (NO_3^- , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) plaatselijk stijgen. De grootste veranderingen in de vegetatie door deze stijging zijn te verwachten in voedselarme gebieden met een hoge grondwaterstand. Deze gebieden zijn ook het meest kwetsbaar voor veranderingen van de grondwaterstand. De schaal voor kwetsbaarheid voor verandering van de chemische samenstelling van het grondwater loopt parallel met die van de kwetsbaarheid voor verandering van de grondwaterstand.

Voor het vaststellen van de natuurwaarde van de vegetatie zijn 22 ecotopen of landschapselementen onderscheiden (tabel III). Deze ecotopen, b.v. hoogveen, bronbos, spreng met natuurlijke bronvegetatie (afb. 4), droge heide, houtwal en es, kunnen met de nodige veldkennis van de topografische kaart worden afgelezen. De natuurwaarde van elke ecotoop is vastgesteld naar aanleiding van schalen die voor andere studies met betrekking tot natuurwaardering zijn gebruikt en is speciaal voor het samenstellen van bijgaande kaart aangepast. In gebieden waar de vegetatie zeer goed is ontwikkeld is de waardering een klasse hoger dan in tabel III voor de betreffende ecotoop is aangegeven, in gebieden met gedegenerende vegetatie een klasse lager. Voor elk gebied is de natuurwaarde van de vegetatie op de kaart aangegeven.

Het houtwallengebied langs de noordwestrand van het Veluwemassief is afzonderlijk aangegeven. Er komen daar veel overgangen tussen droge en natte vegetatietypen voor. De exacte plaats van elk type is echter op grond van de gebruikte literatuur niet te lokaliseren. Ook het gebied tussen Heerde en Apeldoorn ten westen van het Apeldoorns kanaal heeft een aparte signatuur door de waardevolle beken, wegbermen, houtwallen en bosjes, die ook buiten de eigenlijke natuurgebieden voorkomen. Er kunnen geen absolute voorspellingen worden gedaan omtrent de veranderingen die in de vegetatie zullen plaatsvinden ten gevolge van infiltratie. Door grotere en onregelmatige fluctuaties van de grondwaterstand neemt de mineralisatie van het organisch materiaal in de bodem toe. Vooral in voedselarme gebieden kan dit leiden tot het verschijnen of talrijker worden van plantesoorten die van deze mineralisatie profiteren en buiten deze terreinen reeds algemeen zijn. De zeldzame planten, die voor deze milieutypen karakteristiek zijn, worden minder talrijk of verdwijnen. De kans dat de natuurwaarde van de vegetatie afneemt tengevolge van de



Afb. 4 - Bronkruid-gemeenschap (*Philonotido jontanae-Montietum*); foto ing. R. van Dam.

door infiltratie veroorzaakte veranderingen in het milieu, is aanzienlijk groter dan de kans dat deze toeneemt.

3.2. Afvoer en waterkwaliteit in beken, sprengen en bronbossen

De afvoer van de beken en daarmee het niveau van het water varieert in de meeste beken reeds aanzienlijk. De vegetatie van de beken is hieraan aangepast en veranderingen in de hoeveelheid afgevoerd water zullen hiervoor weinig schadelijk zijn, mits langdurig droogvallen wordt voorkomen. Voor de vegetatie van de bronbossen rondom Arnhem kunnen minder stellige mededelin-

gen worden gedaan; voorlopig worden deze als zeer kwetsbaar beschouwd.

Er zijn echter sterke aanwijzingen dat de specifieke beekfauna (o.a. vissoorten als beekprik en biermpje, platwormen en larven van insecten als steenvliegen, eendagsvliegen en kokerjuffers) door een sterke vermindering van de stroomsnelheid, stagnatie van het water of droogvallen van de beek ook op langere termijn zal worden aangetaast. Wanneer de bovenloop van een beek weer water gaat voeren, nadat deze eerst is drooggevalen, kan de lagere fauna (ongewervelde dieren) zich over een periode van enkele jaren misschien nog herstellen.

Herstel van de voor beken karakteristieke visfauna zal waarschijnlijk onmogelijk zijn, daar het water in de benedenloop van de meeste beken te sterk vervuild is om immigratie van nieuwe individuen mogelijk te maken.

Uit nog niet afgerond onderzoek en literatuurgegevens blijken vooral de beken aan de oostelijke en zuidelijke Veluwerand een karakteristieke fauna te hebben en waarschijnlijk zeer kwetsbaar te zijn voor droogvallen of tijdelijk zeer lage afvoer. De kwetsbaarheid en natuurwaarde van de beekfauna verschilt soms aanzienlijk van de vegetatie. Dit is op de kaart niet altijd aangegeven. Voorlopig moet worden aangenomen dat de bovenlopen van alle beken van de Oost- en Zuid-Veluwe faunistisch uiterst waardevol en zeer kwetsbaar zijn. De kwetsbaarheid voor veranderingen van de chemische samenstelling van het water wordt voor dit gebied buiten beschouwing

TABEL III - Natuurwaardering van de vegetatie in de randgebieden.

Ecotoop	Natuurwaardering van de vegetatie
Bronbos	uiterst waardevol
Hoogveen	uiterst waardevol
Vochtige en natte heide of complex met overgangen tussen natte, vochtige en droge heide	uiterst waardevol
Ven	uiterst waardevol
Schraalland (blauwgrasland)	uiterst waardevol
Boscomplexen met veel overgangen tussen verschillende bodemtypen en/of grondwatertrappen	bijzonder waardevol
Spreng met natuurlijke bronvegetatie	bijzonder waardevol
Boscomplexen met weinig overgangen tussen verschillende bodemtypen en/of grondwatertrappen	zeer waardevol
Moerasbos, bijv. beekbegeleidend	zeer waardevol
Houtwal	zeer waardevol
Droge heide, stuifzand	zeer waardevol
Moeras	zeer waardevol
Niet-genormaliseerde beek, spreng zonder natuurlijke bronvegetatie	zeer waardevol
Oude rivierloop	zeer waardevol
Kolk, wiel	zeer waardevol
Tichelgatcomplex	zeer waardevol
Meer, eutrofe plas	beperkt waardevol
Genormaliseerde beek	beperkt waardevol
Diepe plas (ontgroning)	beperkt waardevol
Es, akker	beperkt waardevol
Drasland, natte hooiweide	beperkt waardevol
Cultuurgrasland	beperkt waardevol

Indien een ecotoop bijzonder goed is ontwikkeld, is de waardering één klasse hoger dan aangegeven. Indien een ecotoop slecht is ontwikkeld, is de waardering één klasse lager dan aangegeven.



Een van de belangrijke brongebieden aan de oostelijke rand van de Veluwe, de Moeketel.

gelaten, daar dergelijke veranderingen hier niet zullen optreden, indien infiltratie ten westen van de waterscheiding van de Veluwe zal plaatsvinden. De beken in de Gelderse Vallei zijn dermate aangetast door normalisatie en vervuiling dat eventuele infiltratie geen verdere schade aan deze beken zal berokkenen. De beken die uitmonden in het Veluwemeer, vooral die tussen Harderwijk en Elburg, zijn uiterst waardevol, omdat ze tenminste voor een deel van hun traject over laagveen stromen, waardoor er zeer uitzonderlijke combinaties van diersoorten worden aangetroffen. Droogvallen van deze beken of sterke vermindering van de stroomsnelheid dient te worden vermeden. Waarschijnlijk is de fauna niet zeer kwetsbaar voor mogelijkerwijs door de infiltratie optredende veranderingen van de waterkwaliteit.

3.3. Grondwaterstand en weidevogels

Tussen de grondwaterstand in de periode kort voor en tijdens het broedseizoen en de weidevogelstand bestaat in het algemeen een zeer nauwe relatie. Soorten als kwartelkoning, kemphaan, watersnip, zomertaling, slobbeend en gele kwikstaart zijn zeer gevoelig voor de grondwaterstand voor en tijdens hun broedtijd.

De uiterst waardevolle en ook uiterst kwetsbare gebieden hebben in het voorjaar een grondwaterstand, die slechts enkele centimeters beneden het maaiveld ligt; hier kan een waterstandsverlaging van enkele centimeters reeds een aanzienlijke achteruitgang van de weidevogelstand betekenen. In de zeer waardevolle en ook zeer kwetsbare gebieden, die in het voorjaar een grondwaterstand van één tot enkele decimeters beneden maaiveld hebben, bedraagt de marge zeker niet meer dan ca. 5 - 10 cm. Voor nadelige gevolgen van de infiltratie

die veroorzaakt worden door verandering van de chemische samenstelling van het grondwater, behoeft nauwelijks te worden gevreesd.

De ornithologische waarde en de hydrologische kwetsbaarheid van de weidevogelgebieden zijn gebaseerd op gegevens over de verspreiding en dichtheden van een aantal hydrologisch kwetsbare broedvogels (kemphaan, watersnip, zomertaling, slobbeend en tureluur). Voor de polders Kamperveen en Zalk zijn onvoldoende gegevens beschikbaar. Waarschijnlijk zijn de hier aanwezige weidevogelgebieden bijzonder waardevol en bijzonder kwetsbaar.

3.4. Voorstellen voor nader onderzoek

Op grond van het verrichte onderzoek is het mogelijk om lokaties voor infiltratie te kiezen die het milieu van de vegetatie, die van het grondwater afhankelijk is en de flora en fauna van beken en sprengen zo min mogelijk zullen veranderen. Gedetailleerde uitspraken over ecologische gevolgen van infiltratie kunnen slechts worden gedaan na meer diepgaand onderzoek. Na het vaststellen van voorlopige lokaties komen de volgende punten voor nader onderzoek in aanmerking:

1. Vegetatie

a. Een kartering van bodem en vegetatie op een schaal van ten minste 1 : 25 000 van de natuurgebieden die door infiltratie zullen worden beïnvloed.

b. Het verband tussen bodem, vegetatie en ondiep grondwater (fluctuaties, chemische samenstelling) in deze gebieden om, in samenhang met de bodem- en vegetatiekaart de verandering van de vegetatie nauwkeurig te kunnen voorspellen.

c. Aangezien de kennis van het verband

tussen bodem, vegetatie, grondwaterstand en chemische samenstelling van het grondwater nog onvoldoende is, zullen gegevens moeten worden verzameld in andere gebieden, waar reeds veranderingen van deze factoren plaatsvinden.

2. Hydrobiologie

a. Een detailkartering van fauna en vegetatie van biologische waardevolle beken, sprengen en brongebieden, in de gebieden die door infiltratie zullen worden beïnvloed.

b. De relatie tussen enerzijds de beekafvoer, het niveau en de chemische samenstelling van het water van de beken en anderzijds de fauna en vegetatie van deze milieutypen om, in samenhang met de detailkartering de verandering van fauna en vegetatie nauwkeurig te voorspellen.

3. Hydrologie

a. De relatie tussen de stand en de chemische samenstelling van het diepe en ondiepe grondwater, dat voor de vegetatie van belang is en beken en bronnen voedt, om betere voorspellingen te kunnen doen omtrent de veranderingen in het milieu van planten en dieren.

b. Het doen van nauwkeuriger voorspellingen omtrent de fluctuaties en chemische samenstelling van het grondwater in elk natuurgebied afzonderlijk. De 'microwaterhuishouding' is in de natuurgebieden van grote betekenis voor de vegetatie en deze is niet afleesbaar uit isohypsenkaarten.

De duur van het onderzoek onder 1a en 2a is afhankelijk van de beschikbare mankracht. Voor het onderzoek onder 1b en 2b zijn tijdreeksen van 5 tot 10 jaar wenselijk. Dit laatste onderzoek kan, voor een deel in samenhang met hydrologisch onderzoek, gefaseerd worden uitgevoerd. Mogelijk zijn na 2 - 3 jaar reeds zodanige resultaten beschikbaar, dat al meer gefundeerde uitspraken over de gevolgen van kunstmatige infiltratie gedaan kunnen worden dan nu het geval is.

4. Bibliografie

De volledige lijst van bij het onderzoek gebruikte literatuur is te uitgebreid om hier te vermelden; deze zal als bijlage bij het eindrapport van de Commissie Infiltratie Veluwe worden gevoegd. In onderstaande lijst worden slechts enkele publicaties genoemd, die meer algemene onderwerpen behandelen of die zeer specifieke informatie geven over milieuveranderingen die ook bij eventuele Veluweinfiltratie zullen plaatsvinden.

Bakker, D. 1974. *Structuur-ecologie en natuurtechniek*, 20 pp, Rede 360e dies natalis. Rijks-

- universiteit Groningen, Wolters-Noordhoff, Groningen.
- Bouterse, M. G. 1974. *De invloed van lawaai op fauna*, 46 pp, Rapport Vakgroep Natuurbeheer, Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Ellenberg, H. 1963. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in kausaler, dynamischer und historischer Sicht*. Einführung in die Phytologie IV (2): 1 - 943. Ulmer, Stuttgart.
- Glutz von Blotzheim, U. N. 1971. *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*, deel 4, 943 pp, Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main.
- Glutz von Blotzheim, U. N. 1973. *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*, deel 5, 699 pp, Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main.
- Harms, W. B. (1973). *Oecologische natuurwaardering in het kader van de evaluatie van natuurfuncties*, 64 pp, Rapport Afd. Geobotanie, Katholieke Universiteit, Nijmegen/Instituut voor Milieuvraagstukken, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Hynes, H. B. M. 1958. *The effect of drought on the fauna of a small mountain stream in Wales*, Verh. int. Ver. Limnol. 13: 826 - 833.
- Leeuwen, C. G. van. 1966. *A relation theoretical approach to pattern and proces in vegetation*, Wentia 15 : 25 - 46.
- Polder, W. N. 1965. *Over voorkomen, oecologie en biologie van de Beekprik, Lampetra planeri (Bloch) - Petromyzontidae — in Nederland*, 30 pp, Rapport Rijksuniversiteit, Utrecht / Rijksinstituut voor Veldbiologisch Onderzoek t.b.v. het Natuurbehoud, Zeist.
- Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening. 1974. *Rapport van de Ad-hoc Werkgroep Geohydrologie van de Technische Werkgroep Infiltratie Veluwe*, 15 pp + bijl., 's-Gravenhage.
- Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening. 1974. *Geochemisch gedrag van gezuiverd Rijnwater bij infiltratie in de Veluwe*, 69 pp. + bijl. Interimrapport van de Ad-hoc Werkgroep Geochemie van de Technische Werkgroep Infiltratie Veluwe. 's-Gravenhage.
- Soet, F. de. 1973. *De Veluwe - functies en waarden in nationaal kader*, Natuur en Landschap 27: 89 - 97.
- Stumpel-Rienks, S. E. 1974. *De botanische waardering van ecotopen als bijdrage tot een globale waardering van het natuurlijk milieu*, Gorteria 7: 91 - 98.
- Vergunst, D. 1970. *De waterhuishouding in weidevogelgebieden*, 33 pp. + bijl. Rapport Vakgroep Natuurbeheer, Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Westhoff, V., Bakker, P. A., Leeuwen, C. G. v., Voo, E. E. van der, Zonneveld, I. S. 1973. *Wilde Planten, flora en vegetatie in onze natuurgebieden*, Deel III, 359 pp, Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, Amsterdam.
- Willems, J. T. J. M. 1968. *De boomarter, Martes martes (L), in Nederland*, 75 pp, Rapport Rijksinstituut voor Veldbiologisch Onderzoek t.b.v. het Natuurbehoud, Zeist.
- Williams, J. T. 1968. *The nitrogen and water relations of wet meadows*, Veröffentl. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel 41: 69 - 103.
- Woudstra, A., Schotsman, N. 1971. *Het Kroondomein tussen eksploitering en conservering*, 138 pp. + bijl. Rapport Vakgroep Natuurbeheer, Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Yerli, M. 1970. *Ecologie comparée des prairies marécageuses dans les Préalpes de la Suisse occidentale*, Veröffentl. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel 44: 1 - 119.

