

Eutrofiëring van oppervlaktewater door de landbouw
in het stroomgebied van de Hupselse Beek

door

G.J. Kolenbrander en

T.A. van Dijk

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid
Haren (Gr)

Najaar 1972

Inhoud

Voorwoord	blz.
1. Inleiding	1
2. Karakter van het gebied	1
2.1 Geologisch	1
2.2 Landbouwkundig	2
3. Werkwijze	3
3.1 Bemonstering	3
3.2 Analyse	4
4. Resultaten	5
5. Samenvatting en conclusie	11
6. Literatuur	12

Voorwoord

Dit rapport is het tweede uit een reeks waarin wordt gerapporteerd over onderzoeken die zijn uitgevoerd met de gegevens die mede door de Studiegroep Hupselse Beek zijn verzameld.

Het eerste rapport behandelde het remote sensing onderzoek, terwijl in dit tweede rapport eveneens een aktueel onderwerp aan de orde wordt gesteld: de eutrofiëring van oppervlaktewater door de landbouw.

De studiegroep hoopt dat ook de resultaten van dit onderzoek mogen bijdragen tot het verkrijgen van een beter inzicht in deze moeilijke problematiek.

Gaarne vestigt de studiegroep er tenslotte nog de aandacht op dat de vele gegevens die in haar studiegebied met veel zorgvuldigheid worden verzameld, voor een ieder ter beschikking staan om als basis te dienen voor onderzoeken welke kunnen bijdragen tot een kennisvermeerdering op het gebied van de hydrologie in de meest ruime zin.

Ir. H.J. Colenbrander,
Voorzitter Studiegroep
Hupselse Beek.

Arnhem, voorjaar 1973.

1. INLEIDING

De steeds toenemende bevolkingsgroei in Nederland (1940: 9 miljoen, 1970: 13 miljoen, 2000: 17 miljoen inwoners; Statistisch Zakboek 1972) brengt met zich mee dat steeds meer oppervlaktewater nodig is voor de bereiding van drinkwater. Dit, tezamen met de stijgende behoefte aan water voor recreatie (vissen, zwemmen) en de toenomen milieubewustheid, heeft gemaakt dat de laatste jaren sterk de aandacht is gevestigd op de kwaliteit van ons grond- en oppervlaktewater. De kwaliteit van het laatste is vooral de afgelopen 20 jaren steeds slechter geworden door een toenemende vervuiling door bevolking, industrie en landbouw.

Om de bijdrage van de landbouw nader te kunnen kwantificeren werd uitgekeken naar een landbouwgebied van beperkte omvang, dat globaal aan de volgende eisen moest voldoen:

- (1) er mogen geen industrie- en bevolkingskernen in voorkomen die direkt of indirekt lozen op het oppervlaktewater;
- (2) er mag geen kwel optreden van water afkomstig van buiten het stroomgebied;
- (3) de waterafvoer moet op één punt plaatsvinden, en gemeten en bemonsterd kunnen worden;
- (4) het gebied moet landbouwkundig een bepaald karakter hebben en niet te heterogeen zijn.

De punten 2 en 3, die doorgaans veel moeilijkheden opleveren, vormen in het stroomgebied van de Hupselse Beek geen probleem, evenmin als punt 1. In droge perioden blijkt de waterafvoer van de beek praktisch tot nul te worden gereduceerd. Dit wijst er op dat het aanwezige dikke pakket klei het gebied goed "waterdicht" afsluit, zodat kwel van buiten het stroomgebied niet kan optreden. De afvoer van de beek kon bepaald worden met behulp van een meetstuw, waarbij de waterhoogte in de stuw automatisch wordt geregistreerd.

2. KARAKTER VAN HET GEBIED

2.1 Geologisch

Het stroomgebied van de Hupselse Beek is overwegend een grondmorenelandschap (De Ridder 1970). De ondergrond bestaat uit een dik

pakket Miocene klei met daaroverheen een afzetting behorende tot de formatie van Sterksel-Enschede. Deze formatie, gevormd uit sedimenten van de Rijn, bestaat over het algemeen uit grijze, matig grove en middelgrove zanden met soms fijn en grof grind. De laagdikte varieert van 0-10 m maar is over het algemeen slechts gering. Het materiaal heeft voor de landbouw weinig gunstige eigenschappen, zodat het desbetreffende gebied laat werd ontsloten. Op deze oude afzettingen komt nog een betrekkelijk dunne laag dekzanden voor met een uniforme korrelgrootte van ca. 180 μm , die werden aangevoerd met overwegend westenwinden (Pape en Ebbers 1970).

De Miocene klei komt in het zuidoostelijk deel van het gebied tot op minder dan 40 cm van de oppervlakte. Naar het noordwesten duikt deze klei weg naar grotere diepte.

2.2 Landbouwkundig

In het totale gebied van 650 ha dat afwatert via stuw 10 a zijn 62 landbouwbedrijven gelegen met 525 ha landbouwgrond. Hiervan ligt 78% in gras. In 1969 was de gemiddelde bedrijfsgrootte ca. 8,5 ha. De gemiddelde veebezetting is vermeld in tabel 1. De mestkalveren en kippen zijn hoofdzakelijk op vier bedrijven geconcentreerd.

Tabel 1. Gemiddelde veebezetting.

	Per bedrijf	Per ha
Rundvee	17 stuks gv.	2 stuks gv.
Mestvarkens	61 plaatsen	7,2 plaatsen
Mestkalveren	5 plaatsen	0,6 plaatsen
Kippen	138 plaatsen	16 plaatsen

De produktie aan plantevoedende stoffen die deze veebezetting levert, is weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Produktie aan organische mest en plantevoedende stoffen door de veestapel.

	Mest en gierprod. tôn/ha/jaar	kg / ha / jaar		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Rundvee	20	88	36	100
Mestvarkens	9	65	37	37
Mestkalveren	1,5	3	2	3
Kippen	0,5	8	11	6
Totaal	31,0	164	86	146
Equivalent met aantal rundvee-gve. van: 3,0		3,7	4,8	2,9

De varkens, kalveren en kippen worden niet gevoed met graslandprodukten, maar met krachtvoer dat van buiten wordt geïmporteerd. Dit betekent dat de bemesting van het grasland afgestemd moet worden op de grootte van de rundveestapel, die hier 2 gve/ha is. Voor een dergelijke veestapel berekende Henkens (1971) een behoefte van 45 kg P₂O₅/ha/jaar en 140 kg K₂O/ha/jaar.

Uit tabel 2 blijkt dat de voorraad kali in de mest goed in de behoeften voorziet, aangenomen dat de mest goed verdeeld zou worden over het gehele gebied. De hoeveelheid stikstof zal nog een aanvulling in de vorm van kunstmest behoeven. Maar de voorraad P₂O₅ is bijna het dubbele van de behoefte.

Op korte termijn heeft dit bij een goede verdeling van de mest over het gebied geen bezwaar te zijn, maar op de lange duur zou dit toch wel nadelen kunnen opleveren voor de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in dit gebied (De la Lande Cremer 1972).

3. WERKWIJZE

3.1 Bemonstering

Aanvankelijk werd eenmaal per week, op steeds dezelfde dag, van het water van stuw 10 a een monster getrokken door eenvoudig

een fles onder de uitstroomopening van de stuw te houden. De monsters werden, om temperatuurinvloeden tijdens het transport tegen te gaan, als spoedbestelling verzonden in geïsoleerde kistjes.

Gelijk met de bemonstering werd ook de waterafvoer van dat moment afgelezen op de automatische registratieapparatuur. Echter, na verloop van tijd bleek dat teveel cijfers werden verkregen bij lage afvoeren en te weinig bij hoge. In verband hiermee werd van de vaste dag afgestapt en aan de monsternemer verzocht de bemonstering meer te richten op dagen met hoge afvoeren om ook daarover informatie te verkrijgen.

3.2 Analyse

De volgende bepalingen werden verricht in het ongefiltreerde water.

Bepaling:	Methode:
$\text{NH}_4\text{-N}$	destillatie met MgO
$\text{NO}_3\text{-N}$	Cotte en Kahane (1946)
Cl	Chlorocounter
K_2O en Na_2O	Vlamfotometrisch
$\text{P}_2\text{O}_5\text{-totaal}$	Koken met zuur en persulfaat, daarna Murphy en Riley (1962)
$\text{P}_2\text{O}_5\text{-ortho}$	direkte bepaling volgens Murphy en Riley (1962)

4. RESULTATEN

Het water dat in stuw 10 a gemeten werd, is afkomstig van het totale gebied van 650 ha. Tabel 3 geeft een idee van de samenstelling van het water van dit gebied op basis van een ionenbalans van één monster genomen op 21 januari 1971.

Het meest in het oog springend zijn bij de kationen calcium en natrium en bij de anionen sulfaat en chloride.

Tabel 3. Ionenbalans van het water van stuw 10 a (Hupselse Beek) bemonsterd op 21 januari 1971.

	Gehalte mg/l	Kationen me	Anionen me
Cl	59,36	-	1,67
K ₂ O	20,50	0,44	-
Na ₂ O	37,50	1,21	-
NH ₄ ⁻ N	1,81	0,13	-
NO ₃ ⁻ N	11,33	-	0,81
MgO	16,52	0,82	-
CaO	65,17	2,33	-
Fe	1,88	0,07	-
PO ₄ ⁻³ -tot.	0,49	-	0,01
HCO ₃ ⁻	28,00	-	0,46
SO ₄ ⁻²	100,00	-	2,08
H ⁺	10, ⁻³ ,38	0,00	-
Totaal		5,00	5,03

Uit de figuren 1 t/m 5 blijkt dat de samenhang tussen de dagelijkse afvoer van stikstof, chloride, kalium en natrium en de dagelijkse waterafvoer van de beek vrijwel lineair is in het desbetreffende afvoertraject, met een neiging tot afvlakken bij hoge afvoersnelheden.

Alleen het totaal-fosfaat vormt een uitzondering. De oorzaak is gelegen in de toenemende hoeveelheid slib die van de beekbodem wordt opgewarrelt naarmate de afvoersnelheid van de beek groter wordt. Daarnaast is ook een toename van de runoff mogelijk, aangezien hoge afvoersnelheden meestal een gevolg zijn van intensieve of langdurige regenval.

Dit beeld van de samenhang tussen afvoer van plantevoedende stoffen en de waterafvoer van de beek is geheel in overeenstemming met de resultaten van Owens (1970) en Bernhardt et al. (1969).

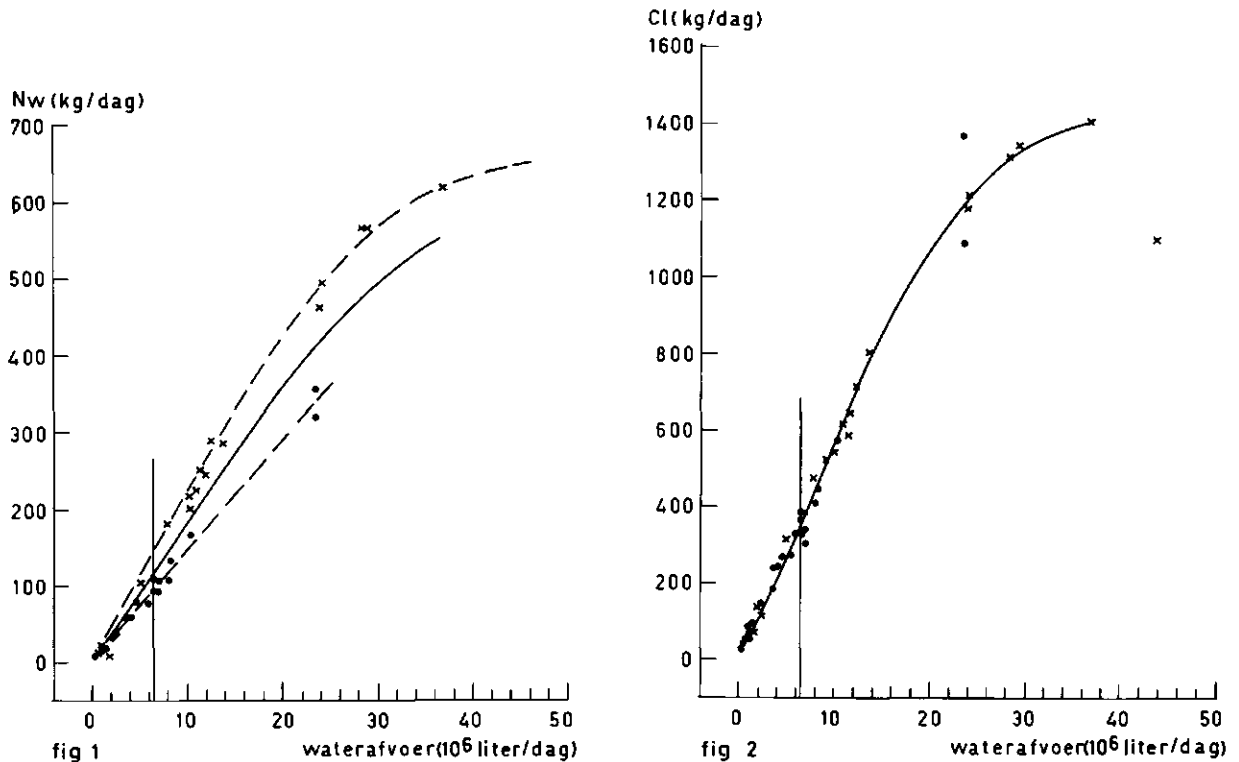


Fig. 1. Dagelijkse afvoer van opgeloste minerale stikstof in afhankelijkheid van de waterafvoer. Stuw 10 a, Hupselse Beek.

- 1971
- × 1972
- gemiddelde dagafvoer

Fig. 2. Dagelijkse afvoer van chloride in afhankelijkheid van de waterafvoer. Stuw 10 a, Hupselse Beek.

Fig. 3. Dagelijkse afvoer van kalium in afhankelijkheid van de waterafvoer. Stuw 10a, Hupselse Beek.

Fig.4. Dagelijkse afvoer van natrium in afhankelijkheid van de waterafvoer. Stuw 10 a, Hupselse Beek.

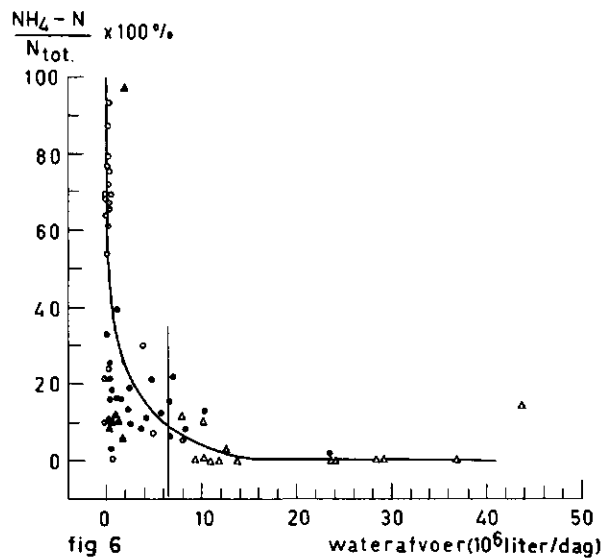
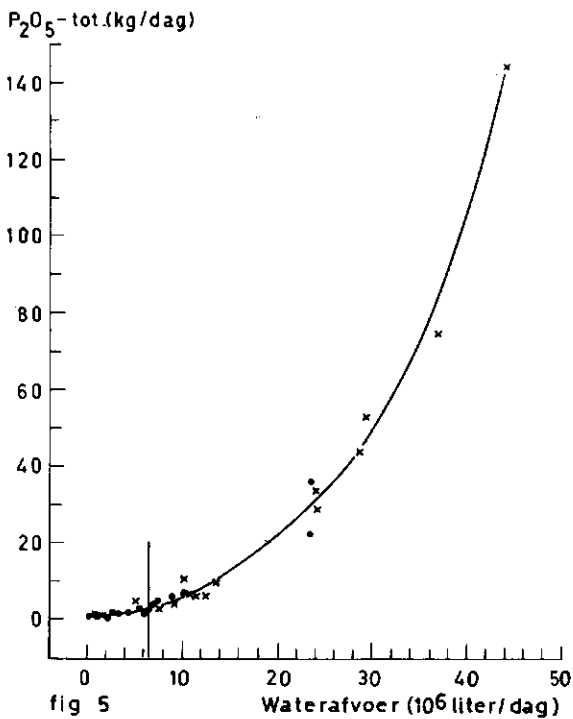
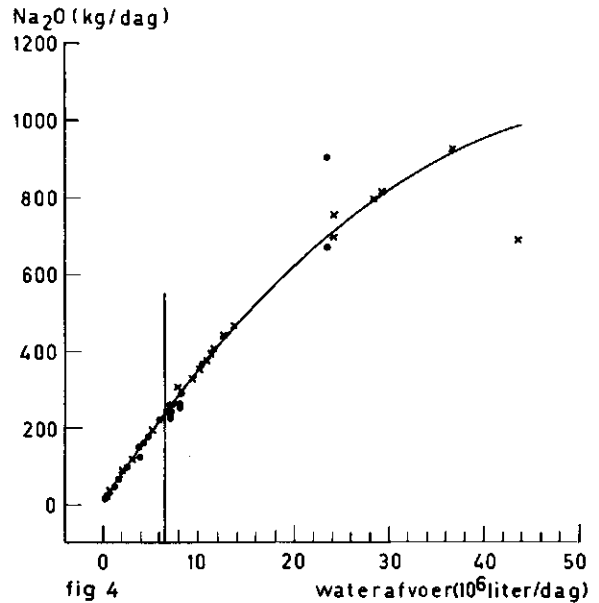
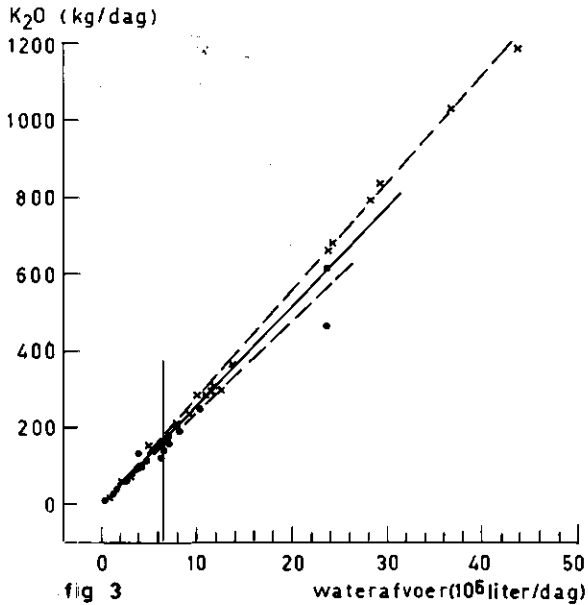


Fig.5. Dagelijkse afvoer van (totaal-)fosfaat in afhankelijkheid van de waterafvoer. Stuw 10 a, Hupselse Beek.

Fig.6. Verband tussen het percentage ammoniak in de totale afvoer van in water opgeloste stikstof en de beekwaterafvoer. Stuw 10 a, Hupselse Beek.

●○ 1971 (open is zomer) ▲▲ 1972 (open is zomer)
 ————— gemiddelde relatieve dagafvoer van NH_4 -stikstof

Bij de stikstof en de kali is er nog een jaarinvloed waar te nemen, bij de overige genoemde elementen niet. Men zou hierbij kunnen denken aan de lozing van verschillende hoeveelheden gier op de beek, maar in dat geval zou men toch ook zo'n effect verwachten bij het chloride dat in aanmerkelijke hoeveelheden in urine voorkomt.

Figuur 6 tenslotte toont hoe de hoeveelheid ammoniak, uitgedrukt in procenten van de totale hoeveelheid in water opgeloste stikstof ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$), daalt naarmate de waterafvoer van de beek toeneemt.

Deze ammoniak kan zijn oorsprong vinden in het lozen van dierlijke (en eventueel menselijke) afvalstoffen in de beek. Daarnaast is er de mogelijkheid aanwezig van runoff van mest en gronddeeltjes waaraan ammoniak geadsorbeerd is. In de grond is het gehalte aan ammoniak doorgaans laag omdat ammoniak snel geoxydeerd wordt tot nitraat. Bovendien spoelt het niet gemakkelijk uit door de sterke adsorptie aan de gronddeeltjes. Het gevolg is dat met een stijgende waterafvoer, tengevolge van veel neerslag, de uitspoeling van nitraat veel sterker toeneemt dan die van ammoniak. Hierdoor treedt er een sterk verdunningseffect op zoals uit figuur 6 blijkt.

Op grond van de figuren 1 t/m 6 zou het mogelijk zijn de verliezen per ha te berekenen wanneer de gemiddelde afvoer per dag met voldoende zekerheid bekend zou zijn. Het verkregen proefmateriaal geeft hiervoor nog een onvoldoende basis omdat niet bekend is of de verdeling van het aantal afvoertoppen in de proefperiode wel representatief is voor het gemiddelde.

Voor stuw 10 a kunnen echter gegevens ontleend worden aan Colenbrander (1970). Deze vermeldt voor het afvoergebied van de Hupselse Beek (gebied 10) jaarlijkse afvoeren over de periode 1962 - 1967. De afvoer bedroeg over deze 5 jaren gemiddeld 363 mm met een variatie van 130 mm in 1962 t/m 1963 tot 719 mm in 1965/1966. Deze gemiddelde waarde is dezelfde als die over de periode 1945 - 1960 gevonden werd voor drainwater in de lysimeter van Maschhaupt (Kolenbrander 1969).

Over een periode van 365 dagen en een oppervlakte van 650 ha is dit een gemiddelde dagafvoer van:

$$\frac{650 \times 363 \times 10^4}{365} = 6,5 \times 10^6 \text{ liter/dag}$$

Tabel 4 geeft nu de gemiddelde afvoer per dag en per ha/jaar op grond van de resultaten in de figuren 1 t/m 6 met als basis de gemiddelde dagafvoer van $6,5 \cdot 10^6$ liter.

Tabel 4. Gemiddelde afvoer van plantevoedende stoffen over stuw 10 a.

	kg/dag ^x	kg/ha/jaar ^{xx}
N, in water oplosbaar	115	64
N-NH ₄ ^{xxx}	11,5	6
Cl	350	196
K ₂ O	160	90
Na ₂ O	230	129
P ₂ O ₅ (totaal)	2,5	1,4

^x Over 650 ha

^{xx} 0,56 x de dagafvoer

^{xxx} Op grond van fig.6, ca. 10% van de totale N-afvoer.

Een deel van de hierboven berekende afvoeren komt echter op rekening van de bewoners zelf. De bewoningsdichtheid van het gebied is ca. 0,3 inwoners/ha. Uitgaande van het gemiddelde verbruik van voedingsmiddelen per persoon per dag in Nederland (Verslag over de Landbouw in Nederland 1965, tabel B58) en het fosfaatverbruik in zeepmiddelen (Kolenbrander 1971) is deze bijdrage voor 0,3 inwoner/ha geschat in tabel 5.

Tabel 5. Geschatte bijdrage van de bewoners in het stroomgebied in de afvoer.

		Bijdrage per jaar in kg	
		per inwoner	per ha
Voedsel:	N _{tot.}	4,7	1,4
	P ₂ O ₅	1,5	0,45
	K ₂ O	1,6	0,48
	Na ₂ O	1,0	0,30
	Cl	?	?
Zeepmiddelen:	P ₂ O ₅	1,75	0,53

De bijdrage van N, K₂O en Na₂O door de bewoners zelve is zo klein vergeleken met de in tabel 4 vermelde totale afvoer, dat hier een korrektie voor de bewoners achterwege kan blijven. Anders echter is het gesteld met het fosfaat. Aannemende dat de faecaliën niet via septic tanks op de beek worden geloosd, maar dat ze uit droge toiletten via de gierkelders over het land worden uitgebracht, kan de jaarlijkse direkte bijdrage in het keukenwater geschat worden op 2,0 kg P₂O₅/inwoner of op 0,6 kg P₂O₅/ha bij 0,3 inwoner/ha. De bijdrage van de landbouw aan het fosfaat in het water bedraagt dan 1,4 - 0,6 = 0,8 kg P₂O₅/ha/jaar. Deze waarde ligt iets hoger dan die van 0,65 P₂O₅/ha/jaar, gevonden in lysimeterproeven (Kolenbrander 1971) waarop geen runoff kon optreden. Hieruit zou dan als bijdrage van runoff en direkte lozing van dierlijke afvalstoffen een geschatte bijdrage van gemiddeld 0,15 kg P₂O₅/ha/jaar volgen.

Het verlies aan stikstof van 64 kg N/ha/jaar is belangrijk groter dan de 24 kg N/ha/jaar die men verwachten zou bij een graslandaandeel van ca. 78% op lysimeters (Kolenbrander 1971).

Dit verschil van 40 kg N/ha zou dan moeten worden toegeschreven aan het gebruik van grote hoeveelheden organische mest en gier, waarvan een belangrijk deel in najaar en winter zou uitspoelen.

Wanneer men aanneemt dat de 6 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ die per jaar afgevoerd wordt (tabel 4) aan de direkte lozing van gier en mestwater moet worden toegeschreven, zou er nog 34 kg N/ha als nitraatstikstof uitspoelen ofwel 18% van de in totaal toegediende organische mest.

Het is echter mogelijk dat de werkelijke direkte lozing groter is, wanneer nl. een deel van de ammoniakstikstof tot nitraat is geoxydeerd op zijn weg naar de stuw. In dat geval zal een deel van de overgebleven 34 kg N ook toegeschreven moeten worden aan directe lozing. Daarnaast blijft de mogelijkheid dat een deel het gevolg is van runoff. Het is echter onmogelijk deze hoeveelheden op deze wijze vast te stellen. De kleine hoeveelheid fosfaat die op rekening van directe lozing en runoff werd geschoven wijst er echter op, dat de lozing van vaste fosfaathoudende dierlijke afvalstoffen verwaarloosbaar gering moet zijn.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

In het 650 ha grote stroomgebied van de Hupselse Beek (gelegen ten oosten van de lijn Groenlo-Eibergen) werd gedurende twee jaren de afvoer van stikstof, fosfaat, kalium en natrium gemeten die het gebied verlaat via stuw 10 a.

In dit landbouwgebied komen geen industrie- en woonkernen voor die direkt of indirekt lozen op de Hupselse Beek. De inwonerdichtheid van de plattelandsbevolking is ca. 0,3 inw./ha.

Na korrektie voor de bewonersdichtheid werd de gemiddelde jaarlijkse afvoer uit dit gebied berekend op: 64 kg N/ha, 0,8 kg P_2O_5 /ha, 90 kg K_2O /ha, 129 kg Na_2O /ha en 196 kg Cl/ha, bij een gemiddelde waterafvoer van 363 mm/jaar.

Het is bijzonder moeilijk vast te stellen welk deel van deze verliezen ontstaan door direkte lozing van dierlijke afvalstoffen, runoff en uitspoeling. Een ruwe schatting zou erop kunnen wijzen dat ca. 0,15 kg P_2O_5 /ha/jaar door runoff en direkte lozing wordt bijgedragen. Voor de stikstof wordt de direkte lozing op grond van de hoeveelheid ammoniak geschat op tenminste 6 kg N/ha/jaar of 4% van de totale N-produktie in de organische mest, terwijl ca. 18% hiervan door uitspoeling verloren zou gaan.

6. LITERATUUR

- Bernhardt, H., W. Such und A. Wilhelmus. Untersuchungen über die Nährstofffrachten aus vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten mit ländlicher Besiedlung.
München. Beitr. Abwasser-Fisch. Flussbiol. 16(1969) 60-118.
- Colenbrander, H.J. Analyse van afvoergegevens.
2e Interimrapport. Werkgroep I Comm. Bestudering Waterbehoefte Gelderse Landbouw Gronden (1970) 121-147.
- Cotte, J. et E. Kahane. Sur une nouvelle méthode de réduction pour le dosage des nitrates.
Bull. Soc. Chim. France (1946) 542-544.
- Henkens, Ch.H. Bemesting en de kwaliteit van het oppervlaktewater.
Stikstof no.6 (1971) 360-371.
- Kolenbrander, G.J. Nitrate content and nitrogen loss in drainwater.
Neth. J. Agr. Sci. 17 (1969) 246-255.
- Kolenbrander, G.J. De eutrofiëring van oppervlaktewater door de landbouw en de stedelijke bevolking.
Stikstof no.6 (1971) 384-395.
- Lande Cremer, L.C.N. de la. Gebruik de drijfmest, maar misbruik hem niet.
Bedrijfsontwikkeling 3 (1972) 523-526.
- Murphy, J. and J.P. Riley. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.
Anal. Chim. Acta 27 (1962) 31-36.
- Owens, M. Nutrient balances in rivers.
Wat. Treat. Exam. 19 (1970) 239-252.
- Pape, J.C. en G. Ebbers. De bodemgesteldheid van het stroomgebied van de Leerinkbeek.
2e Interimrapport Werkgroep I Comm. Bestudering Waterbehoefte Gelderse Landbouwgronden (1970) 73-88.

Ridder, N.A. de Hydrogeologie van het stroomgebied van de
Leerinkbeek.

2e Interimrapport Werkgroep I Commissie Bestudering Water-
behoefte Gelderse Landbouwgronden (1970) 58-72.

Statistisch Zakboek 1972.

Centraal Bureau voor de Statistiek, 's Gravenhage.

Verslag over de Landbouw in Nederland 1965.

Ministerie Landbouw en Visserij, 's Gravenhage (1967).

Naschrift

De Commissie van Bijstand inzake Stikstofonderzoek TNO wordt
gaarne dank gezegd voor de steun die zij verleende.