

# Oppervlakte-infiltratie en neerslagwater-lenzen in de duinen

In dit tijdschrift deden Stuyfzand en Stuurman [1985] verslag van een onderzoek in de Luchterduinen. Ze tonen met hun onderzoek, waarbij geavanceerde hydrologische technieken werden gebruikt, aan dat zich over de volle lengte van een onderzoeks-transect (ruim 1 km) een neerslagwater-lens van 4 tot 7 m dik bevindt. Onder deze 'lens' blijkt het oorspronkelijke neerslagwater over diepten van ruim 10 tot ca. 40 m verdrongen door infiltratiewater.



H. W. J. VAN DIJK  
Centrum voor Milieukunde  
Leiden

Stuyfzand en Stuurman veronderstellen de door hen onderzochte locatie representatief voor situaties grenzend aan infiltratie-middelen, met géén of slechts extensieve winning, zoals die vrij veel in het duingebied voorkomen (par. 5, 'Andere duingebieden'). Hieruit leiden ze af dat de conclusie van Van Dijk & Bakker [1984] ('Het is duidelijk dat het optreden van regenwaterlenzen drijvend op het infiltratiewater een verschijnsel is dat nauwelijks optreedt') in zijn algemeenheid onjuist is. Stuyfzand en Stuurman betwijfelen zelfs of een achteruitgang van natuurwaarden in deze duingebieden (bijvoorbeeld bij ver-ruiging van de vegetatie) via effecten op de waterkwaliteit zoals verhoogde fosfaat-gehalten tot stand is gekomen. Andere mogelijke oorzaken zoals grondwaterstand-verhoging, guanotrofiëring, luchtverontreiniging, betreding en dergelijke verdienen huns inziens in deze grondige navorsing.

Al in eerdere publikaties werd vermeld dat binnen infiltratiegebieden s.l. plaatselijk overwegend neerslagwater aan de oppervlakte voorkomt. Zo geven Van Dijk en Bakker [1984] voor een locatie in Meijndel aan dat bij afstroming van geïnfilterd grondwater langzamer dan 0,03 m/dag al op minder dan 100 m vanaf de voedende infiltratieplas de bovenste 2,5 m van het grondwater vrijwel uitsluitend van neerslag afkomstig is. Zeer plaatselijk werd ook voor de Luchterduinen overwegend neerslagwater in kwelgebieden signaleerd, en wel dichtbij de door Stuyfzand en Stuurman gekozen proeflocatie [Van Dijk, 1984a]. In de door Van Dijk en Bakker [1984] en Van Dijk [1984a] beschreven onderzoeken kon het grondwater op meer dan 2,5 m onder de grondwaterspiegel niet worden bemonsterd. Er kon daarom geen uitspraak worden gedaan over de vraag of onder dit van neerslag afkomstige grondwater nog het natuurlijke duinwater aanwezig was óf dat dit

gedeeltelijk verdrongen was door infiltratie-water. Alleen in het laatste geval is sprake van een neerslagwater-lens. Ik ga niet in op de door Stuyfzand en Stuurman getrokken conclusie over het voorkomen en de berekende omvang van de neerslagwater-lens in het door hen gekozen proefgebied. Wel wordt ingegaan op de generaliseerbaarheid van hun bevindingen, ofwel: is de door Stuyfzand en Stuurman onderzochte situatie representatief voor andere duingebieden waar een grote afstand bestaat tussen infiltratieplassen en winnings-middelen. Verder ga ik in op het perspectief dat een goed ontwikkelde neerslagwater-lens heeft voor het mogelijke herstel van natuur-lijke waarden wat betreft vochtige duin-vegetaties.

### Kwantificering van waterkwaliteitseffecten in kwelgebieden

Om de generaliseerbaarheid van neerslag-water-lenzen na te gaan is geanalyseerd in hoeverre het oppervlaktewater van kwel-gebieden – die binnen geïnfilterde duingebieden veel voorkomen – uit natuurlijk neerslagwater bestaat. Juist in deze kwel-gebieden zijn eventuele infiltratie-invloeden op de waterkwaliteit oecologisch gezien het meest relevant. In Luchterduinen, Berkheide en Meijndel bevinden zich per gebied circa 150 kwel-moerassen en -plassen op afstanden tot 500 à 600 m vanaf de infiltratieplassen. In de respectieve gebieden zijn hiervan 40, 24 en 29 plassen onderzocht op waterkwaliteit (de meeste hiervan maandelijks gedurende één jaar, sommige twee tot zes jaar) [Van Dijk, 1984b, 1985; De Jonge & Van 't Sant, 1976; Van Hezewijk, 1983; Van Ommering, 1981; Ringelberg-Giesen, 1982; Van Zwan, 1978]. De kwelgebieden waar het voorkomen van regenwater-lenzen het meest waarschijnlijk is, dat wil zeggen met de minst intensieve of geheel ontbrekende winning en de verst van de infiltratieplassen gelegen kwelplassen, zijn bij de bemonsteringen sterk oververtegenwoordigd. De diepte van de bemonsterde plassen was in het algemeen 0,5 tot 1 m, met enkele uitschieters tot bijna 1,5 m. Dit is veel geringer dan de door Stuyfzand en Stuurman aangetoonde dikte van de neerslagwater-lens.

In bovenvermelde onderzoeken is onder meer het kaliumgehalte systematisch onderzocht. Dit gehalte geeft een redelijk beeld van de herkomst van het grond- en kwelwater [Van Dijk, 1985b]. Weliswaar moet er bij de interpretatie rekening worden gehouden met het feit dat het – in biologische cycli actieve en bijvoorbeeld aan klei adsorberende – kalium niet geheel conser-vatief is, maar ten opzichte van het meestal als tracer gebruikte chloride is de storing door sea spray gering [Van Dijk, 1984b, 1985b]. Bij een niet te klein aandeel van infiltratiewater is ook fluoride een redelijke merkstof [Van Dijk, 1984b, 1985b]. Fluorideconcentraties zijn echter slechts incidenteel bepaald. Onder natuurlijke omstandigheden bevat het water van duinplassen ca. 2 (0,9 - 2,5) mg K/l. Van Dijk en Meltzer [1981] vinden onder 15 natuurlijke duinplassen slechts twee uit-schieters (met een K-gehalte iets hoger dan 3 mg/l) als gevolg van guanotrofiëring. Op basis van deze referentie kan worden verondersteld dat de waterkwaliteit van alle kwelplassen die niet onder invloed van een grote vogelpopulatie staan en verder een gemiddeld K-gehalte van 3 mg/l of hoger vertonen, niet 'natuurlijk' is. Voor de drie voornoemde duingebieden kom ik op deze wijze tot de volgende aantallen kwelplassen waarin de waterkwaliteit onder invloed van duininfiltratie staat (zie tabel I). Uit tabel I mag, omdat de ver van infiltratie-plassen gelegen gebieden met extensieve winning zijn overbemonsterd, worden afgeleid dat binnen de drie duingebieden in het algemeen slechts minder dan 20% van de natte kwelsituaties is gevrijwaard van water-kwaliteitsveranderingen onder invloed van infiltratie. Aangezien de onderzochte kwel-plassen nooit dieper zijn dan 1,5 meter, is dit gegeven in tegenspraak met de door Stuyfzand en Stuurman veronderstelde veel voor-komende ontwikkeling van een neerslag-water-lens waarvan de dikte verder dan 100 m vanaf de infiltratiegeulen circa 4 m en meer zou zijn. Binnen de drie infiltratiegebieden konden verhoogde kaliumconcentraties worden waargenomen tot 300 à 500 mg/l vanaf infiltratieplassen, óók bij afwezigheid van

TABEL I – Aantallen plassen met verhoogde kalium-concentratie.<sup>1</sup>

| Gebied                              | Totaal aantal bemonsterde plassen | Aantal plassen met verhoogde K-gehalten (percentage) | Gemiddelde K-concentratie kwelplassen in mg/l (idem inf. water) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Luchterduinen                       |                                   |                                                      |                                                                 |
| binnen inf. geulen                  | 27                                | 27 (100%)                                            | 6,8 (8,7)                                                       |
| idem, voorraadgebied <sup>1</sup>   | 10                                | 6 (60%)                                              | 4,2 (8,7)                                                       |
| idem, buiten inf. geb. <sup>2</sup> | 3                                 | 0 (0%)                                               | 0,8 (8,7)                                                       |
| Berkheide                           | 26                                | 23 (90%)                                             | 8,9 (13,6)                                                      |
| Meijndel                            | 29                                | 23 (80%)                                             | 4,0 (5,1)                                                       |

Waarnemingen 1976-1982;

<sup>1</sup> Groot Zwarteveld, Ruigeveld en Eiland van Rolvers

<sup>2</sup> Vlak van De Klerk, Vossendel, poel achter zeereep.

(Bronnen: Van Dijk 1984b, 1985, De Jonge & Van 't Sant 1976, Van Hezewijk 1983, Van Ommering 1981, Ringelberg-Giesen 1982, Van Zwan 1978).



winningsmiddelen. Een nadere analyse van de kaliumconcentraties in relatie tot de grondwaterstroomsnelheid en de afstand tot infiltratieplassen laat zien dat zelfs na verblijftijden van het grondwater langer dan 3 jaar nog concentratieverhogingen in sommige kwelplassen worden waargenomen.

### Een mogelijke verklaring van de geconstateerde verschillen

Door De Groot [1984] wordt hydrodynamische macrodispersie als oorzaak genoemd voor de sterke menging van neerslag- en infiltratiewater, die in Meijndel is waargenomen voor het bovenste 2,5 m grondwater bij stroomsnelheden van 0,1 en 0,3 m/dag. Dichtheidsstromingen onder invloed van temperatuurverschillen tussen infiltratie- en neerslagwater kunnen worden verwaarloosd [Prof. dr. W. H. van der Molen, mond.med.]. De Groot vermeldt dat de onverwacht grote macrodispersie kan worden toegeschreven aan grootschalige inhomogeniteiten in de bodem zoals overstoven humuslagen, veenbanken en verschillen in zandkorrelgrootte die de (macro)dispersiecoëfficiënt verhogen. Het voorkomen van dit type inhomogeniteiten is sterk afhankelijk van de wordingsgeschiedenis van duingebieden zodat plaatselijk grote verschillen in dispersiecoëfficiënt mogelijk zijn. De menging van grondwaterlagen tot aan de oppervlakte kan behalve door de dispersiecoëfficiënt mede zijn bepaald door de ligging van de dispersiebasis (dat wil zeggen het vlak met menging van 50%, door Stuurman en Stuyfzand het 'ideale scheidingsvlak' genoemd).

Mogelijke oorzaken van de relatief geringe menging in de proeflocatie van Stuyfzand en Stuurman zijn dus: (1) een dieper gelegen ideaal scheidingsvlak en/of (2) een lagere transversale dispersiecoëfficiënt ( $\lambda_T$ ).

#### ad (1)

Het ideale scheidingsvlak wordt bepaald door de snelheid van het infiltrerende water ten opzichte van de hoeveelheid neerslag. Tabel II laat zien dat bij Stuyfzand en Stuurman het grondwaterverhang van dezelfde grootteorde is als in de raaien A en B van Van Dijk en Bakker. Omdat de hoeveelheid neerslag en de permeabiliteit van oppervlakkig duinzand niet sterk voor de verschillende locaties zullen verschillen, zijn ook de stroomsnelheid en de diepte van het ideale scheidingsvlak bij Stuurman en Stuyfzand intermediair ten opzichte van de raaien A en B.

De ligging van het ideale scheidingsvlak of de dispersiebasis biedt dus géén verklaring voor de vergeleken tot de raaien A en B geringe grondwatermenging in de locatie van Stuyfzand en Stuurman.

TABEL II – Grondwaterverhangen en -stroomsnelheden in 4 proeflocaties.

| Gebied                        | Verhang (m/m) | Stroomsnelheid (m/d) |
|-------------------------------|---------------|----------------------|
| Meijndel, raai C <sup>1</sup> | 0,0017        | minder dan 0,05      |
| Meijndel, raai A <sup>1</sup> | 0,0028        | ca. 0,1              |
| Luchterduinen <sup>2</sup>    | 0,0045        | ca. 0,2              |
| Meijndel, raai B <sup>1</sup> | 0,0064        | ca. 0,3              |

<sup>1</sup> afgeleid uit Van Dijk [1984b], bijlage 8.6

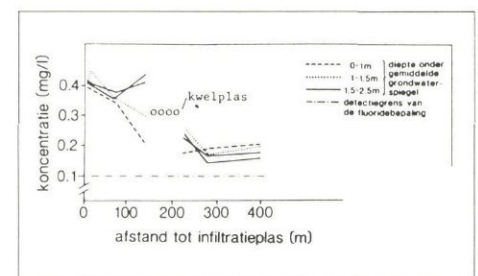
<sup>2</sup> afgeleid uit Stuyfzand en Stuurman [1985], tabel I.

#### ad (2)

Als mogelijke verklaring blijft over een relatief lage dispersiecoëfficiënt in de proeflocatie van Stuyfzand en Stuurman. Hun schatting  $\lambda_T = 0,01$  m geeft een goede fit met de metingen van de mengzone tussen infiltratie- en neerslagwater (in het algemeen 2 tot 6 m dik). De Groot [1984] postuleert uitgaande van een ruwe benadering van de horizontale dispersie tussen infiltratie- en winningsmiddelen in Meijndel een veel hogere  $\lambda_T$ : 0,05 m (N.B. het door Stuyfzand en Stuurman vermelde 'te lange onttrekkingsfilter' als verklaring voor De Groot's hoge  $\lambda_T$ -waarde gaat niet op omdat deze waarde primair op de horizontale dispersie gebaseerd is [ir. W. T. de Groot, mond.med.]). Evenals de door Stuyfzand en Stuurman aangenomen waarde voor  $\lambda_T$  is de hoge  $\lambda_T$ -waarde van De Groot door praktijkwaarnemingen (in dit geval aan de hand van de meetgegevens van de raaien A en B) bevestigd.

Naar de oorzaak van het grote verschil in  $\lambda_T$  voor de verschillende proeflocaties valt te gissen. De wordingsgeschiedenis en de daarmee verband houdende geologische opbouw, van belang voor de macrodispersiecoëfficiënt zijn onvoldoende bekend om dit verschil te verklaren. Wat in dit kader wel met zekerheid is op te merken is dat – in tegenstelling tot de door Van Dijk en Bakker beschreven gebieden – het door Stuyfzand en Stuurman bestudeerde transect volgens de door hen gepresenteerde afb. 1 géén vochtige situaties bevat: het grondwaterniveau bevindt zich – zelfs in het relatief vochtige voorjaar – steeds meer dan ca. 1 m onder het maaiveld. Dit heeft voor hydrologisch onderzoek uiteraard als voordeel dat de grondwaterstroming niet verstoord wordt door 'kortsluitingsituaties' zoals kwelplassen en -moerassen in feite inhouden. Kwelplassen trekken in de zomer, door hun verdampingsoverschot, water van diepere lagen aan. Ze verhogen daarmee de menging tussen neerslag en infiltratiewater. In de raaien A en B, en in mindere mate raai C, is wel een aantal, waaronder redelijk grote kwelplassen aanwezig. Het is aannemelijk dat de absentie resp. presentie van kwelplassen de achtergrond vormt van het geconstateerde verschil in dispersiecoëfficiënt.

Detail-waarnemingen die in raai B in de loop van een aantal jaren gedaan zijn [Van Dijk, 1984b] kunnen het beeld verhelderen. Zo ligt in raai B (stroomsnelheid 0,3 m/dag) een kwelpas van voldoende grootte en diepte om duidelijke hydrologische effecten als beschreven te kunnen verwachten, mits bodem en oevers goed doorlatend zijn. In de afstromingsrichting van het grondwater meet deze pas ruim 50 m (afstand tot infiltratieplas 145 tot bijna 200 m) terwijl de diepte circa 1 m bedraagt. De waterkwaliteit van deze kwelpas werd gedurende 6 jaar maandelijks geanalyseerd. 10 m stroomopwaarts van de pas wordt een redelijk ontwikkelde neerslagwater-lens van ca. 1 m dik met daaronder een mengzone van ca. 0,5 m aangetroffen (zie afb. 1), die stroomafwaarts nergens meer kan worden aangetoond.



Afb. 1 – Fluorideconcentratie in het bovenste grondwater van raai B (Meijndel). Naar: Van Dijk 1984b. (N.B. concentratie in neerslag ca. 0,05 mgF<sup>-</sup>/l).

Ondanks de stroomopwaarts aangetoonde regenwaterlens is het aandeel van infiltratiewater in de kwelpas op basis van de kalium- en chloridegehalten 70-80%. Zo kon bijvoorbeeld op basis van chloride-metingen 1,5 jaar nadat de DWL Den Haag op chloridearmer Maas-water was overgestapt, een plotselinge vervanging van het voorheen geïnfiltreerde Lek-water worden vastgesteld. Uit deze waarnemingen mag worden afgeleid dat de kwelpas aanzienlijke hoeveelheden grondwater van diepten van 1,5 m en dieper ontvangt via de bodem. De doorbreking van de ontwikkeling van neerslagwater-lenzen door kwelplassen wordt ook bevestigd door gegevens uit een ander infiltratiegebied (Berkheide). Hier zijn tussen infiltratie- en winningsmiddelen, maar tevens in gebieden tussen infiltratieplassen waar zich geen winningsmiddelen bevinden, behalve de kalium- en chlorideconcentraties ook de fosfaatconcentraties sterk verhoogd (zie afb. 2 van Van Dijk & Bakker 1984). Voorbeelden als bovenstaand geven aan dat de door Van Dijk en Bakker bestudeerde situaties van kwelpas-systemen moeilijk vergelijkbaar zijn met een systeem als bestudeerd door Stuyfzand en Stuurman waarbij geen oppervlaktewater van betekenis voorkomt. Het voorgaande maakt aanneme-



lijk dat juist in gebieden waar het water direct oecologisch relevant is, namelijk bij de aanwezigheid van kwelplassen, het ontstaan van een neerslagwater-lens sterk wordt bemoeilijkt. Dit geldt óók voor situaties van (vrij) langzame afstroming vanuit infiltratieplassen – dus bij afwezigheid op grote afstand van winningsmiddelen – waar Stuyfzand en Stuurman de opbouw van een neerslagwaterlens een algemeen verschijnsel veronderstellen.

Al met al lijken de verschillende inschattingen van de generaliseerbaarheid van het verschijnsel neerslagwater-lens voornamelijk het gevolg van verschillen in selectiewijze van de proeflocaties, waarbij kwelsituaties respectievelijk werden opgezocht en juist vermeden.

### Perspectief voor het natuurbeheer

Heel plaatselijk kunnen onder gunstige omstandigheden toch kwelplassen geheel onder invloed van een neerslagwater-lens staan. Een voorbeeld is het 'voorraadgebied' in de Luchterduinen. Hier heeft zich in het Groot Zwartevelde, dichtbij de door Stuyfzand en Stuurman gekozen proeflocatie, in en nabij kwelplassen een interessante voedselmijdende en deels kalkmijdende mosrijke valleivegetatie ontwikkeld (met bijvoorbeeld Veenmos-soorten, Dopheide, Koningsvaren [Mourik & Londo, 1985]). Deze vegetatie verschilt sterk van de vochtminnende vegetaties in het overige geïnfiltreerde duingebied waarin meer of minder verruiging onder invloed van overmatig nutriënten-aanbod heeft plaatsgevonden óf waar sterke waterstandschommelingen soortenarme ruderales begroeiingen tot gevolg hebben [Van Dijk, 1984a, 1984b; Ringelberg, 1982]. De vegetatie-ontwikkeling in het Groot Zwartevelde is behalve aan een regenwaterlens toe te schrijven aan een zorgvuldig maaibeheer door het waterleidingbedrijf gedurende de afgelopen tien jaar [Mourik & Londo, 1985]. Voor het natuurbeheer is het van belang te weten of dit een stabiele situatie betreft en verder of deze ontwikkeling ook elders onder vergelijkbare omstandigheden zal optreden. Verschillende factoren zijn van belang bij het beantwoorden van deze vragen. Bij regeneratie van vochtige duinvalleivegetaties zijn niet alleen het herstel en de handhaving van een natuurlijk grondwaterpeil en de fluctuaties daarin van belang [Van Dijk, 1984c]. Zo kunnen de kracht en de kwaliteit van voeding vanuit het diepere grondwater van groot belang zijn voor een optimale ontwikkeling van de natuurwaarden [Grootjans, 1985]. Dit is óók voor het duinmilieu aangetoond [Wams en Wemelsfelder, 1984]. In vochtige duinvalleien op Schiermonnikoog blijkt de grote variatie van de plantengroei voor een belangrijk deel samen te hangen met gradiënten in kalk-

rijkdom van het grondwater. Deze gradiënten worden in stand gehouden door kwelstromen uit het omringende duinmassief. Voor een volledig herstel van dit type kwelstromen in de vastelandsduinen is een hydrologische regeneratie van het duingebied over haar volle breedte noodzakelijk, dus over grotere afstanden dan de ruim 1 km waarover Stuyfzand en Stuurman hun neerslagwaterlens aantoonde. De voeding vanuit het diepere grondwater lijkt vooral nu, bij de huidige sterke atmosferische verontreiniging, van groot belang om op den duur desastreuze gevolgen van de 'zure regen' tegen te gaan [Van Dijk, 1987b].

Het is daarom niet makkelijk te voorspellen of de huidige interessante vegetatie van Groot Zwartevelde een stabiel bestaan beschoren is. Hierbij is van belang dat de er voorkomende zeldzame soorten deels indicatief zijn voor een laatste stadium van ontkalking, een van nature relatief kortstondig vegetatietype. Nog belangrijker is dat het onderliggende infiltratiewater het gebied nagenoeg afsluit van kalkrijke kwelstromen, zodat er geen compensatie voor de verzuren-de invloed van de neerslag aanwezig is. Dit, samen met het onnatuurlijk grote nutriëntenaanbod via de neerslag, doet vrezan dat ontwikkelingen die elders door Wiegers [1985] zijn aangetoond – snelle successies vanuit plotseling abundant geworden (Veen)mosvegetaties naar monotone voedselminnende vegetaties – zullen optreden.

We kunnen hieruit afleiden dat situaties nabij duingebieden met kunstmatige oppervlakte-infiltratie ten behoeve van de drinkwatervoorziening nauwelijks mogelijkheden bieden voor een regeneratie van het integrale duinecosysteem, dus inclusief de vochtige biotopen. De verloren gegane waarden van de vochtige valleien kunnen slechts optimaal hersteld worden bij een fundamentele hydrologische regeneratie van hele duingebieden bijvoorbeeld mogelijk door het beëindigen van neerslagwaterwaterwinningen en/of overgaan op diepinfiltratie.

### Conclusies

1. Neerslagwater-lenzen zoals waargenomen door Stuyfzand en Stuurman kunnen binnen geïnfiltreerde duingebieden alleen ontstaan in de relatief zeldzame gebieden met zeer lage afstromingssnelheden. In gebieden waar het water direct oecologisch relevant is, wordt door de aanwezigheid van kwelplassen het ontstaan van een neerslagwater-lens extra bemoeilijkt.
2. Neerslagwater-lenzen vormen géén garantie voor een natuurlijke vegetatie-ontwikkeling. Behalve met een niet geheel natuurlijk fluctuatieverloop van de waterstand moet rekening gehouden worden met het ontbreken of minder krachtig zijn van

kwelstromen. Het geëutrofiëerde en verzuurde karakter van de huidige neerslag maakt het ontbreken van kalkrijke kwelstromen extra nadelig voor de vegetatie-ontwikkeling.

3. Bij oppervlakte-infiltratie is géén fundamenteel hydrologisch herstel van het duingebied mogelijk.
4. De aanbeveling van Den Hoed en Moberts [1985] tot nader hydrologisch en oecologisch onderzoek van die kwelsituaties binnen infiltratiegebieden waar de grondwaterstroming langzamer dan 0,1 m/dag is, verdient ondersteuning.

### Literatuur

- Dijk, H. W. J. van (1984a). *Duininfiltratie bij Zandvoort: invloed op natuurlijk milieu*. Duin 1984, 3, 24-27.
- Dijk, H. W. J. van (1984b). *Invloeden van oppervlakte-infiltratie ten behoeve van duinwaterwinning op kruidachtige oevervegetaties*. Diss. Wageningen.
- Dijk, H. W. J. van (1984c). *Bodemchemische processen bij het herstel van vochtige duinvalleien*. In: Terugkeer vochtige duinvalleien. p. 9-16 Kon. Ned. Botanische Vereniging/Stichting Duinbehoud.
- Dijk, H. W. J. van (1985a). *Luchtverontreiniging: effecten op het duinmilieu*. Duin 1985, 2, 3-7.
- Dijk, H. W. J. van (1985b). *The impact of artificial dune infiltration on the nutrient content of ground and surface water*. Biological Conservation 34, 149-167.
- Dijk, H. W. J. van en Bakker, T. W. M. (1984). *Duininfiltratie: invloed op balans en concentratie van voedingsstoffen*. H<sub>2</sub>O (17), 25, 597-601.
- Dijk, H. W. J. van en Meltzer, J. A. (1981). *Hydrobiologie van natuurlijke duinmeren: een commentaar*. H<sub>2</sub>O (14), 23, 564-568.
- Groot, W. T. de (1984). *Hydrodynamic macro-dispersion as the causal background of the phreatic water type mixing in infiltrated dunes* (Appendix) (p. 205-210) bij Van Dijk (1984b).
- Grootjans, A. P. (1985). *Changes of groundwater regime in wet meadows*. Diss., Groningen.
- Hezewijk, M. J. van (1983). *De invloeden van duininfiltratie op de vegetatie van kwelplassen in Meijndel*. Afdeling Milieubiologie, Rijksuniversiteit Leiden; Afdeling Vegetatiekunde, Universiteit van Amsterdam.
- Hoed, M. A. en Moberts, F. M. L. (1985). *De effecten van oppervlakte-infiltratie op de kruidige vegetaties van vernatte terreinen*. Rapport KIWA SWE-85.011, Nieuwegein.
- Jonge, D. de en Sant, P. van 't (1976). *Onderzoek naar de waterkwaliteit van enige plassen in het duingebied Berkheide*. Afdeling Milieubiologie, Rijksuniversiteit Leiden.
- Mourik, J. en Londo, G. (1986). *Vestiging van bijzondere plantesoorten in het infiltratiegebied der Amsterdamse Waterleidingduinen*. Gorteria 13,3-12.
- Ommering, G. van (1981). *Onderzoek naar de invloeden van duininfiltratie op de vegetaties van freatofyten in kwelgebieden in Berkheide*. Afdeling Milieubiologie, Rijksuniversiteit Leiden.
- Ringelberg-Giesen, D. (1982). *Onderzoek naar de invloeden van duininfiltratie op de vegetaties van freatofyten in kwelgebieden in de Luchterduinen (AWD)*. Afdeling Milieubiologie, Rijksuniversiteit Leiden.
- Stuyfzand, P. J. en Stuurman, R. J. (1985). *Experimenteel bewijs en modellering van een stationaire regenwaterlens op kunstmatig geïnfiltrerd oppervlaktewater*. H<sub>2</sub>O (18), 408-415.
- Wams, T. J. en Wemelsfelder, F. (1984). *Vegetatie en grondwaterkwaliteit op Schiermonnikoog*. Rapport Laaglandbekenproject nr. 7 Afdeling Plantenecologie, Rijksuniversiteit Groningen.
- Wiegers, J. (1985). *Succession in fen woodland ecosystems in the Dutch haf District*. Diss., Amsterdam.
- Zwan, S. van der (1978). *Onderzoek naar de relaties tussen de waterkwaliteit en de oevervegetaties van enkele kwelplassen in het duingebied tussen Katwijk en Wassenaar (Berkheide)*. Afdeling Milieubiologie, Rijksuniversiteit Leiden.