

Vannforurensning fra dyrket mark.

Av forsøksleder *Gotfred Uhlen*

Godtfred Uhlen er forsøksleder ved Institutt for jordkultur ved Norges landbrukshøgskole. Han er sivilagronom fra Norges landbrukshøgskole i 1949.

Etter foredrag i Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene
26. mai 1971 på NLH, Ås.

Næringsstoffer fra dyrket mark kan komme ut i vassdragene ad forskjellige veier. De kan føres bort på jordoverflaten med overflatevann og med jordpartikler (jorderosjon). Videre kan de transporteres med sigevann og grøftevann som har passert tynnere eller tykkere jordlag på veien til resipienten.

Det er først og fremst nitrogen og fosfor som er i søkelyset når det gjelder forurensning av vann ved eutrofiering. En skal derfor begrense omtalen til disse to næringsstoffene selv om en ikke bør se helt bort fra virkning av andre, som f.eks. enkelte mikronæringsstoffer. Dessuten kan en ha direkte forurensning av organisk stoff fra dyrket jord om forholdene er slik at husdyrgjødsel og planterester skylles ut i elver og bekker.

En vurdering av forurensningsfaren på grunn av gjødsling i jordbruket vil alltid være meget vanskelig. Ved hjelp av lysimeterforsøk, kjemiske analyser av grøftevann m.m. har en fått visse holdepunkter for å bedømme faren for eutrofiering med grøftevann og sigevann. Når det gjelder bortføring med overflatevann er det derimot meget vanskelig å skaffe tilveie brukbare data, ikke minst på grunn av de store variasjoner i værforhold, jord- og terrengforhold og i dyrkningspraksis. Sann-

synligvis er det avrenning langs overflaten, ved sterke regnskyll og snøsmelting, som representerer den største fare for forurensning av vassdragene fra dyrket mark.

En eventuell forurensning ved gjødsling må vurderes på bakgrunn av de ikke påvirkbare tilførsler. Som en følge av de naturlige prosesser i jordsmonnet, forvitrering og av tilførsler fra atmosfæren, har eutrofiering med gjengroing av vann foregått til alle tider.

Nitrogenhusholdningen.

Figur 1 er et forsøk på å fremstille nitrogenets kretsløp i atmosfæren — jord — vann — planter.

Nitrogen tilføres med handelsgjødsel og husdyrgjødsel. Handelsgjødselmengdene øker fra år til år og er nå oppe i ca. 80 mill. kg N pr. år her i landet (ca. 8 kg N pr. dekar jordbruksareal i middel). Den totale tilførsel av N i husdyrgjødsel kan kanskje anslås til 50—60 mill. kg N i året, husdyrgjødsel som faller i beitetida medregnet. Selv om N-mengdene i husdyrgjødsel er litt mindre enn tilførselen i handelsgjødsel, representerer nok husdyrgjødsel fortsatt en adskillig større forurensningsfare i vassdragene enn handelsgjødsel. Dette er fordi husdyrgjødsel brukes mindre kontrollert, i relativt store mengder pr. gjødsling og også til årstider da faren for tap til omgivelsene er store.

Tilførsel av nyttbare N-forbindelser i

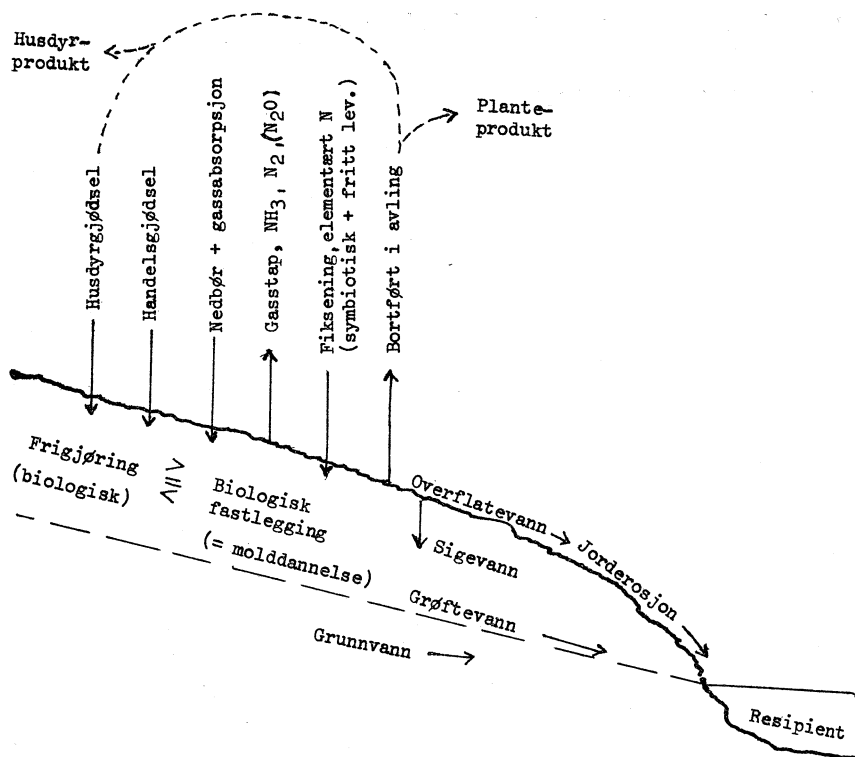


Fig. 1. Nitrogenets kretsløp.

nedbørvann og ved direkte gassabsorpsjon i jord betyr generelt lite for jordbruksvekstenes næringsforsyning. I middel for 1955—62 utgjorde tilførselen i nedbøren på Ås ca. 0,3 kg N pr. daa/år, halvparten som NH_3 -N og halvparten som NO_3 -N (10). Eriksson (5) har inkludert gassabsorpsjonen i sine beregninger og oppgir at den totale tilførsel varierer fra 0,5 kg pr. dekar N i Nord-Norge til 2 kg på Sør-Vestlandet. Dersom vi som et eksempel regner med at Norges totale areal mottar 0,5 kg N pr. dekar og år fra atmosfæren, vil den samlede tilførsel svare til en mengde ca. dobbelt så stor som vårt

forbruk av N i handelsgjødsel. Tilførselen av N-forbindelser fra atmosfæren har økt i den seinere tid (12). Når det gjelder årsakene til økingen kan det være grunn til å minne om at i følge en amerikansk utredning fra 1965 skal bilene være ansvarlig for 50 % av all luftforurensning med N-oksyder i USA (dannet ved fotokjemiske reaksjoner i eksos). Bilenes andel ble her anslått til 6 mill. tonn N-oksyder for året 1965. Samme år ble det brukt 5,5 mill. tonn rent N i handelsgjødsel i USA. Undersøkelser i urbaniserte og industrialiserte områder i Europa (ref. i 9) har vist årlige tilførsler av N i ned-

børen opp til 10 ganger større enn for den refererte norske undersøkelsen.

Nyttbare N-forbindelser tilføres jordsmonnet også ved biologisk binding av elementært nitrogen. Hos enkelte planteslag, særlig av belgplantefamilien, foregår dette ved at den N-bindende organisme lever på røttene i symbiose med vertsplanten. Dette forholdet har stor betydning i planteproduksjonen. Ved denne prosessen kan bindes store N-mengder, som foruten å dekke vertsplantenes totale behov, også kan gi ettervirkninger i seinere år.

I tillegg til den symbiotiske N-binding har en å gjøre med en biologisk fastlegging av elementært N hos en rekke frittlevende organismer. Av disse er kanskje Azotobakter best kjent. I Sovjetunionen er Azotobakter tillagt vekt også i jordbruket, men det ser likevel ut til at det er relativt små mengder N som kan tilføres pr. dekar dyrket jord ved denne mekanismen. I global sammenheng betyr imidlertid den biologiske binding av elementært nitrogen svært mye. Slik binding foregår også hos en rekke blågrønne alger i vann og rismarker. Som en illustrasjon kan nevnes at i følge en beregning referert av Garman (6) skulle hele 80 mill. tonn N bli biologisk bundet på jordkloden hvert år, mens den fabrikkmessige framstilling av N-gjødsel bare har rukkit å komme opp i vel 20 mill. tonn*.

Endelig vil store mengder lett tilgjengelig og lett transportabelt N komme inn i

* C. C. Delwiche har anslått den biologiske binding til 54 mill. tonn N pr. år, derav 14 mill. i belgplanter. The Biosphere, 1970. W. H. Freeman and Co. San Francisco.

kretsløpet ved biologisk frigjøring av N fra humusreservene i jorda. Det er ikke uvanlig å regne med at 1—2% av jordas totale N-innhold blir frigjort hvert år. Bare for den dyrkede jorda vil dette bety en N-mengde av samme størrelsesorden som den vi tilfører i handelsgjødsel pr. år. Frigjøringen av N fra jordsmonnet utenom jordbruksarealene er vanskelig å beregne, men det er vel sannsynlig at denne naturlige frigjøring bidrar med mye større N-mengder til elver og sjøer enn det som kan føres tilbake til gjødsling i jordbruket. I Sverige er f.eks. utvaskingen av N fra ikke dyrket mark (skogområder) anslått til 10 ganger det tilsvarende utvaskings-tap fra dyrket mark (2). Samtidig med denne frigjøringen av N skjer det en biologisk fastlegging av N. Dersom fastleggingen av mikroorganismer og i plantester er større enn frigjøringen, har vi en positiv humusbalanse, jordas moldinnhold øker. Omvendt kan vi ha en tæring på moldemnene, og dermed større fare for utvaskingstap, ved ensidig åpenåkerdrift og særlig fra jord uten plantevekst.

Den mengde N som føres bort med avlingene er vanskelig å beregne eksakt, da avlingsstatistikken er mangelfull og variasjonen i kjemisk innhold i avling er stor. Det er imidlertid klart at bortførselen med avlingene er mindre enn tilførselen med handelsgjødsel og husdyrgjødsel. Dersom N-innholdet i jorda og moldinnholdet ikke endrer seg, må det foregå større eller mindre tap fra systemet. Tapene kan dels skje i gassform. Best kjent er ammoniakktap fra husdyrgjødsel. Slike tap kan også foregå fra jorda, og fra ammoniumholdige handelsgjødselslag, særlig ved høy pH. Tap i gassform ved såkalt denitrifikasjon skjer ved omdannelse av nitrat til elementært nitrogen, eventuelt N_2O , og foregår særlig

ved visse mikroorganismers virksomhet. En kan ikke si noe bestemt om omfanget av denitrifikasjonen i dyrket mark her i landet. I følge en litteraturoversikt av Kundler (8) skal tap av N som ammoniakk og ved denitrifikasjon representere større N-mengder enn de som vaskes ut. Ammoniakk tapt til atmosfæren kan i neste omgang komme tilbake med nedbøren.

Forøvrig er det selvsagt bortvaskingen av næringsstoffer som er av størst interesse fra et forurensningssynspunkt. Som nevnt vet vi lite om de mengder som føres bort på overflaten og ved jorderosjon.

Forhold som påvirker utvasking av nitrat.

a) Den første betingelse for utvasking av nitrat er en nedadgående vanntransport, et overskudd av vann. Slike forhold har vi ofte her i landet høst og vinter om jorda er telefri. Etter at jorda er tørket opp om våren og veksten er kommet i gang, vil forbruket gjerne være større enn tilførselene.

Under Østlandsforhold er derfor utvasking av næringsstoffer i veksttida ikke vanlig.

Den mengde nitrat som vaskes ut pr. dekar øker gjerne med nedbørmengden og grøftevannmengden (7), men likevel ikke proporsjonalt. Teoretisk skulle en vente at bare et lite overskudd av vann over jordens feltkapasitet skulle være nødvendig for å vaske ut nitratene. NO_3 -ionet er ikke gjenstand for binding i jorda. Tvert imot vil det på grunn av sin negative elektriske ladning frastøtes fra jordpartiklenes overflate, da disse har overskudd av negative ladninger.

b) Når det vanligvis ikke er så lett å vaske ut nitraten fra jorda, henger det nok dels sammen med at poresystemet ikke er så enkelt. Dreneringsvannet vil gjerne følge de største kanaler og sprekker, og vil kunne passere uten å komme i ionebytte og oppløselighetslikevekt med de berørte jordsjikt.

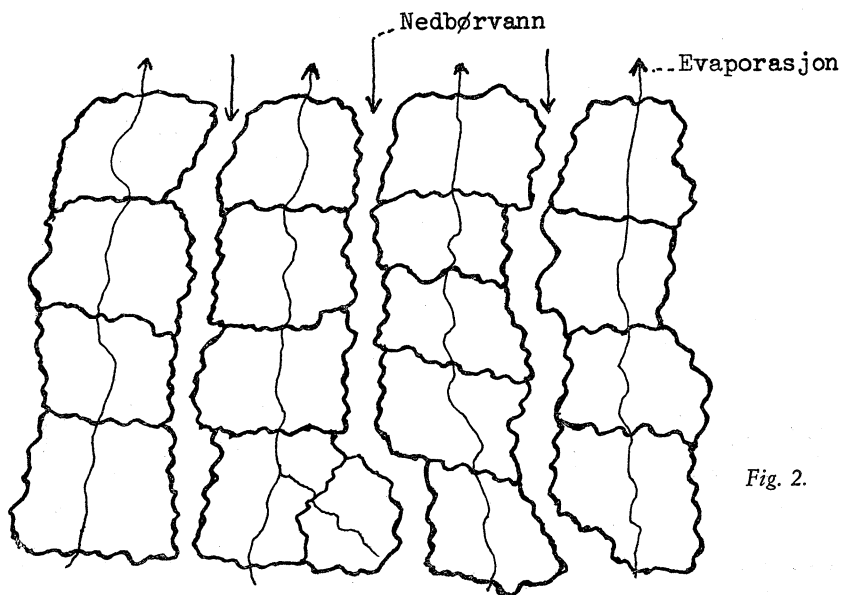


Fig. 2.

Idealisert diagram av tofaset poresystem.

Både danske (3) og nederlandske forsøk (ref. i 7) har vist liten utvasking av nitrat på stiv leirjord. Det kan være flere årsaker til dette. Figur 2 er et forsøk på forklaring. I leirjord har en et flerfaset poresystem på grunn av aggregering av enkeltpartiklene. Etter tørke dannes dessuten lett spreker. Meitemarkganger tjener også som dreneringskanaler. Etter hvert som jorda tørker opp, vil det være en viss vannbevegelse oppover og inn i de minste porer (kapillærkrefter). Her kan de oppløste stoffer i noen grad være beskyttet mot rask utvasking. Nitrat i sigevann kan også bli redusert til elementært N, denitrifikasjon, på vegen ned til grøftesystemet (11). Forutsetningen er oksygenmangel og for biologisk denitrifikasjon dessuten tilgang på omsettbare karbohydrater.

- c) Faren for utvasking er størst på jord uten plantevekst. I Nederland regner en ikke med at det skjer nevneverdig tap fra grasbevolet jord. Kolenbrander (7) oppgir 1—2 mg nitrat pr. l grøftevann fra grasarealer ved vanlig gjødsling. I danske lysimeterforsøk (4), fant en store mengder nitrat i avløpsvannet fra celler med sterkt redusert plantedecke av gras.
- d) På steder og under forhold der det kommer vann i grøftene må en regne med at utvasking av nitrat øker med gjødselstyrken. De fleste forsøk viser at utnyttingsgraden, dvs. opptatt N i plantene av det tilførte, avtar med stigende gjødselmengder. For å holde tapet av planteneringsstoffer fra dyrket mark under kontroll, er det svært viktig at gjødselstyrken avpasses etter

det plantene kan nytte. Som oftest er nok dette også privatøkonomisk riktig.

- e) Resultater av lysimeterforsøk og grøftevannanalyser. I lysimetrene blir gjerne utvaskingen noe mer effektiv enn ute i marka, ikke minst på grunn av den kortere veg fra innblandingssjikt til avløp.

Lysimeterforsøk Ås 1938—43 (15).

Jordart. Moldholdig skjor leirjord med noe mer sand i de dypere lag.

- I. Uten gjødsling
 II. 6 tonn husdyrgjødsel/daa gitt første året
 V. Handelsgjødsel, (5,9 kg N, 1 kg P og 4,7 kg K pr. da/år)

kg/da/år i avløpsvann i årene 1938—43:

	Tot-N	P	K	Ca
I.	1,9	0,007	4,6	7,8
II.	2,3	0,008	4,9	7,7
V.	2,2	0,007	4,5	8,4

De utvaskede mengder N og P i denne undersøkelsen er av samme størrelsesorden som det er funnet i mange lysimeterforsøk i andre land. (15), (7). Utvaskingstapet av N har ikke økt særlig mye på grunn av gjødsling.

I en omfattende undersøkelse av grøftevann fra jordbruksområder i hele Sverige (385 prøver) fant Wiklander (14) i middel 4,1 mg N, 4,8 mg K 44,9 mg Ca og 0,024 mg P pr. liter. Forutsatt 200 mm dreneringsvann svarer dette til mindre enn 1 kg N og K pr. dekar og år og ca. 5 g P. I middel var utvaskingen av N og K omtrent av samme størrelsesorden som tilførselene fra atmosfæren pr. arealenh. Middelinholdet sier selvsagt ikke alt, og

det ble funnet svært høgt nitratinnehold i grøftevann fra enkelte steder i Syd-Sverige, noe som sees i sammenheng med overdosering av N-gjødsel.

Fosforhusholdningen

er noe enklere enn nitrogenomsetningen. Vanligvis bør en kunne se bort fra ekstra tilførsler fra og tap til atmosfæren, selv om det finnes eksempler på relativt betydelige mengder P i nedbøren (9).

Her i landet tilføres bortimot 25 mill. kg P i handelsgjødsel pr. år og ca. halvparten så mye i husdyrgjødsel.

Også for fosfor har en å gjøre med frigjøring og binding i jorda, her både rent kjemisk og biologisk. Det spesielle ved fosfor er fosfationenes sterke binding i jorda. Tilført gjødsel fosfor vil umiddel-

bart felles kjemisk som Ca-, Al- eller Fe-fosfat, eller bindes til Fe og Al kolloider, og vil forsvinne fra veskefasen. På vanlig mineraljord kan en derfor, selv ved sterk overskuddsgjødsling av fosfor, se bort fra utvaskingstap. Vanligvis er det nødvendig å praktisere en overskuddsgjødsling med fosfor. På grunn av den sterke binding vil plantene bare nytte 10—20 % av det tilførte gjødsel fosfor på kort sikt. Resten blir tilbake og er med på å øke det totale fosforinnhold i den dyrkede jorda.

Rein myrjord med lite innhold av jern og aluminium, kan imidlertid oppføre seg annerledes enn mineraljord. I slik myrjord kan fosforet i stor grad være i vannløselig form, særlig om det ikke kalkes (13). En bør særlig være oppmerksom på dette forholdet ved skogsgjødsling, og om en vil nytte myr som infiltrasjonsområde for avløpsvann f.eks. fra hytteområder.

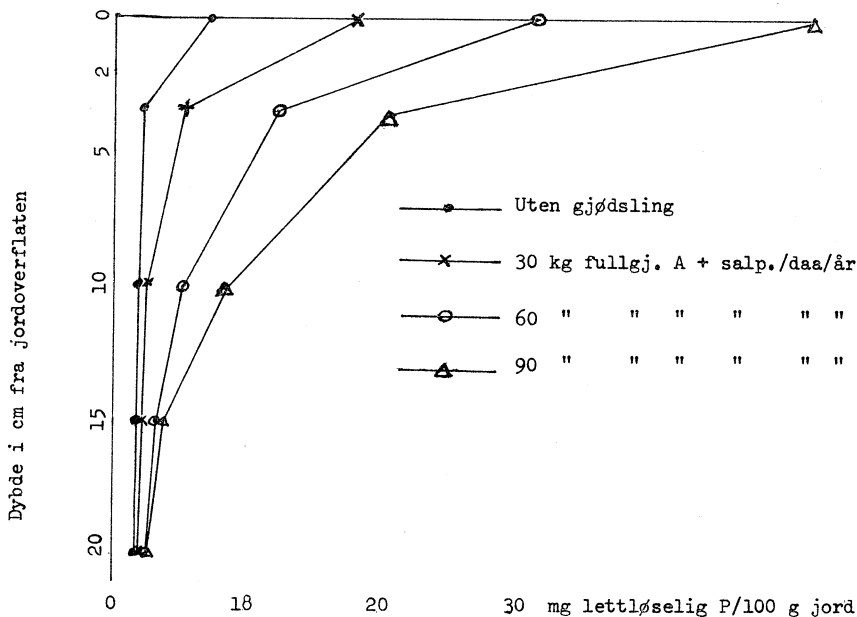


Fig. 3. P-innhold i jorda etter 11 års gjødsling (på overflaten) til eng.

Som nevnt viser lysimeter- og grøftevannsundersøkelser praktisk talt ingen P-utvasking fra mineraljord. Det kan nevnes at P-innholdet i grøfte- og lysimetervann ofte er av samme størrelsesorden som den oppgitte terskelverdi for underhold av algevekst i vann, (0,02 mg P/l).

Et eksempel fra forsøksvirksomheten tas med for å vise gjødselstoffets skjebne i jorda. Kurvene i figur 3 viser innhold av såkalt lettløselig P (ikke totalinnhold) i forskjellig dybde under jordoverflaten etter forskjellig gjødsling i 11 år.

Vi ser at P-innholdet er meget stort i de øverste cm der det er gjødslet sterkt, men bare 10—15 cm ned i profilet er ikke P-innholdet særlig større ved sterk årlig gjødsling enn helt uten gjødsling. Hele den tilførte mengde P i handelsgjødsel som plantene ikke har tatt opp, er med andre ord blitt bundet i de øverste cm, og har ikke beveget seg særlig mye nedover i jorda i løpet av en 10 årsperiode.

Vanlig mineraljord virker praktisk talt som et filter for oppløselige fosfater. Forurensning av vann med fosfor fra gjødsling i jordbruket er derfor vesentlig et spørsmål om bortskylling på overflaten av husdyrgjødsel, planterester og ved jorderosjon. I USA er vanlig jorderosjon tillagt den dominerende rolle for transport av fosfater fra dyrket mark. Omfanget av jorderosjon er ikke undersøkt i Norge. Vi

har jo ikke hatt problemer med erosjonsødeleggelser av slike dimensjoner som i USA, men det er nok likevel eksempler på betydelig jorderosjon også her i landet, spesielt der det praktiseres ensidig åpenåkerdrift.

Husdyrgjødsel blir ofte spredd til årstider da den ikke kan nedmoldes. I mange distrikter er spredning på eng eneste mulighet. Næringsstoffene i husdyrgjødsel spredd høst eller vinter kan få svært varierende skjebne alt etter snø og teleforhold, terreng og husdyrgjødselas beskaffenhet.

Ved Institutt for jordkultur er utført omfattende undersøkelser av virkningen av vinterspredd husdyrgjødsel sammenlignet med spredning om våren (16). Alle forsøk var imidlertid utført på flat mark, slik at noen borttransport av gjødsel ikke har funnet sted fra disse forsøksrutene. Husdyrgjødsel ble kjørt ut og spredd i januar, som oftest på et tynt snølag. Sammenstillingen viser tap av noen næringsstoffer i den vintersprede gjødsel, beregnet under den forutsetning at tørrstoffmengden ikke er forandret etter utkjøring. Dette er bare tilnærmet riktig, men på grunnlag av parallelle undersøkelser i gjødselhauger, kan en likevel gå ut fra at det må ha skjedd ubetydelig omsetning og dermed tørrstofftap i den gjødsel som lå ute.

Innhold i og tap fra vinterspredd husdyrgjødsel.

Middel 8 forsøk i 1950—58.

Innhold, prosent av tørrstoff:

	<i>Tot-N</i>	<i>NH₄-N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Cl</i>
Ved utkjøring, januar/februar	2,35	0,64	0,60	1,98	0,73
Ved våronn, mai	1,61	0,05	0,54	0,51	0,21
Beregnet tap i prosent	31	92	10	74	71

Mens f.eks. $\frac{3}{4}$ av K og Cl-mengdene er vasket ut, ser vi at fosforet i stor grad er blitt holdt på plass i gjødsla som lå utover. En må også ta med i vurderingen at næringsstoffer som er vasket ut av den vinterspredd gjødsel ikke nødvendigvis er skyllet bort fra åkeren. Kalium- og særlig fosfationer som kommer i berøring med jord, er sannsynligvis i stor grad blitt absorbert i det øverste jordlag.

Videre ser vi at alt ammoniumnitrogen i den vinterspredd husdyrgjødsel er forsvunnet. Dette skyldes nok særlig gass-tap av NH_3 ved uttørring av gjødsla. Største delen av nitrogenet i fast husdyrgjødsel er i ikke vannløselig organiske forbindelser. Denne delen kan først utsettes for tap til omgivelsene etter en langvarig biologisk nedbrytning i jorda (til ammonium og nitrat).

Den refererte undersøkelsen synes å tyde på at fosfor i husdyrgjødsel som tilføres på overflaten i liten grad forurenser bekker og vann dersom ikke gjødselpartiklene skylles avgårde med overflatevann under flom og snøsmelting. Dette siste vil nok uten tvil kunne forekomme i bakket terreng særlig om gjødsla er spredd på et snø- eller islag. Husdyrgjødsel spredd på eng vår, sommer og høst vil sannsynligvis henge noe bedre fast i grasstubb og plantedecke.

Forholdsregler.

Det burde være mulig å holde forurensningene av vassdragene på grunn av gjødsling med handelsgjødsel på et rimelig nivå. Forutsetningen er at det ikke brukes urimelige store N-mengder og at gjødsling skjer til riktig årstid. Nitrogengjødsel må

ikke brukes om høsten etter at det er slutt på plantenes næringsopptak. Dette gjelder hele landet.

Fosforgjødsel bør heller ikke spres ut på snø eller frossen mark. Høstgjødsling med fosfor på tien mark, før eller etter høstpløying, skulle derimot være forsvarlig, også ut fra et forurensningssynspunkt.

Det er vanskelig å gardere seg helt mot utvasking av nitrat om det kommer store regnmengder umiddelbart etter gjødsling på jord uten plantedecke. Når veksten er kommet i gang, er som nevnt faren mye mindre. Et godt dekke av gras reduserer utvaskingen av alle næringsstoffer.

Husdyrgjødsel representerer et mye større forurensningsproblem enn handelsgjødsel. Det er klart at jordbruket, som enhver annen bedrift, må bære utgiftene til en forsvarlig disponering av sine avfallsstoffer. Når alle faktorer tas med, er det vel heller ikke så dårlig økonomi å nytte ut husdyrgjødsel i planteproduksjonen.

I forslaget til retningslinjer for bruk av husdyrgjødsel i den svenske loven om miljøvård er tatt med et forbud mot å spre husdyrgjødsel på tele og snødekt mark så sant dette medfører risiko for forurensning (1). Dette bør jo kunne etterleves også hos oss. I Sverige går en også tatt inn for at husdyrgjødsel skal nedmoldes, og det frarås bruk av bløtgjødsel på eng og beite av sanitære grunner.

Som nevnt har vi i store deler av Norge små muligheter for å dyrke annet enn gras. I slike tilfelle vil husdyrgjødselmengdene bli store i forhold til arealet, og det er vanskelig å unngå å bruke husdyrgjødsel på eng. Omløying av den mangeårige

enga, og dyrking av ettårige førvekster med få års mellomrom kan tenkes å være et alternativ for å få husdyrgjødsla blandet inn i jorda. På den annen side vil en i slike åpenåkerår kunne risikere større forurensninger av vassdragene enn ved å bevare den gamle enga intakt. En vil for det første kunne få ekstra stor nitrat-

produksjon på grunn av den bedre lufttilgang, og større fare for utvasking til tider uten plantevekst, vår og etter innhøsting. Endelig vil faren for jorderosjon i bakket terreng i regnrikt klima bli betraktelig økt om en veksler med åker og eng sammenlignet med varig eng.

LITTERATURLISTE:

1. *Berglund, S.*: Miljøvårdslagen och jordbruket. Lantmannen 20, 1969, s. 7—9.
2. *Brink, N.*: Transportvägar för växtnäring och toxiska substanser i eko-systemet jord — gröda — djur. Grundförbättring 22, 1969, s. 33—41.
3. *Dam Kofoed, A. og V. Kjellerup*: Nedvasking av kvælstoffforbindelser i jord. Tidskr. for planteavl. 73, 1970, s. 659—676.
4. *Dam Kofoed, A. og J. Lindbard*: Mineralstoffbortførsel fra græsdekket jord i lysimetre. Tidskr. for planteavl 72, 1968, s« 417—437.
5. *Eriksson, E.*: Tilføring av stoffer til jordsmonnet. Luftburna næringsämner. Nord. Jordbr. Forskn. Kongr. 1960, Suppl. 1. s. 67—68.
6. *Garman, W. H.*: Agricultural nutrient budget. Soil Sci. Soc. Am. Sp. publ. No. 4, 1970, s. 61—74.
7. *Kolenbrander, G. J.*: Nitrate content and nitrogen losses in drainwater. Neth. J. agric. Sci. 17, 1969, s. 246—255.
8. *Kundler, P.*: Ausnützung, Festlegung und Verluste von Düngemittelstickstoff. Albr. Thaer Arch. 14, 1970, s. 191—210.
9. *Low, A. J and E. R. Armitage*: The composition of leachate through cropped and uncropped soil in lysimeters compared with that of rain. Plant and Soil 1970, 33, s. 393—411.
10. *Låg, J.*: Tilføring av plantenæringsstoffer med nedbøren i Norge. Forskn. fors. i landbr. 14, 1963, s. 553—563.
11. *Meek, B. D., L. B. Grass and J. Mac Kenzie*. Applied nitrogen in relation to oxygen status of the soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33, 1969, s. 575—78.
12. *Oden, S.*: Regionala aspekter på miljöstörningar. NJF's miljöforskn. sem. 1970, s. 90—109.
13. *Sorteberg, A.*: Noen sider ved fosfortilstanden i lite humifisert kvitmosetorv ved ulik kalking. Medd. f. D. n. myrselskap nr. 5, 1966.
14. *Wiklander, L.*: Utlaking av næringsemnen. 1. Halten i dråneringsvatten. Grundförbättring. Ärg. 23, 1970, s. 117—141.
15. *Ødelien, M. og T. Vidme*: Lysimeterforsøk på Ås 1938—43. Meld. NLH 1945, s. 273—362.
16. *Ødelien, M.*: Spredning av husdyrgjødsel om vinteren. Tidskr. f. d. norske landbr. 6, 1959, s. 159—177.