

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo

SJÄLVRENING AV LAKVATTEN FRÅN KOMPOST PÅ SAND OCH MO

Nils Brink

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER FRÅN SKOGSMARK

Nils Brink

UTLAKNING AV KVÄVE FRÅN AGROEKOSYSTEM

Nils Brink

YTVATTEN, GRUNDVATTEN OCH VATTENFÖRSÖRJNINGEN

Ekohydrologi 5

Uppsala 1979

Avdelningen för vattenvård

Swedish University of Agricultural Sciences
Division of Water Management

ISSN 0347-9307

ISBN 91-576-0327-8

FÖRORD

I detta nummer av Ekohydrologi behandlas i fyra uppsatser ur olika synvinklar frågan om ämnestransport till yt- och grundvatten från skog, åker, bebyggelse och avfallsupplag. Tre av uppsatserna har eller kommer att publiceras annorstädes.

Sveriges lantbruksuniversitet, Forskningsnämnden vid statens naturvårdsverk och Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne har stått för kostnaderna.

1979-10-08

INNEHÅLL

Fryk, G. & Heinemo, S.-Å. 1979. Självrening av lakvatten från kompost på sand och mo. <i>SNV PM 1098</i> , 1-15.	1
Brink, N. 1979. Växtnäringsförluster från skogsmark. <i>Ekohydrologi nr 5</i> , 17-28.	17
Brink, N. 1979. Utlakning av kväve från agroekosystem. Processer i kvävetets kretslopp. <i>SNV PM 1213</i> .	29
Brink, N. 1979. Ytvatten, grundvatten och vattenförsörjningen. <i>Rapport från vattenvårdskonferens. Fyrisåns vattenvårdsförbund</i> , 19-23.	35

SNV PM 1098

Forskningsnämnden
Kontraktsnr 7-155/74-77

SJÄLVRENING AV LAKVATTEN FRÅN KOMPOST PÅ SAND OCH MO

Self-purification of leachate from compost on sand and fine sand

Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo

Avdelningen för vattenvård
Sveriges lantbruksuniversitet
750 07 UPPSALA

Telefon
018/10 20 00

INNEHÅLL

Abstract	
INLEDNING	5
MÅL OCH METOD	5
MATERIAL OCH METODER	5
Kompost	5
Markmaterial	6
Kolonner	6
Utrustning, provtagning och analysmetoder	8
RESULTAT	8
Nederbörd och avrinning	8
Lakvattnets sammansättning	9
SAMMANFATTNING OCH DISKUSSION	14
LITTERATURFÖRTECKNING	14

1 Utförande institution/Rapportutgivare
Avdelningen för vattenvård
Sveriges lantbruksuniversitet
750 07 UPPSALA 7 Tel. 018/10 20 00

PROJEKTBESKRIVNING 2 REF
 TITELBLAD-RAPPORTER
3 Datum 4 Arendebeteckning (Diarienum)
1979-08-27

PR

5	6	7 MI projektnr		
8 Projekt	9 MI rapportnr			
<input type="checkbox"/> 1 Uppläggning	<input type="checkbox"/> 2 Komplettering	<input type="checkbox"/> 3 Avslutat		
10	11 Kontraktnr 7-155/76, 77, 78	12 Startår 1976	13 Slutår 1978	14 MI projektnr (i förekommande fall) 26 1282
15 Finansierande organ Forskningsnämnden vid Statens naturvårdsverk				
16 Projektbeskrivning/Rapportens titel och undertitel Självrening av lakvatten från kompost på sand och mo				
17 Projektledare/Författare Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo				
18 Sammandrag (ange gärna målsättning, metod, teknik, resultat m m) I anslutning till ett större projekt (Laxåprojektet) om kompostering av husnållsopor och avloppsslam har reningsförmågan hos olika markmaterial studerats. Undersökningen har utförts i kolonnskala med sandjord och mojord. I två serier har mängden kompost och markmaterial varierats. Avrinningen var mycket hög och uppgick för kolonner med enbart kompost till 82-86% av nederbörden. Föroreningsmängden var betydligt större från en serie med 0,5 m kompost än från en med 1,0 m kompost. Största föroreningskällan var kväve där nitratet dominerade. Halterna i avrinnande vatten minskade i stort med stigande markdjup. Ett undantag utgjorde kvävet som ökade med djupet och uppvisade ett negativt samband med järn. Vid tillgång på organiskt material har under reducerande förhållanden en stor kvävereduktion skett i ett nitrat-rikt lakvatten. Adsorptionen i sanden var totalt sett mindre än i mo. Läckaget av materia beror av nederbörden. Likväl lakades varje år i allmänhet inte mer än bråkdelar av procent ur komposten. Det hela är alltså frågan om en mycket långsiktig process. Ur praktisk synpunkt är ingen av de ovan nämnda jordtyperna lämplig som markmaterial vid avfallsdeponier, men mo är att föredra framför sand. Vid val av upplagsplats bör djupet från markytan till grundvattennivån vara så stort som möjligt dvs. platsen bör vara torr. Ett högt upplag är att föredra framför ett lågt.				
				19 Sammandraget skrivet av
20 Förslag till nyckelord Y, kompost, utlakning, kväve, fosfor, tungmetaller				
21 Klassifikationssystem och klass				
22 Indexterm (ange kalla)				
23 Övriga bibliografiska uppgifter Statens naturvårdsverk PM 1098 (1979)			24 ISSN	25 ISBN 91-7590-017-3
26 Hemligt <input checked="" type="checkbox"/> Nej <input type="checkbox"/> Ja jämlikt	paragraf 5 sekretesslagen	27 Språk Sv/Eng	28 Antal sidor 15	29 Pris
30 Projektbeskrivning/Rapporten beställs hos Statens naturvårdsverk Fack, 171 20 SOLNA Tel. 08/98 13 20				

Self-purification of leachate from compost on sand and fine sand

Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo

Abstract

The self-purification capacity of different soils was examined in connection with a larger project (the Laxå project) concerned with the composting of household refuse and sewage sludge. The investigation was carried out in columns of sand and fine sand, in two series with variation in the quantities of compost and soil.

The quantity of leachate was very high and amounted to 82-86% of the precipitation for columns with compost only. The proportion of pollutants was considerable higher from columns with 0,5 m compost than from those with 1,0 m compost. Nitrogen, mostly as nitrate, was the most prominent.

The content of pollutants in runoff water decreased with increasing soil depth. Nitrogen was an exception. It increased with depth and showed a negative correlation with iron. In nitrate rich leachates, under reducing conditions, strong nitrogen reduction occurred in the presence of organic matter.

Adsorption was on the whole less in the sand than in the fine sand.

The loss of material is dependent on precipitation. Nevertheless, no more than a fraction of 1% is leached from the compost each year as a rule. Consequently, it is a very long term process.

From a practical point of view neither of the two soils are very effective but fine sand is preferable to sand. When choosing a storage area, depth to groundwater should be as great as possible i.e. the site should be dry. In addition the depth of the compost heap should be as great as possible.

SJÄLVRENING AV LAKVATTEN FRÅN KOMPOST PÅ SAND OCH MO

Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo

INLEDNING

Vid framställning av kompost ur kommunalt avfall läggs komposten i upplag. Antingen detta sker i tillfälliga eller slutliga upplag finns en uppenbar risk för störningar på ytvatten och grundvatten genom läckage av lakvatten. Graden av påverkan på grundvattnet är bl.a. beroende av reningsförmågan hos det markmaterial på vilket komposten är lagd.

Ett flertal försök i kolonnskala har gjorts där reningsförmågan hos olika markmaterial vid lakvattenpåverkan har studerats (Ham 1975; Farquhar & Rovers 1976; Fuller & Korte 1976; Roulier 1976; Griffin et al. 1976, 1977). I dessa undersökningar har lakvattnet producerats utanför kolonnen och därefter tillförts denna under varierande betingelser. I inget fall har lakvattnet producerats av avfall eller kompost som legat direkt på markmaterialet.

I anslutning till Heinemo & Brinks (1978) undersökning i Laxå utfördes en serie kolonnförsök där markmaterialets betydelse för rening av lakvatten från ovanliggande kompost studerades.

MÅL OCH METOD

Denna undersökning skall ge svar på frågan om mängd och sammansättning av lakvatten från upplag av slam-sopkompost på olika markmaterial och om reningsförmågan hos dessa markmaterial.

Två olika markmaterial har använts, nämligen sandjord och mojord. I två kolonnserier med varierande mängd av kompost och av de två jordtyperna mättes och analyserades avrinnande vatten. Nederbörd och snödjup registrerades.

Försöket pågick från september 1976 till maj 1978.

MATERIAL OCH METODER

Kompost

Komposten har producerats under 1975 i en komposteringsreaktor och därefter slutmognats i strängar. Utgångsmaterialet var hushållsavfall som

malts i en hammarkvarn med rosteravståndet 60 mm och som därefter blandats med slam.

Kompostmassans sammansättning framgår av följande sammanställning (värden i TS g/ton).

Analys	Kompost	Prov	Analys	Kompost	Prov
Aska	495 000	3	Fe	71 600	6
Tot-C	440 000	3	Zn	2 700	6
Tot-N	16 000	3	Cu	2 300	6
Tot-P	5 000	3	Pb	1 100	6
TS (%)	71	3	Cd	11	6
pH	7,2	3	Hg	3	6

Markmaterial

Sandjorden har hämtats från området intill Brostugan och mojorden från området vid Joristorp båda i Laxå (cf. Heinemo & Brink 1978). Markmateriallets mekaniska sammansättning framgår av fig. 1.

Kolonner

Kolonnerna har konstruerats av Laxåprojektets ledare Gunnar Hovsenius och har tvärsnittsmåtten 1x1 m samt höjderna 1 m och 3 m (fig. 2). De har byggts med dubbla väggar av spånplattor, isolerats med mineralull och försetts med plastfolie på insidan som skydd mot fukt. Ett vind- och snöskydd har uppsatts längs lysimetrarnas överkant. I botten har uppsamlingssträttar av epoxylackerat stål placerats och från dessa leds avrinnande vatten via PVC-slangar till mätrummet.

Två serier om tretton kolonner har iordningställts med 0,5 m respektive 1,0 m kompost (fig. 3). Komposten fuktades till 43% innan kolonnerna fylldes. Även markmaterialet uppfuktades. Detta för att korta ned väntetiden innan avrinningen skulle börja.

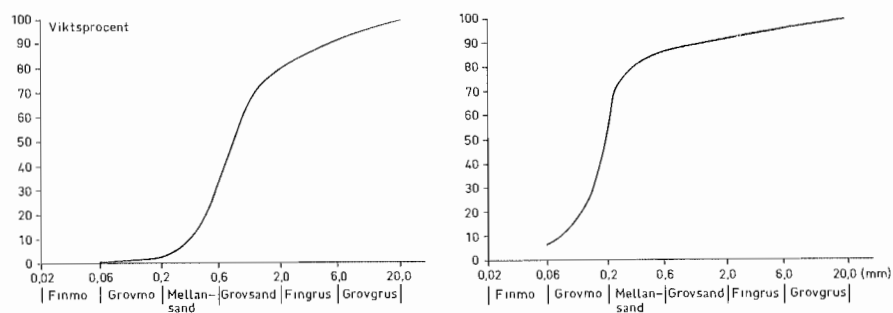


Fig. 1. Siktkurva för sandjorden (vänster) och mojorden (höger). Particle size distribution of the sand (left) and the fine sand (right).

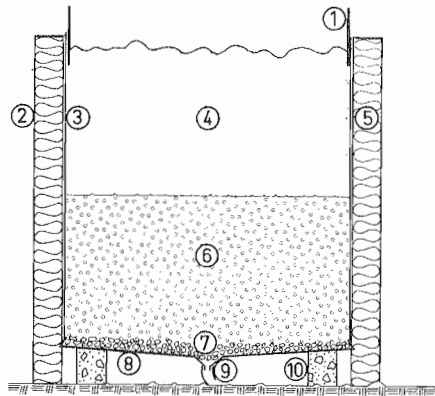


Fig. 2. Kolonn *column*. 1, snö- och vindskydd *snow- and wind shield*; 2, vägg av spånplatta *wall of chip board*; 3, plastfilm *plastic sheeting*; 4 kompost *compost*; 5, mineralull *mineral wool*; 6, markmaterial *soil*; 7, makadam *macadam*; 8, ståltratt *steel funnel*; 9, PVC-slang *PVC-tube*; 10, betongfundament *concrete base*.

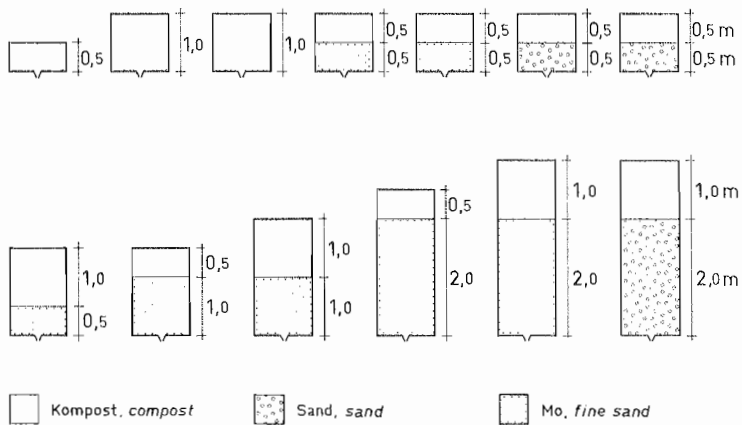


Fig. 3. Kolonnserier med sopkompost på två markmaterial. *Columns with compost on two soils*.

Utrustning, provtagning och analysmetoder

Nederbörds- och avrinningsmätare och analysmetoder överensstämde med Heinemo & Brinks (1978) beskrivning.

För provtagningen gällde följande. Proven för kemisk analys samlades i tre olika polyetenflaskor, nämligen en för analys av nitrat, totalkväve, totalfosfor och permanganattal, en för nitrit, ammonium, fosfat, pH och konduktivitet och en för tungmetallbestämning. Det första provet konserverades med 1,25 M H_2SO_4 (4 ml/l) och det andra med kloroform (1 ml/l). Provet för tungmetallbestämning inlämnades okonserverat till avdelningen för marklära vid Sveriges lantbruksuniversitet, där det behandlades inom 24 timmar.

RESULTAT

Nederbörd och avrinning

Nederbörden vid kolonnerna framgår av fig. 4. Den totala nederbörden under försöksperioden var 1226 mm, med fördelningen 745 mm första året och 481 mm det andra.

Avrinningen från kolonnerna framgår också av fig. 4. Två av de tretton kolonnerna har haft så låg avrinning att läckage tydligen ägt rum. Dessa två har därför inte medtagits i resultatredovisningen. Eftersom kompost och markmaterial uppfuktades till fältkapacitet innan försöket startades och försöket avslutades vid jämvikt kan avdunstningen beräknas som skillnaden mellan nederbörd och avrinning.

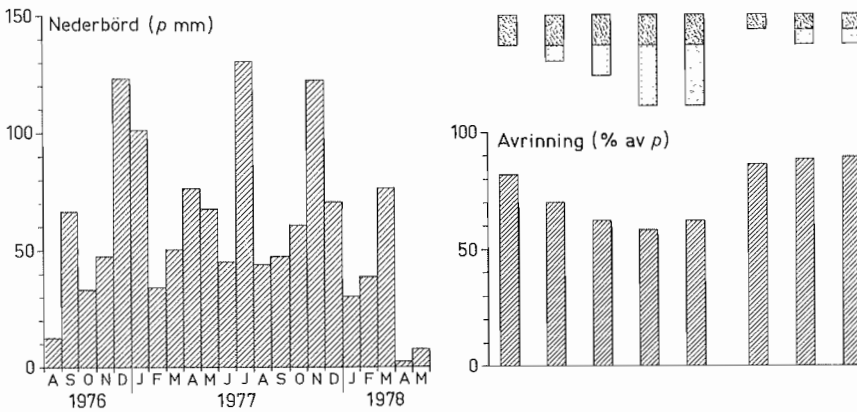


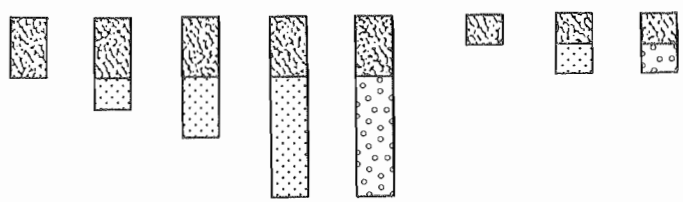
Fig. 4. Nederbörd vid kolonnerna och avrinning i % av total nederbörd under försöksperioden (p). Precipitation at the column site and runoff as % of total precipitation during experimental time (p).

Avrinningen minskade med ökad mängd markmaterial i moserien med 1,0 m kompost. Förklaringen kan vara ökad inre yta för avdunstning.

I serien med 0,5 m kompost har markmaterialet inte påverkat avrinningen, vilket möjligen kan förklaras med att den ovan nämnda avdunstningseffekten blir marginell då den totala mängden material i kolonnen är så liten som i detta fall.

Avdunstningen från kolonner med enbart kompost var 14-18%, vilket var lågt i jämförelse med de 32% som Heinemo & Brink (1978) uppger från upplag av kompost på betongplatta. Persson & Rylander (1977) anger 54% avdunstning och Ham & Karnauskas (1974) anger 75% avdunstning från upplag av malt avfall. Den mycket låga avdunstningen beror med stor sannolikhet på liten avdunstningsyta samt det snö- och vindskydd som omgärdar kolonnernas överkant.

Tabell 1. Det avrinnande vattnets sammansättning. *Composition of runoff water. Mean values weighed against run-off.*



Tot-N (mg/l)	62	23	53	70	45	35	42	26
Tot-P (mg/l)	2,1	0,21	0,04	0,04	0,20	1,6	0,32	0,80
KMnO ₄ (mg/l)	1950	550	190	40	250	1300	720	630
Kond. (µS/cm)	6700	5000	7400	4000	4900	3500	2900	2200
Tot-Fe (mg/l)	6,0	9,9	4,5	0,84	0,50	4,8	6,8	3,2
Tot-Zn (mg/l)	1,8	0,42	0,52	0,27	0,33	1,1	0,30	0,37
Tot-Cu (mg/l)	0,78	0,23	0,05	0,05	0,83	0,84	0,19	0,45
Tot-Pb (mg/l)	0,10	0,026	0,037	0,008	0,012	0,12	0,024	0,045
Tot-Cd (mg/l)	0,0030	0,0008	0,0006	0,0010	0,0014	0,0023	0,0006	0,0017

Lakvattnets sammansättning

Allmänt. De i tabell 1 redovisade värdena för lakvattnets sammansättning är medeltal vägda mot avrinningen vid provtagningstillfället.

Kväve. Av kvävefraktionerna i lakvattnet från alla kolonner dominerade nitraten följt av det organiskt bundna kvävet (fig. 5). Gemensamt var också att nitrathalten avtog under de första månaderna för att sedan anta ett relativt konstant värde (fig. 6). Detta kan tas som ett tecken på att kompostmassan ur omsättningssynpunkt stabiliserades.

I serien med 1,0 m kompost på mo avtog i stort det organiska kvävet i avrinnande vatten med stigande djup (fig. 5). Detsamma gällde permanganattalet vilket indikerar adsorption av organisk substans i markmaterialet. Nitratet däremot ökade med stigande djup. Detta beror troligen på att en del av kvävet avgått i gasform genom reduktion av nitrat. Förekomsten av löst järn tyder på reducerande förhållanden och denna avtog med djupet i samma takt som nitratet ökade.

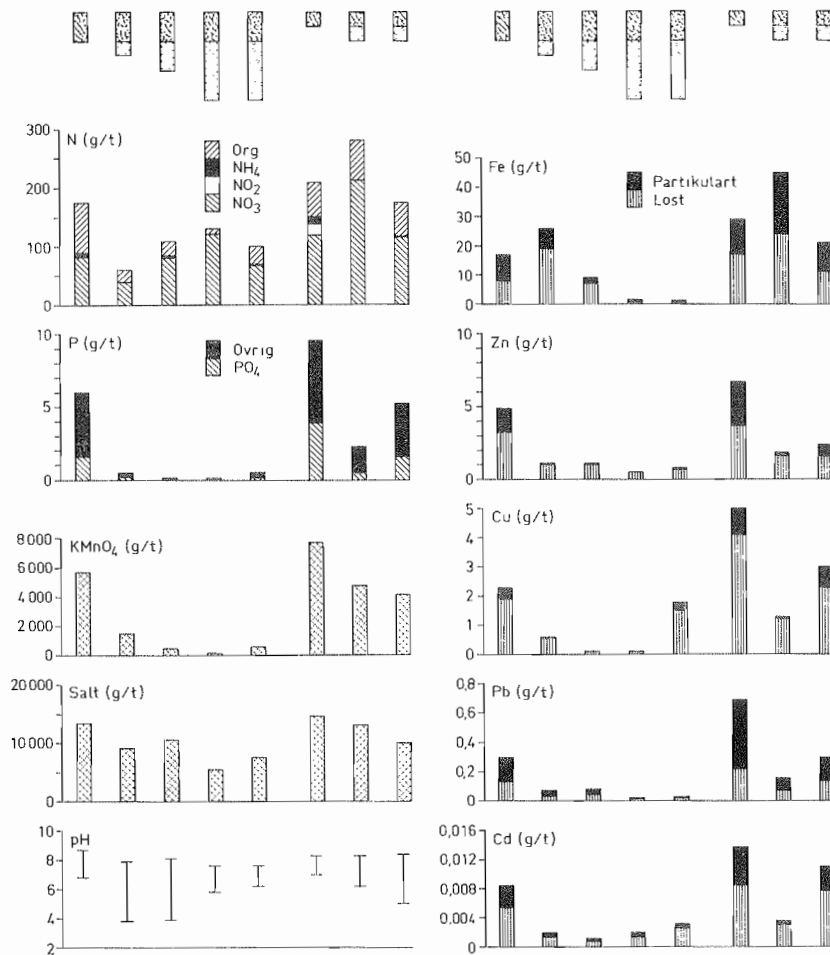


Fig. 5. Utlakad mängd substans ur kolonnerna. *Quantity of leached substance from columns in grams per tons of dry matter.*

I serien med 0,5 m kompost på mo förekom inte reducerande förhållanden i samma omfattning. Nitratutlakningen ökade därför beroende på nitrifiering av organiskt material. Även i övrigt skiljde sig 0,5 m serien från 1,0 m serien. Exempelvis var nitrithalten betydande i vattnet från kolonnen med enbart kompost. Troligen rör det sig om mycket snabba förlopp på grund av de små mängderna material i dessa kolonner.

I kolonnerna med sand uppvisades ingen nämnvärd kväveomsättning-aktivitet. Organiskt kväve minskar dock med djupet beroende på adsorption i markmaterialet.

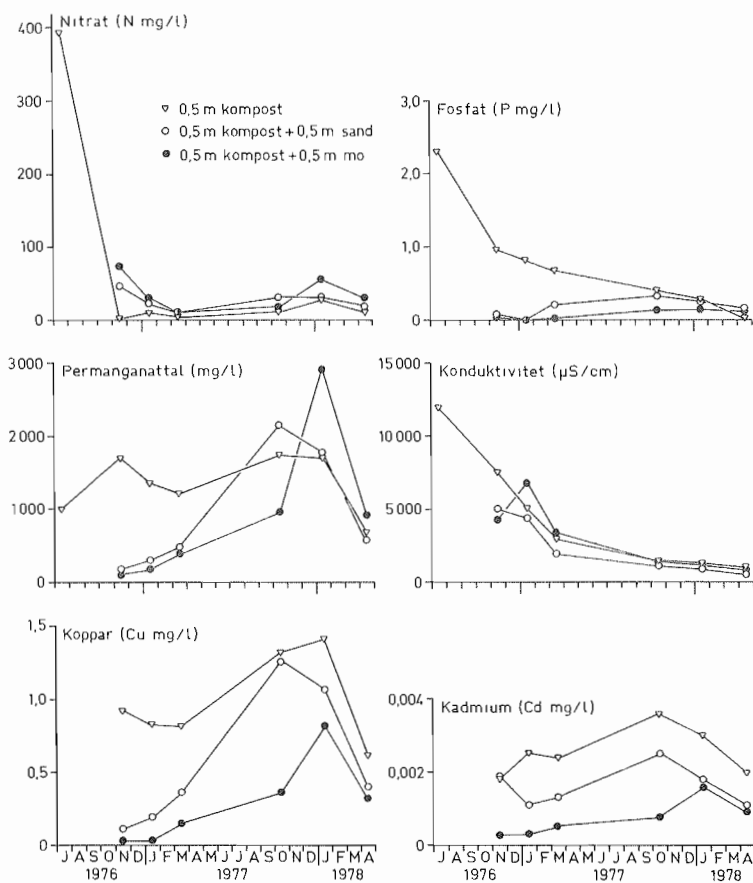


Fig. 6. Nitrat, fosfat, permanganattal, konduktivitet, koppar och kadmium i avrinnande vatten från tre kolonner. Nitrate, phosphate, permanganate value, conductivity, copper and cadmium from three columns.

En fördubbling av komposthöjden från 0,5 m till 1,0 m gav inte en fördubblad nitratkoncentration utan ökningen skedde med en faktor mindre än 2 (tabell 1). Den mängd nitrat som utlakas per viktenhet kompost blir därmed mindre för den högre kompostpelaren. Detta gäller inte bara nitraten utan samtliga undersökta parametrar varför slutsatsen kan dras att höga upplag ur utlakningssynpunkt är bättre än låga.

Fosfor. I lakvattnet dominerade övrig fosfor dvs. organisk och partikelbunden fosfor (fig. 5). Andelen löst fosfor översteg aldrig 25% från någon kolonn.

I serien med 1,0 m kompost på mo adsorberades fosfor mycket kraftigt (>90%). Huvuddelen fastlades i det översta markskiktet. Även i serien med 0,5 m kompost var adsorptionen kraftig om än något mindre än ovan. Genomgående adsorberades fosfor som väntat betydligt kraftigare av mo än av sand.

Fosfathalten i vattnet från kolonnerna med enbart kompost avtog med tiden i likhet med nitrathalten (fig. 6). I vattnet från kolonnerna med markmaterial skedde däremot en långsam ökning av fosfathalten under det första året. Denna ökning avstannade under det andra året. Förloppet är naturligt och kan förklaras dels med att markmaterialet adsorberar fosfat till mättnad och dels med att fosfathalten i ingående lakvatten från den ovanliggande komposten hela tiden sjunker.

Permanganattal. I båda serierna avtog permanganattalet i avrinnande vatten med stigande djup (fig. 5 och tabell 1). Orsaken är att permanganatförbrukande substans fastnar i markmaterialet. Adsorptionen var kraftigare under 1,0 m kompost än under 0,5 m kompost.

Någon större skillnad i adsorptionsförmåga mellan mo och sand kunde inte iakttagas. Då markpelaren var 2 m adsorberade båda typerna drygt 90% av lakvattnets innehåll av permanganatförbrukande substans.

Permanganattalet i avrinnande vatten från alla kolonner uppvisade en kraftig uppgång omkring årsskiftet 77/78 i samband med ökad nederbörd (fig. 6). Någon väsentlig biologisk nedbrytning av det adsorberade materialet kan man tydligen inte räkna med i det långa loppet.

Halten övrig fosfor samt tungmetallhalten följde i stort permanganattalet vilket innebär att organiska ämnen kan ha varit bärsbstans inte bara för fosfor utan även för tungmetaller (fig. 6).

Utlakningen från kolonnerna med enbart kompost var under försöksperiodens två år 6 respektive 8 kg per ton vilket är i nivå med vad Heinemo & Brink (1978) anger från upplag av kompost på betongplatta.

Konduktivitet. Gemensamt för alla kolonner var att lakvattnets konduktivitet avtog med tiden och följde därmed i stort nitratet (fig. 6). Något entydigt samband mellan konduktivitet och nitrathalt förelåg emellertid inte (cf. Heinemo & Brink 1978).

Varken typ eller mängd av markmaterial under komposten påverkade det avrinnande vattnets konduktivitet nämnvärt och följaktligen inte heller dess salthalt (tabell 1 och fig. 5).

pH-värdet. Eftersom pH i avrinnande vatten liksom i kompostmassan i allmänhet låg på den alkaliska sidan kan läckaget av tungmetaller väntas ske långsamt.

Tungmetaller. Av ursprungsinnehållet av tungmetaller i kompostmassan utlakades betydligt mer från kolonner med 0,5 m kompost än från sådana med 1,0 m kompost (fig. 5). Utlakningen rör sig i båda fallen endast om bråkdelar av ursprungsinnehållet. Från exempelvis kolonner med 2,0 m markmaterial var den bara några tusendels procent. Metallernas rörlighet kan därigenom jämföras med fosfor.

Halterna i avrinnande vatten från jämförbara kolonner i de båda serierna uppvisar ingen större skillnad (tabell 1).

Gemensamt för alla kolonner var att Zn, Cu och Cd mest förekom i löst form och att Pb och Fe förekom i lika delar löst och partikulär form. I kolonner utan markmaterial var därför inte oväntat ordningen mellan metallernas rörlighet $Zn > Cu > Cd > Pb > Fe$.

I kolonner där markmaterialet utgjordes av mo adsorberades alla metaller kraftigt (75%), med undantag av Fe, i det översta marklagret oberoende av höjden på ovanliggande kompost. Med 2,0 m mo var adsorptionen för Cu, Zn och Pb 90-95% medan ingen ytterligare adsorption av Cd kunde iakttagas (fig. 5).

I de korta pelarna adsorberade sandmaterialet som väntat betydligt mindre än momaterialet. I de längre pelarna var denna skillnad inte lika tydlig vilket troligen beror på att materialet ännu inte mättats.

Fe uppvisade för kolonner med 0,5 m mo ett avvikande beteende. Halten järn i vattnet från dessa var under stor del av försökstiden högre än i vattnet från motsvarande kolonner med enbart kompost. Detta beror på Fe-utlakning genom reduktion av oxiderade former i marken till reducerad löslig form.

SAMMANFATTNING OCH DISKUSSION

I anslutning till ett större projekt (Laxåprojektet) om kompostering av hushållssopor och avloppsslam har reningsförmågan hos olika markmaterial studerats. Undersökningen har utförts i kolonnskala med sandjord och mojord. I två serier har mängden kompost och markmaterial varierats.

Avrinningen var mycket hög och uppgick för kolonner med enbart kompost till 82-86% av nederbörden. Föroreningsmängden var betydligt större från en serie med 0,5 m kompost än från en med 1,0 m kompost. Största föroreningskällan var kväve där nitratet dominerade.

Halterna i avrinnande vatten minskade i stort med stigande markdjup. Ett undantag utgjorde kvävet som ökade med djupet och uppvisade ett negativt samband med järn. Vid tillgång på organiskt material har under reducerande förhållanden en stor kvävereduktion skett i ett nitratrikt lakvatten.

Adsorptionen i sanden var totalt sett mindre än i mon.

Läckaget av materia beror av nederbörden. Likväl lakades varje år i allmänhet inte mer än bråkdelar av procent ur komposten. Det hela är alltså frågan om en mycket långsiktig process.

Ur praktisk synpunkt är ingen av de ovan nämnda jordtyperna lämplig som markmaterial vid avfallsdeponier, men mo är att föredra framför sand. Vid val av upplagsplats bör djupet från markytan till grundvattennivån vara så stort som möjligt dvs. platsen bör vara torr. Ett högt upplag är att föredra framför ett lågt.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Farquhar, G.J. & Rovers, F.A. 1976. Leachate attenuation in undisturbed and remoulded soils. *Proc. Res. Symp.* Rutgers University, New Brunswick. EPA -600/9, 54-70.
- Fuller, W.H. & Korte, N. 1976. Attenuation mechanisms of pollutants through soils. *Proc. Res. Symp.* Rutgers University, New Brunswick. EPA -600/9, 111-122.
- Griffin, R.A. et al. 1976. Attenuation of pollutants in municipal landfill leachate by clay minerals: Part 1-Column leaching and field verification. *Environ. Geol. Notes No. 78.*
- Griffin, R.A. et al. 1977. Attenuation of pollutants in municipal landfill leachate by clay minerals: Part 2-Heavy-metal adsorption. *Environ. Geol. Notes No. 79.*
- Ham, R.K. & Karnauskas, R. 1974. Leachate Production from milled and Unprocessed Refuse. *ISWA Inf. Bull. No. 14/15*, 3-15.

- Ham, R.K. 1975. The Generation, Movement And Attenuation of Leachates From Solid Waste Land Disposal Sites. *Waste Age*, 50-51, 58-59, 111-112.
- Heinemo, S.Å. & Brink, N. 1978. Utläkning ur kompost av sopor och slam. *Rapport från statens naturvårdsverk SNV PM 1095*.
- Persson, B.L. & Rylander, H. 1977. Recirkulation av lakvatten vid avfallsdeponering. *Bull. Ser. VA nr 15*. Lunds Tekniska Högskola.
- Roulier, M.H. 1976. Research on contaminant movement in soils. Presented NATO/CCMS Meeting on Landfill Research, London, October 1975. US. EPA.
- Seman, P.O. 1977. Avfallsforskning i USA - rapport från en studieresa. Inst. för kulturteknik, KTH. Rapport serie B Nr 02-1977.

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER FRÅN SKOGSMARK

Losses of Nutrients from Forests

Nils Brink

Abstract. The losses of plant nutrients were determined in two areas of conifer forest, a small in Södermanland and a large in Hälsingland. An alder swamp with *Alnus glutinosa* increased the value for the Södermanland forest by up to 100%. The following averages were obtained on pure woodland, and can be correlated with Ahl & Odén's results (1975) for the whole country (values in kg/(ha·yr)):

	NO ₃ -N	Org.N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P	K
Södermanland	0.5	1.5	2.1	0.02	0.08	1.8
Hälsingland	0.1	0.7	0.9	0.02	0.03	1.2
Sweden	0.3	1.0	1.3	0.02	0.06	-

The local variations are manifestly great. Nevertheless the question is whether or not large areas yield unduly low values because of loss to the air or the bottom sediment during the long transport to lake or sea. The measurements should be made near the source.

INLEDNING

Materialtransporten från skog har hittills i Sverige vanligen beräknats för relativt stora arealer. Nödvändiga värden på avrinningen har ofta hämtats från områden med blandad markanvändning. När andelen skog är nära 100% blir felet små. Osäkerheten ökar givetvis med avtagande andel. Litteratursammanställningar finns hos Brink & Gustafson 1970, Ahl & Odén 1975, Wiklander 1979.

Föreliggande rapport gäller dels ett litet skogsområde i Södermanland med en enkom byggd avrinningsstation och ett relativt stort område i Hälsingland.

UNDERSÖKNINGSOMRÅDEN

Däntersta

Undersökningen som påbörjades 1976 utförs i trakten av Ekenäs 15 km söder om Flen. Skogspartiet tillhör Däntersta gård och ligger på landremsan mellan Vadsbrosjön, Långhalsen och Lillsjön (fig. 1). Berggrunden består huvudsakligen av gnejser. De lösa jordlagren består av morän och lera (fig. 2).

Skogspartiet ligger delvis på en plåtå och delvis på en sluttning mot nordväst. Den största nivåskillnaden är 20-25 m. I nedre delen av avrinningsområdet finns ett alkärr (*Alnus glutinosa*).

Nedom kärret finns en ca 20 år gammal granplantering, där tidigare var betesmark (Däntersta kohage). Huvudbeståndet utgörs av gammal barrskog. Kring kärrets östra och södra kant finns ett kalhygge med begynnande återväxt.

Hela området är 31,0 ha varav alkärret upptar 0,60 ha, granplanteringen ca 5 ha och kalhygget ca 4 ha.

I samband med anläggning av mätstationen rensades diket från kärret förbi stationen till nedomliggande åkerfält.

Ingen gödsling har förekommit.

Björnsbo

Undersökningen utfördes under åren 1972-78 i Björnsbobäcken som mynnar i Norra Dellen (fig. 1). Avrinningsområdet mäter 1056 ha och består huvudsakligen av barrskog. Det lutar i stort sett mot väster. Den största höjdskillnaden är ca 310 m. På eller nära vattendelaren finns några myrområden.

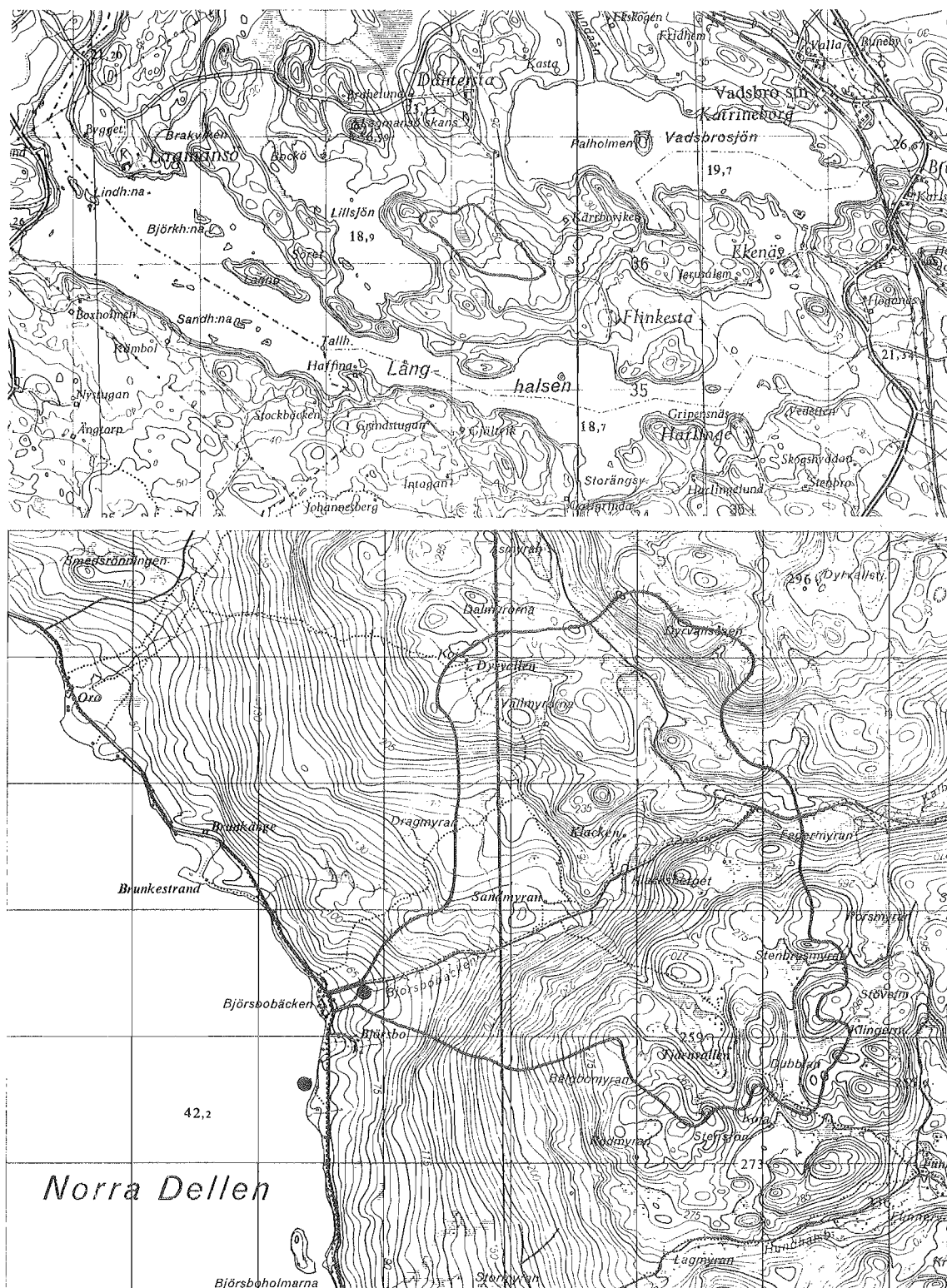


Fig. 1. Undersökningsområden i Södermanland (över) och Hälsingland (under). Investigation areas in Södermanland (above) and Hälsingland (below).

Under observationsperioden har kalhuggning ägt rum i perifera delar av avrinningsområdet. Någon skogsgödsling har inte förekommit.

MATERIAL OCH METODER

Mätstation

Avrinnande vatten från skogspartiet på Däntersta mäts med ett skibord. Det är inbyggt i en underjordisk betongkassun med utjämningsbassäng (cf. Brink, Gustafson & Persson 1978, fig. 1). Skibordet består av rostfri plåt med ett skarpkantat triangulärt urtag som har öppningsvinkeln 90° . Vattennivån i bassängen registreras kontinuerligt med en flottörpegel (Ott R 16). Registreringspapper byts en gång i veckan.

Provtagning och analys

Prov på avrinnande vatten togs en gång i månaden på Däntersta och i Björnsbo först en gång i månaden och sedermera fyra gånger om året.

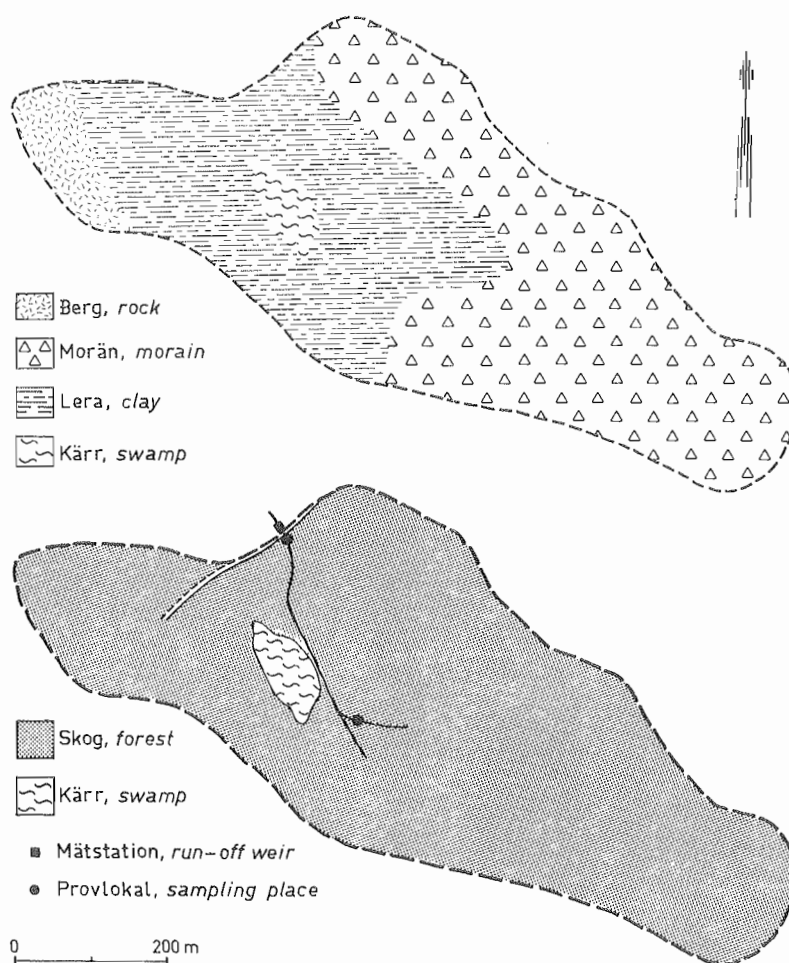


Fig. 2. Undersökningsområdet på Däntersta. Geologisk karta och vegetationskarta med mätstation och provplatser. *The investigation area at Däntersta. Geological and vegetation maps with measuring and sampling places.*

Konduktivitet och pH bestämdes direkt på platsen i proven från Däntersta. För övriga analyser konserverades vattnet i två plastflaskor, dels med svavelsyra för bestämning av nitrat, totalkväve, totalfosfor och permanganattal, dels med kloroform för bestämning av nitrit, ammonium, fosfat, kalium, pH och konduktivitet.

För närmare uppgifter om metoderna hänvisas till Brink *et al.* (1978).

Beräkningsmetoder

Ämnestransporten kan allmänt tecknas

$$T = 10^{-2} R \cdot C, \quad (1)$$

där T är transporten i kg/(ha·år), R är avrinningen i mm/år och C är ämnets medelkoncentration i mg/l.

För C kan nyttjas ett vanligt aritmetiskt medeltal.

$$C = (c_1 + c_2 + \dots + c_n)/n. \quad (2)$$

Bättre är emellertid ett vägt aritmetiskt medeltal

$$C = (q_1 c_1 + q_2 c_2 + \dots + q_n c_n)/(q_1 + q_2 + \dots + q_n), \quad (3)$$

där q är vattenföringen, c är koncentration i mg/l vid observationstillfället och n är antalet observationer.

Formlerna (1) och (2) används för Björnsbobäcken där avrinningsmätningar inte gjorts. R i (1) måste då också uppskattas. Vi återkommer här till. Formlerna (1) och (3) används för Däntersta.

Ekohydrologiskt år

I resultatredovisningen utgör tiden 1 juli-30 juni vår tidsbas. Årsskiftet 1 juli är lämpligt genom att materialflödet vid den tiden vanligen har ett minimum. I jordbrukssammanhang har begreppet agrohydrologiskt år använts (Brink *et al.* 1978). Eftersom det också ur skogssynpunkt är motiverat med samma tidsram bör begreppet vidgas. Här kommer beteckningen *ekohydrologiskt år* att användas och betecknas med t.ex. 75/76.

Tabell 1. Nederbörd och avrinning från skog och åker. *Precipitation and run-off from forest and arable land. (Values in mm.)*

År	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	TOT
Nederbörd <i>Precipitation</i>													
75/76	19	52	67	11	25	43	23	12	14	29	25	25	345
76/77	24	19	48	20	47	121	57	25	32	57	19	55	524
77/78	131	54	41	43	71	53	24	31	83	15	16	44	606
78/79	31	66	123	17	25	23	53	15	35	56	57	45	551
Avrinning från skog på Däntersta <i>Run-off from forest</i>													
76/77	0	0	0	0	4	23	9	6	80	47	8	1	178
77/78	24	3	2	13	29	32	11	5	52	33	3	0	207
78/79	0	0	21	4	5	2	1	1	28	58	20	3	143
Avrinning från åker på Flinkesta <i>Run-off from arable land</i>													
76/77	0	0	0	0	1	41	8	9	160	61	10	2	292
77/78	34	6	5	16	56	54	21	6	132	55	5	6	396
78/79	1	2	22	6	3	2	1	1	75	67	27	2	208

RESULTAT FRÅN DÄNTERSTA

Nederbörd och avrinning

De i tabell 1 redovisade nederbördsmängderna härrör från egna mätningar på Flinkesta i grannskapet, där också avrinningsmätningar från åker utförs för beräkning av materialtransporter.

Försöksperioden föregicks av det torra ekohydrologiska året 75/76 som hade ett stort nederbördsunderskott. Återverkningarna härav på växtnäringssituationen har varit betydande som framgår av det följande.

Avrinningen kännetecknas av i stort sett samtidiga toppar och maxiflöden i nov-dec och i mar-apr från både skogen och åkern. I allmänhet startade avrinningen några timmar tidigare i skogen än på åkern och nådde toppvärdet ungefär samtidigt på båda. Svansen på topparna var betydligt mer utdragen för skogen än för åkern. Ett typiskt exempel på det sagda ses i fig. 3. Avrinningen från skogen var avsevärt mindre än från åkern (tabell 1).

Ämnesshalt

Kväve. Det första året dominerade nitraten bland kvävefraktionerna och därefter det organiska kvävet. Nitrit och ammonium utgjorde små delar. (Fig. 4).

Nitratets dominans 76/77 torde ha att göra med torråret innan. Då ansamlades åtminstone på åkermark en hel del nitrat i marken och mycket därav rann bort året efter (Brink *et al.* 1978). Denna möjlighet förefanns också här genom urlakning av markens ytskikt. Fördjupningen av uppsamlingsdiket kan också ha verkat framför allt på åkern genom mineralisering i de ytnära skikten. I allmänhet är det emellertid skogen som levererar det mesta av nitraten.

Nitratet och i stort sett även det organiska kvävet är starkt bundet till avrinningen med vilket det vanligtvis har sammanfallande toppar. De lägsta nitratvärdena uppträdde på sommaren och de högsta på hösten och våren då mineraliseringen är störst.

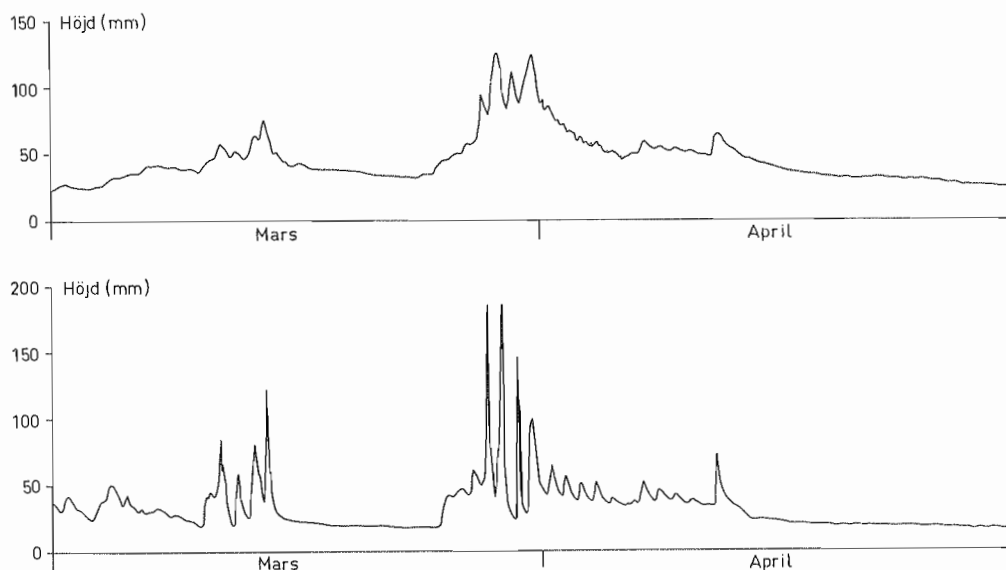


Fig. 3. Avrinningsdiagram från skogen på Däntersta (över) och från åker på Flinkesta (under) i grannskapet. *Run-off diagrams from the forest (above) and from arable land (below) in the neighbourhood.*

Tabell 2. Kväve och fosfor i ytvatten från skog och åker. *Nitrogen and phosphorus in different surface waters.*

År	Kväve (N mg/l)					Fosfor (P mg/l)			Prov
	NH ₄	NO ₂	NO ₃	OrgN	Tot-N	PO ₄	Övr.P	Tot-P	
Däntersta. Skog <i>Forest</i>									
76/77	-	-	-	-	-	-	-	-	0
77/78	0,03	0,005	0,30	0,8	1,2	0,015	0,018	0,033	12
78/79	0,07	0,007	0,25	1,0	1,3	0,007	0,048	0,055	10
Däntersta. Skog+kärr <i>Forest+swamp</i>									
76/77	0,05	0,004	1,6	0,6	2,3	0,007	0,007	0,014	9
77/78	0,06	0,008	0,15	1,5	1,7	0,018	0,058	0,076	11
78/79	0,05	0,007	0,60	1,0	1,7	0,033	0,058	0,091	11
Flinkesta ^a . Åker <i>Arable land</i>									
76/77	0,05	0,007	13,0	0,8	13,8	0,136	0,250	0,386	7
77/78	0,04	0,006	1,3	1,0	2,3	0,146	0,121	0,267	12
78/79	0,04	0,005	2,4	0,5	2,9	0,130	0,100	0,230	10

^a Brink *et al.* 1979.

Fosfor. Andelen övrig fosfor utgjorde minst hälften av totalfosfor (tabell 2). Det mesta härav torde vara organiskt bundet men också partikelbundet fosfat kan ingå. Liksom ifråga om kvävet torde förnan spela en stor roll för leveransen av fosfor.

Fosforhalterna varierade mycket med förhållandevis låga värden under våren (fig. 4). Genomsnittligt ökade halterna kraftigt (tabell 2). Det hela är till stor del en pH-fråga. Sura fosfater har ju den lägsta lösligheten vid pH 4-5.

Kalium och konduktivitet. Också kalium varierade kraftigt utan regelbundna samband med andra ämnen eller med nederbörden (fig. 4). Halterna är likstora med vad man ofta finner från åkermark.

Konduktiviteten återspeglar den totala salthaltens variationer (fig. 4). Några få anmärkningsvärt höga värden förekommer särskilt från alkärret men eljest ligger de på en nivå som är vanlig för skogsvatten. Följdriktigt var kärrets bidrag betydligt större än skogens både vad det gäller kalium och konduktivitet (tabell 3).

Permanganattal (KMnO₄). Permanganattalet har använts som ett mått på kemiskt oxiderbar organisk substans. I jämförelse med åker är värdena för skog och i synnerhet för alkärret naturligt nog höga beroende på utlakning av humusämnen. För skogens del är de funna värdena ungefär vad man brukar finna.

pH-värdet. Värdena steg kraftigt det första året (fig. 4). Företeelsen följer samma mönster som för åker och som speciellt också gäller Flinkesta (Brink *et al.* 1978). Fenomenet kan möjligt ses som en följd av att vätejonerna i den sura nederbörden tar baskatjonernas plats i markkolloiderna. Också totaloxidationen av mull, som ju verkar pH-höjande, under torråret 75/76 kan ha haft stor betydelse.

Det är naturligt att vattnet från kärret är surare än det rena skogsvattnet eftersom kärret bör vara rikare på humusämnen än skogen. Kärrets roll i sammanhanget är eljest inte klarlagd.

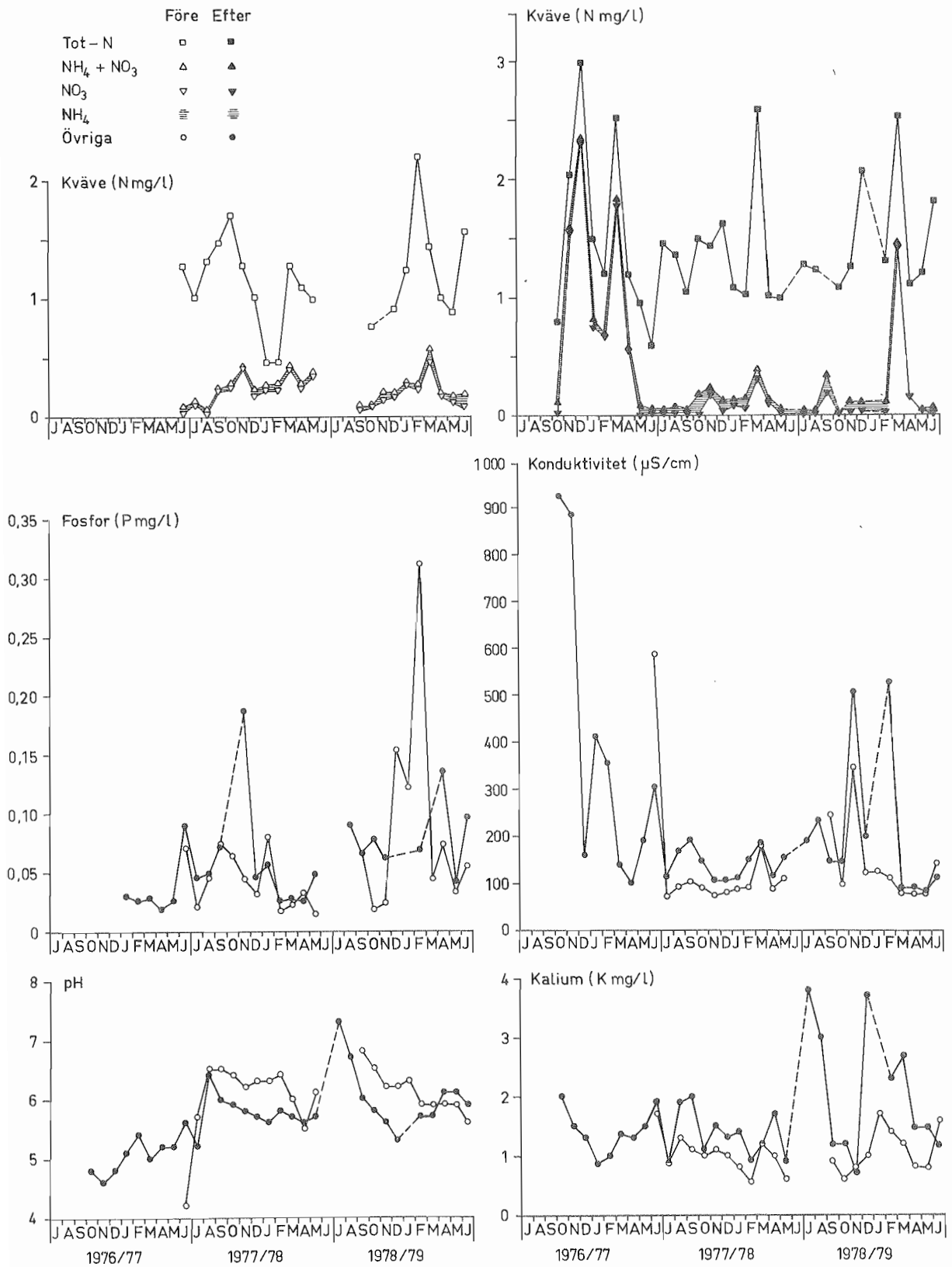


Fig. 4. Variation med tiden av kväve, fosfor, kalium, konduktivitet och pH på Däntersta. Variation with time of nitrogen, phosphorus, potassium, conductivity and pH at Däntersta.

Tabell 3. Kalium, konduktiviteten, permanganattal och pH i ytvatten från skog och åker. *Potassium, conductivity, permanganate value and pH in different surface waters.*

År	Kalium (K mg/l)	Kond. (μ S/cm)	KMnO ₄ (mg/l)	pH	Prov
Däntersta. Skog <i>Forest</i>					
76/77	-	-	-	-	0
77/78	1,0	108	92	5,5-6,5	12
78/79	1,0	104	90	5,6-6,8	10
Däntersta. Skog+kärr <i>Forest+swamp</i>					
76/77	1,3	215	58	4,6-5,6	9
77/78	1,3	134	120	5,2-6,4	11
78/79	2,3	153	129	5,4-6,9	11
Flinkesta ^a . Åker <i>Arable land</i>					
76/77	4,2	183	22	6,2-7,6	7
77/78	2,8	116	37	6,3-8,2	12
78/79	3,1	123	33	6,4-7,4	10

^a Brink *et al.* 1979.

Ämnestransport

Kväve. Kvävetransporten var som väntat liten från skogen i jämförelse med vad den var från åkern där variationen mellan åren är mycket stor (tabell 4). Likväl är värdena för skogen betydligt högre än vad som framkommit annorstädes (se diskussionen).

Kvävetransporten från alkärret måste ha varit betydande, kanske 50 N kg/(ha·år) eller mera med tanke på den lilla ytan. Detta har säkert som grund i alarnas förmåga att i symbios fixera kväve. Enligt Postgate (1978) kan alen enbart genom lövfällningen bidra med 100 N kg/(ha·år) vilket är en tredjedel av vad en god gröngödselgröda av luzern ger.

Fosfor. Fosfortransporten från skogen (tabell 4) var faktiskt större än vad man många gånger finner från åker där värdena varierar i intervallet 0,01-2,2 P kg/(ha·år) (Brink, Gustafson & Persson 1979). Emellertid ligger skogen genomsnittligt betydligt under åkern. Det kan tilläggas att de i tabellen angivna värdena för Flinkesta tillhör de högst uppmätta. Där spelar yterosionen en stor roll.

Kalium. Kaliumtransporten var av samma storleksordning som man ofta finner för åkermark. Där har dock så höga värden som 84 N kg/(ha·år) förekommit efter stallgödsling. Flinkesta kan sägas ligga ganska högt på skalan. (Tabell 4.)

RESULTAT FRÅN BJÖRSBO

Ämnehalt

Fördelningen av de uppmätta värdena på storleksklasser framgår av fig. 5. Där ser man att kvävet, fosfor, pH och konduktiviteten är likartat fördelad i både Björsoäckan och Dellen. Permanganattalet avviker markant från detta mönster. Antalet analyser på kalium är för litet för att det skall vara meningsfullt att göra ett frekvensdiagram.

Tabell 4. Transport av kväve, fosfor och kalium med ytvatten från skog och åker. *Transport of nitrogen, phosphorus and potassium by different surface waters. (Values in kg/(ha·yr).)*

År	Kväve				Fosfor			K	Prov
	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	OrgN	Tot-N	PO ₄ ⁻ -P	Övr.P	Tot-P		
Däntersta. Skog <i>Forest</i>									
76/77	-	-	-	-	-	-	-	-	0
77/78	0,06	0,6	1,7	2,4	0,03	0,04	0,07	2,1	12
78/79	0,10	0,4	1,3	1,8	0,01	0,07	0,08	1,5	10
Däntersta. Skog+kärr <i>Forest+swamp</i>									
76/77	0,08	2,9	1,1	4,1	0,01	0,01	0,02	2,3	9
77/78	0,13	0,3	3,0	3,5	0,04	0,12	0,16	2,7	11
78/79	0,07	0,9	1,4	2,4	0,02	0,11	0,13	2,7	11
Flinkesta ^a . Åker <i>Arable land</i>									
76/77	0,13	3,8 ³⁸	2,5	4,0 ⁴⁰	0,40	0,73	1,13	12	7
77/78	0,14	5,1	3,7	8,9	0,58	0,48	1,06	11	12
78/79	0,08	5,0	0,9	6,0	0,27	0,21	0,48	6,5	10

^a Brink *et al.* 1979.

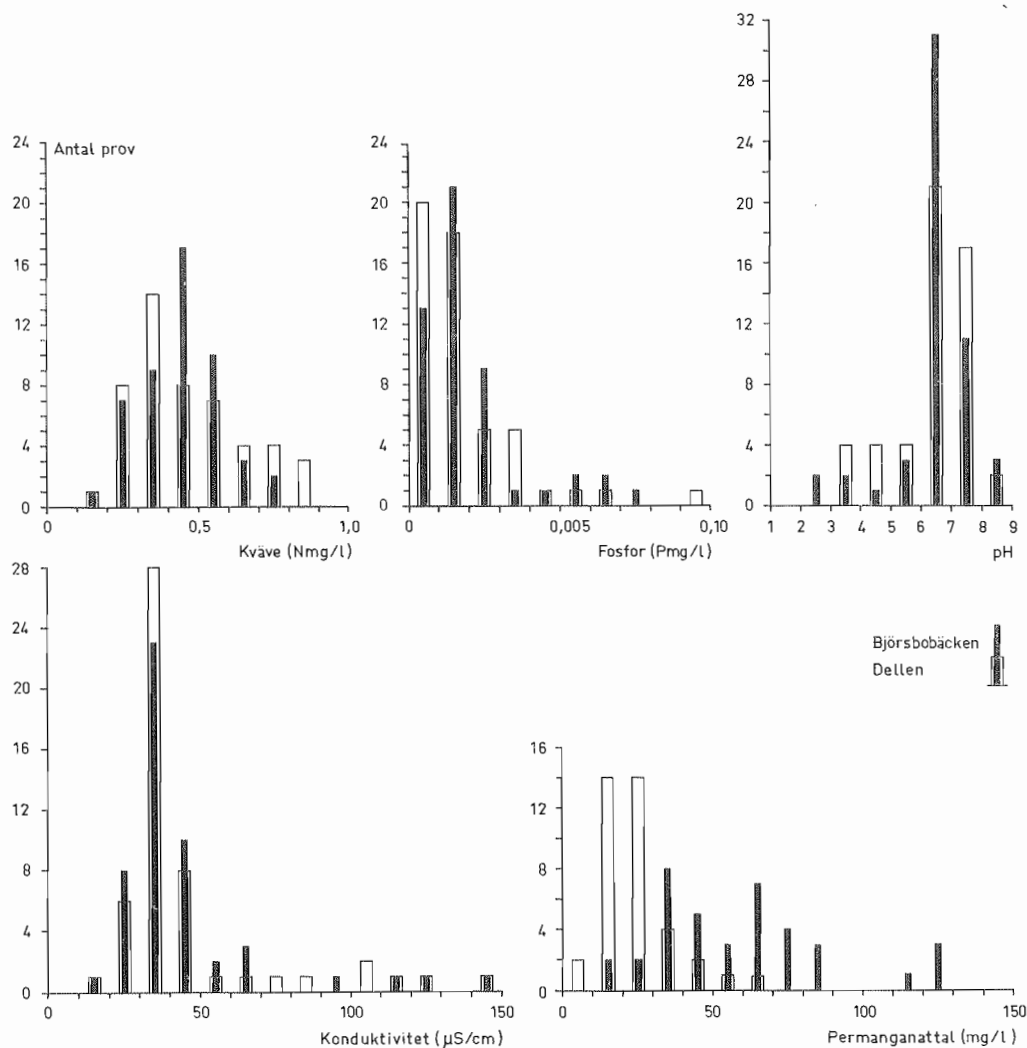


Fig. 5. Frekvensdiagram för kväve, fosfor, pH, konduktivitet och permanganat i Björnsbobäcken och Dellen. *Frequency diagram for nitrogen, phosphorus, pH, conductivity and permanganate value.*

Tabell 5. Kväve och fosfor i Björnsbobäcken och i Dellen. *Nitrogen and phosphorus from forest land around a brook and in a large lake.*

År	Kväve (N mg/l)					Fosfor (P mg/l)			Prov
	NH ₄	NO ₂	NO ₃	OrgN	Tot-N	PO ₄	Övr.P	Tot-P	
Björnsbobäcken. Skog <i>Forest</i>									
72/73	0,038	0,000	0,022	0,391	0,451	0,003	0,012	0,015	10
73/74	0,030	0,001	0,055	0,304	0,390	0,008	0,009	0,017	12
74/75	0,024	0,001	0,048	0,382	0,455	0,009	0,019	0,028	12
75/76	0,057	0,001	0,068	0,329	0,445	0,011	0,021	0,032	12
Medelt.	0,037	0,001	0,048	0,351	0,435	0,008	0,015	0,023	46
72/73	0,030	0,000	0,018	0,361	0,409	0,004	0,006	0,010	4
73/74	0,024	0,001	0,052	0,274	0,350	0,008	0,003	0,011	4
74/75	0,018	0,001	0,038	0,352	0,409	0,009	0,016	0,025	4
75/76	0,047	0,002	0,084	0,275	0,406	0,010	0,015	0,015	4
76/77	0,081	0,003	0,025	0,450	0,559	0,008	0,003	0,011	4
77/78	0,069	0,002	0,057	0,454	0,582	0,008	0,009	0,017	4
Medelt.	0,044	0,002	0,045	0,361	0,452	0,008	0,009	0,017	24
Dellen. Sjö <i>Lake</i>									
72/73	0,042	0,000	0,080	0,356	0,478	0,003	0,007	0,010	10
73/74	0,051	0,002	0,073	0,334	0,460	0,006	0,008	0,014	12
74/75	0,024	0,001	0,086	0,303	0,414	0,008	0,016	0,024	12
75/76	0,053	0,001	0,087	0,348	0,484	0,008	0,017	0,025	12
Medelt.	0,043	0,001	0,081	0,335	0,460	0,006	0,012	0,018	46
72/73	0,040	0,000	0,077	0,341	0,458	0,003	0,006	0,009	4
73/74	0,032	0,001	0,071	0,362	0,466	0,005	0,008	0,013	4
74/75	0,015	0,001	0,076	0,271	0,363	0,006	0,006	0,012	4
75/76	0,058	0,001	0,084	0,468	0,611	0,013	0,012	0,025	4
76/77	0,043	0,002	0,082	0,361	0,488	0,010	0,002	0,012	4
77/78	0,122	0,001	0,084	0,372	0,579	0,013	0,009	0,022	4
Medelt.	0,051	0,001	0,079	0,363	0,494	0,009	0,007	0,016	24

För kvävet och fosfor del är bäckens maxima förskjutna uppåt en klass i jämförelse med sjöns. Ur eutrofieringssynpunkt är den lilla kvalitetsskillnaden knappast mätbar helst som värdena i sig själva är små. Vattnen kan betraktas som oligotrofa.

Den stora skillnaden i permanganattal uttrycker en klar kvalitetsskillnad som naturligtvis sammanhänger med att bäckvattnet är rikt på humus.

Det kan tilläggas att det inte i något fall föreligger någon systematisk årstidsvariation i värdena.

Som det framgår av tabell 5 utgjorde den mineraliska delen av kvävet blott en liten del av det totala. Det mesta var följaktligen organiskt bundet såsom det brukar vara i skogs- och sjövattnen.

Det förefaller som om halterna av organiskt kväve och permanganatförbrukande substans skulle ha ökat de sista åren i bäcken (tabell 5 och 6). Fyra analyser per år är emellertid ett för litet underlag för bedömningen härav. Inte heller räcker det med bara fyra analyser ifråga om fördelningen mellan fosfatfosfor och totalfosfor. Däremot ger tydligen fyra analyser lika bra bas som tolv för en allmän värdering av näringsituationen.

Kaliumhalten och konduktiviteten är allmänt sett låga. Det pekar också på att vattnen är oligotrofa. Häri ligger väl också att vattnen är svagt buffrade och därför känsliga i pH-avseende. Eljest är det svårt att förklara förekommande stora kastningar i pH-värdena.

Tabell 6. Kalium, konduktivitet, permanganattal och pH i Björsbobäcken och Dellen. *Potassium, conductivity, permanganate value and pH from forest land around a brook and in a large lake.*

År	Björsbobäcken. Skog Forest				Dellen. Sjö Lake			
	Kalium (K mg/l)	Kond. (μ S/cm)	KMnO ₄ (mg/l)	pH	Kalium (K mg/l)	Kond. (μ S/cm)	KMnO ₄ (mg/l)	pH
72/73	-	32	-	6,1-6,8	-	35	-	6,5-7,2
73/74	0,5	47	46	3,6-7,0	0,7	49	32	3,6-7,2
74/75	-	63	70	4,2-8,4	-	41	21	4,4-8,4
75/76	-	49	53	6,9-8,3	-	58	23	3,6-8,1
76/77	0,7	76	71	6,7-8,4	1,1	49	25	4,5-7,8
77/78	0,5	33	87	3,0-7,3	0,8	55	29	3,9-6,0
Medelt.	0,6	50	65	3,0-8,4	0,9	48	26	3,6-8,4
Antal	10	53	38	53	8	52	40	52

Ämnestransport

Enär avrinningsdata saknas för Björsbobäcken måste R i formeln (1) uppskattas. Härvid utnyttjas de mätningar som gjorts på Däntersta (tabell 1) liksom det faktum att avrinningen nästan upphör vid årsnederbörden (N)² 350 mm (Brink *et al.* 1978). Man får

$$R = P - 375, \quad (4)$$

där R är avrinningen i mm/år och P nederbörden i mm/år. Formlerna (1), (2) och (4) kan användas till att hjälpligt uppskatta ämnestransporten. Med SMHI:s uppmätta nederbörder i Delsbo ca 2 mil sydvästut får man:

År ...	72/73	73/74	74/75	75/76	76/77	77/78	72/78
P (mm)	567	475	700	479	658	559	573
R (mm)	192	100	325	104	283	184	198
N (kg/ha)	0,9	0,4	1,5	0,5	1,6	1,1	0,9
P (kg/ha)	0,03	0,02	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03
K (kg/ha)	-	0,5	-	-	2,0	0,9	1,2

Transporten av de lättlösliga ämnena kväve och kalium var ungefär lika stora och som väntat mångfalt större än den svårlösliga fosfor. Värdena är allmänt sett låga.

En invändning som kan göras mot förfaringsättet är att värden från ett litet område i Södermanland överförts till ett stort område i Hälsingland. Störst betydelse torde emellertid områdets storlek ha för utjämnningen av flödena i tiden och mindre för storleken därav. Medelavrinningen 198 mm/år är rimlig.

SAMMANFATTNING OCH DISKUSSION

Växtnäringsförlusterna har bestämts från två barrskogsområden, ett litet i Södermanland och ett stort i Hälsingland. Ett alkärr med *Alnus glutinosa* höjde värdet från skogsområdet i Södermanland med upp till 100%. Genomsnittet för ren skogsmark blev följande, vilket kan ställas i relation till vad Ahl & Odén (1975) uppger för hela riket

	NO ₂ -N	Org.N	Tot-N	PO ₄ -P	Tot-P	K
Södermanland	0,5	1,5	2,1	0,02	0,08	1,8
Hälsingland	0,1	0,7	0,9	0,02	0,03	1,2
Sverige	0,3	1,0	1,3	0,02	0,06	-

Det är tydligt att de lokala variationerna är stora. Frågan är emellertid om inte stora områden ger för låga värden eftersom det under den långa vägen till sjö och hav kan förlora substans till luften och till bottensediment. Mätningarna bör göras nära källan.

LITTERATUR

- Ahl, T. & Odén, S. 1975. Närsaltkällor - en översikt. *Nordforsk publ.* 1975:1, 99-128.
- Brink, N. & Gustafson, A. 1970. Kväve och fosfor från skog, åker och bebyggelse. *Vattenvård nr 1*, 1-108.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*, 1-60.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi nr 5*, 7-57.
- Postgate, J. 1978. Nitrogen Fixation. *Stud. in Biol. no 98*, 1-68.
- Wiklander, G. 1979. Utlakning av kväve från skogsekosystem. *SNV PM 1213*.

UTLAKNING AV KVÄVE FRÅN AGROEKOSYSTEM

Leaching of Nitrogen from Agro-Ecosystems

Nils Brink

Abstract. The paper discusses the problem of leaching from various perspectives.

Nitrate is, in terms of quantity, the largest of all the nitrogen fractions. In addition to the precipitation, the soil and the crop are of significance for leaching. The emphasis is here laid on the soil. The mull soils emit most, followed by till, sand and silt soils, and finally clays. On average, 25-30 N kg/(ha·year) are leached away, four fifths of which go to the surface water, and one fifth to the ground water.

Nitrogen doses in excess of the optimal amount yielded a steep increase in the leaching, and in addition a heavy accumulation in the ground. This is a strong argument against so-called programmed cultivation.

The heavy concentration in clay soils may be explained by accumulation in the diffuse double layers gives a downward vertical velocity of 0.2-0.8 m/year, which is in accord with direct measurements in other contexts.

A balance estimate is presented for the nitrogen in Sweden's agricultural production.

INLEDNING

Utlakningen av kväve från åkermark har på många håll i världen rönt stort intresse under senare år. Så också i Sverige. På avdelningen för vattenvård vid Sveriges lantbruksuniversitet pågår sedan 1972 systematiska undersökningar i frågan. Några översiktliga resultat skall här presenteras.

Litteraturuppgifter begränsas till arbeten vid vår avdelning på 1970-talet och till sådana som direkt åberopas i texten. Fylligare listor återfinns hos Brink & Gustafson (1970) för tiden före 1970 och hos Brink, Gustafson & Persson (1978) för tiden därefter.

UTLAKNING

Utlakningen från ren åker mäts fortlöpande i vårt stationsnät (Brink *et al.* 1978) som täcker hela landet, som representerar nästan alla jordarter och som nu omfattar sexton försöksfält. Mätningarna gäller yt- och dräneringsvatten. Också grundvattnet kontrolleras kvalitativt.

Av det utlakade kvävet utgörs det allra mesta av nitrat (fig. 1). Medeltalet för alla stationer och alla år är 23 N kg/(ha·år) med betydande variationer mellan åren och mellan jordarterna. För agrohydrologiska året 1977/78 (jul-jun) blev värdet 20 N kg/ha. Det största läckaget har uppmätts på sandjordar på lerbotten. Därefter kommer lerorna. I en specialstudie för Kristianstadsslätten (Gustafson & Hansson 1979) blev läckaget av kväve på olika jordar ($\text{NO}_3\text{-N}$ kg/(ha·år)).

År	Mull	Morän	Sand	Mo	Lera
76/77	56	34	32	36	15
77/78	54	26	24	26	14

Det kan synas egendomligt med de låga värdena på mojordarna i fig. 1. En anledning är att nitratet på dessa jordar vandrar mot djupet eftersom där inte finns någon lera i botten, en annan att leran ligger djupare än

dräneringsledningarna. Därmed är det klart att de ovan angivna värdena är för låga. Det må tilläggas att inte heller lerorna är täta. Förhöjda nitrathalter kan nämligen uppträda på större djup (3,5-6 m, fig. 2) till följd av tidigare händelser på eller nära ytan.

Storleken av läckaget till grundvattnet är svår att komma åt. Ett begrepp om saken kan man få genom profilstudier till två meters djup eller mera (cf. Lindén 1978).

Det förekommer att 10-15 N kg/(ha·år) passerar 1-metersdjupet. I praktiken är detta kväve i allmänhet förlorat för växten. En försiktig bedömning är att åtminstone 5 N kg/(ha·år) går till grundvattnet. Den totala förlusten till yt- och grundvatten skulle då röra sig om 25-30 N kg/(ha·år).

PROGRAMMERAD VÄXTODLING

Då flög en viskning oss förbi, ett rykte söderfrån;

Ryktet talte om väldiga veteskördar, om 10-tonsklubben, om skyhöga gödselgivor, om mångformad kemisk bekämpning, om utnyttjad produktionsförmåga, om "programmerad växtodling".

Ovanligt nog finns denna gång resultat som i tid klart visar på några miljökonsekvenser. Ett försök på Lanna i Västergötland med stigande mängder handelsgödselkväve gav starkt ökad utlakning efter upprepade höga gödselgivor och stor upplagring av mineraliskt kväve i marken. Också nitrathalterna i grundvattnet steg. Nederbörden spelade en stor

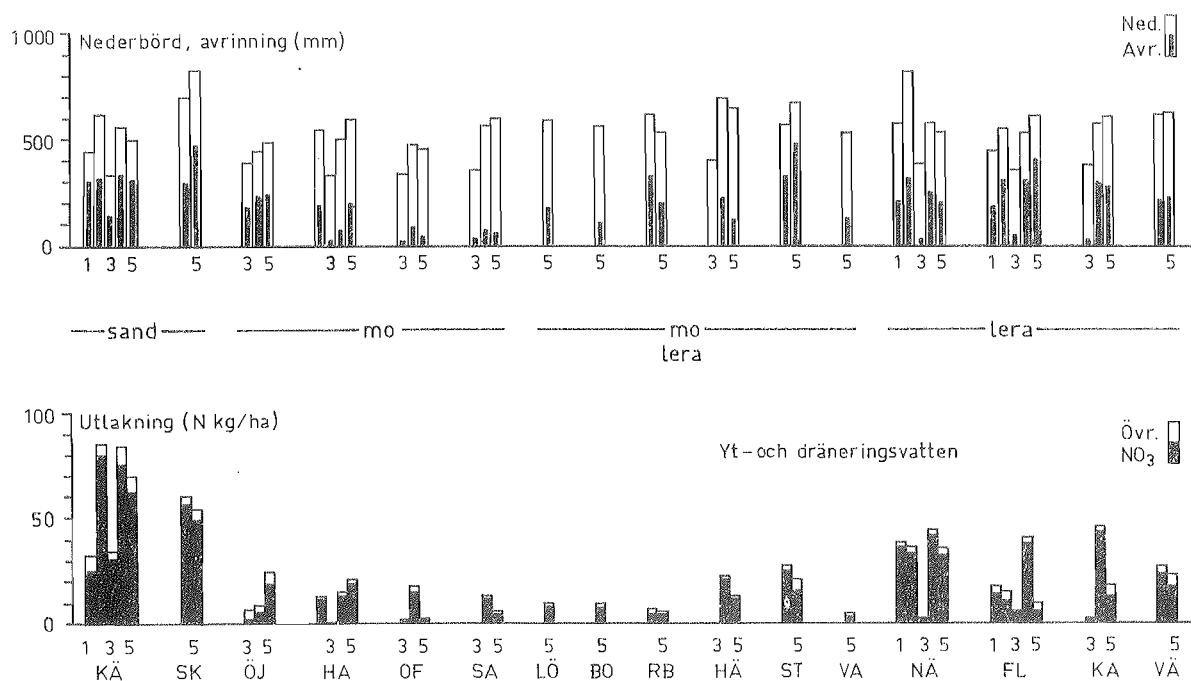


Fig. 1. Nederbörd, avrinning och nitratutlakning från sexton försöksfält. År 1 73/74; År 2 74/75; År 3 75/76; År 4 76/77; År 5 77/78. *Precipitation, run-off, and nitrogen leaching from sixteen experiment fields. Sand, sand; mo, fine sand; lera, clay.*

roll. (Värden i N kg/(ha·år).)

År ...	74/78	74/78	74/75	75/76	76/77	77/78
Nederbörd (mm)	496	496	518	344	516	604
Gödslat	0	108	217	208	235	203
Skördat	48	89	136	87	105	104
Utlakat	3,5	8	9	1	39	44
Förråd ^a	36	65	82	140	193	256

^a I jorden på våren efter.

Också om det finns en inneboende förmåga hos vetet till så stora skördar som 10 ton/ha är det fåfängt att satsa på det. Ty det är alltför många villkor som samtidigt skall uppfyllas för att man skall nå dit varje gång. Må därför ryktet behandlas efter förtjänst.

Från man till man, från trakt till trakt det möttes blott med stolt förakt.

STRÖMNING I DIFFUSA SKIKT

Av sammanställningen ovan framgår att betydande mängder mineraliskt kväve kan lagras i lerjordar. Uppenbarligen är det fråga om långsamma processer och rörelser. De diffusa dubbelskikten torde spela en betydelsefull roll. NH_4^+ -jonerna attraheras eller fixeras på och i lerpartiklarna och blir svårörliga. NO_3^- -jonerna repelleras till mitten av spalterna i och mellan partiklarna och blir lättörliga (fig. 3).

Det går att göra en matematisk analys för uppskattning av nitratets vandringshastighet mot djupet.

Vi utgår från att lerpartiklarna består av parallella plattor och att plattorna är lagrade parallellt intill varandra. Vi antar tillika att nitratet rör sig vertikalt nedåt med samma hastighet som markvattnet. Följande differentialekvation kan då uppställas för uppkomna accelerations- och tangentialkrafter (cf. Brink 1953)

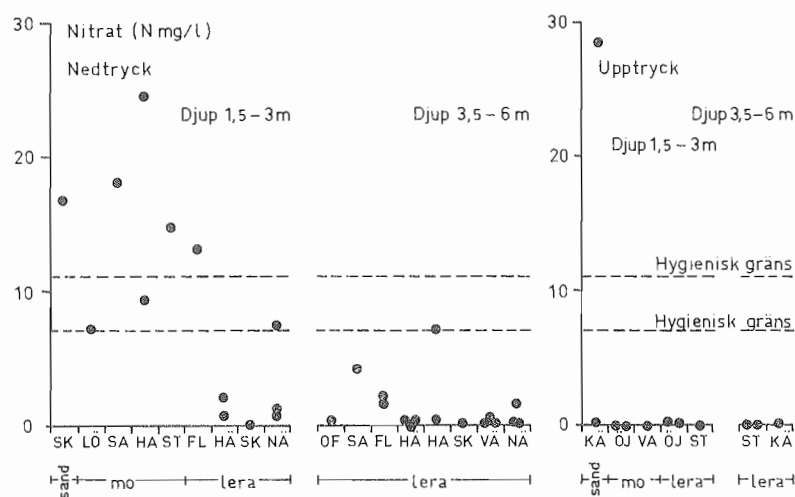


Fig. 2. Jordartens och det hydrodynamiska tryckets betydelse för nitrathalten i grundvattnet. Medeltal av alla analyser 73/78 för varje lokal. *The importance of the hydrodynamic preassure on the nitrate concentration of the groundwater on sand, fine sand and clay. Left, downflow; right, upflow. Djup depth.*

$$\Delta p \cdot z + \Delta l \cdot \mu \frac{dv}{dz} = 0, \quad (1)$$

där Δp är tryckdifferensen över sträckan Δl , z är en löpande variabel i rät vinkel mot lerplattornas plan, μ är vattnets dynamiska viskositet och v är hastigheten. Randvillkoren $v = 0$ och $z = a/2$ ger medelhastigheten

$$v_m = \frac{a^2}{12 \mu} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta l}, \quad (2)$$

där a är porvidden (plattavståndet).

Likheten fungerar väl för strömning mellan metallplattor.

Den dynamiska viskositeten är $\mu = 1,3 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Under fri avrinning och vertikal strömning är $\Delta p/\Delta l = 1$ uttryckt i m vattenpelare per m eller $9,81 \cdot 10^3$ Pa/m. Vanligen är $\Delta p/\Delta l \leq 9,81 \cdot 10^3$ Pa/m. Med olika värden på a får man

a (μm)	0,1	0,2	1	2
v_m (m/år)	0,2	0,8	20	80

Man kan räkna med att a för leror ligger i intervallet 0,1–1 μm . I montmorillonit är innerskiktet 0,1–0,2 μm (Weber 1972). Hastigheten blir där 0,2–0,8 m/år, vilket stämmer väl med vad Sima (1971) fann vid försök med tritierat vatten på lerjordar.

Porvidden har mycket stor betydelse för hastigheten. Mycket snart blir hastigheten så stor när a växer att jordmaterialet inte längre blir något större praktiskt hinder för nitrattransporten.

Tryckfallet är den andra faktorn som har inflytande på nitratläckaget. Detta bekräftas av att det vid snabba tryckökningar ofta händer att halten av nitrat ökar i dräneringsvatten och i grundvatten (Brink *et al.* 1978).

De diffusa dubbelskikten kring och i lermineraler kan sålunda ha stor betydelse också för anjonernas rörlighet och inte bara för katjonernas.

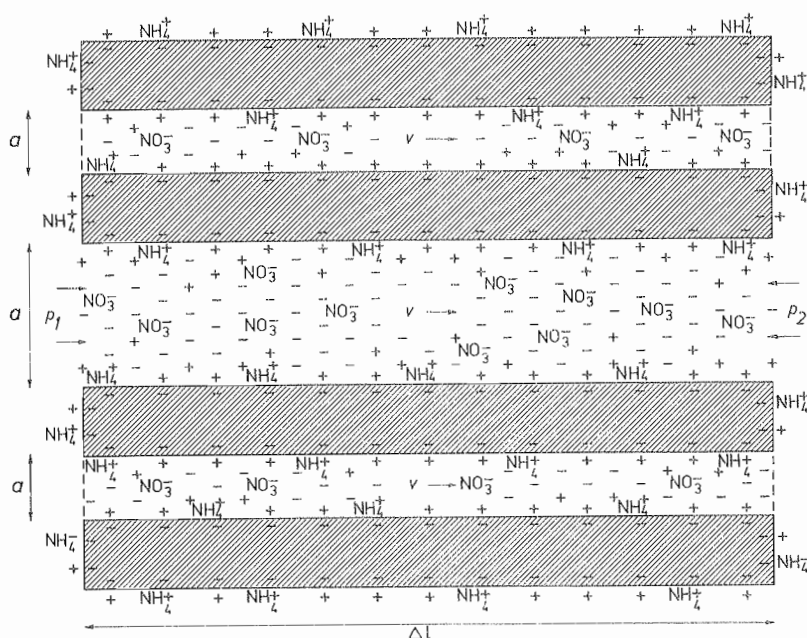


Fig. 3. Adsorption och strömning i diffusa skikt hos ett lermineral. Adsorption and flow in diffuse outerlayers of a clay mineral. a spaltvidd space of interlayer or outerlayers, $p_1 - p_2 = \Delta p$ tryckdifferens resultant pressure, Δl partikellängd length of particle, v hastighet velocity.

KVÄVEBUDGET

Omkring 1970 gjordes det första försöket att upprätta kvantitativa budgetar för kväve och fosfor i Sveriges livsmedelsproduktion (Brink 1969, 1970, 1974). Anledningen var en föreställning om att stallgödseln gick raka vägen från kon till de öppna vattensystemen. Sedermera har andra budgetar utarbetats bland vilka här skall nämnas en av Jansson & Simán (1978).

Ifråga om kvävet fanns till en början två stora stötestenar, nämligen frågan om utlakningens storlek och frågan om mullkapitalet ökar eller minskar.

Frågan om utlakningen från åker är nu belagd på ett helt annat sätt än då genom arbetena på vår avdelning. Dessa arbeten ger anledning till en betydande uppskrivning av tidigare värden.

Frågan om mullkapitalet ökar eller minskar är väl ännu inte löst. Sakförståndiga lutar åt en ökning men om storleken härav råder delade meningar.

Janssons & Simáns (o.c.) budget kännetecknas av stor detaljrikedom. De enskilda värdena för olika företeelser blir härigenom svår fångade och behäftade med stor osäkerhet. De underskattar läckaget till yt- och grundvatten.

Här följer en balansräkning för hela Sveriges jordbruk för 1977/78. Några uppgifter är osäkra men förrycker likväl inte totalbilden.

In	kg/ha	%	Ut	kg/ha	%
Nederbörd	10	9	Utlakning	28	24
N-fixering	16	14	Avloppsvatten	13	11
Handelsgödsel	80	68	Export, livsmedel	5	5
Import, foder	10	9	Balans ^a	70	60
Totalt	116	100	Totalt	116	100

^a Denitrifikation, kemisk nitratreduktion, ammoniakavdunstning, ammoniumfixering, halmbränning, mullbildning.

Budgeten är inte särskilt gynnsam. Det är alldeles nödvändigt att göra något åt de stora förlusterna till vatten och luft direkt från åkermarken för ett bättre utnyttjande av handelsgödseln, som ju är den största inkomstposten. Våra arbeten med att ta fram bra metoder för gödslingsprognoser är inriktade på detta.

SAMMANFATTNING

I skriften behandlas utlakning ur flera synvinklar.

Kvantitativt utgör nitraten den största posten av alla kvävefraktionerna. Förutom nederbörden är jordarten och grödan betydelsefulla för utlakningen. Här poängteras jordarten. Mulljordarna ger ifrån sig mest, därefter kommer moränjordar, sand- och mojordar och sist lerjordar. I genomsnitt lakas 20-30 N kg/(ha·år) varav fyra femtedelar går till ytvatten och en femtedel till grundvatten.

Överoptimala kvävegivor gav starkt ökad utlakning och på lerjord därtill stor anhopning i marken. Detta är ett starkt argument emot s.k. programmerad odling.

Den stora upplagringen i lerjord kan förklaras med anhopning i lerornas diffusa dubbelskikt. En framtagna matematisk formel för strömning mellan dubbelskikten ger sjunkhastigheten 0,2-0,8 m/år, vilket stämmer med direktmätningar i andra sammanhang.

En balansräkning presenteras för kvävet i Sveriges jordbruksproduktion.

LITTERATUR

- Brink, N. 1953. Om markvattnets strömning till och genom fogarna i dräneringsledning. *Grundförbättring*, 6, 111-133.
- Brink, N. 1969. Transportvägar för växtnäring och toxiska substanser i ekosystemet jord-gröda-djur. *Grundförbättring*, 22, 33-41.
- Brink, N. 1970. Utdikningar. *Rädda naturen* (ed. Holst), 134-151. Bonniers.
- Brink, N. 1974. Influence of increased use of fertilizers on the pollution of water bodies. *Proc. Seminar Wat. Probl. U.N. Economic and social council 2*, 125-152. Vienna (Oct. 15-20). Äv. *Vattenvård Nr 15*, 1-30.
- Brink, N. 1975. Water pollution from agriculture. *Wat. Poll. Contr. Fed.*, 47, 789-795.
- Brink, N. 1978. Kväveutlakning från odlingsmark. *Ekohydrologi Nr 2*, 31-39.
- Brink, N. 1978. Self-purification studies of silage juice in flumes. *Swedish J. agric. Res.*, 8, 139-153.
- Brink, N. & Gustafson, A. 1970. Kväve och fosfor från skog, åker och bebyggelse. *Vattenvård Nr 1*, 1-108.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi Nr 1*, 1-60.
- Brink, N. & Joelsson, A. 1978. Stallgödsel på villovägar. *Ekohydrologi Nr 2*, 1-15.
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1979. Växtnäringsförluster på Kristianstads-slätten. *Ekohydrologi Nr 3*, 1-12.
- Heinemo, S.Å. & Brink, N. 1978. Utlakning ur kompost av sopor och slam. *Rapp. Stat. Natverk*, 1095, 1-28.
- Jansson, S.L. & Simán, G. 1978. Kväveekonomi och energiutbyte i det svenska jordbruket. *THE rapport nr 3*, 1-50. Tekniska högskolornas energi arbetsgrupp.
- Lindén, B. 1978. Kvävet i markprofilen. *Konsulentavdelningens rapporter. Allmänt 10*, 2:1-2:8. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Lingsten, L. & Brink, N. 1978. Åkergödslingens inverkan på miljön i en bäck. *Ekohydrologi Nr 2*, 15-30.
- Sima, P. 1971. Studier av vattnets rörelse och magasinering i den omätade markvattenzonen. *IHD Report Nr 9*, 1-95. Statens naturvetenskapliga forskningsråd.
- Sundqvist, P.G. & Brink, N. 1979. En gödselstad förorenar grundvatten. *Ekohydrologi Nr 3*, 13-19.

Ur

RAPPORT FRÅN VATTENVÅRDSKONFERENS

Bilaga till 1978 års verksamhetsberättelse

Fyrisåns vattenvårdsförbund

PROGRAM VID VATTENVÅRDSFÖRBUNDETS VATTENVÅRDSKONFERENS

ONSDAGEN DEN 29 NOVEMBER 1978

Hälsningsanförande. Ordföranden i Fyrisåns vattenvårdsförbund, Lars Bäcklund

Föredrag

Universitetslektor Evert Andersson: Så fungerar en sjö

Ingenjör Anders Nylander: Vattenregleringarnas betydelse för jordbruket

- Statsagronom Nils Brink: Jordbruket: Ytvatten, grundvatten och vattenförsörjningen

Professor Wilhelm Rodhe: Den ovårdade Fyrisån

Diskussion

Förhandsanmält diskussionsinlägg: Jan Sidenvall

Fri diskussion

Förord

Fyrisåns vattenvårdsförbund är en interkommunal samarbetsorganisation, vars medlemmar är kommunerna Sigtuna, Tierp, Uppsala, Östhammar och Uppsala läns landsting. Förbundets styrelse beslöt våren 1978 att före årets slut anordna en vattenvårdskonferens för att med sina medlemmar samt olika myndigheter och intresseorganisationer diskutera problemen kring Fyrisån.

Konferensen ägde rum den 29 november 1978. En bandupptagning gjordes av de inledande föredragen och av diskussionsinläggen. Föreliggande sammanställning är en redigerad utskrift av bandupptagningen. Redigeringen har huvudsakligen gjorts av undertecknad, som försökt att överföra det talade ordet till ett skrivet språk, i möjligaste mån med bibehållande av den ursprungliga ordalydelsen. En del till innehåll mindre betydelsefulla strykningar har gjorts. Av kostnadsskäl har bildmaterial och tabeller endast i ringa grad återgivits. Det framgår på många ställen att talaren åsyftar en visad bild. I regel kan framställningen följas utan att bilden återgivits. Felutskrift eller andra felaktigheter kan ha uppstått. Vi ber om överseende härmed.

Till alla dem som bidrog vid konferensen, i all synnerhet föredragshållarna, framför förbundet sitt tack för deras medverkan. Det är förbundets förhoppning att denna konferenssammanställning skall komma till nytta vid Fyrisåns vattenvård.

Uppsala i april 1979

Fyrisåns vattenvårdsförbund

Statsagronom Nils Brink:

I början av 1960-talet begynte lantbrukare på olika håll i landet att fråga sig om de ensamma också i fortsättningen skulle stå för kostnaderna för underhåll av vattendragen. Efter hand hade nämligen utsläppen från tätorterna tilltagit så kraftigt att man ansåg att bördan borde delas på flera intressenter. Frågan togs upp på olika sätt bl.a. med undersökningar i Sävjaån, Sagån och Knivstaån. Dessa undersökningar ledde stundom till uppgörelser. Om berörd jordbruksmark och tätort tillhörde samma kommun gick det bra att komma överens, om inte uppstod svårigheter. I fallet Sagån där jordbruk och tätort var administrativt åtskilda kunde parterna inte komma överens om underhållskostnaderna. Ärendet gick ända till Högsta domstolen. Lantbruket tappade.

Ytvatten kan sålunda ge upphov till konflikter mellan skilda intressegrupper. Andra konflikthanledningar är grundvattnet och vattenförsörjningen.

Ytvatten

Vi börjar med vad man kan kalla kväve-fosforproblemet, här avgränsat till transporten av dessa ämnen från mark till vatten. I tabell 1 återges värden på egna och andras undersökningar.

På kvävesidan har inga långsiktiga förändringar skett i Fyrisån och Sävjaån men däremot i Knivstaån. Orsaken till det sistnämnda är oklar. Ökningen kan bero på utdikning från åker eller på direkt utsläpp av något slags spillvatten. Att åker kan ge ifrån sig stora mängder kväve framgår också av tabellen. De värdena grundar sig på våra mätningar vid sexton försöksfält från Öjebyn i norr till Skurup i söder. I själva verket kan kväveläckaget från åker vara lika stort som från en soptipp. Å andra sidan visar värdena från ett upplag av kompost på sopor och slam att tippar kan ge ifrån sig väldiga mängder. Lokalt kan de vara till stort besvär.

På fosforsidan har betydande ting inträffat från de tidigare till de senare undersökningarna i Fyrisån, Sävjaån och Knivstaån. Förhållandet torde vara detsamma i Hågaån. Anledningen till den förbättrade situationen är givetvis den långa raden av fällningsverk som byggts i mellantiden. Särskilt markant är skillnaden mellan den dåliga verkan av en biologisk damm och den goda effekten av ett fällningsverk, utmärkt illustrerat av förhållandena i Knivsta. Halterna i utgående vatten från dammen var i snitt 6 Pmg/l och från fällningsverket 0.4 pmg/l. Kvar står emellertid att soptippar och kompostupplag är svåra föroreningskällor som man knappast kommit tillrätta med och som utgör momment över mänsklig rovdrift.

Grundvatten

I vårt riksnät undersöks också jordbruksdriftens betydelse för grundvattnet. Här är det nästan uteslutande fråga om ett nitratproblem. Jordarten är viktig. På sand- och mojordar är läckaget till grundvattnet störst och de hygieniska gränserna överskrids lätt och snabbt. På lerjordar går händelserna mycket långsamt. Likväl inträffar det att grundvattnet också på sådana jordar kan förorenas med nitrat efter en kraftig gödsling eller mineralisering i marken. Transporthastigheten i

vertikal led är låg och uppgår till högst 1 m/år.

Tabell 1. Transport av kväve och fosfor från skog, åker, bebyggelse och avfallsupplag (värden i N och P kg/(ha · år))

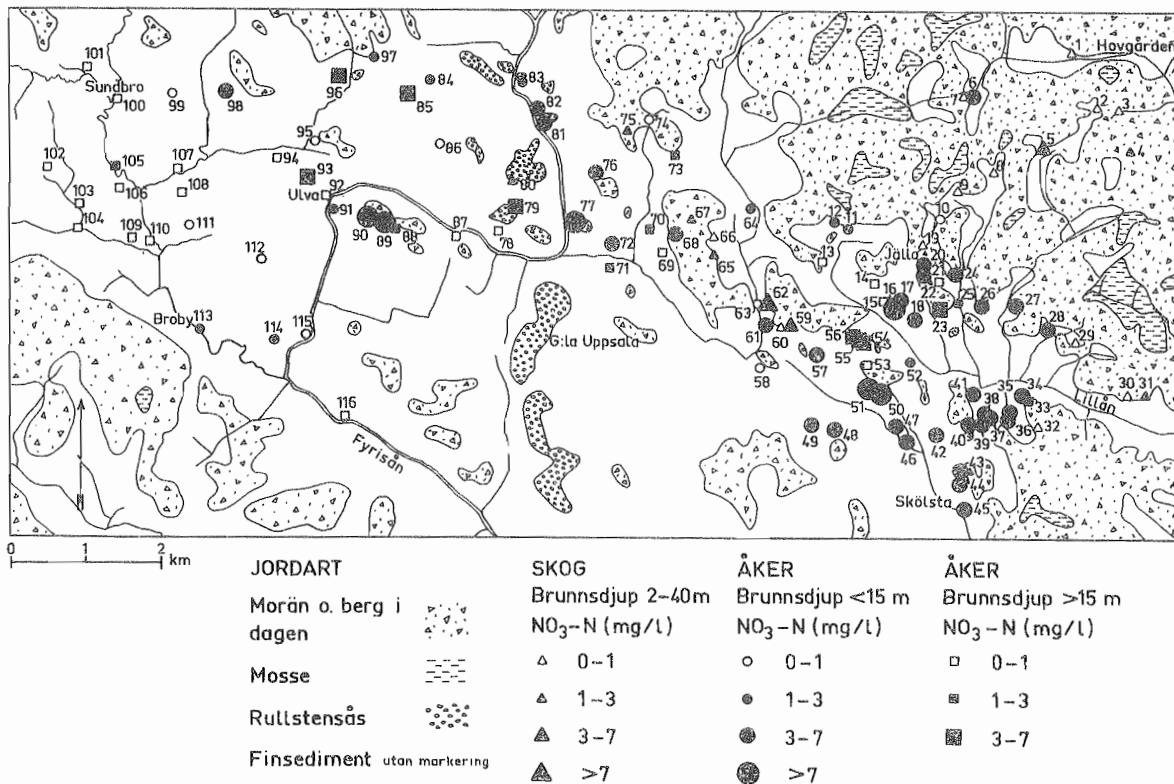
År	Kväve		Fosfor		Källa
	Skog	Allt ^a	Skog	Allt ^a	
Fyrisån A12					
1958/60	-	4.8	-	0.43	Rodhe
1973	-	1.3	-	0.02	Forsberg
1974	-	3.5	-	0.04	"
1975	-	2.9	-	0.08	"
Sävjaån					
1963	1.8	2.3	0.06	0.15	Egen
1964	-	1.1	-	0.06	"
1965	-	5.5	-	0.24	"
1966	-	2.4	-	0.14	"
1974	-	4.1	-	0.09	Forsberg
Hågaån					
1969/70	2.1	3.4	0.08	0.26	Egen
Knivstaån					
1968	-	5	-	1.6	Egen
1975	-	20	-	0.4	"
Vedyxa, soptipp					
1971	-	74	-	4	Egen
Laxå, kompost					
1976/77	-	1840	-	9.4	Egen
1977/78	-	330	-	12.6	"
Sverige, åker					
1972/75	-	23 0-86	-	0.34 0.0-2.2	Egen

^a Skog, åker och bebyggelse eller enligt specifikation

Det kan vara på sin plats att här redogöra för en brunnsinventering som gjordes strax norr om Uppsala 1971 (Fig. 1). Inventeringen omfattade 116 brunnar. Den allmänna bilden var att grunda brunnar på åker klarade sig dåligt från nitratförorening också om de i allmänhet låg under den hygieniska gränsen 7 NO₃-N mg/l. Nästan alla djupa brunnar på åker och nästan alla på skogsmark klarade sig bra. Närheten till ladugårdar, hushållsavlopp eller upplag störde bilden. Som synes av figuren är de mer eller mindre förorenade brunnarna

lokaliserade till ett stråk norr om linjen Sundbro-Skälsta och de rena brunnarna söder därom. Det hela är en geologisk fråga. De djupa lerorna på slätten skyddar grundvattnet väl, de grunda avlagringarna på moränen skyddar sämre eller dåligt.

Fig. 1. Karta över brunnsinventeringen 1971 med jordart, brunnarnas läge, djup och nitrathalt.
Källa: Anders Nilsson.



Vattenförsörjningen

Från 350 liter per person och dygn (l/pd) 1970 till 600 l/pd år 2010 har de styrande i Uppsala tänkt att vattenförbrukningen skall få växa. Detta motsvarar 500 resp. 1590 l/s. Mot detta skall ställas följande från tid till annan uppskattade uttagbara mängder i Uppsalaåsen.

	År	Mängd (l/s)
VBB	1953-68	300-330
Elgestad	1961	>1500
Brink	1969-70	>740
Sidenvall	1970	>490
VBB	1971	450-600

Vattenbyggnadsbyrån (VBB) hade sålunda åtminstone från början alldeles missbedömt läget. En spådom 1969 att det 1974 inte längre skulle finnas något ytterligare vatten att ta i åsen om man inte förstärkte med vatten från Tämnaren kom också på skam. Ännu har inte någon sådan förstärkning behövts.

Alltnog, för att klara vattenbehovet i framtiden kom planerna igång på allvar på att överföra vatten från Tämnaren till Fyrisån där det vid extremt lågvatten inte finns något utrymme kvar alls för infiltration och än mindre för åkerbevattning (tabell 2). Behovet är exempelvis under augusti som mest $500 + 150 = 650$ l/s medan endast 300 l/s framrinner vid extremt lågvatten, d v s med 200 l/s underskrider den undre gränsen på uttag.

Tabell 2. Karakteristiska flöden och uttag under de kritiska sommarmånaderna (värden i l/s).

Månad	Juni	Juli	Aug-Sept
<u>Lågvatten i Fyrisån</u>			
Normalt	6000-2500	2500-2000	2000-2500
Lägsta	1800	600	300
Minimum ^a	500	500	500
<u>Tillåtet uttag ur Fyrisån för infiltration</u>			
Högst	500	500	500
Medel	<300	<300	<300
<u>Behov till åkerbevattning</u>			
Högst	700	150	150
Minst	400	-	-

^a vid uttag.

Om också vattenbehovet verkligen är eller blir så stort som det sagts måste man ifrågasätta riktigheten av att gå till ett annat avrinningsområde för att råda bot mot de egna bekymren. Hälsovårdsnämnden i Uppsala hade tidigt inställningen att det vore bäst att ta erforderligt vatten ur Ekoln. Och om Uppsala hade lånat vatten i Ekoln hade det funnits upp till 500 l/s mer i Fyrisån för andra näringar.

Diskussion

Angående växtnäringssituationen i ytvattnen är sedan många år läget oförändrat eller försämrat vad det gäller kvävet och betydligt förbättrat ifråga om fosfor. Igenväxningen av vattendragen borde därför ha hejdats men några tecken härpå synes ännu icke. Förklaringen ligger väl i att det under årens lopp lagrats så mycket näring i sediment och bottnar att det kommer att ta åtskillig tid innan det märks på rensningsbehovet. Dessutom kommer det fortfarande mycket växtnäring från åker och bebyggelse. Tiden är därför inte mogen för en radikal ändring av ansvarsfördelningen vid underhåll av vattendrag.

Frågan om skyddet av grundvattnet är den mest akuta. Det gäller ju dricksvattnets kvalitet och ytterst människans hälsa. Jordbruket spelar här en viktig roll genom bruket av kväverika gödselmedel. Stallgödsel och rötslam är svårast att komma tillrätta med. Men ansvaret vilar också tungt på kommunen av flera skäl. Rötslammet är ett, läckande avloppsledning och soptippar ett annat och kvalitetskontrollen ett tredje. Sålunda är det väl inte särskilt rekommendabelt att dumpa rötslam på åkrar, i grunda lergravar eller på soptippar med tanke på grundvattnet.

Allmänt efterlyses sålunda en varsam hantering av stallgödsel och rötslam. Det är därför angeläget att naturvårdsverket ser över sina rekommendationer i detta stycke och att såväl den enskilda individen som kommunen ålägger sig restriktioner till skydd för dricksvattnet.

Till frågan om vattenförsörjningen är inte mycket att tillägga. Det må emellertid framhållas som föga förtänksamt att låta vattenförbrukningen öka från 350 liter per person och dygn till 600. Detta är icke rimligt, och något borde göras för att stoppa utvecklingen. Om det inte går på annat sätt så kan man klara det med hjälp av priset.

SKRIFTER I SERIEN VATTENVÅRD

Nr	År	Författare och titel
1	1970	Nils Brink och Arne Gustafson. <i>Kväve och fosfor från skog, åker och bebyggelse.</i>
2	1970	Nils Brink och Jan Nilsson. <i>Salmonella i rötslam.</i>
3	1970	Nils Brink och Jan Nilsson. <i>Perkolationsförsök med rötslam.</i>
4	1970	Nils Brink och Lennart Silverstolpe. <i>Perkolationsförsök med salmonellabakterier och ägg av spolmask.</i>
5	1970	Nils Brink. <i>Transportvägar för växtnäring och toxiska substanser i ekosystemet jord-gröda-djur.</i>
6	1971	Nils Brink. <i>Vattenförorening genom ensilagesaft.</i>
7	1971	Nils Brink. <i>Utlakning vid gödsling med rötslam.</i>
8	1971	Nils Brink, Arne Gustafson och Ulla Wiklund. <i>Rapport från en soptipp.</i>
9	1971	Nils Brink. <i>De kommunala avfallen och jordbruket.</i>
10	1972	Nils Brink och Arne Gustafson. <i>Hågaåns vatten.</i>
11	1972	Nils Brink. <i>Vattenförorening vid gödsling med rötslam.</i>
12	1972	Nils Brink. <i>Salmonella och Shigella i rötslam.</i>
13	1972	Nils Brink och Arne Gustafson. <i>Läckage från upplag av rötslam.</i>
14	1973	Anders Nilsson. <i>Nitrat och nitrit i dricksvatten.</i>
15	1974	Nils Brink. <i>Influence of the increased use of fertilizers on the pollution of water bodies.</i>
16	1975	Nils Brink, Arne Gustafson, Arne Joelsson och Lars Lingsten. <i>Vattenföroreningar från jordbruk.</i>
17	1975	Nils Brink, Sven-Åke Heinemo och Anders Nilsson. <i>Perkolationsförsök med barkkompost och sopkompost.</i>
18	1976	Nils Brink. <i>Knivstaån - ett underhållsproblem.</i>
19	1977	Arne Joelsson. <i>Metoder för bestämning av nitrattransporten från åkermark.</i>

I denna serie som efterträder den åren 1970-1977 utgivna serien Vattenvård, publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för vattenvård vid institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien Vattenvård redovisas på pärmens insida. Tidigare nummer i serien Ekohydrologi redovisas nedan och alla kan i mån av tillgång anskaffas från avdelningen för vattenvård (adress se nedan)

In this series, a successor to Vattenvård published in 1970-1977, you will find research reports from the Division of Water Management at the Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences. Turn to the inside of the cover for a list of the Vattenvård series. You will find earlier issues of Ekohydrologi listed below. Issues of both series still in stock can be acquired from the Division of Water Management (address, see below)

- | Nr | År | Författare och titel. <i>Author and title.</i> |
|----|------|--|
| 1 | 1978 | Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av växtnäring från åker. <i>Losses of nutrients from arable land.</i> |
| 2 | 1978 | Nils Brink och Arne Joelsson. Stallgödsel på villovägar. <i>Manure Gone Astray.</i>

Lars Lingsten och Nils Brink. Åkergödslingens inverkan på miljön i en bäck. <i>The Effect of Agricultural Manuring on the Environment in a Brook.</i>

Nils Brink. Kväveutlakning från odlingsmark. <i>Nitrogen Leaching from Arable Land.</i> |
| 3 | 1979 | Sven-Åke Heinemo och Nils Brink. Utlakning ur kompost av sopor och slam. <i>Leachate from Compost of Refuse and Sludge.</i>

Nils Brink. Self-purification studies of silage juice.

Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsläckage på Kristianstadslätten. <i>Loss of Nutrients on the Kristianstad Plain.</i>

Per-Gunnar Sundqvist och Nils Brink. En gödselstad förorenar dricksvatten. <i>Pollution of the Groundwater by a Dung Yard.</i> |
| 4 | 1979 | Nils Brink. Vattnet är det yppersta.

Arne Gustafson och Börje Lindén. Kvävebehovet för 1979.

Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. <i>Losses of nitrogen, phosphorus and potassium from arable land.</i> |

Pris: 15:-

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för vattenvård
750 07 UPPSALA, Sweden

Tel. 018-10 20 00 ankn. 2460
