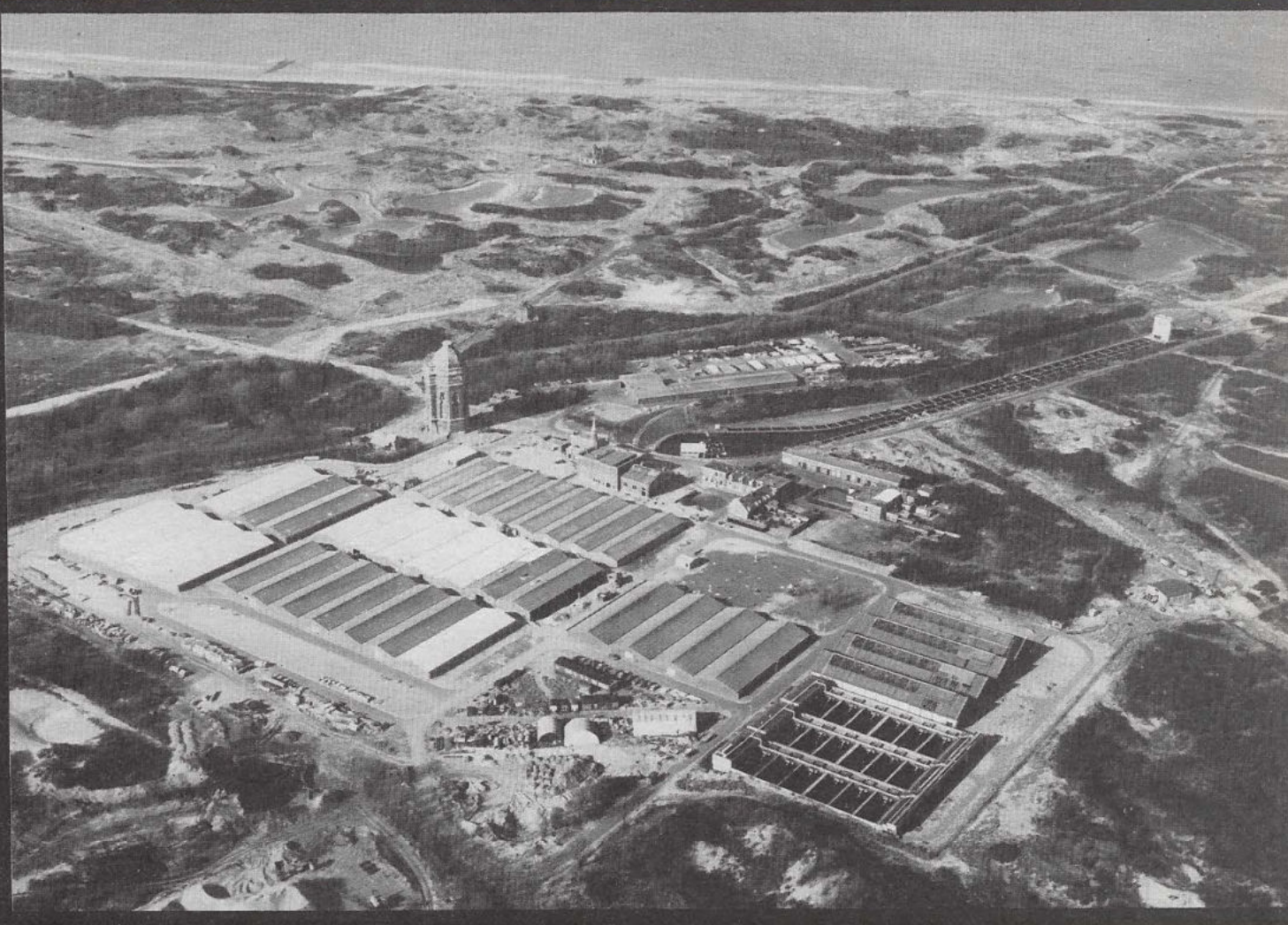




duin



**THEMA: WATERWINNING
EN
REGENERATIE**

DUININFILTRATIE: INVLOED OP DE VOEDINGSSTOFFENBALANS

door T.W.M. BAKKER EN H.W.J. VAN DIJK

Vochtige duinvalleien herbergen van nature een zeer diverse vegetatie van vaak zeldzaam geworden plantesoorten. Een laag aanbod van nutriënten (voedingsstoffen) is in de natuurlijke situatie een randvoorwaarde, opdat zeldzame en gevoelige soorten zich permanent in duinvalleien kunnen handhaven.

Het in de duinen ten behoeve van waterwinning geïnfiltreerde rivierwater bevat echter aanzienlijke hoeveelheden voedingsstoffen. Als gevolg hiervan blijken op de oever van de infiltratiebekkens nog slechts nutriëntminnende plantesoorten ("ruigtesoorten") voor te komen die een authentieke vegetatie uitsluiten. Ook elders in het duingebied, in de zogenaamde kwelgebieden, blijken tot vele honderden meters vanaf de infiltratieplassen de plasoevers en de moerassen sterk verruigde vegetaties te herbergen (VAN DER WERF, 1974; LONDO, 1975; VAN DIJK & JANSSEN, 1980; VAN DIJK et al., 1982). Het ligt voor de hand te veronderstellen dat de van infiltratie afkomstige voedingsstoffen tot hier zijn doorgedrongen. Deze verwachting is in dit en een volgend artikel getoetst.

OORSPRONKELIJK TROFIENIVEAU

Van nature is in duinvalleien een matig voedselrijk ("mesotroof"), plaatselijk zelfs voedselarm ("oligotroof"), milieu aanwezig. Lokaal kan voedselverrijking plaatsvinden, bijvoorbeeld door inwaai van organisch materiaal vlakbij zee, door vestiging van meeuwenkolonies en onder invloed van nabijgelegen struwelen en bossen. Gemiddeld blijft het trofiënniveau echter laag door de voortdurende zijdelingse afstroming van het neerslagoverschot uit het duin. Het afvloeiende water voert de nutriënten mee en spoelt ook mineralen uit het duinzand uit. Hierdoor zijn oppervlakkige bodemlagen soms erg voedselarm geworden.

Koncentraties en externe belastingen van de belangrijkste groeibeperkende nutriënten in oorspronkelijke situaties (WILLIS, 1963) blijven in het algemeen binnen de trajecten zoals aangegeven in tabel 1.

NUTRIËNTENAANVOER BIJ INFILTRATIE

koncentratie

Een eerste indruk betreffen-

de de mate waarin de aanvoer van voedingsstoffen bij duininfiltratie verandert, is te verkrijgen aan de hand van de concentratie van het in de duinen ingelaten, momenteel voorgezuiverde rivierwater. De orthofosfaatconcentratie is weergegeven in fig. 1. voor de infiltratiegebieden Luchterduinen (Amsterdamse Waterleidingduinen), Berkheide (Leiden) en Meijendel (Den Haag). Vergelijking van deze waarden met die van natuurlijk oppervlaktewater (tabel 1) leert dat de concentratie van fosfaat in het inlaatwater aanzienlijk boven die van het oorspronkelijke oppervlaktewater ligt. Hetzelfde geldt voor de overige nutriënten.

Voorts is te zien dat de gehalten aan fosfaat door voorzuivering sterk kunnen afnemen. Dit geldt ook voor ammonium maar niet voor kalium. De verwijdering van nitraat is in onderzoek.

Verandering van nutriëntenkonzentraties binnen infiltratieplassen

Tijdens het doorstromen van de infiltratieplassen veranderen de nutriëntconcentraties van het infiltratiewater door

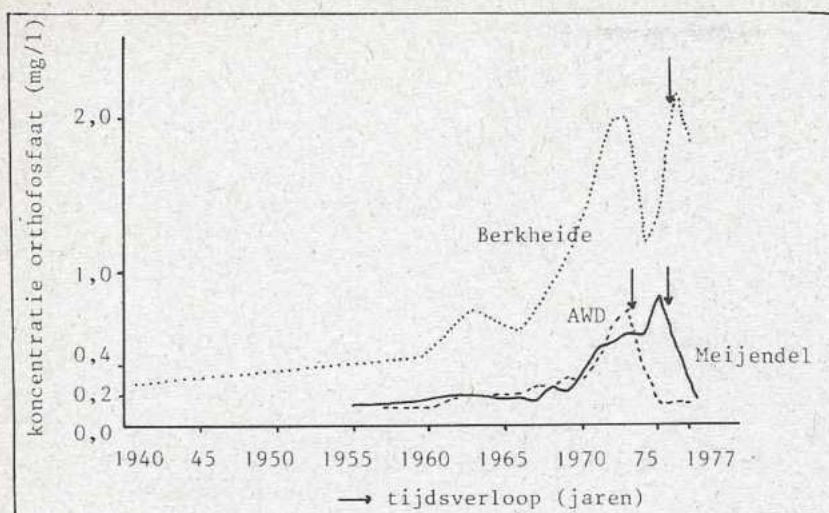
In dit artikel wordt aangegeven hoe groot de invloed van duininfiltratie is op de balans van de belangrijkste voedingsstoffen, in vergelijking met een situatie zonder infiltratie. Tevens wordt aandacht besteed aan ophoping in de duinbodem van in het infiltratiewater aanwezige voedingsstoffen.

In een volgend artikel (Van DIJK, in prep.) zal een onderzoek gepresenteerd worden naar kwaliteitsveranderingen van het afstromende infiltratiewater in kwelgebieden. Beide artikelen hebben alleen betrekking op de abiotische eutrofiëringseffekten van duininfiltratie op het vochtige milieu in de duinen. Biotische effecten van duininfiltratie zijn eerder in Duin beschreven (o.a. Van DIJK & JANSSEN, 1980; UDO DE HAES et al., 1980).

Dr. T.W.M. Bakker is werkzaam geweest bij het T.N.O.-project Vochtige Duinvalleien, nu werkzaam bij Staatsbosbeheer. Drs. H.W.J. van Dijk is medewerker bij de Vakgroep Milieubiologie van de Rijksuniversiteit te Leiden.

opname door phytoplankton en waterplanten, denitrifikatie (1), bindingsreacties met sediment e.d. In voornoemde drie infiltratiegebieden werd de nutriëntconcentratie in infiltratieplassen op verschillende afstanden tot het inlaatpunt maandelijks gemeten. De relatieve afname van de jaargemiddelde concentratie van opgeloste nutriënten in de infiltratieplassen ten opzichte van het ingelaten water bedroeg maximaal 77% (P) en 92% (N). De concentratie van het nutriënt

1) denitrifikatie is het proces waarbij nitraat wordt omgezet in zuurstof en gasvormig stikstof door mikroörganismen.



Figuur 1. Het verloop van de orthofosfaat-koncentratie (op basis van jaargemiddelde waarden) in het inlaatwater van drie infiltratiegebieden tussen 1940 en 1977. Verticale pijltjes: invoering van verbeterde voorzuiveringen

dat in relatief beperkende (1) hoeveelheid aanwezig is, neemt het sterkst af, waardoor de beperking versterkt wordt. In de Luchterduinen en Meijndel betreft dit fosfaat, in Berkheide stikstof.

MOMENTANE BELASTING

Om het effect van de infiltratie op het duinmilieu te kunnen nagaan, is de aanvoer van voedingsstoffen per tijdseenheid een veel betere maat dan de concentratie (VAN DIJK & JANSSEN, 1980; VAN DIJK, 1982).

Bij infiltratie wordt deze aanvoer, de zg. momentane belasting, vergroot omdat enerzijds de concentraties in het infiltratiewater hoger dan oorspronkelijk zijn, anderzijds omdat de hoeveelheid geïnfiltreerd water verre de effectieve neerslag overschrijdt met een factor van 10 tot 20.

Er zijn twee manieren mogelijk om de situatie bij infiltratie te vergelijken met de natuurlijke: berekening van de aanvoer in een vertikaal vlak en van de aanvoer in een horizontaal vlak. Als we voor een schatting van de belasting in een vertikaal vlak uitgaan van een gemiddelde

stroomsnelheid van 0,1 m/dag voor natuurlijk duinwater en 0,75 m/dag voor infiltratiewater (BAKKER, 1981) en tevens het verschil in concentratie in rekening brengen krijgen we voor infiltratie een belasting die 12 maal hoger ligt voor kalium en nitraat en -afhankelijk van de mate van voorzuivering- 1 tot 200 maal voor orthofosfaat, dan in een natuurlijke situatie.

Om een indruk te krijgen van de mate waarin de belasting in een horizontaal vlak door infiltratie toeneemt, is voor de drie hiervoor reeds genoemde infiltratiegebieden nagegaan hoe groot

de aanvoer van voedingsstoffen in het eigenlijke infiltratiegebied is. Onder het eigenlijke infiltratiegebied wordt het gebied tussen infiltratiebekkens en winningsmiddelen verstaan. Voor de Luchterduinen is dit het intensief geëxploiteerde gebied met kanalen en drains, voor Berkheide en Meijndel wordt hiervoor de helft van het totale duingebied gerekend. In tabel 2 wordt een overzicht van belastingen van deze gebieden gegeven.

Vergelijking van deze waarden met die onder oorspronkelijke omstandigheden (tabel 1) leert dat de belasting in de infiltratiegebieden van tien tot vele tientallen à honderd maal zo groot wordt.

KUMULATIEVE BELASTING

Naast de momentane belasting, de nutriënttoevoer per tijdseenheid, kan ook de kumulatieve belasting, dat is de totale nutriëntaanvoer vanaf het begin van de infiltratie, van groot belang zijn. Een hoge kumulatieve nutriëntbelasting kan samengaan met een opeenhoping ("accumulatie") van nutriënten in de bodem. Bij deze opeenhoping is adsorptie (2) een belangrijk proces. In de bodem aanwezig organisch materi-

(2) adsorptie is de fysisch-chemische hechting van ionen of molekulen aan de wand van makroskopische deeltjes bv. zandkorrels.

Tabel 1. Concentratie van macronutriënten in grond- en oppervlaktewater en de aanvoer per tijdseenheid van nutriënten in oorspronkelijke vochtige duinvalleien.

Bronnen: BAKKER, 1981; VERMEULEN, 1977; LEENTVAAR, 1963 en 1967; BRINKMAN, 1978; VAN DIJK & MELTZER, 1981.

	concentratie bovenste grond- water (mg/l)	concentratie oppervlakte- water (mg/l)	belasting via de neerslag ¹⁾ (kg/ha.jaar)
orthofosfaat	0 - 0,1 (0,2) ¹⁾	0 - 0,05 (0,5)	0,3 - 2,5
ammonium	0,2-0,7 (2)	0	5,5 - 13
nitraat	7 - 15	0 - 0,5 (3)	22 - 38
kalium	1 - 5	1 - 3 (5)	1,5 - 4,6

¹⁾ bij de belasting is de invloed van de luchtverontreiniging meegenomen (metingen 1974 en 1975)

²⁾ tussen haakjes staan zeldzame uitschieters aangegeven

1) bedoeld wordt hier beperkend ten aanzien van de primaire productie, in dit geval de groei van algen in het water en vegetaties in en langs het water

		ortho-P	nitraat	ammonium	kalium
Luchterduinen	1974	15	800	30	300
(A.W.D.)	1977	7	1000	1	350
Berkheide	1974	32	200	22	300
	1977	70	300	28	400
Meijndel	1974	26	800	26	250
	1977	12	900	7	400

Tabel 2. De nutriëntbelasting in drie infiltratiegebieden (kg/ha.jr) betrokken op het "eigenlijke" infiltratiegebied

aal is veel beter in staat stoffen te adsorberen dan zuiver duinzand. Afhankelijk van de hoeveelheid geïnfilterde stoffen zal na kortere of langere tijd "doorslag" optreden; de concentratie van stoffen in het gewonnen water zal toenemen (1).

Het transport en de accumulatie van fosfaat en stikstof bij oppervlakkige duininfiltratie in de loop der tijd wordt hier beschreven.

FOSFAAT

STEENKMAP & DE GROOT(1979) vonden voor drie infiltratiegebieden een begin van doorslag nadat per hectare infiltratieplas in totaal 0,8 tot 1,8 ton vrij orthofosfaat was gepasseerd (Luchterduinen 1972; Berkheide 1965; Meijndel 1970). Dit betreft het zandpakket tussen infiltratieplassen en winning (verblijftijd gemiddeld 2 tot 3 maanden).

Er mag worden aangenomen dat hier een zekere mate van verzadiging van aan de bodem geadsorbeerd fosfaat heeft plaatsgevonden.

Een onderzoek naar de bodemeigenschappen tussen infiltratieplassen en winningsmiddelen (VAN OOSTERHOUD et al., 1982) levert een ondersteuning van deze verwachting. Het zandpakket waardoor het infiltratiewater stroomt, blijkt na circa 25 jaar infiltreren significante verhogingen van de hoeveelheid bodemgebonden fosfaat te

vertonen. De verhoogde fosfaatconcentraties zijn in figuur 2 weergegeven ten opzichte van de momentane fosfaatbelasting ter plaatse. In tabel 3 worden de betreffende monsterpunten globaal beschreven. Uit figuur 2 blijkt dat hoe hoger de momentane (en in dit geval tegelijk de kumulatieve) belasting is, des te hoger de hoeveelheid aan de bodem gebonden fosfaat is. Een toekomstige verzadiging lijkt waarschijnlijk.

De gegevens van VAN OOSTERHOUD et al.(1982) kunnen niet zonder

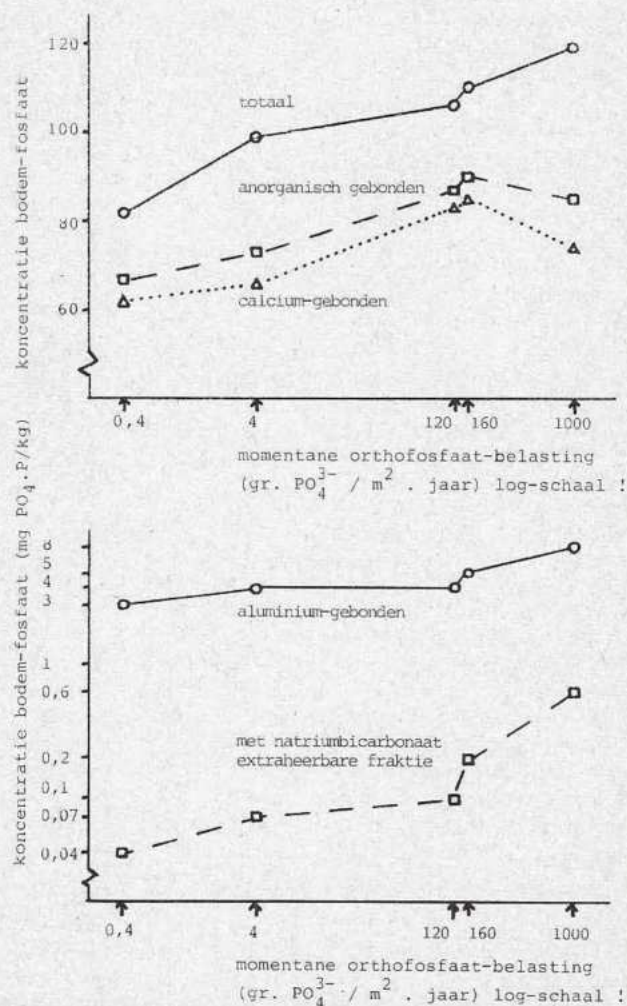
meer naar het gehele duingebied worden geëxtrapoleerd. Dit onderzoek betreft op één monsterpunt na zuiver duinzand zonder veel organische stof. Het is echter bekend dat de in het duingebied plaatselijk vaak aanwezige organische stof (humus- en veenlagen) veel sterker fosfaat kan binden dan zuiver duinzand. DE GROOT (1981) en VAN DIJK (1982) geven een aanwijzing voor de rol hiervan bij duininfiltratie. Op grond van LIPS et al.(1969) en daaropvolgende onderzoekgegevens concluderen ze dat onder plaatselijke aanwezigheid van zacht veen in Meijndel gedurende meer dan 20 jaar vrijwel alle orthofosfaat uit het infiltratiewater is verwijderd, terwijl elders tussen infiltratieplas en winningsmiddel sterke fosfaatdoorslag is opgetreden.

In gebieden buiten het eigenlijke infiltratiegebied (met verblijftijden vanaf een half jaar) is in het duinzand ruim 10 jaar na de gekonstateerde doorslag naar de winningsmiddelen, nog geen significante verhoging van het totaal gehal-

Figuur 2.

Koncentraties van bodemgebonden fosfaat op 1 tot 2 meter onder de grondwaterspiegel, t.o.v. de orthofosfaatbelasting via langstromend grondwater in het jaar voorafgaande aan de bodemanalyses (naar: VAN OOSTERHOUD et al., 1982).

(N.B. log-schaal op verticale as van de tweede grafiek).



1) Wanneer de input-concentratie van een stof voortdurend stijgt, wordt doorslag als volgt gedefiniëerd. Er is sprake van doorslag als de relatieve concentratie-afname tussen infiltratie- en winningspunt significant sterker afneemt dan de infiltratieconcentratie toeneemt.

(infiltratie)gebied	-----Meijndel-----					Berkheide
afstand tot infiltratie- plas (meter)	400	120	30	10	10	
stroomsnelheid grond- water (meter per dag)	0,03	0,1	1	1,1	1,5	
momentane PO_4^{3-} -belasting (gram orthofosfaat/m ² .jr)	0,4	4	120	160	1000	

Tabel 3

Globale karakterisering van de monsterpunten betreffende figuur 2

te van het bodemfosfaat gekonstateerd, zelfs niet in Berkheide met zijn hoogste fosfaatbelasting (mond.med. G.C. JANZE). De hier verwachte verhoogde concentratie van bodemgebonden fosfaat als effect van hoge fosfaatbelastingen is wel duidelijk te constateren in de oeverbodems van zowel infiltratie- als kwelplassen in Berkheide en Meijndel (VAN DIJK & JANSSEN, 1980). De voornoemde sterke bindingskapaciteit van organische stof ten aanzien van fosfaat kan hier een verklaring bieden. De oeverbodems zijn namelijk sterk doorworteld en er is humusvorming opgetreden. Het is aannemelijk dat vooral de in de oevers aanwezige humus bijdraagt aan de met de belasting toenemende bodemconcentratie (de makroskopische worteldelen waarin fosfaat kan zijn opgeslagen, zijn bij de bodemanalyses verwijderd).

Het is op grond van de voornoemde gegevens aannemelijk dat in geïnfiltreerde duinen een groot deel van het doorstroomde zandpakket tussen infiltratieplas en winningsmiddel op den duur nauwelijks nog een functie zal hebben in de reductie van het fosfaatgehalte. Analooeg zullen ook andere stoffen die aan de bodem adsorberen, steeds minder door infiltratie worden verwijderd.

STIKSTOF

Ook voor stikstof en met name nitraat, de dominerende minerale stikstof-verbinding bij duininfiltratie, lijkt doorslag op te treden. Bij nitraat gaat een hogere kumulative belasting waarschijnlijk samen met een verlaagde reductie tijdens infiltratie door een in de loop der tijd vermindende denitrifikatie. Denitrifi-

katie is namelijk gebonden aan een makkelijk oxideerbare fractie van organische stof in de bodem, die langzamerhand opdraakt (LIPS et al., 1969). STEENKAMP & DE GROOT (1979) constateren dat tussen 1960 en 1977 de nitraatconcentratie in het via infiltratie verkregen water aanzienlijk toenam in diverse infiltratiegebieden. Deze toenamen zijn aanzienlijk hoger dan de gelijktijdig optredende toenamen van de concentratie in het geïnfiltreerde water zodat ook voor het nitraat van "doorslag" gesproken kan worden. Sterke opeenhoping van stikstof in de bodem is niet waarschijnlijk. Accumulatie kan wel in de vegetatie optreden.

KONKLUSIES EN DISKUSSIE

De gegevens maken duidelijk dat infiltratie van oppervlaktewa-

ter ten behoeve van de waterwinning van grote invloed is op de voedingsstoffenhuishouding van de duinen.

Bij infiltratie is de aanvoer van voedingsstoffen 10 tot 100 maal zo groot als in een situatie zonder infiltratie. Ook bij vergaande voorzuivering van het infiltratiewater zal de voedingsstoffenhuishouding sterk blijven afwijken van die onder "natuurlijke" omstandigheden.

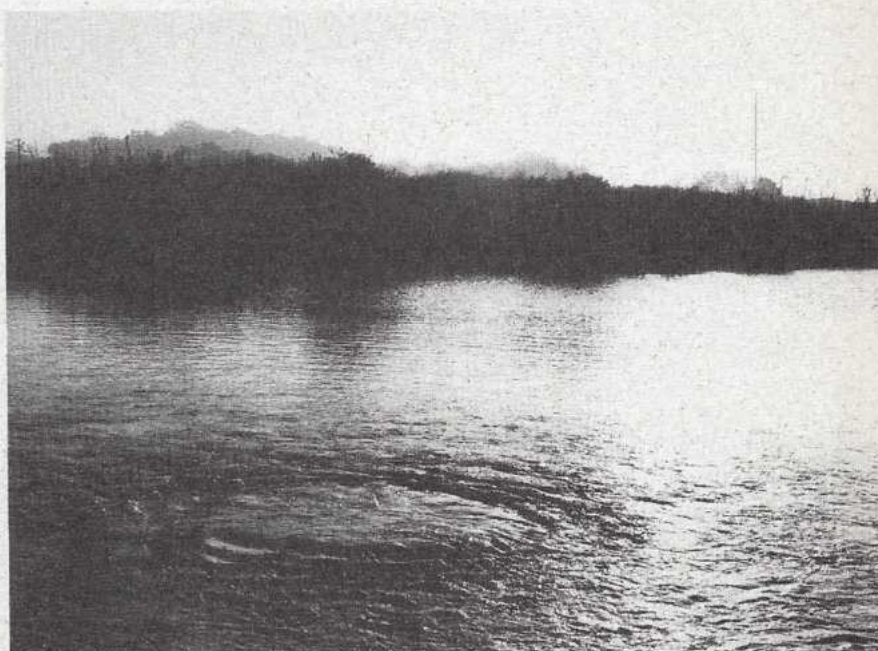
Voor een aantal stoffen, met name fosfaat, lijkt het duin zijn zuiverend vermogen te hebben opgebruikt: er lijkt verzadiging van de bodem en doorslag op te treden. Het valt te verwachten dat het duin z'n zuiverende functie ook in een aantal andere opzichten in de toekomst zal verliezen c.q. dat deze functie sterk zal afnemen. Sterke kumulatie van nutriënten in bodem en vegetatie onder invloed van kumulative belasting (b.v. in humeuze lagen en worteldelen) kan betekenen dat sterke verlaging van de momentane belasting eerst via een gericht beheer en na lange tijd in de vegetatiesamenstelling tot uitdrukking zal komen.

De sterkste aanwijzingen hiervoor bestaan voor fosfaat onder aanwezigheid van organische stof in de bodem.

Wil de voedingsstoffenbalans van het bovenste grondwater in duin-gebieden zijn oorspronkelijke

Infiltratie

Foto: S. v.d. Zwan.



karakter weer bereiken, dan zijn andere zuiveringstechnieken dan oppervlakkige infiltratie noodzakelijk. Te denken valt aan diepte-infiltratie d.m.v. persputten in het duingebied of andere goede alternatieven voor de waterwinning van West-Nederland buiten het duingebied (INTEGRAAL ONDERZOEK DRINKWATERVOORZIENING ZUID-HOLLAND, 1983).

LITERATUUR

- BAKKER, T.W.M., 1981. Nederlandse kustduinen - geohydrologie. Diss., Wageningen.
- BRINKMAN, F.J.J., 1978. Meetnet regenwaterkwantiteit. H20, 11(21):474-477.
- DIJK, H.W.J. van, 1982. Invloeden van waterwinning door duininfiltratie op de vegetatie. Rapport Vakgroep Milieubiologie, Rijksuniversiteit Leiden.
- DIJK, H.W.J. van, 1983. Nutriëntconcentraties van grond- en oppervlaktewater o.i.v. duininfiltratie. Duin 6(4).
- DIJK, H.W.J. van - & M. JANSSEN, 1980. Eutrofiëring van oevervegetaties in geïnfiltreerde duinen. Duin 3(4):11 - 20.
- DIJK, H.W.J. van - & J.A. MELTZER, 1981. Hydrobiologie van natuurlijke duinmeren: een commentaar. H20 14 (23) 564 - 567.
- DIJK, H.W.J. van, M. NOORDER-VLIET & A.J. van STRIEM, 1982. Duinwaterwinning, milieu-effecten en alternatieven. Natuur en Milieu 82(5):12 - 19.
- GROOT, W.T., 1981. Het gedrag van fosfaat bij duininfiltratie. H20 14(7):152 - 158.
- INTEGRAAL ONDERZOEK DRINKWATERVOORZIENING ZUID-HOLLAND, 1983. Eindrapport. R.I.D./P.W. Zuid-Holland.
- LEENTVAAR, P., 1963. Dune water in the Netherlands. I. Quakjeswater, Breede Water en Vogelmeer. Acta Bot. Neerl. 12: 489 - 520.
- LEENTVAAR, P., 1967. Duinmeren. II. Zwanewater, Muy, Oerd en Van Hunenplak. Biol. Jaarboek Dodonea 35: 228 - 267.
- LIPS, H.J.M., B. BULTEN & J. van PUFFELEN, 1969. Kwaliteitsverandering bij infiltratie in de duinen. Rapport van de Werkgroep Infiltratie van Rivierwater in de duinen. (WIRDU).
- LONDO, G., 1975. Infiltreren is nivelleren. De Levende Natuur 78: 74 - 79.
- OOSTERHOUD, E. van - G.C. JANZE, W.T. de GROOT & H.W.J. van DIJK, 1982. Fosfaat en duininfiltratie: een experimentele benadering. H20 15(18): 497 - 502.
- STEENKAMP, F.E.M., & W.T. de GROOT, 1979. Nutriëntbelasting van infiltratiegebieden. In: Waterwinning in de duinen - aantasting en regeneratiemogelijkheden van het abiotische milieu. Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden.
- UDO de HAES, H.A., C.A. DRIJVER & C.T.M. VERTEGAAL, 1980. Is duininfiltratie wel zo gunstig voor de vogelstand? Duin 3(1): 3 - 12.
- VERMEULEN, A.J., 1977. Emissieonderzoek met behulp van regenvangers; opzet, ervaringen, resultaten. Rapport Provinciale Waterstaat van Noord-Holland.
- WERF, S. van der-, 1974. Infiltratie: met water meer plant. In: Meijndel, duin-waterleven. Den Haag.
- WILLIS, A.J., 1963. Braunton Burrows; The effects on the vegetation of the addition of mineral nutrients to the dune soils. Journ. Ecology 51: 353 - 374.



stichtingsnieuws

NAAMSVERANDERING

Volgens de statuten was de naam van de Stichting Duinbehoud tot voor kort nog altijd "Stichting Duinbehoud en Waterwinning". Deze zomer heeft de Haagse notaris G. Verdoes Klein deze reeds lang in onbruik geraakte naam gewijzigd in "Stichting Duinbehoud".

Overigens zijn de statuten onveranderd gebleven.

BESTUURSLEDEN

Per 1 oktober 1983 bestaat het bestuur van de Stichting Duinbehoud uit de volgende personen:

dr. H.A. Udo de Haes (voorzitter) te Leiden,
ir. W.T. de Groot (vice-voorzitter en plaatsvervangend

sekretaris) te Leiden,
drs. A.H.P.M. Salman (sekretaris) te Leiden,
drs. J. van Tol (penningmeester) te Den Haag,
prof. dr. P. Sevenster
drs. G.J. de Bruijn
drs. H.W.J. van Dijk
drs. M.P.J.M. Janssen
drs. T. Hakbijl
mevr. drs. J.M. Wallage-Drees
ir. A.B. Roeloffzen
H. Wijkhuizen
G.W. Bakker
mevr. F. van Noordwijk
mevr. drs. M.H. Zijm-Bik

WERKGROEP MEIJENDEL OPGERICHT

Op 20 september jl. is de Werkgroep Meijndel opgericht als zesde commissie van de Stichting Duinbehoud. Deze

regionale werkgroep zal zich bezig gaan houden met het duingebied van Kijkduin (gem Den Haag) tot de Wassenaarse Slag.

Zij zal actie voeren tegen de vele plannen die natuur en landschap van dit gebied bedreigen: fietspaden, uitbreiding van het wandelpadennet, golfvelden, een kazerne, windmolens, bebouwing, infiltratie enzovoort.

Nora Kösters is voorzitter van de werkgroep geworden, terwijl Dienneke van Scheepen en Jan van den Ende het sekretariaat zullen verzorgen. Kees Groen is penningmeester. Het postadres van de werkgroep is hetzelfde als dat van de Stichting: postbus 11059, 2301 EB Leiden.