

# SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Jenny Kreuger

## Rörlighet hos MCPA och diklorprop på sandjord

Kjell Ivarsson och Nils Brink

## Utlakning från en grovmojord i Halland

Barbro Ulén

## Åkermarkens erosion

Arne S. Gustavsson

## Förluster av kväve och fosfor runt Ringsjön

Arne Gustafson

## Växtnäringsläckage och motåtgärder

Nils Brink

## Bekämpningsmedel i åar och grundvatten

---

Ekohydrologi 20

Uppsala 1985

Avdelningen för vattenvård  
Swedish University of Agricultural Sciences  
Division of Water Management

ISBN 91-576-2545-X

ISSN 0347-9307

## FÖRORD

Den första uppsatsen i detta nummer av Ekohydrologi är en slutrapport för projektet Utlakning och avrinning av bekämpningsmedel. Produktkontrollnämnden betalade.

Den andra uppsatsen är en första delrapport för projektet Kväveutlakning på en sandjord i Halland. Projektet drivs ihop med hus-hållningssällskapet därstädes. Sveriges lantbruksuniversitet, Forskningsnämnden vid SNV och Halmstads kommun betalar.

Den tredje uppsatsen är slutrapport för projektet Åkermarkens erosion. Forskningsnämnden vid SNV och Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne stod för kostnaderna.

Den fjärde uppsatsen är en delrapport för projektet Närsaltförluster från åker runt Ringsjön. Undersökningen sker på uppdrag av Länsstyrelsen i Malmöhus län.

De femte och sjätte bidragen är föredrag hållna vid Svenska Naturskyddsföreningens naturvårdskonferens 15 november 1985.

1985-12-30

Nils Brink

## INNEHÅLL

Kreuger, J. 1985. Rörlighet hos MCPA och diklorprop på sandjord. Ekohydrologi nr 20, 3-12.	3
Ivarsson, K. & Brink, N. 1985. Utlakning från en grovmojord i Halland. Ekohydrologi nr 20, 13-25.	13
Ulén, B. 1985. Åkermarkens erosion. Ekohydrologi nr 20, 26-35.	26
Gustavsson, A. S. 1985. Förluster av kväve och fosfor runt Ringsjön. Ekohydrologi nr 20, 36-43.	36
Gustafson, A. 1985. Växtnäringsläckage och motåtgärder. Ekohydrologi nr 20, 44-59.	44
Brink, N. 1985. Bekämpningsmedel i åar och grundvatten. Ekohydrologi nr 20, 60-67.	60

# RÖRLIGHET HOS MCPA OCH DIKLORPROP PÅ SANDJORD

## *Mobility of MCPA and Dichlorprop in a Sandy Soil*

Jenny Kreuger

**Abstract.** Mobility of the herbicides MCPA (4-chloro-2-methyl phenoxy acetic acid) and Dichlorprop 2-(2,4-dichlorophenoxy) propionic acid was studied under field conditions in a sandy soil (77 % sand). The experimental field, situated in the south of Sweden, is systematically drained with a subsurface drainage system. Water samples were collected weekly and the amounts of tile effluent were quantified by using tilting vessels installed in an underground measuring station. The top meter of soil, stratified into different layers, was sampled on different occasions with the aim of following the herbicides' movement through the soil. The herbicides were applied at a dosage of 1.5 kg/ha on June 8, 1984. The crop was barley.

Very low drainage flows occurred despite a precipitation surplus of 20-30 mm in June. Most of the surplus probably by-passed the drainage system due to low groundwater levels. In the first water sample taken nine days after spraying, 0.3 µg/l of both MCPA and Dichlorprop was detected. This was the only occasion when the herbicides could be detected in the drainage water. Soil samples taken one day after spraying showed that both herbicides had reached a depth of one meter. Twelve days later 24 % MCPA and 43 % Dichlorprop remained mainly in the subsoil. One and a half months after spraying no traces of Dichlorprop were found and very small amounts of MCPA occurred in the 0-5 cm layer.

The results indicate that in a sandy soil MCPA and Dichlorprop can be found at drainage depth very soon after application. The pesticides were also found to be transported from one end of the experimental field to the other.

## INLEDNING

MCPA, 4-klor-2-metylfenoxiättiksyras, och diklorprop, 2-(2,4-diklorfenoxi)propionsyras, är sedan länge de två mest använda bekämpningsmedlen inom svenskt jordbruk. Under 1984 såldes 1150 ton MCPA och 650 ton diklorprop (SNV 1985). De används normalt i doser mellan 0,75-1,5 kg/ha för MCPA och 1,3-2,5 kg/ha för diklorprop räknat på aktiv substans (Ogräsnyckeln 1984). MCPA är registrerat för användning mot ogräs i stråsäd, potatis, gräs- och betesvallar på åker och används antingen enskilt, tillsammans med diklorprop eller i kombination med andra preparat. Diklorprop är registrerat för användning mot ogräs i stråsäd utan vallinsädd samt gräs- och betesvallar på åker och används antingen tillsammans med MCPA eller i kombination med andra preparat. Vanligaste användningstidpunkten är våren och försommaren, men några av kombinationspreparaten rekommenderas även för spridning på hösten i höstsäd.

Utlakningsrisken för ett bekämpningsmedel är beroende av dess kemiska egenskaper som t.ex. vattenlöslighet och av adsorptions- och nedbrytningsförhållandena i den aktuella jorden. Vidare är risken för utlakning beroende av klimatförhållanden och av bruksförhållanden som behandlingstidpunkt och koncentration.

MCPA och diklorprop, med en löslighet i vatten på 825 mg/l respektive 350 mg/l, är relativt lättrörliga bekämpningsmedel. Helling, Kearney & Alexander (1971) anger MCPAs relativa rörlighet till klass 4 på en skala från 1 till 5, med orörliga medel i klass 1 och mest lättrörliga medel i klass 5. I Ogräsnyckeln (1984) klassificering av herbicidernas rörlighet kommer båda ämnena i klass 2 på en skala från 0 till 3, med mest rörliga medel i klass 3.

I laboratorieförsök har uppmätts halveringstider ( $t_{1/2}$ ) för MCPA och diklorprop i jord på mellan 5 och 14 dagar (Altom & Stritzke 1973, Smith 1978, Moreale & Van Bladel 1981, Smith & Hayden 1981, Smith 1982). Enligt Ogräsnyckeln (1984) är vid en vårbehandling persistenstiden för MCPA 1-4 veckor och för diklorprop 1-3 månader. Denna kan dock variera mycket starkt från plats till plats och från år till år. Rent allmänt gäller att nedbrytningen minskar vid låga temperaturer, torka och dålig luftväxling samt vid låg näringstillgång i marken. Detta innebär bland annat att nedbrytningsförhållandena för ett bekämpningsmedel försämras om det rör sig ned under matjordslagret.

Den relativt korta nedbrytningstiden tillsammans med den vanligtvis ringa överskottsnerbörden efter en vårspridning har gjort att risken för utlakning av MCPA och diklorprop bedömts som mycket liten vid normala brukningsförhållanden. I några utländska utredningar pekar man dock på vikten av att närmare studera utlakningsrisken för MCPA och diklorprop, bland annat med hänsyn till deras utbredda användning (Schmidt & Beitz 1980, OECD 1983, Helweg 1984). I svenska försök konstaterade Kreuger (1985) utlakning av MCPA och diklorprop efter höstspridning.

## MÅL

Målet med denna undersökning var att följa lakningsförloppet för fenoxisyrorna MCPA och diklorprop under fältförhållanden vid vårspridning på sandjord.

## MATERIAL OCH METODER

### Försöksfältet

Försöksfältet ligger på Västraby gård 1 km nordväst om Kattarp's samhälle i nordvästra Skåne. Det består av åtta rutor om vardera 1600 m<sup>2</sup> och används normalt för studier av växtnäringssläckage. Varje ruta har ett eget täckdikessystem varifrån vattnet leds i en tät ledning till en mätstation för registrering av avrinning och vattenprovtagning. Avståndet mellan dräneringsledningarna är åtta meter och medeldjupet för dräneringsledningarna är ca 1,3 meter. Maximala höjdskillnaden på fältet understiger 0,7 meter. Försöksfältet har tidigare beskrivits av Gustafson & Torstensson (1984).

### Profilbeskrivning

Matjorden, som har ett djup av 30 cm, är en något mullhaltig lerig mellansand och alven är en lerig mellansand (tabell 1). På mellan 70 och 100 cm djup övergår sanden tvärt till styv lera (lerhalt 54 vikt%). Andelen mellansand är i matjorden mellan 46 och 55 vikt% och lerhalten varierar mellan 7 och 12 vikt%. I skiktet 30-60 cm varierar lerhalten mellan 5 och 13 vikt% och i skiktet därunder, ner till jordarten övergår till styv lera, mellan 0 och 16 vikt%. På ca 60 cm djup finns ett moränlerskikt av varierande mäktighet (0-10 cm). Mullhalten i matjorden är 2,5 %. Rotdjupet är begränsat till matjordsdelen av profilen. pH-värdet i sandprofilen varierar mellan 6,1 och 7,0.

Volymviktsbestämningar visar att jorden är mycket tät med volymvikter på mellan 1,72 och 1,78 (kg/dm<sup>3</sup>). Med ledning av bindningsdiagram i Andersson & Wiklert (1972, figur 13-15) kan profilens innehåll av vatten vid fältkapacitet uppskattas till cirka 20 vol.% och vid vissningsgränsen till cirka 5 vol.%.

Tabell 1. Jordens mekaniska sammansättning på försöksfältet i viktprocent. Medelvärden av fyra prov. *Particle size distribution at the experimental field. Mean of four samples.*

Djup <i>Depth (cm)</i>	Kornstorleksfördelning <i>Particle size distribution (%)</i>							
	Ler	Finmj.	Grovmj.	Finmo	Grovmo	Mellans.	Grovs.	Glödförl.
0-30	9,8	1,8	3,7	4,5	17,8	51,5	7,5	3,4
30-60	7,3	1,6	1,7	3,3	15,7	57,7	11,6	1,1
60-leran	7,4	1,5	1,6	2,5	11,6	61,4	13,3	0,8
Leran	53,7	15,6	10,2	4,2	4,2	6,8	0,8	4,6

*Soil fractions: Clay, fine silt, medium silt, coarse silt, fine sand, medium sand, coarse sand, loss on ignition.*

### Mätningar

Nederbörden mättes vid försöksfältet med en modifierad specialmätare efter Sandsborg (1969, 1972). Den placerades i marknivå i ett stänkgaller och omgavs med grus.

Den potentiella avdunstningen uppmättes med en evaporimeter (Andersson 1969, Johansson 1969) ca tre kilometer från försöksfältet. Mätaren placerades på 1,5 meters höjd över markytan och avlästes två till tre gånger i veckan. Den aktuella avdunstningen från fältet under en viss tidsperiod beräknades genom att antaga att den i medeltal uppgick till 80 procent av den potentiella avdunstningen.

Avrinningen från varje ruta mättes med ett tvåsidigt vippkärl (Brink 1968) och antalet vippningar registrerades med ett mekaniskt räkneverk som avlästes i samband med vattenprovtagningarna.

### Provtagning

Prov på dräneringsvatten togs i mån av avrinning omkring en gång i veckan och påbörjades innan spridningstillfället. Proven togs i glasflaskor och nådde laboratoriet inom 48 timmar. Där skedde en sammanslagning av prov från de rutor som behandlats med respektive bekämpningsmedel. Därefter förvarades proven frysta i väntan på analys.

Jordprov togs vid fyra tillfällen, ett veckan innan spridningen och därefter 1, 13 och 41 dagar efter spridningen. Proven frystes direkt efter provtagningen. Prov togs från djupen 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 och 80-100 cm. Prov tagna från skikt över 30 cm består av 16 delprov som slagits samman till ett generalprov och från skikt under 30 cm består varje generalprov av 12 delprov. Provsticken togs i två rader om en tänkt mittlinje vinkelrätt mot dräneringsledningarna och med placering mellan dräneringsledningarna. Vid provtagningen användes en ramprovtagare för skikten 0-5 och 5-10 cm, en s.k. trekantborr för 10-20 och 20-30 cm och en s.k. ultunaborr för övriga skikt (Lindén 1977). Vid användningen av ultunaborren uttogs proven med 20 cm i taget.

### Analysmetoder

Analyserna har utförts med gaskromatografisk teknik på Statens lant-

Tabell 2. Nederbörd, avdunstning och avrinning. *Precipitation, evaporation and drainage discharge.*

År Year	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep
<b>Nederbörd</b> <i>Precipitation</i> (mm)							
1984	8	20	40	99	39	30	87
1961-1985	40	38	40	63	73	68	64
<b>Avdunstning</b> <i>Evaporation</i> (mm)							
1984	-	-	-	46	78	55	23
<b>Avrinning</b> <i>Discharge</i> (mm)							
1984	3	5	1	2	1	0	20
1983-1985	36	37	15	11	1	3	12

brukskemiska laboratorium i Uppsala. Metoden har beskrivits av Åkerblom & Jansson (1986). Extraktionen av MCPA och diklorprop från jordproven utfördes genom att skaka provet i metanol med 0,2 M ammoniak i en timme. Detektionsgränsen låg i vatten vid 0,3 µg/l för bägge ämnena och i jord vid 0,001 mg/kg för MCPA och 0,003 mg/kg för diklorprop.

#### Odlingsåtgärder

Grödan var på fältet under åren 1982 och 1983 korn. 1982 skedde ogräsbekämpningen med en blandning av MCPA och diklorprop och 1983 med Faneron (bromofenoxim). Även försöksåret 1984 var grödan korn med sådd 19 april, uppkomst 29 april och skörd 18 augusti.

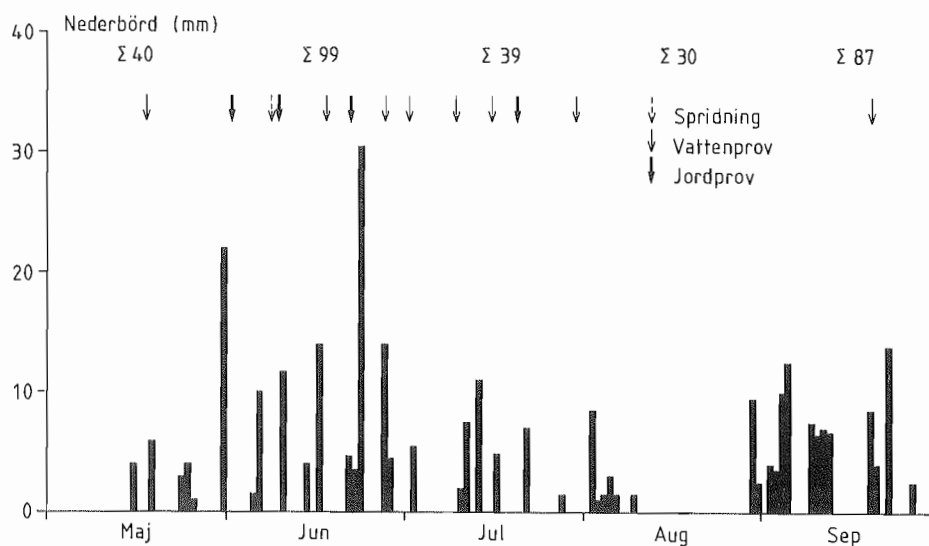


Fig. 1. Nederbörd på Västraby maj-september 1984. *Precipitation at Västraby May-September 1984.*

## Spridning av bekämpningsmedel

På grund av en del regnande kom spridningen 1984 att ske först den 8 juni. Den utfördes av personal från hushållningssällskapets försökspatrull i Svalöv. Vädret var växlande molnighet, svag vind och 20 °C. Ogräsförekomsten var måttlig med målla som dominerande ogräsart. Kornet var vid spridningstillfället i begynnande stråskjutningsstadium (6-7 Feekes skala). Handelspreparaten som användes var Lantmännens MCPA 750 (MCPA 750 g/l) och Diprop 640 (diklorprop 640 g/l). Av bägge ämnena spreds 1,5 kg aktiv substans per hektar med vattenmängden 400 l/ha. På halva försöksfältet (rutorna 1-4) spreds MCPA och på den andra halvan (rutorna 5-8) spreds diklorprop. För spridningen av bekämpningsmedlen användes en Lindus traktorspruta med spaltspridare och 24 meters ramp.

## RESULTAT

### Nederbörd, avdunstning och avrinning

Nederbörd, avdunstning och avrinning under perioden mars - september redovisas i tabell 2. Under försöksåret var juninederbörden avsevärt högre än normalt för området (SMHI:s mätstation Mariedal, 3 km väster om försöksfältet). Under mars-april regnade det däremot mindre än normalt och likaså under större delen av maj då drygt hälften av månadsnederbörden föll 31 maj (fig. 1). Avrinningen under försöksperioden var liten jämfört med avrinningen under samma period åren 1983 och 1985 (fig. 2).

Nederbördsöverskottet (nederbörd minus avdunstning, tabell 2) under juni uppgår till 53 mm. Även om hänsyn tas till förändringar av vatteninnehållet i rotzonen (matjorden) och att uppmätta avdunstningsvärden kan vara något i underkant bör det ha varit ett flöde förbi rotzonen på minst 20-30 mm under juni månad. Trots detta är avrinningen genom dräneringsledningarna bara 2 mm vilket troligen kan förklaras med att den nederbördsfattiga våren har sänkt grundvattennivån under dräneringsdjup.

### Dräneringsvatten

Provtagningsstillfällena och analysresultaten ( $\mu\text{g/l}$ ) hade följande för-

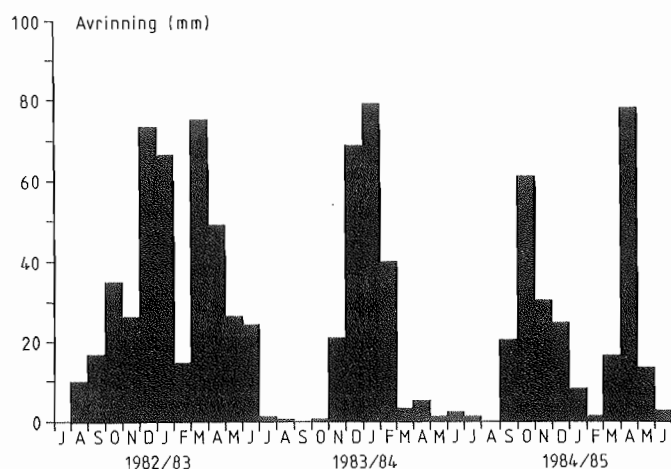


Fig. 2. Genomsnittlig avrinning från Västraby försöksfält. *Average drainage discharge from Västraby experimental field.*

Tabell 3. Jordens vattenhalt i volymprocent vid provtagningstillfällena. *Soil water content (vol.%) on sampling occasions.*

Djup Depth (cm)	1 juni		9 juni		21 juni		19 juli	
	MCPA	Dikl.	MCPA	Dikl.	MCPA	Dikl.	MCPA	Dikl.
0- 10	19	22	17	19	15	15	19	19
10- 20	16	19	12	17	16	23	7	17
20- 30	14	14	12	16	14	21	17	17
30- 40	9	12	9	14	10	24	10	10
40- 60	9	14	14	11	12	23	12	16
60- 80	12	24	16	22	16	24	16	22
80-100	24	24	19	38	24	36	31	28

delning:

Datum	17/5	17/6	27/6	1/7	9/7	15/7	29/7	19/9
Rutorna 1-4	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Rutorna 5-8	<0,3	0,3+0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3

Av de båda ämnena återfanns 0,3 µg/l endast en gång och då i det prov som togs från diklorpropolet (rutorna 5-8) den 17 juni, 9 dagar efter spridningen. Då dräneringsvattnet i september liksom jordproven i juli ej innehöll några påvisbara mängder bekämpningsmedel avbröts provtagningen.

### Jordprofiler

Genomsnittlig vattenhalt i markprofilen vid provtagningstillfällena framgår av tabell 3. Vattenhalten var genomgående högre i diklorpropolet än i MCPA-ledet med största skillnaden den 21 juni.

Jordprofilen som togs kort innan spridningstillfället visar inga spår av MCPA och diklorprop eller några för analysen störande ämnen utom i skiktet 40-60 cm i MCPA-ledet (tabell 4). Värdet är dock osäkert. Vid jordprovtagningen dagen efter spridning kunde MCPA och diklorprop påvisas ner till en meters djup (fig 3). Den mängd MCPA och diklorprop som då återfanns motsvarar ca 128% respektive 107% av avsedd mängd. Med tanke på att den mängd som verkligen sprids ofta inte överensstämmer med den mängd man avsåg att sprida kan ovanstående återfinningsprocent anses ligga inom felmarginalen (Hagenvall, pers. medd., 1985). Den 21 juni, 13 dagar efter spridningen återfanns av MCPA och diklorprop 24 % respektive 43 % av vad som påträffades den 9 juni. En månad senare återstår endast små mängder av MCPA i det översta 5 cm skiktet och inga spår av diklorprop.

Analysresultaten visar också att en del av den MCPA som spreds återfanns utanför spridningsområdet, dvs MCPA återfanns även i de jordprover som togs från den del av försöksfältet där diklorprop spreds. Det omvända gäller även i viss utsträckning för diklorprop.

### DISKUSSION

Resultaten av denna undersökning visar att MCPA och diklorprop kan åter-



Tabell 4. Innehåll av MCPA och diklorprop (mg/kg torr jord) i jordprofilen vid olika tidpunkter. *Contents of MCPA and Dichlorprop (mg/kg dry soil) in the soil profile at different times.*

Datum	Ruta	Skikt (cm)							
		0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
<b>MCPA</b>									
1 jun	1-4	0	0	0	0	0	≤0,003	0	0
9 jun	1-4	0,467	0,022	0,054	0,032	0,105	0,130	0,077	0,090
	5-8 <sup>a</sup>	-	0,004	-	≤0,002	0,009	0,011	-	0,013
21 jun	1-4	0,009	0,003	0	0	0	0	0	0
	5-8 <sup>a</sup>	0	0	0	0,010	0,031	0,061	0,022	0,025
19 jul	1-4	0,006	0	0	0	0	0	0	0
	5-8 <sup>a</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Diklorprop</b>									
1 jun	5-8	0	0	0	0	0	0	0	0
9 jun	5-8	0,764	0,033	0,033	0,009	0,021	0,056	0,080	0,077
	1-4 <sup>a</sup>	-	0	0,010	≤0,003	0,003	0,007	-	0,003
21 jun	5-8	0,014	≤0,005	0,006	0,018	0,030	0,041	0,035	0,066
	1-4 <sup>a</sup>	0	0	0	0	0,004	0	0	0,022
19 jul	5-8	0	0	0	0	0	0	0	0
	1-4 <sup>a</sup>	0	0	0	-	0	-	0	0

<sup>a</sup>Utanför spridningsområdet. *Outside of spreading area.* 0 = MCPA <0,001 mg/kg och diklorprop <0,003 mg/kg. - = ej analyserat. *Not analysed.*

finnas i dräneringsvattnet mycket snabbt efter en vårspridning på sandjord. Större delen av det nederbördsöverskott som uppstod tiden efter spridningstillfället återspeglas dock inte i motsvarande ökad avrinning genom dräneringsledningarna. En tänkbar förklaring är att överskottet har passerat dräneringsledningarna och nått djupare liggande jordlager. Någon beräkning av hur mycket MCPA och diklorprop som har utlakats har därför inte gjorts.

Jordprovtagningarna visar att MCPA och diklorprop kunde påvisas ner till en meters djup dagen efter spridningen (fig. 3) och detta utan att det kommit någon nederbörd mellan spridning och provtagning (fig. 1). Det var också överraskande stora mängder som påträffades i nedre delen av profilen vilket ej kan förklaras med att proven vid provtagningen kontaminerats. För att få den koncentration som påträffades i alven genom att matjord inblandats i proverna från alven skulle behövts en inblandning på närmare 50 procent. Detta är en orimlighet, särskilt som matjorden är mycket olik jorden från resten av profilen både vad avser färg och textur för att någon sammanblandning skulle kunna ske av misstag.

I litteraturen finns mycket sparsamt med undersökningar där jordprover tagits ner till en meters djup inom någon eller några dagar efter spridning av bekämpningsmedel. I ett fältförsök avseende förluster av metribuzin (vattenlöslighet 1200 mg/l) från en sandjord kunde medlet spåras ner till 60 cm dagen efter spridningen och till 100 cm två dygn efter spridningen (LaFleur 1980).

I en laboratorieundersökning av Torstensson & Stark (1979) har visats att fenoxisyran 2,4-D vid bladapplicering på björk snabbt transporterades inom växten och utsöndrades från rötterna ut i omgivande vatten. Under fältförhållanden kan det tänkas att systemiskt verkande herbicider som MCPA och diklorprop transporteras inom främst ogräsen och sedan via

rötterna ut i markvätskan. En del av det tillförda bekämpningsmedlet skulle sålunda undgå att passera det översta markskiktet där förutsättningarna för adsorption och nedbrytning är störst.

En tänkbar förklaring till att medlet snabbt kan transporteras vidare grundar sig på följande resonemang av Hillel (1980, s. 32-33), nämligen att istället för en infiltration på bred front ner genom markprofilen uppkommer under vissa omständigheter s.k. instabilt flöde. Ett sådant kan uppkomma när det perkolerande vattnet övergår från ett mera finkornigt lager till ett lager av grövre textur. Istället för att infiltrera det grövre lagret som en jämn front och därigenom utnyttja markens hela porsystem för nedtransporten kommer förenklat uttryckt vattentransporten genom detta lager att ske genom vertikalt ställda "rör". Under sådana omständigheter kommer det infiltrerande vattnet och däri lösta ämnen att snabbt nå djupt ner i jorden. Detta skulle innebära en påtaglig risk för utlakning av bekämpningsmedel. I en undersökning gjord i USA har man funnit belägg för att atrazin (vattenlöslighet 33 mg/l) i vissa intensiva odlingsområden kan spåras i grundvattnet som en direkt följd av utlakning från åkermark (Wehtje, Mielke, Leavitt & Schepers 1984).

Sidotransporten av främst MCPA har varit betydande. Vid provtagningen den 21 juni (fig. 3) återfanns MCPA endast i det översta 10 centimeter-skiktet på den del av fältet där MCPA spreds. Däremot påträffades i proven från diklorpropyledet både MCPA och diklorprop. Storleken på rutorna är 40x40 meter och jordproven togs på var sida om en tänkt mittlinje ca 10-15 meter från rutgränserna. Att MCPA vandrat från ena sidan av fältet till den andra bekräftas av vattenprovtagningen den 17 juni då MCPA återfanns tillsammans med diklorprop i vatten som rann från diklorpropyledet.

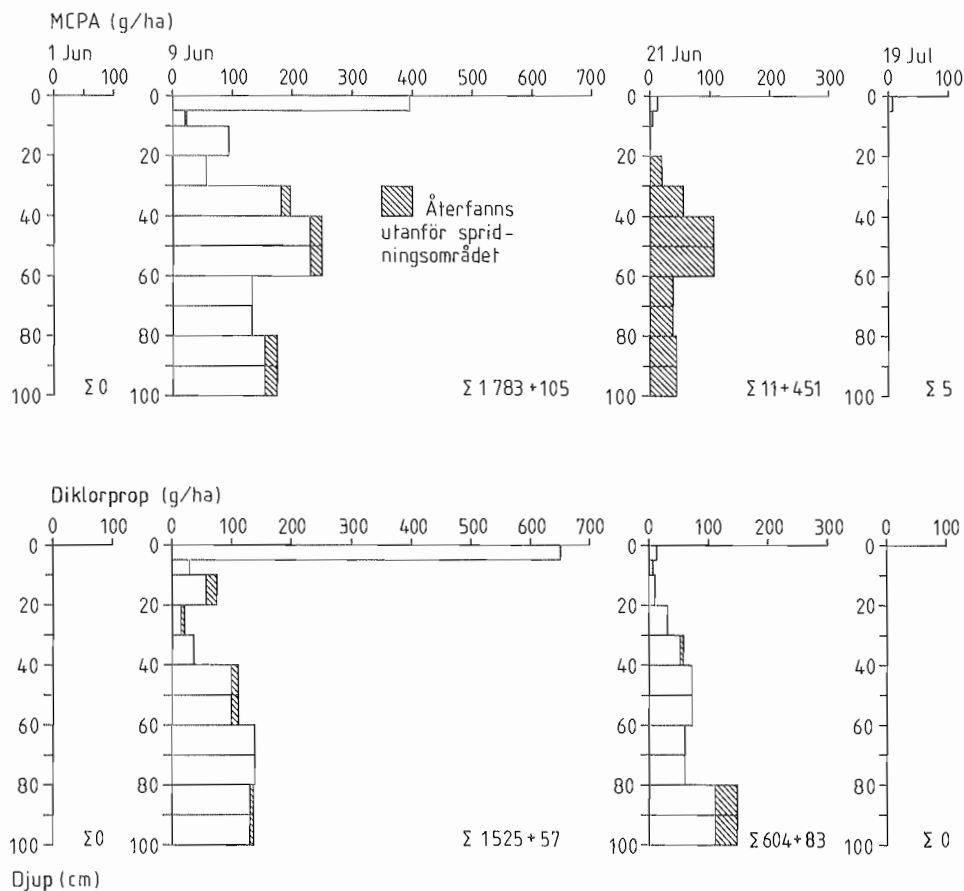


Fig. 3. Innehåll av MCPA och diklorprop i jord från Västraby. Contents of MCPA and Dichlorprop in soil from Västraby.

## SAMMANFATTNING

Utlakningen av bekämpningsmedlen MCPA och diklorprop har studerats under fältförhållanden efter en vårspridning i korn på en sandjord. Dosen var 1,5 kg/ha (aktiv substans) för bägge medlen. Avrinnande vatten mättes och analyserades på bekämpningsmedel liksom jordprov uttagna skiktvis till en meters djup.

Av MCPA och diklorprop återfanns i dräneringsvattnet 0,3 µg/l endast en gång och då i det första provet som togs nio dagar efter spridningen. Avrinningsförhållandena var dock sådana att infiltrerande vatten till stor del kom att passera dräneringsledningarna och nå djupare ner i jorden.

I jordproven återfann man bekämpningsmedel ner till en meters djup dagen efter spridningen. Tolv dagar senare återstod 24% av MCPA och 43 % av diklorprop huvudsakligen i alven. Inga spår av diklorprop och ytterst små halter av MCPA (0-5 cm) fanns i jordprofilen en och en halv månad efter spridningen.

Resultaten visar att MCPA och diklorprop kan återfinnas på dräneringsdjup mycket snabbt efter en vårspridning på sandjord. Vidare fann man en sidotransport av bekämpningsmedlen i marken.

## REFERENSER

- Altom, J.D. & Stritzke, J.F. 1973. Degradation of Dicamba, Picloram, and Four Phenoxy Herbicides in Soils. *Weed Sci.* 21, 556-560.
- Andersson, S. 1969. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XVIII. Om en ny och enkel evaporimeter. *Grundförbättring* 22, 59-66.
- Andersson, S. & Wiklert, P. 1972. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XXIII. Om de vattenhållande egenskaperna hos svenska jordarter. *Grundförbättring* 25, 2-3, 53-143.
- Brink, N. 1968. Self-purification in an open ditch. *Water Research*, 2, 481-503.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1984. Fånggröda efter korn. *Ekohydrologi* nr 15, 13-20.
- Helling, C.S., Kearney, P.C. & Alexander, M. 1971. Behavior of pesticides in soils. *Adv. in Agronomy*, 23, 147-240.
- Helweg, A. 1984. Beskrivelse af pesticiders nedvaskning i jord. En udredning om problemet med forslag til foranstaltninger på området. *Statens Planteavlsvforsög, Danmark*. 51 s.
- Hillel, D. 1980. *Applications of Soil Physics*. New York: Academic Press.
- Johansson, W. 1969. Meteorologiska elements inflytande på avdunstningen från Anderssons evaporimeter. *Grundförbättring* 22, 83-105.
- Kreuger, J. 1985. Rörlighet hos MCPA och diklorprop. *Ekohydrologi* nr 19, 55-64.
- LaFleur, K.S. 1980. Loss of Pesticides from Congaree sandy loam with time: Characterization. *Soil Sci.* 130, 83-87.
- Lindén, B. 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. *Rapp., Avd. Växtnäring, Sveriges lantbruksuniv.* nr 112. 29 s.
- Moreale, A. & Van Bladel, R. 1981. Adsorption, degradation et mouvement du 2,4,5-T, MCPA et carbofuran en colonne de sol homogène. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent*, 46/1, 281-296.
- OECD. 1984. *Diffuse Sources of Agricultural Pollution: Pesticides. Problems Posed by their Residues in the Fresh Water Environment*. Water Management Policy Group. ENV/WAT/82.1 (4th Rev.). 42 s.
- Ogräsnyckeln. 1984. *Aktuellt från lantbruksuniversitetet* 328. Mark-Växter. Uppsala, 84 s.
- Sandsborg, J. 1969. Local rainfall variations over small, flat cultivated areas. *Tellus* 5, 673-684.
- Sandsborg, J. 1972. Precipitation measurements with various precipita-

- tion gauge installations. *Nordic Hydrology* 3, 80-106.
- Schmidt, H. & Beitz, H. 1980. Erkenntnisse zum Eindringen von Pflanzenschutzmitteln in das Grundwasser und daraus abzuleitende Schutzmaßnahmen. *Nachrichtenblatt für den Pfl.schutz in der DDR*, 34, 146-150.
- Smith, A.E. 1978. Relative persistence of di- and tri-chlorophenoxyalkanoic acid herbicides in Saskatchewan soils. *Weed Res.* 18, 275-279.
- Smith, A.E. 1982. Soil persistence studies with  $^{14}\text{C}$ MCPA in combination with other herbicides and pesticides. *Weed Res.* 22, 137-142.
- Smith, A.E. & Hayden, B.J. 1981. Relative persistence of MCPA, MCPB and mecoprop in Saskatchewan soils, and the identification of MCPA in MCPB-treated soils. *Weed Res.* 21, 179-183.
- SNV. 1985. Användning av bekämpningsmedel 1984. Naturvårdsverket RAPPORT 7590-351-2, 21 s.
- Torstensson, L. & Stark, J. 1979. Inverkan av edafiska faktorer på nedbrytning av herbicider i skogsmark. Rapp. nr 11, Inst. Mikrobiologi, SLU.
- Wehtje, G., Mielke, L.N., Leavitt, J.R.C. & Schepers, J.S. 1984. Leaching of atrazine in the root zone of an alluvial soil in Nebraska. *J. Environ. Qual.* 13, 507-513.
- Åkerblom, M. & Jansson, L. 1986. Bestämning av bekämpningsmedel i å- och brunnsvatten. Växtskyddskonferensen 1986. Växtskyddsrapporter. Jordbruk 39. Konsulentavdelningen/växtskydd, Uppsala 1986.

**Personligt meddelande från:**

Agronom H. Hagenvall. 1985. Institutionen för lantbruksteknik, SLU.

# UTLAKNING FRÅN EN GROVMOJORD I HALLAND

## *Losses of Nutrients from a Sandy Soil in Halland*

Kjell Ivarsson och Nils Brink

**Abstract.** An experimental field was established during the winter of 1982/83 on a sandy soil in the wet, south-western part of Sweden, mainly to elucidate the leaching of nitrate.

The field is divided into ten plots of 0.16 ha, each with a separate drainage system. Two of the plots are unfertilized. Two of the others get nitrogen in commercial fertilizer according to general recommendations for each crop. The rest of the plots get nitrogen in commercial fertilizer according to 50 % of the general recommendations and liquid manure on different occasions. The liquid manure is applied during early and late autumn and in the spring. In the early autumn, three levels of manure are supplied. One of the two plots getting liquid manure in the spring is sown with a catch crop in the autumn.

The size of the drainage discharge is measured and the quality of the drainage water is analysed. The soil content of mineral nitrogen is determined on given occasions and also the nitrogen content of the crop.

The leaching of nitrogen has increased from plots with application of liquid manure in the autumn. There seems to be a reduction of nitrate leaching after treatment with spring application, especially if a catch crop is sown.

There is a small leaching of phosphorus and it is difficult to see differences between the treatments after two years. A risk of surface runoff is possible only when the soil is frozen.

The differences in leaching of potassium showed some increase for the treatments receiving liquid manure in the autumn.

## INLEDNING

Genom den intensiva debatten om algblooming och bottendöd i Laholmsbukten har jordbruket i södra Halland kommit i rampljuset. Risken för kväveläckage från åkermark är där stor. Det beror på hög nederbörd, lätta jordar, stor djurhållning och en stor andel bar åkermark under vinterhalvåret.

Den höga nederbördens betydelse har påvisats av Kjellerup & Dam Kofoed (1979). De har jämfört utlakad mängd kväve med avrinningens storlek och fick då en proportionellt ökande kväveutlakning vid större avrinning.

Konventionellt odlade sandjordar i södra Sverige och Danmark har ofta en kväveutlakning på mer än 50 kg per hektar och år, medan utlakningen från lerjordar ligger på en betydligt lägre nivå (Brink & Ivarsson 1985, Hansen 1983).

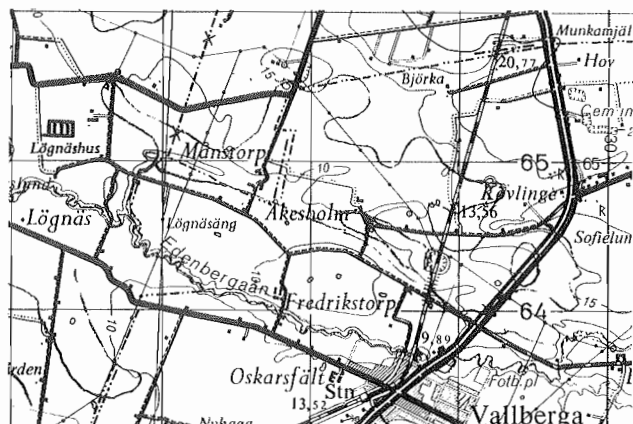


Fig. 1. Försöksfält med omgivning. *Experimental field and surroundings.*

Den omfattande djurhållningen innebär att mycket stallgödsel sprids på en relativt liten areal. Spridning på hösten är vanlig. En kraftigt ökad nitratutlakning efter flytgödselspridning på hösten har demonstrerats av Brink & Jernlås (1982) och Vetter & Steffens (1981). När handelsgödsel tillförs ett stallgödselat fält blir den totala kvävegivan oftast betydligt större än om enbart handelsgödsel har använts (Joelsson & Pettersson, 1982). Att kväveutlakningen ökar starkt från både sand- och lerjordar när grödorna får en kvävegiva som är större än grödans behov har visats i en sammanställning av Kolenbrander (1981).

Ett växttäckande under vinterhalvåret kan ta hand om mycket av markens mineralkväve och förhindra en del av nitratutlakningen under denna period. Detta har framkommit i försök där speciella fånggrödor har odlats under vintern (Rasmussen 1983, Gustafson & Torstensson 1984, Kreuger & Brink 1984).

Kväveutlakning är inte den enda förlustposten av mineralkväve. Det blir även en viss ammoniakavdunstning och denitrifikation. Om temperaturen är tillräcklig ökar denitrifikationen mer vid tillförsel av flytgödsel än av handelsgödsel. Detta beror på tillskottet av organiskt material eller syrebrist (Christensen 1983).

Markens mikroorganismer tar hand om en del av mineralkvävet i stallgödseln för att kunna omsätta det organiska materialet. Det är en av anledningarna till att effekten av ammoniumkvävet i flytgödsel spridd före sådd inte blir densamma som av motsvarande mängd handelsgödsel. Stallgödselns långsiktiga effekt är ännu svårare att uppskatta. Sluijsmans & Kolenbrander (1977) angav att i medeltal mineraliseras ca 50 % av det organiska materialet i stallgödseln under första året efter spridningen.

I motsats till kväve är fosfor inget lätttrörligt ämne i marken. En uppgödsling med fosfor leder till ökat fosforinnehåll i jorden. Så småningom kan detta leda till ökad fosforutlakning, vilket märktes tydligt i trettioåriga tyska försök (Amberger & Schweiger 1978).

Kalium är ett relativt lätttrörligt ämne. Ökade givor av kalium leder dock inte alltid till ökad utlakning (Brink & Joelsson 1978, Brink & Jernlås 1982).

För att i första hand belysa frågorna om kväveutlakning har hushållningssällskapet i Hallands län beslutat att genomföra ett fältförsök i samarbete med Sveriges lantbruksuniversitet. Förutom avdelningen för vattenvård deltar forskningsavdelningen för växtnäringslära. Försöket finansieras av Statens naturvårdsverk, Sveriges lantbruksuniversitet, Laholms kommun och Hallands läns hushållningssällskap.

## **MÅL**

Målen för projektet är:

- att mäta olika gödslingssystemens påverkan på kväveläckaget med tonvikt på kombinationen stallgödsel + handelsgödsel,
- att kvantifiera skillnader i läckage vid olika spridningstidpunkter för stallgödsel,
- att mäta en fånggrödans inverkan,
- att studera hur läckaget påverkas av de klimatiska och övriga förhållandena som råder i trakten,
- att specialstudera kvävemineraliseringen i marken,
- att tjäna som åskådningsobjekt.

## **MATERIAL OCH METODER**

### **Försöksfältet**

Fältet tillhör gården Forslund i Mellby och är beläget ca 5 km sydväst

om Laholm (fig. 1).

Fältet sluttar svagt mot väster, ca 5 promille.

Försöksfältet dikades hösten 1982 och består av tio separat dikade rutor om vardera 0,16 ha. Varje försöksruta är dränerad med sex dräneringsledningar som binds samman med en tvärgående ledning (fig. 2). Dikesdjupet inom försöket är ca 1,0 m.

Ledningarna har dragits till en mätstation som ligger drygt 100 m väster om försöket, intill vägen. I mätstationen mynnar ledningarna två och två i mätbrunnar med vippkärl (fig. 2).

Försöksfältet täcks helt av lerig grovmo som i genomsnitt är ca 1 m djup. Djupet av den i ytan måttligt mullhaltiga till mullrika grovmon har vid sondning varierat mellan 0,5 och 2,0 m. Mekanisk analys av försöksfältet visas i tabell 1. Under dikesdjup finns ett mäktigt lerlager av glacialt utsprung. Vid brunnsborringar i närheten har lerlagret uppmätts till 20-40 m. På ca 50 m djup finns urberg, troligen gnejs.

Det vatten som infiltrerar på fältet och bildar grundvatten strömmar huvudsakligen på leran. Dräneringsledningarna skär ner i lerbotten på några ställen. Där har återfyllning skett med genomsläppligt material. Merparten av det vatten som perkolerar ner i jorden antas fångas upp av respektive dräneringsledning.

En markkartering gjord i november 1983 visar att fosfor- och kalium-tillståndet är bra i matjorden och i leran på djupet 150-170 cm (tabell 2).

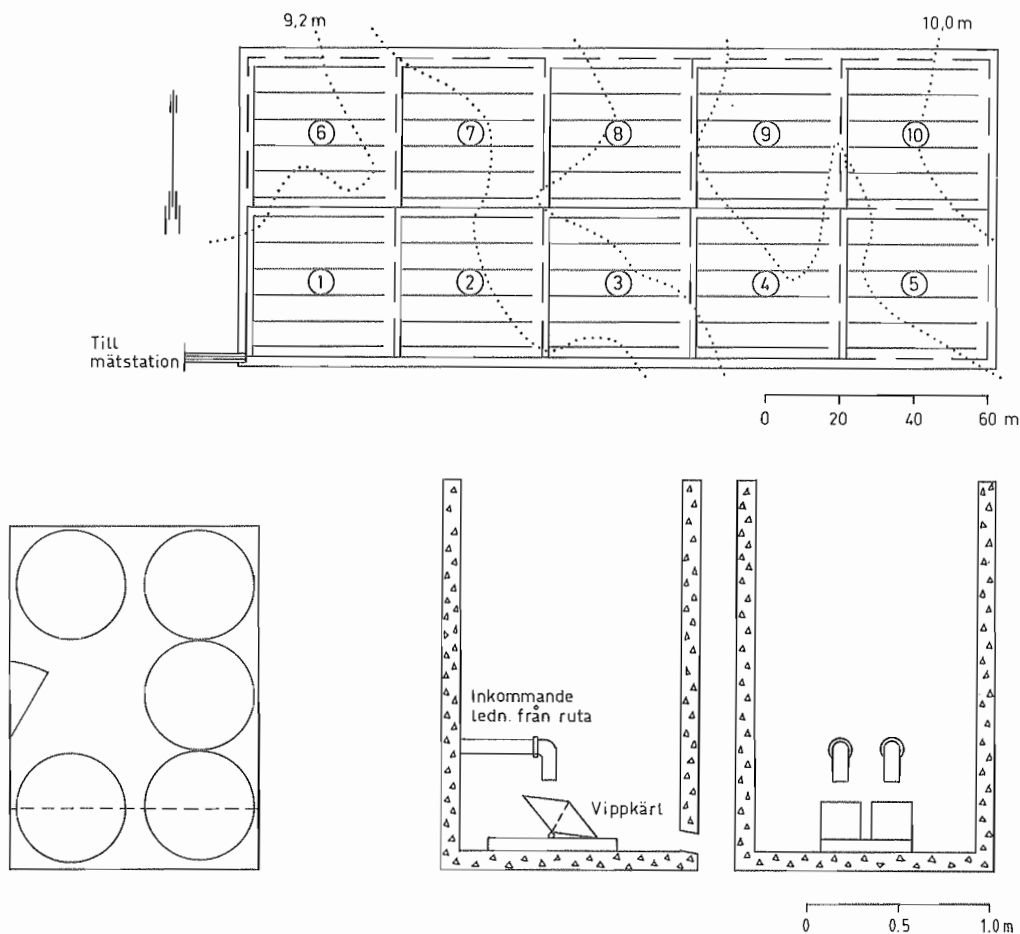


Fig. 2. Försöksfält med dräneringssystem och försöksrutor. *Experimental field with drainage system and experimental plots.* Mätstationen sedd ovanifrån. *Gauging station seen from above.* De sydligaste mätbunkrarna. *Measuring bunkers.*

Tabell 1. Mekanisk analys, medeltal av rutorna 2, 5, 6 och 9. *Mechanical soil analysis, mean of plots 2, 5, 6, and 9.*

Skikt (cm) <sup>a</sup>	Ler <sup>b</sup>	fMj <sup>c</sup>	gMj <sup>d</sup>	fMo <sup>e</sup>	gMo <sup>f</sup>	mSa <sup>g</sup>	gSa <sup>h</sup>	Mull <sup>i</sup>
0-20	8,1	3,8	3,0	3,8	42,3	31,4	1,4	5,9
40-60	1,4	1,0	0,8	6,0	55,5	32,4	1,8	1,0
150-170	38,8	7,3	7,0	14,2	16,5	13,8	2,2	0,0

<sup>a</sup>Layer, <sup>b</sup>clay, <sup>c</sup>fine silt, <sup>d</sup>silt, <sup>e</sup>coarse silt.

### Mätningar

**Nederbörden** mäts med SMHI:s standardmätare och med en marknederbördsmätare typ B 70, som är en av Bjerketorp (1970) modifierad specialmätare (Lindén 1982). Båda mätarna är placerade intill försöket. Nederbördstalen har i början kompletterats med värden från SMHI:s nederbördsstation i Genevad, knappt en mil från Mellby.

**Avrinningen** från varje ruta mäts med ett tvåsidigt vippkärl (Brink 1968), vars ena hälft fylls när den andra töms. Varje vippkärl rymmer 7-8 liter per dubbelslag. Den exakta vattenmängden kalibreras varje år. Antalet tömningar registreras med elektriska och mekaniska räkneverk. Vippkärlens räkneverk avläses i samband med vattenprovtagningen. Den avrunna vattenmängden gäller alltså perioden från föregående avläsning till den aktuella.

### Vattenprovtagning och analys

Prov på dräneringsvatten tas två gånger i månaden i mån av avrinning. Vid intensiv avrinning tas de tätare. Proven når eget laboratorium inom ett dygn. Dräneringsvattnet analyseras på ammonium, nitrat, totalkväve, fosfat, totalfosfor, kalium, konduktivitet och pH. Konservering och analysmetoder har beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978).

### Transportberäkningar

Ämnestransporten beräknas genom att den vattenmängd som avrunnit mellan provtagningstillfällena multipliceras med det aritmetiska medeltalet av halterna under motsvarande period. Transportvärdena för varje period summeras sedan till månads- och årstransporter. Årstransporten gäller perioden 1 juli till 30 juni (ett agrohydrologiskt år).

### Mineraliskt kväve i marken

För bestämning av jordens innehåll av ammonium- och nitratkväve (min-N) har jordprov tagits tidigt och sent på hösten samt på våren. Proven togs med "Ultunaborr" (Lindén 1979) i tre 30 cm-skikt ned till 90 cm. Fr.o.m. våren 1984 har jordprovtagningen intensifierats och försöket har utökats med förlängningsrutor där kvävemineraliseringen skall specialstuderas. Utformningen av jordprovtagningen sköts numera helt av avdelningen för växtnäringslära.



Tabell 2. Lättillgänglig fosfor och kalium (P-AL och K-AL) och fosfor- och kaliumförrådet (P-HCl och K-HCl) i nov 1983. För klasserna I-V och 1-5 är värdet fem den högsta halten. *Easily available phosphorus and potassium (P-AL and K-AL) and bound P and K (P-HCl and K-HCl) in Nov. 1983. In classes I-V and 1-5 the value V or 5 is the highest content.*

Djup (cm)	P-AL	P-HCl	K-AL	K-HCl
0-20	V	4	III	4
40-60	II	2	II	3
150-170	IV	4	V	5

### Grödans kväveinnehåll och skörd

Avdelningen för växtnäringsslära undersöker sedan 1984 kväveinnehållet i grödans ovanjordiska delar och även i rötterna. Skördestorleken bestäms för varje ruta genom körning med tre tröskdrag tvärs över dräneringsdikena.

### Försöksplan

I försöket jämförs flyt gödsel (svin) i varierande givor och vid olika spridningstidpunkter. Dessutom ingår ett led med fånggröda (tabell 3). Den allmänt rekommenderade kvävegivan för respektive gröda är 1 N. Flyt gödselns halt av totalkväve bestämmer kvävegivan.

### Odlingsåtgärder

Åren innan försöksstarten odlades stråsäd och potatis. Stallgödsel har spridits på fältet ungefär vartannat år. Under 1982 var försöksfältet uppdelat på två skiften. På den västra delen odlades potatis och spreds stallgödsel, vilket verkar ha förändrat växtnäringförhållandena jämfört med den östra delen där korn odlades. Havre odlades över hela försöksfältet 1983. Havren fick 90 kg kväve i form av NPK-gödsel (20.5.9). Skörden uppskattades till 3,8-4,0 kg/ha.

Hösten 1983 började differentieringen av gödselgivorna då stallgödsel spreds. Våren 1984 tillfördes led N10 med enbart handelsgödsel 220 kg kväve per hektar i stället för planerade 110 kg. Hela försöket grundgödslades 1984 med 500 kg PK 5.16.

Vårraps såddes på fältet våren 1984 följt av korn 1985. Den preliminära växtföljden år 1986-88 är följande: havre, potatis, råg alternativt korn.

## RESULTAT OCH DISKUSSION

### Allmänt

De resultat som nu skall redovisas börjar med förhållandena vid försökets start under vintern och våren 1983. Som framgår av metodbeskrivningen började gödslingen differentieras under det agrohydrologiska året 1983/84. Effekterna av gödsling och odlingsåtgärder märktes tydligt under 1984/85.

Tabell 3. Försöksplan. *Experimental plan.*

Led <sup>a</sup>	Ruta <sup>b</sup>	Handelsgödsel <sup>c</sup>	Flytgödsel <sup>d</sup>	Spridningstid <sup>e</sup> flytgödsel
N00	5+7	ON	ON	
N10	2+10	1N	ON	
N $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ t	9	$\frac{1}{2}$ N	$\frac{1}{2}$ N	Tidig höst, <i>early autumn</i>
N $\frac{1}{2}$ it	8	$\frac{1}{2}$ N	1N	Tidig höst, <i>early autumn</i>
N $\frac{1}{2}$ 2t	3	$\frac{1}{2}$ N	2N	Tidig höst, <i>early autumn</i>
N $\frac{1}{2}$ 1s	4	$\frac{1}{2}$ N	1N	Sen höst, <i>late autumn</i>
N $\frac{1}{2}$ 1v	1	$\frac{1}{2}$ N	1N	Vår, <i>spring</i>
N $\frac{1}{2}$ 1f	6	$\frac{1}{2}$ N	1N	Vår + fånggröda, <i>spring</i> + <i>catch crop</i>

<sup>a</sup>Treatment, <sup>b</sup>plot, <sup>c</sup>commercial fertilizer, <sup>d</sup>liquid manure, <sup>e</sup>application time of liquid manure.

### Nederbörd

Under våren 1983 var nederbörden betydligt över den normala (fig. 3). Det agrohydrologiska året 1983/84 var nederbörden ca 50 mm under den normala. Hösten var dock ovanligt regnrik. Årsnederbörden 1984/85 var i stället något över det normala. Fördelningen under året var jämnare än tidigare.

### Avrinning

Det var en stor, utdragen våravrinning 1983 (fig. 3). Detta var positivt för försöket, eftersom mycket växtnäring lakades ut. Utjämnningen blev kraftig av de skillnader i växtnäringstillstånd som fanns när fältet var delat i två skiften 1982. Avrinningen vintern 1983/84 var betydande endast under tre månader. Nästa år var nederbörden mer jämnt fördelad och avrinningen var utdragen, från oktober till maj.

Spridningen i avrinning mellan de tio rutorna är markerad i fig. 3. Denna spridning är jämförelsevis liten. På ruta 10 rinner det in lite ytvatten från området intill, åtminstone när marken är tjälad. Ruta 10 har också den högsta avrinningen i allmänhet. Den lägsta avrinningen kommer oftast från ruta 2. Ruta 2 och 10 har därför slagits ihop till ett försöksled.

### Transport av kväve

Som synes i fig. 4 består kväveläckaget nästan uteslutande av nitratkväve. Förlusterna av ammoniumkväve har varit mycket små.

Under året 1983/84 syns ett betydligt ökat kväveläckage från de försöksled som har fått stallgödsel på hösten. Någon annan åtgärd i försöksplanen har inte kunnat ge utslag, eftersom avrinningen har varit obetydlig sedan februari. Kväveutlakningen var 23,4–26,9 kg per hektar och år från de rutor som inte har fått stallgödsel på hösten. Den ruta som har fått mest stallgödsel läckte 55 kg kväve per hektar och år.

Följande år var kväveläckaget i allmänhet nära 30 kg per hektar och år. Även då märktes ökade kväveförluster från de försöksled som har fått stallgödsel på hösten. Det gäller speciellt från ledet med den högsta

givan. Led N10 fick som tidigare nämnts en dubbel giva med handelsgödselkväve, vilket tycks ha ökat läckaget från dessa rutor även om det inte var någon avrinning under vegetationsperioden. Förlusterna från leden med vårspridning är betydligt lägre än från övriga rutor. Den fånggröda (råg) som såddes i september 1984 och harvades upp på våren verkar ha gett effekt, 13,7 kg kväve från led N $\frac{1}{2}$ 1f mot 22,2 kg kväve från led N $\frac{1}{2}$ 1v.

För att kunna jämföra dessa resultat med förhållandena under våren 1983 har värdena för detta halvår och de två hela försöksåren omräknats till relationstal. Värdena från rutorna med led N00 och N10 har slagits ihop till ett värde per led. Transportvärdet för N00-ledet har sedan satts till 100 för de tre tidsperioderna.

I fig. 5 syns att kväveläckaget under våren 1983 som mest var 60 % större från några av rutorna längst till väster i försöket än från övriga rutor. Den tidigare nämnda skiftesdelningen under 1982 kan vara en orsak. Under de två följande åren har utlakningsskillnaderna ökat mellan försöksleden. Det är otvetydigt så att stallgödselspridningen på hösten har gett ett större kväveläckage. Detta läckage har ökat proportionellt med gödselgivans storlek. Skillnaden mellan tidig och sen höstspridning är det svårt att uttala sig om, åtminstone ännu så länge. Vårspridning av stallgödsel verkar ha minskat läckaget, liksom sådd av fånggröda.

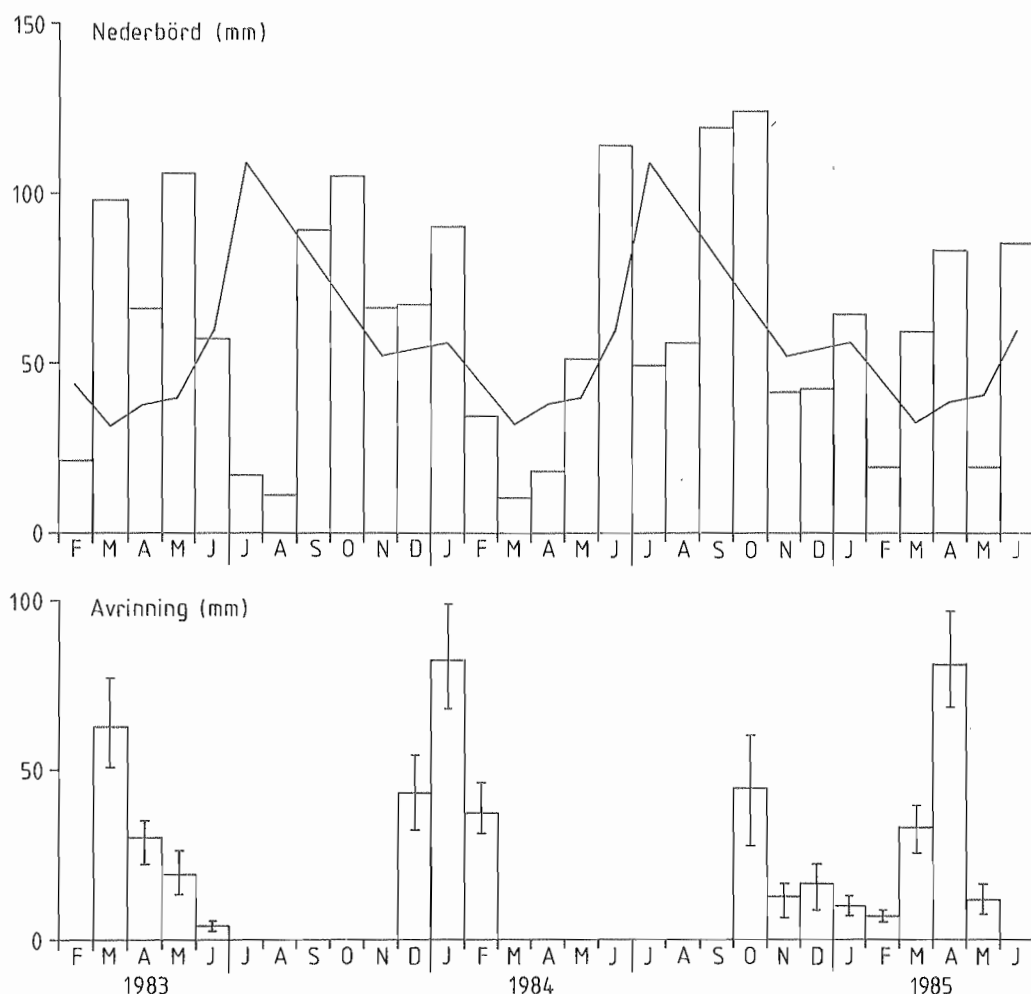


Fig. 3. Över. Nederbörd vid Genevads nederbördsstation. Den heldragna linjen visar månadsmedelvärden för 1931-60. Above. Precipitation at Genevad. The continuous line shows monthly mean values for 1931-60. Under. Avrinning. Below. Drainage discharge.

## Transport av fosfor

Fosforförlusten är i allmänhet 0,1–0,2 kg per hektar och år (fig. 4). Det är en relativt liten förlust (cf. Brink 1983). Andelen  $PO_4$ -P av tot-P är oftast betydligt mindre än hälften.

Att skillnaderna i försöksledens behandling skulle märkas på utlakningen går inte att se och det är inte heller troligt efter en så kort tid. Skillnaderna mellan försöksleden 1984/85 verkar vara lika svårtydda som under våren 1983 (fig. 5). Dessutom är det ju väldigt små fosfurmängder som kommer ut med dräneringsvattnet. Risk för ytavrinning av fosfor uppstår bara när den plana, sandiga marken är tjälad. En intressant detalj är att led  $N_{\frac{1}{2}2t}$ ,  $N_{\frac{1}{2}1v}$  och  $N_{\frac{1}{2}1f}$  hade den högsta kväveutlakningen under våren 1983 men de lägsta fosforförlusterna under samma tid. Kan det bero på inverkan av tidigare potatisodling?

## Transport av kalium

Utlakningen av kalium har under försökstiden oftast legat över 20 kg per hektar och år (fig. 4).

Höstspridning av stallgödsel verkar ha gett ett större läckage än vårspridning enligt fig. 4. I fig. 5 är dock skillnaderna nästan lika stora

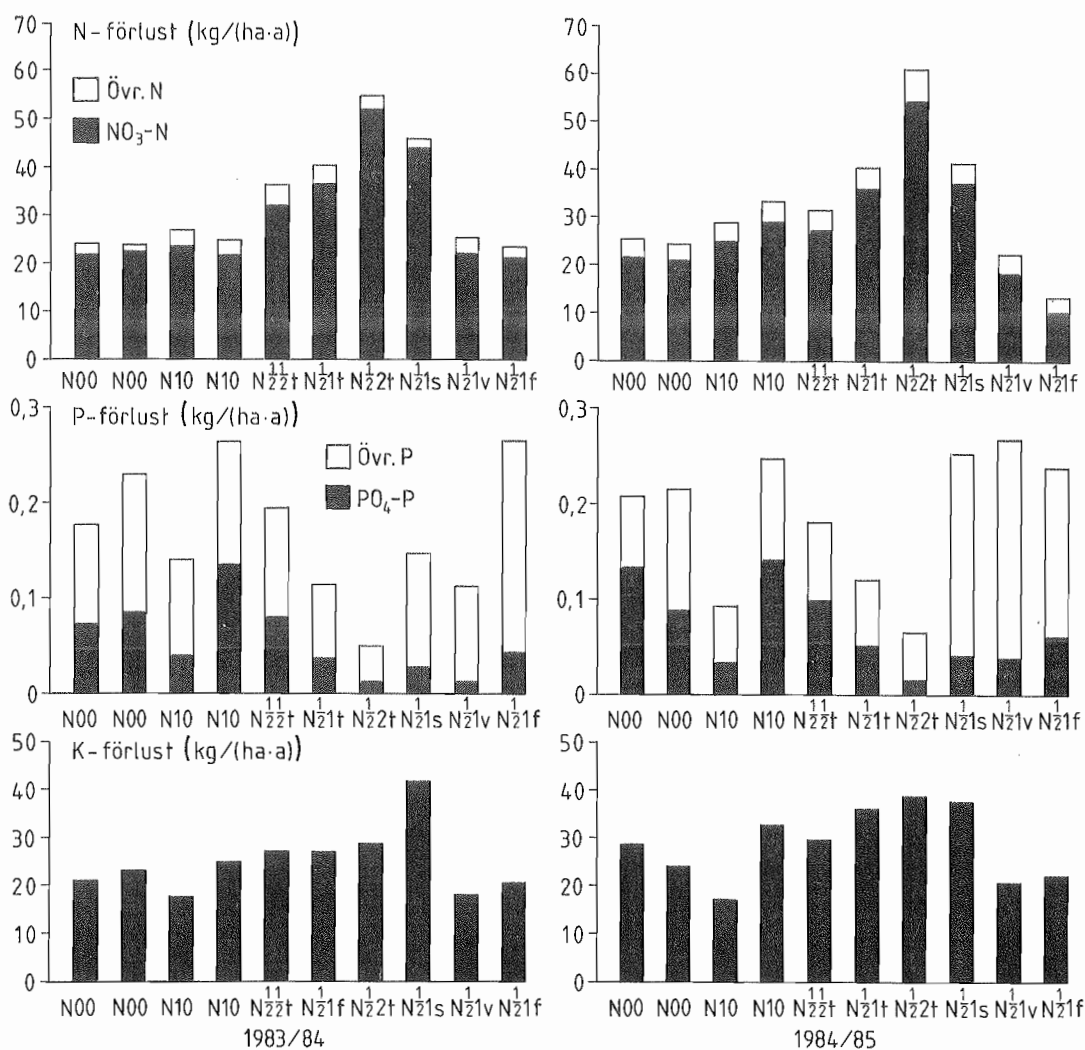


Fig. 4. Förlust av kväve, fosfor och kalium under de agrohydrologiska åren 1983–84 och 1984–85. Losses of nitrogen, phosphorus and potassium during the agrohydrological years of 1983–84 and 1984–85.

vid försökets start. Med tanke på bakgrundsvärdena är påverkan av flytgödselspridningen inte tydlig, möjligen har utlakningen ökat något i leden N 1t, N 2t och N 1s. Toppvärdet för led N 1s 1983/84 orsakades nog av att denna ruta fick stallgödsel strax innan den stora avrinningen det året.

### Mineraliskt kväve i marken

När fältet skulle täckdikas i december 1982 var mängden mineraliskt kväve (min-N) i marken relativt stor, i genomsnitt 93 kg/ha i skiktet 0-90 cm (fig. 6). Vid nästa provtagning i april 1983 hade min-N rört sig nedåt i profilen och minskat med i medeltal 43 kg/ha.

Större delen av detta kväve förlorades troligen genom utlakning (jfr transportvärdena för perioden feb-juni 1983, 23,2 kg kväve per hektar och år).

Efter skörden togs jordprov i början av september. Mängden min-N hade då minskat till i snitt 21 kg/ha i skiktet 0-90 cm. Detta värde tyder på att grödan tömt profilen effektivt på min-N (cf. Lindén 1981).

Jordprovtagningen i början av december visade att de fyra rutor som fick stallgödsel under hösten hade fått en kraftig ökning av mineralkväveinnehållet (46-90 kg/ha). I övriga rutor var ökningen i medeltal 24 kg/ha, vilket blir 8 kg per månad.

Under 1984 följdes förändringen i markens innehåll av mineralkväve tätare (fig. 7). På våren hade led N10 ett betydligt större innehåll av

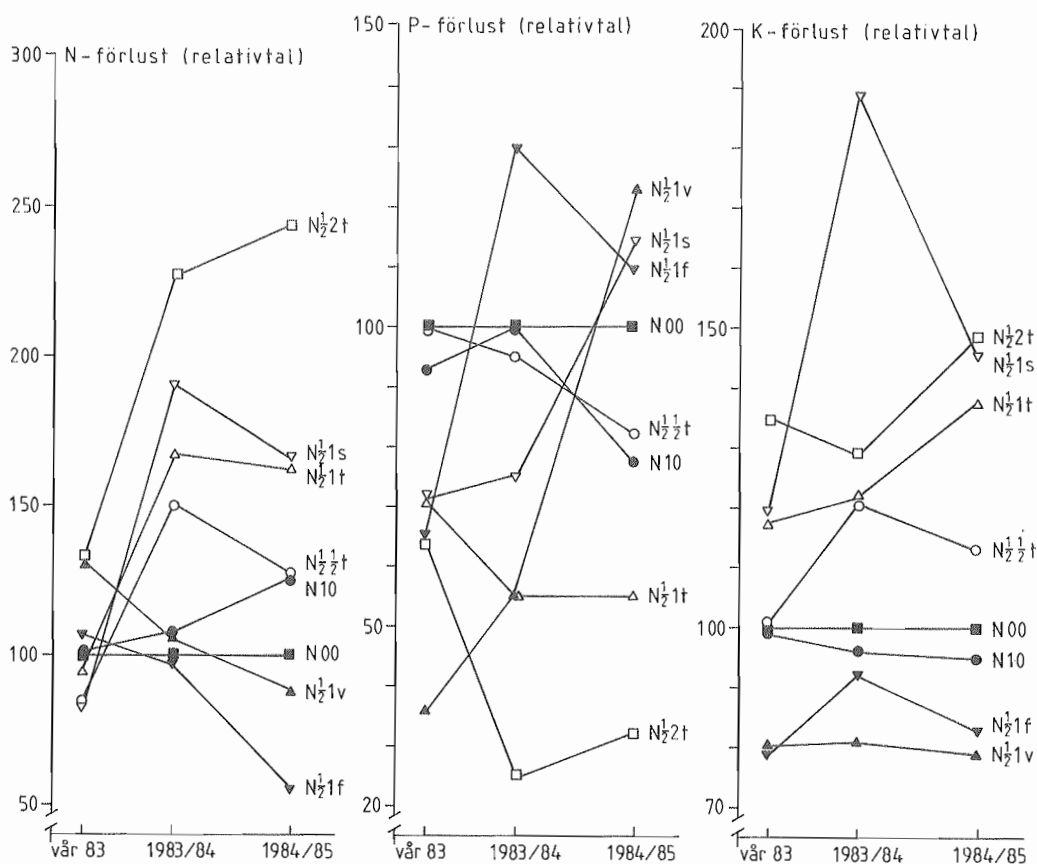


Fig. 5. Förlust av kväve, fosfor och kalium. Relationstal mellan det ogödslade ledet N00 (100) och övriga led för våren 1983 och de två följande agrohydrologiska åren. Losses of nitrogen, phosphorus and potassium. The proportions between the unfertilized treatment N00 (100) and the rest of the treatments for the spring of 1983 and the two following agrohydrological years.

min-N. Som tidigare nämnts blev kvävegivan fördubblad denna vår. Näst största mängden av min-N hade de led som fått stallgödsel på våren eller som på hösten fått mycket stallgödsel eller fått den sent spridd. Led NO0 hade en låg nivå hela året. Efter grödans kväveupptagning var skillnaderna mellan leden i stort sett utjämnade. Mängden min-N i början av augusti var 30 kg/ha för NO0 och 35-45 kg/ha för övriga led. Under hösten ökade min-N påtagligt i de led som då fick mycket flytgödsel.

## Skörd

Skördens storlek och kvalitet mättes 1984. Som framgår av tabell 4 gav den av misstag dubblerade handelsgödselgivan i led N10 en stor skörd. Mycket av det tillförda kvävet har alltså förts bort med grödan. Det var ingen avrinning förrän i oktober 1984 och kväveutlakningen blev därför inte så stor som man hade kunnat befara (fig. 4). Den stora kvävegivan fick en annan negativ konsekvens, nämligen högre klorofyllhalt beroende på senare mognad (tabell 4).

Två andra försöksled förutom N10-ledet fick också en högre klorofyllhalt. Det var de rutor som hade tillförts stallgödsel på våren. Rapsen på dessa rutor har fått en fördröjd kväveupptagningsperiod med en senare mognad som följd.

## SAMMANFATTNING

För att belysa frågan om kväveutlakning från åkermark i södra Halland anlades vintern 1982/83 ett rutförsök sydväst om Laholm på en lerig grovmjord.

Försöket i Mellby består av tio separat dikade rutor om vardera 0,16

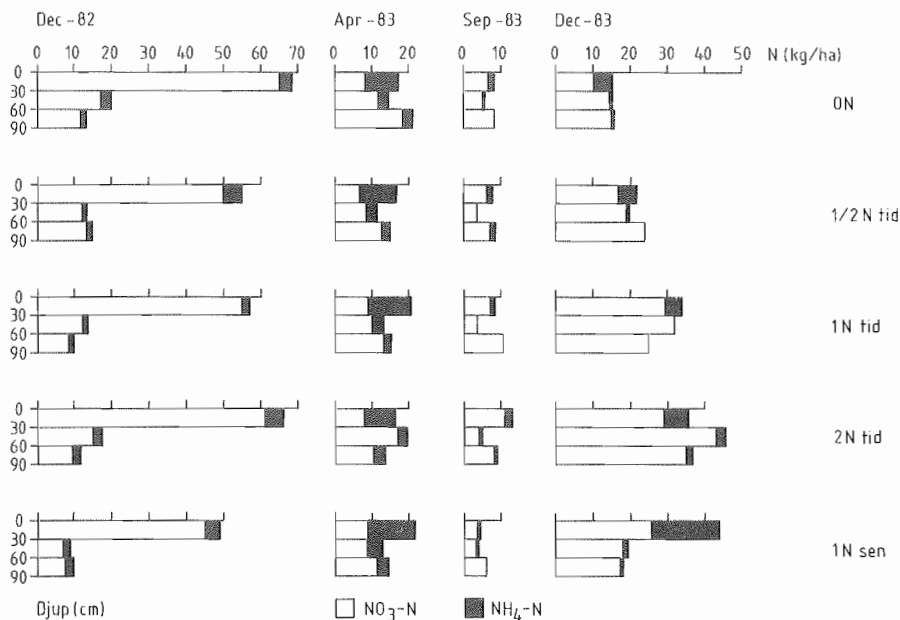


Fig. 6. Mängden mineraliskt kväve i skiktet 0-90 cm före och efter flytgödselspridning hösten 1983. ON är ett medeltal av sex rutor. Den allmänt rekommenderade kvävegivan till grödan, vårraps, är 1N. Tid = tidig spridning (sep), sen = sen spridning (nov). The content of mineral nitrogen in the layer 0-90 cm before and after application of liquid manure in the autumn 1983. ON is a mean of six plots. The general recommendation of nitrogen to the crop, spring rape, is 1N, tid is early autumn (Sep.), sen is late autumn (Nov.).

hektar. Två av försöksrutorna gödslas inte alls. Två andra rutor tillförs en handelsgödselgiva som motsvarar den allmänt rekommenderade kvävegivan för den aktuella grödan. Övriga rutor får handelsgödsel motsvarande halva kvävegivan och flytgödsel vid olika tidpunkter. Flytgödseln sprids under tidig och sen höst och på våren. Vid den tidiga höstspridningen ges tre olika mängder. Ett av de två led som får flytgödsel på våren besås med fånggröda på hösten.

Avrinningens storlek har mätts och dräneringsvattnets kvalitet har bestämts med jämna mellanrum. Jordens innehåll av mineralkväve har bestämts vid olika tidpunkter liksom grödans kväveinnehåll.

Kväveutlakningen har ökat betydligt från de rutor som har fått flytgödsel på hösten. Utlakningen från försöksleden med vårspridd flytgödsel verkar däremot ha minskat, speciellt från ledet som besätts med fånggröda under vintern.

Utlakningen av fosfor är liten och det är svårt att uttala sig om

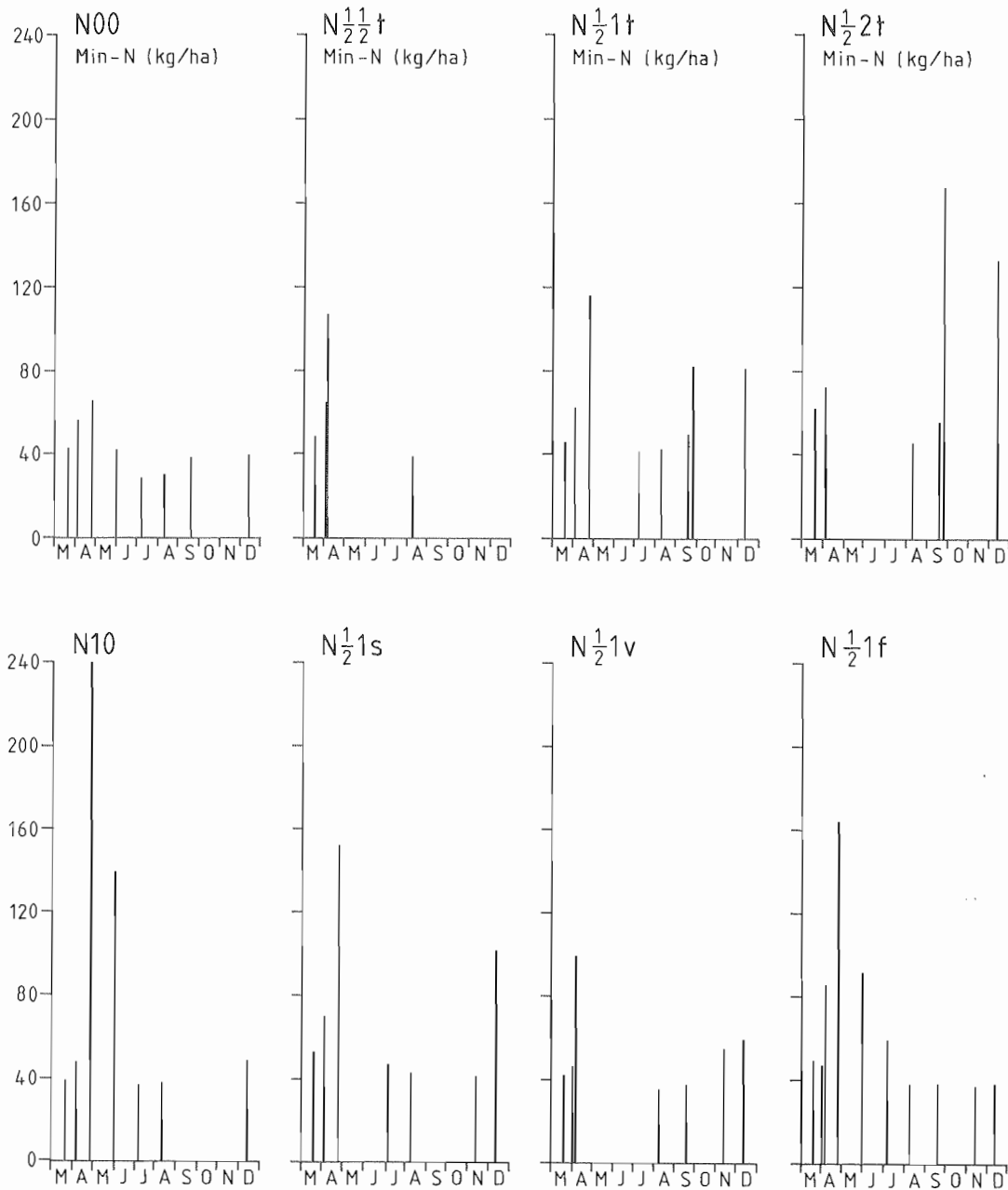


Fig. 7. Mineralkvävetts variation under perioden 20/3-10/12 1984 (Johnson 1985). *The variation of mineral nitrogen during 1984.*

Tabell 4. Rapsskördens storlek och innehåll 1984. *Yield and content of rape harvest, 1984.*

Led <sup>a</sup>	Ruta	Fröskörd <sup>b</sup> (kg/ha)	Råprotein <sup>c</sup> (% av t.s.)	Råfett <sup>d</sup> (% av t.s.)	Klorofyll <sup>e</sup> (mg/kg fett)
N00	5	1 300	2,77	53,4	10
	7	1 700	2,82	53,1	12
N10	2	3 200	3,73	46,8	21
	10	3 400	3,77	46,2	22
N $\frac{1}{2}$ t	9	1 300	2,96	51,3	15
N $\frac{1}{2}$ t	8	1 500	2,99	52,0	12
N $\frac{1}{2}$ t	3	1 800	3,17	50,6	15
N $\frac{1}{2}$ s	4	1 800	2,93	51,6	13
N $\frac{1}{2}$ v	1	1 900	3,40	49,0	22
N $\frac{1}{2}$ f	6	1 700	3,28	49,6	21

<sup>a</sup>Treatment, <sup>b</sup>harvest of seed, <sup>c</sup>crude protein, <sup>d</sup>raw fat, <sup>e</sup>chlorophyll.

skillnader mellan försöksleden efter en så kort tid som två år. Risk för ytavrinning av fosfor uppstår bara när den plana marken är tjälad.

Skillnaderna i kaliumläckage har under försöksperioden ökat något för de led som har fått flytgödsel på hösten.

#### REFERENSER

- Amberger, A. & Schweiger, P. 1978. P-Bilanz eines langjährigen Lysimeterversuches. *Die Bodenkultur* 29, 325-332.
- Brink, N. 1968. Self-purification in an open ditch. *Wat. Res.*, 2, 481-503.
- Brink, N. 1983. Gödselanvändningens miljöproblem. *Ekohydrologi* nr 14, 31-50.
- Brink, N. & Ivarsson, K. 1985. Förluster av växtnäring från lerjordar i Skåne. *Ekohydrologi* nr 19, 17-33.
- Brink, N. & Jernlås, R. 1982. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. *Ekohydrologi* nr 12, 3-14.
- Brink, N. & Joelsson, A. 1978. Stallgödsel på villovägar. *Ekohydrologi* nr 2, 1-15.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi* nr 1, 1-60.
- Christensen, S. 1983. Nitrous oxide emission from a soil under permanent grass: seasonal and diurnal fluctuations as influenced by manuring and fertilization. *Soil Biol. Biochem.*, 15, 531-536.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1984. Fånggröda efter korn. *Ekohydrologi* nr 15, 13-20.
- Hansen, J. 1983. Afströmning, jordtype, afgrøde og kvaelstofudvaskning. - I: Hansen, J. & Kyllingsbaek, A. (red.). *Kvaelstof og planteproduktion*. Tidsskr. Planteavl's Specialserie, Beretning nr S 1669, 96-106.
- Joelsson, A. & Pettersson, O. 1982. Jordbruksdriften i södra Halland - inventering, analys av miljöeffekter, åtgärder. Statens naturvårdsverk PM 1597.
- Johnson, L. 1985. Examensarbete (In prep.). Avdelningen för växtnäringslära, SLU.
- Kjellerup, V. & Dam Kofoed, A. 1979. Kvaelstofgödslingens indflydelse på draenvandets indhold af plantaeringsstoffer. *Tidsskr. for Plante-*



- avl, 83, 330-348.
- Kolenbrander, G.J. 1981. Leaching of nitrogen in agriculture. - I: Brogan, J.C. (red.). Nitrogen losses and surface run-off from land-spreading of manures. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers.
- Kreuger, J. & Brink, N. 1984. Fånggröda och delad giva vid potatisodling. Ekohydrologi nr 17, 3-14.
- Lindén, B. 1979. Alvprovtagning med "Ultuna-borren" - för markkartering och framtida N-prognoser. Rapporter från Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, nr 120, 25-31.
- Lindén, B. 1981. Sambandet mellan odlingsåtgärderna och markens mineralkväveförråd. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens rapporter, nr 5, 67-123.
- Lindén, B. 1982. Ammonium- och nitratkvävet rörelse och fördelning i marken IV. Inverkan av gödslingssätt och nederbörd. Studier i fältförsök. Rapport nr 145 från avdelningen för växtnäringslära, 10-12.
- Rasmussen, K.J. 1983. Efterafgröde. - I: Hansen, J. & Kyllingsbaek, A. (red.). Kvaelstof og planteproduktion. Tidsskr. Planteavl's Specialserie, beretning nr S 1669, 76-81.
- Sandsborg, J. 1972. Precipitation measurements with various precipitation gauge installations. Nord. Hydrol. 3, 80-106.
- Sluijsmans, C.M.J. & Kolenbrander, G.J. 1977. The significance of animal manure as a source of nitrogen in soils. Proc. International Seminar on Soil. Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture, Tokyo.
- Vetter, H. & Steffens, G. 1981. Leaching of nitrogen after the spreading of slurry. - I: Brogan, J.C. (red.). Nitrogen losses and surface run-off from landspreading of manures. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers.

# ÅKERMARKENS EROSION

## *Erosion of Phosphorus from Arable Land*

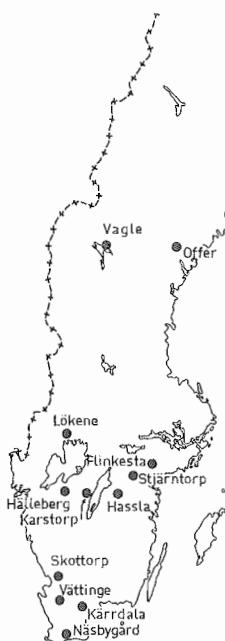
Barbro Ulén

**Abstract.** Losses of erosion material varied greatly from experimental fields in different parts of Sweden. The largest losses were from clay soils on fields with slopes. The losses of erosion phosphorus varied also but did not always follow the losses of material. The losses of erosion phosphorus from an experimental plot with ley was only slightly less than from a plot with ploughed land. More phosphate phosphorus was lost in some years from the ley than from the ploughed field, probably as a result of freezing. Losses of nitrate were, however, significantly less than from the ploughed plot.

### INLEDNING

Åkermarkens förluster av fast material är ett hittills föga bearbetat problem i samband med sjöars och vattendrags igenväxning. Ökad grumlighet i sjöar kan även ha ett inflytande på algsammansättningen i och med att ljusklimatet ändras. Genom erosion förloras också fosfor från åkermarken, vilket kan påskynda eutrofieringen.

Erosionsförlusterna är beroende av en mängd faktorer som inverkar på markens topografi och egenskaper och av brukningsmetoder och växttäckning. Detta har belysts i experiment med regnsimulering av Ahuja, Sharpley &



Plats	Lutn.	Växttäckning			
		81/82	82/83	83/84	84/85
VA Vagle	7,9	Insådd	Vall	Vall	Vall
OF Offer	2,7	Plöjd	Plöjd	-	-
LÖ Lökene	2,8	Plöjd	Plöjd	Plöjd	Plöjd
FL Flinkesta	4,2	Plöjd	Hösts.	Plöjd	Plöjd
ST Stjärntorp	0,6	Hösts. <sup>a</sup>	Hösts. <sup>a</sup>	Hösts. <sup>a</sup>	Plöjd
HA Hassla	0,2	Plöjd	Plöjd	Plöjd	Plöjd
HL Hälleberg	0,5	Plöjd	Vall	Vall	Hösts.
KP Karstorp	1,0	Hösts. <sup>a</sup>	Hösts. <sup>a</sup>	Hösts. <sup>a</sup>	Plöjd
SK Skottorp	0,9	Hösts. <sup>a</sup>	Harvad	Oplöjd	Plöjd
VÄ Vättinge	2,9	Hösts. <sup>a</sup>	Plöjd	Plöjd	Vall <sup>a</sup>
KÄ Kärrdala	0,1	Plöjd	Plöjd	Plöjd	Plöjd
NÄ Näsbygård	0,4	Hösts.	Plöjd	Plöjd	Plöjd

<sup>a</sup>Höstsådd på del av fältet

Fig. 1. Försöksfält, gårdens namn, genomsnittlig lutning (%) och växttäckning under vintern. *Experimental field, name of the farm, mean slope (%) and plant cover.*

Lehman (1982), Reddy, McLean, Hoyt & Logan (1978) och andra.

I klimat med snötäcke är emellertid snösmältningen mest kritisk för erosionsfosforförlusterna (Burwell, Timmons & Holt 1975) och förhållandena då erosionen sker blir därför delvis annorlunda.

## MÅL

Målet med denna undersökning är att bestämma omfattningen av åkermarkens förluster av fast material och därtill bunden fosfor och att klarlägga växttäckets betydelse för erosionen på åkermark.

## UNDERSÖKNINGSOMRÅDEN

**Skiftesförsök.** Erosionen mättes under snösmältningen vid 12 av avdelningens försöksfält. Dessa har ingående beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1979). Försöksfältets läge och gårdens namn framgår av fig. 1 liksom växttäcket under vårvintern. Markens lutning varierar ofta på olika delar av fältet. Den genomsnittliga lutningen anges i figuren.

**Rutförsök.** Ett rutförsök med två rutor anlades på en sydsluttning med 10 procents lutning på en plats nära försöksfältet Flinkesta i Södermanland. Av rutorna om vardera 0,18 ha var den ena vallbevuxen efter insådd våren 1981. Den var relativt gles första vintern men därefter kraftig och tät. Den andra rutan var plöjd under vinterhalvåret. Plöjningen skedde längs marklutningen och med en smal vändteg längst ner. Båda rutorna gödslades på vårarna med 18 P kg/ha konstgödsselfosfor.

Ytvatten från rutorna uppsamlades i tvärgående diken beklädda med gummiduk (fig. 2). Dessa diken leder vattnet till två ytvattenbrunnar och därefter in i en mätstation till var sitt vippkärl. Antalet vippningar

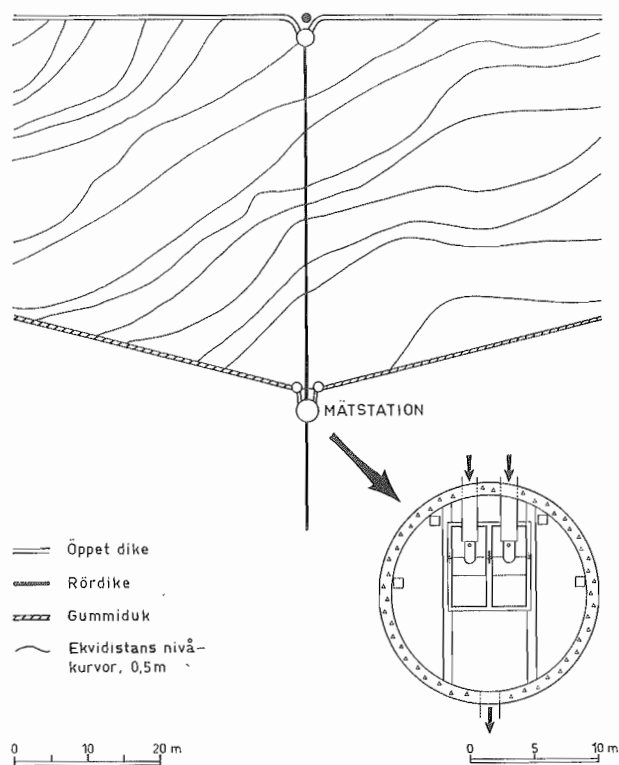


Fig. 2. Rutförsök och mätstation (ovanifrån) med vippkärl. *Plot experiment and measuring station (from above) with tilting vessels.*

registreras dels med mekaniska räkneverk och dels på en remsa med tidsangivelse.

**Jordprov.** Prov på yttjord (0-5 cm) togs med en "Ultunaborr" (Lindén 1979). Vid varje försöksställe togs fem prov som blandades till ett generalprov för vidare analys. Provtagning skedde i juli 1982 och i november-december 1983. Vid det första tillfället togs prov på åtta och vid det andra på tio av försöksfälten. Båda gångerna togs prov på försöksrutorna.

Första årets prov analyserades på lättlöslig fosfor (P-AL) och förrådsfosfor (P-HCl) enligt Egnér, Riehm & Doming (1960). Värderna på totalfosfor har erhållits från Bengt Boström på Limnologiska institutionen i Uppsala, som undersökt jordarna inom forskningsprojektet "Erosionsmaterialalets fosforfraktioner och produktionspotential". Andra årets prov analyserades mekaniskt enligt pipettmetoden (Robinson & Richardson 1933). Lättlöslig fosfor och förrådsfosfor bestämdes som förut. Därtill kommer bestämning av lättlöslig fosfor genom extraktion med ammoniumsalt (P-AS) enligt Ståhlberg (1980).

**Vattenprov.** Provtagning för kvantitativ och kvalitativ bestämning av erosionsfosfor skedde enligt nedanstående tabell där antalet prov anges:

Område	Period	Kvantitativt	Kvalitativt
Flinkesta	15 mar-7 apr	21-58	1 (81/82)
Övriga skiften	30 jan-12 apr	3-11	5 (82/83)
Försöksrutor	13 jan-6 apr	7-12 per dygn	10 (81/82)

Hösten 1984/85 var ovanligt nederbördsrik. Under oktober och november togs därför kvantitativa prov vid fyra tillfällen på skiftesförsöken.

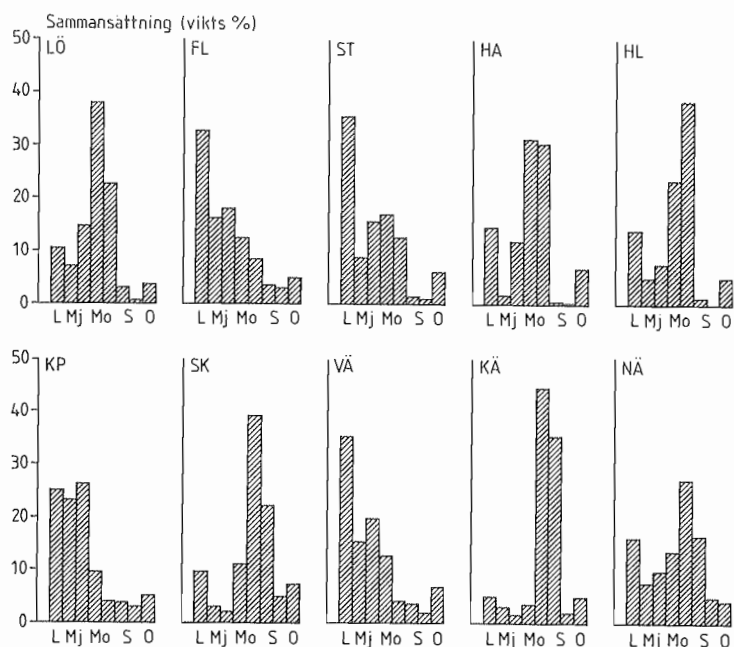


Fig. 3. Jordartssammansättning i matjorden vid tio av skiftesförsöken. Lera (L), finmjäla och grovmjäla (Mj), finmo och grovmo (Mo), mellansand och grovsand (S) samt glödgningsförlust (O). *Soil types of the top soil at ten of the experimental fields. Clay (L), very fine and medium fine silt (Mj), very fine and fine sand (Mo), medium coarse and coarse sand (S) and loss on ignition (O).*

Tabell 1. Lättlöslig fosfor (P-AL), förrådsfosfor (P-HCl), ammoniumsulfat-extraherbart fosfor (P-AS) och totalfosfor (tot-P) i mg/100 g ytjord vid provtillfälle 1 (juli 1982) och provtillfälle 2 (november-december 1983). *Easily dissolved phosphorus (P-AL) and store phosphorus (P-HCl), ammonium sulphate extractable phosphorus (P-AS) and total phosphorus (tot-P) in mg/100 g surface soil at sampling time 1 (July 1982) and sampling time 2 (November-December 1983).*

Provtill- fälle	P-AL		P-HCl		P-AS	Tot-P
	1	2	1	2	2	1
<b>Skiften</b>						
VA	-	-	-	-	-	-
OF	-	-	-	-	-	-
LÖ	-	6,2	-	78	0,45	-
FL	9,9	14,1	96	90	0,74	125
ST	7,2	7,0	50	37	0,45	73
HA	9,1	10,2	63	52	0,82	92
HL	4,1	-	37	-	-	62
KP	5,1	6,6	50	56	0,40	69
SK	6,8	9,0	45	42	0,29	69
VÄ	4,5	4,2	54	49	0,27	72
KÄ	31,7	40,0	83	94	4,4	118
NÄ	-	9,0	-	40	0,85	-
<b>Försöksrutor</b>						
Vall	6,7	7,1	64	57	-	120
Plöjd	7,1	9,1	68	67	-	110

Från försöksrutorna togs prov med automatisk provtagare varannan timme. Det första året analyserades varje prov. Under nätterna var emellertid analysresultaten ganska konstanta och följande år analyserades prov från kl. 00.30, 06.30, 10.30 och varannan timme därefter fram till 18.30.

Erosionsmaterialets torrsvikt och fosforinnehåll analyserades enligt Ulén (1982). Kvalitativ analys skedde på prov från flödestoppar. Analysen skedde genom avskiljning av materialet genom centrifugering vid 400 Svedberg. Materialet analyserades på torrsvikt, fosforhalt och glödningsförlust.

**Jordartssammansättning, skiftesförsök.** Jordartssammansättningen vid skiftesförsöken framgår av fig. 3. Tre av jordarna är lerjordar (Flinkesta, Stjärntorp och Vättinge). På Karstorp kan matjorden betecknas som lerig mjåla. Hassla, Hälleberg och Lökene har jord av fin- och grovmo med visst inslag av lera. Skottorp och Kärrdala består huvudsakligen av grovmo och mellansand. Näsbygård slutligen är en moränlera. Mechanisk analys saknas för Vagle och Offer. Genom okulär bestämning har de klassificerats som en moränlera resp. en mjäljord.

**Jordartssammansättning, rutförsök.** Jordartssammansättningen på försöksrutorna var sinsemellan lika. Den liknade också sammansättningen på Flinkesta.

Tabell 2. Avrinning (mm) under snösmältningsperioden och under hela året vid skiftesförsöken. *Run-off (mm) during snow-melt period and during the whole year at experimental fields.*

Skifte	Våren				År			
	82	83	84	85	81/82	82/83	83/84	84/85
VA	246	182	85	145	364	222	183	366
OF	49	69	-	-	59	74	-	-
LÖ	80	2	42	47	126	114	48	153
FL	141	75	96	89	254	127	172	239
ST	153	82	89	126	298	273	182	432
HA	105	54	3	90	109	115	7	147
HL	21	28	7	87	171	158	53	151
KP	97	67	44	129	162	215	68	234
SK	293	102	95	41	413	480	280	183
VÄ	101	40	92	69	369	250	256	242
KÄ	121	80	80	73	407	469	351	267
NÄ	78	90	62	44	377	276	198	265

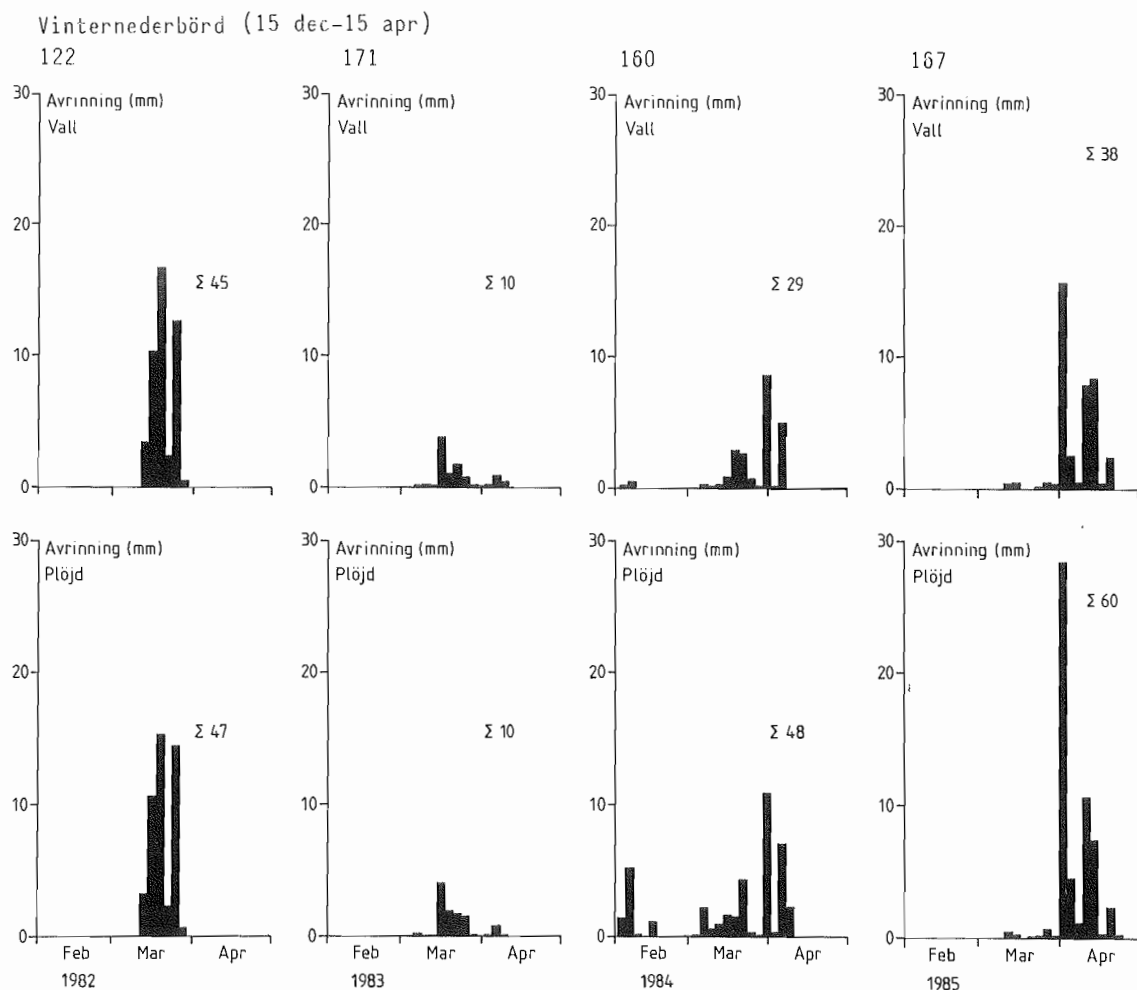


Fig. 4. Vinternederbörd och ytavrinning från försöksrutor. *Winter precipitation and surface run-off from experimental plots.*

Tabell 3. Materialtransport (kg/ha) under snösmältningen. *Transport of material (kg/ha) during snow-melt.*

Skifte	81/82 Vår	82/83 Vår	83/84 Vår	84/85 Höst	84/85 Vår
VA	0	-	8,2	1,5	0,1
OF	7,7	0	-	-	-
LÖ	-	0	4,6	0	1,8
FL	261	274	40	46	180
ST	60	88	8,6	0,2	23
HA	0	1,6	1,6	0	9,9
HL	6,5	7,7	2,8	0	9,9
KP	21	42	11	0,4	30
SK	0	0,2	5,2	1,0	4,5
VÅ	185	22	17	29	42
KÅ	0	10	2,2	0,9	5,6
NÅ	279	66	2,5	0,6	0,6

**Fosfor i jorden.** Fosfortillståndet i jordarna var gott (tabell 1). Den lättillgängliga fosfor mätt som P-AL motsvarade klass III eller högre i samtliga fall. De högsta fosforhalterna såväl löslig, förrådsfosfor som totalfosfor uppmättes på Flinkesta och Kärrdala. Även Hassla hade ganska höga fosforhalter.

## RESULTAT

### Avrinning

**Skiftesförsök.** Under tioårsperioden 1974/84 har avrinningen under snösmältningen (våren) varit i genomsnitt 92 mm. Avrinningen våren 1982 var över lag större men de båda efterföljande vårarna mindre (tabell 2). I genomsnitt motsvarade avrinningen under snösmältningen 40 procent av den årliga avrinningen.

**Rutförsök.** Ytavrinningen varierade mellan 10 och 48 mm (fig. 4). De båda första åren var avrinningen lika från vallbevuxen och plöjd mark. De båda sista åren var däremot avrinningen mindre från den vallbevuxna än från den plöjda marken. Det sistnämnda kan bero på att tjälen varit olika genomsläpplig på de olika rutorna. Avdunstningen från växttäcket har förmodligen varit större än från den plöjda marken. Jorden på den vallbevuxna rutan har därmed varit torrare och tjälen har kunnat släppa igenom en större del av ytvattnet.

### Erosionsmaterial

**Skiftesförsök.** Materialtransporten varierade mellan 0 och 280 kg/ha (tabell 3). De största förlusterna kom från lerjordar med kraftig lutning (Flinkesta och Vättinge). Av fälten med liten lutning förekom transport av en del material från Karstorp och Stjärntorp. En stor materialtransport förekom från Näsbygård den första vintern. Fältet var då

Tabell 4. Förluster av material, erosionsfosfor, totalfosfor, fosfatfosfor och nitrat från vallbevuxen respektive plöjd mark. *Losses of material, erosion phosphorus, total phosphorus, phosphate phosphorus and nitrate from ley and ploughed land.*

År	Vall	Plöjd	Vall	Plöjd
	<b>Material (kg/ha)</b>		<b>Ero-P (kg/ha)</b>	
81/82	156	165	0,16	0,14
82/83	44	55	0,03	0,03
83/84	61	92	0,12	0,15
84/85	67	160	0,10	0,17
	<b>Tot-P (kg/ha)</b>		<b>PO<sub>4</sub>-P</b>	
81/82	0,42	0,40	0,22	0,22
82/83	0,07	0,05	0,04	0,02
83/84	0,27	0,25	0,15	0,08
84/85	0,23	0,39	0,12	0,22
	<b>NO<sub>3</sub>-N (kg/ha)</b>			
81/82	-	-		
82/83	0,11	2,93		
83/84	0,24	1,71		
84/85	0,14	5,26		

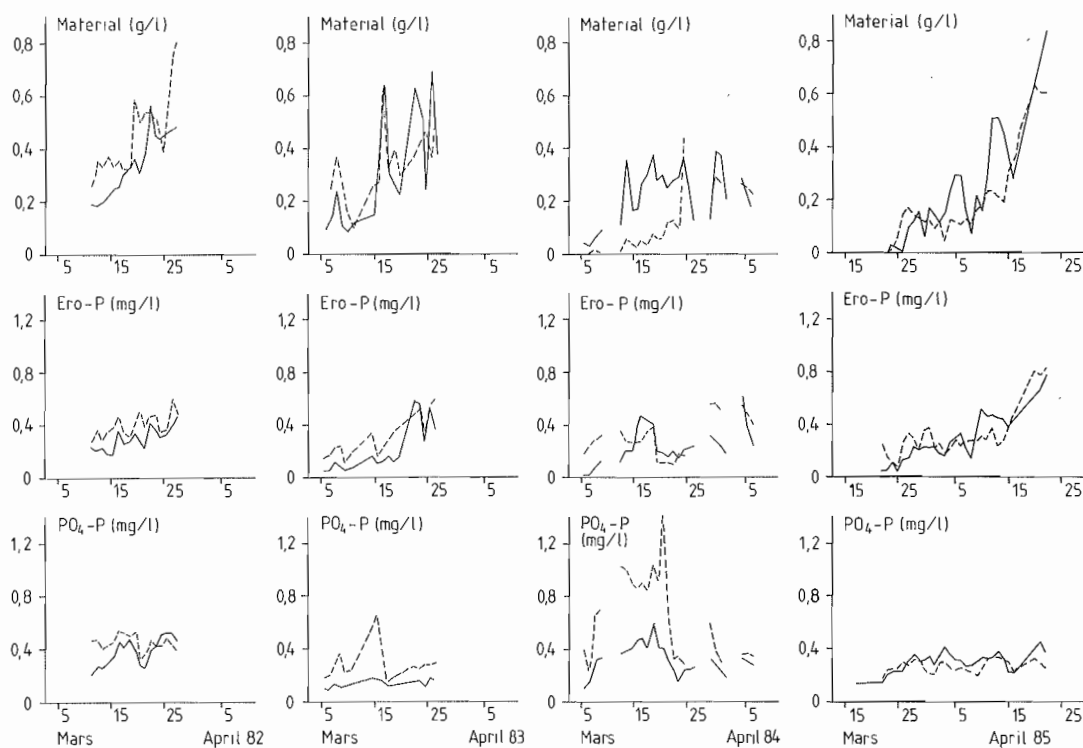


Fig. 5. Halter av material, erosionsfosfor och fosfatfosfor från försöksrutor. Streckad linje, vall. Heldragen linje, plöjt fält. *Concentrations of material, erosion phosphorus and phosphate phosphorus from experimental plots. Broken line, plot with ley. Continuous line, ploughed plot.*



Tabell 5. Transport av erosionsfosfor och totalfosfortransporten under hela året. *Transports of erosion phosphorus and total phosphorus during the whole year.*

Skifte	Ero-P (kg/ha)					Tot-P (kg/(ha.a))			
	81/82 <sup>a</sup> Vår	82/83 Vår	83/84 Vår	84/85 Höst	84/85 Vår	81/82	82/83	83/84	84/85
VA	0	-	0,002	0,001	0,001	0,07	0,13	0,06	0,33
OF	-	0,007	-	-	-	0,48	0,12	-	-
LÖ	-	0,001	0,081	0,004	0,008	0,10	0,50	0,03	0,16
FL	0,42	0,24	0,091	0,27	0,20	2,63	0,42	0,54	1,21
ST	0,004	0,031	0,009	0,002	0,035	0,47	0,24	0,12	0,30
HA	0	0,002	0,002	0	0,013	0,04	0,04	0,004	0,17
HL	0,02	0,002	0,004	0,001	0,045	0,07	0,04	0,02	0,11
KP	0,04	0,041	0,017	0,002	0,047	0,21	0,16	0,06	0,21
SK	0	0,007	0,002	0,001	0,007	0,06	0,12	0,03	0,04
VÅ	0,04	0,021	0,034	0,017	0,080	1,06	0,47	0,45	0,40
KÅ	0	0,095	0,031	0,009	0,073	2,11	2,38	1,40	1,66
NÅ	0,12	0,043	0,008	0,018	0,008	0,43	0,11	0,12	0,13

<sup>a</sup>Värden beräknade från "övrig fosfor".

höstsått. De efterföljande vintrarna var materialtransporten mindre trots att fältet var höstplöjt.

**Rutförsök.** Materialtransporten varierade mellan 44 och 165 kg/ha (tabell 4). Den var något större från den plöjda rutan jämfört med den vallbevuxna.

### Erosionsfosfor (Ero-P)

**Skiftesförsök.** Erosionsfosforförlusterna varierade mellan 0 och 0,42 kg/ha (tabell 5). Störst var förlusterna från Flinkesta. Erosionsfosfor uppvisade delvis en annan bild än materialet. Stationer med relativt stor materialförlust (Vättinge, Stjärntorp) hade liten erosionsfosforförlust. Andra platser med liten materialförlust (Kärrdala, Lökene) hade förhållandevis stor erosionsfosforförlust. Totalt motsvarade erosionsfosforförlusten under våren 13 procent av den årliga totala fosforförlusten.

Den ovanligt nederbördsrika hösten 1984 motsvarade erosionsfosforförlusten 11 procent av den årliga totala fosforförlusten.

**Rutförsök.** Erosionsfosforförlusterna varierade mellan 0,03 och 0,17 kg/ha (tabell 4). Tre av de fyra undersökningsåren var förlusterna likartade från de båda rutorna. Det sista året då avrinningen från den plöjda rutan var större än från vällen var fosforförlusterna från den plöjda rutan större. Halterna var emellertid ungefär lika från de båda rutorna (fig. 5).

### Erosionsmaterialets kvalitet

**Skiftesförsök.** Fosforhalten i det eroderade materialet, vilket avskilts

genom centrifugering, varierade mellan 0,05 och 0,15 procent av torrvikten. Vid ett skifte som stallgödsplats var dock fosforhalten så hög som 0,25 procent. Fosforhalten i det eroderade materialet var endast obetydligt högre än i jorden och förhållandet dem emellan (anrikningfaktorn) var i genomsnitt 1,02.

**Rutförsök.** Fosforhalten i material från rutförsöken varierade mellan 0,08 och 0,13 procent av torrvikten. Den var praktiskt taget lika i material från vallrutan som i material från den plöjda rutan. Glödningsförlusten varierade mellan 6 och 11 procent. Det bestod därför endast till liten del av organiskt material utan främst av lera.

### Närsalter från rutförsök

Fosfathalterna från vall och plöjd ruta var lika stora det första och sista året (fig. 5). Påföljande två år var emellertid fosforhalten från vallen större än från den plöjda rutan. Förmodligen har fosfor frusit ur växtmaterialet. Att detta är möjligt har visats i laboratorieexperiment (Ulén 1984). En kraftig frysning av växtmaterial från vallen skulle kunna ge fosfatförluster motsvarande 1 kg/ha.

Till skillnad från fosfatförlusterna var nitratförlusterna från vallen betydligt lägre än från den plöjda marken. Under de tre år som mätningar gjordes var de endast en femtedel av förlusterna från den plöjda marken.

### SAMMANFATTNING

Förluster av material och därtill bunden fosfor mättes under tre år från tolv skiften i olika delar av Sverige och från två försöksrutor med dels vallbevuxen, dels plöjd mark. Materialförlusterna varierade mycket och var störst från lerjordar på lutande fält. Erosionsfosfor varierade också mycket och följde inte alltid materialförlusterna. Erosionsfosfor från det vallbevuxna försöksledet var endast obetydligt mindre än från den plöjda marken. Däremot var fosfatförlusterna från vallen större vissa år än från den plöjda marken vissa år, troligen på grund av utfrysning från växtmaterial. Nitratförlusterna från vallen var emellertid betydligt mindre än från den plöjda marken.

### REFERENSER

- Ahuja, L.R., Sharples, A.N. & Lehman, O.R. 1982. Effect of Soil Slope and Rainfall Characteristics on Phosphorus Runoff. *J. Environ. Qual.* 11, 9-13.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi* 4, 7-57.
- Burwell, R.E., Timmons, D.R. & Holt, R.F. 1975. Nutrient Transport in Surface Runoff as Influenced by Soil Cover and Seasonal Periods. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39, 523-528.
- Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes die Boden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kunigl. Lantbrukshögsk. Ann.*, 194-215.
- Lindén, B., 1979. Alvprovtagning med "Ultunaborren" - för markkartering och framtida N-prognoser. Rapport 120. Inst. Markvetenskap avd. för växtnäringslära. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Reddy, G.Y., McLean, E.O., Hoyt, G.D. & Logan, T.J. 1978. Effect of Soil, Cover Crop, and Nutrient Source on Amounts and Forms of Phosphorus Movement under Simulated Rainfall Conditions. *J. Environ. Qual.*

7, 50-54.

- Robinson, G.W. & Richardson, M. 1933. The Dispersion of Soils in Mechanical Analysis. Imp. Bur. Soil Sci. Tech. Comm. 26, 27-28.
- Ståhlberg, S. 1980. A New Extraction Method for Estimation of Plant - Available P, K and Mg. Acta Agric. Scand. 30, 93-106.
- Ulén, B. 1982. Erosion av fosfor från åker. Ekohydrologi nr 11, 29-36.
- Ulén, B. 1984. Nitrogen and Phosphorus to Surface Water from Crop Residues. Ekohydrologi nr 18, 39-44.

# FÖRLUSTER AV KVÄVE OCH FOSFOR RUNT RINGSJÖN

Arne S. Gustavsson

## INLEDNING

Den undersökning som igångsattes hösten 1982 för att klarlägga växtnäringens förluster runt Ringsjön fortsatte med något ändrad inriktning under det agrohydrologiska året 1984/85 (1 juli-30 juni). Undersökningen koncentrerades till Snogerödsbäckens och Lybybäckens avrinningsområden där antalet provpunkter i bäckarna utökades.

## MATERIAL OCH METODER

### Provplatser

Inom Snogerödsbäckens och Lybybäckens avrinningsområden togs dränerings-

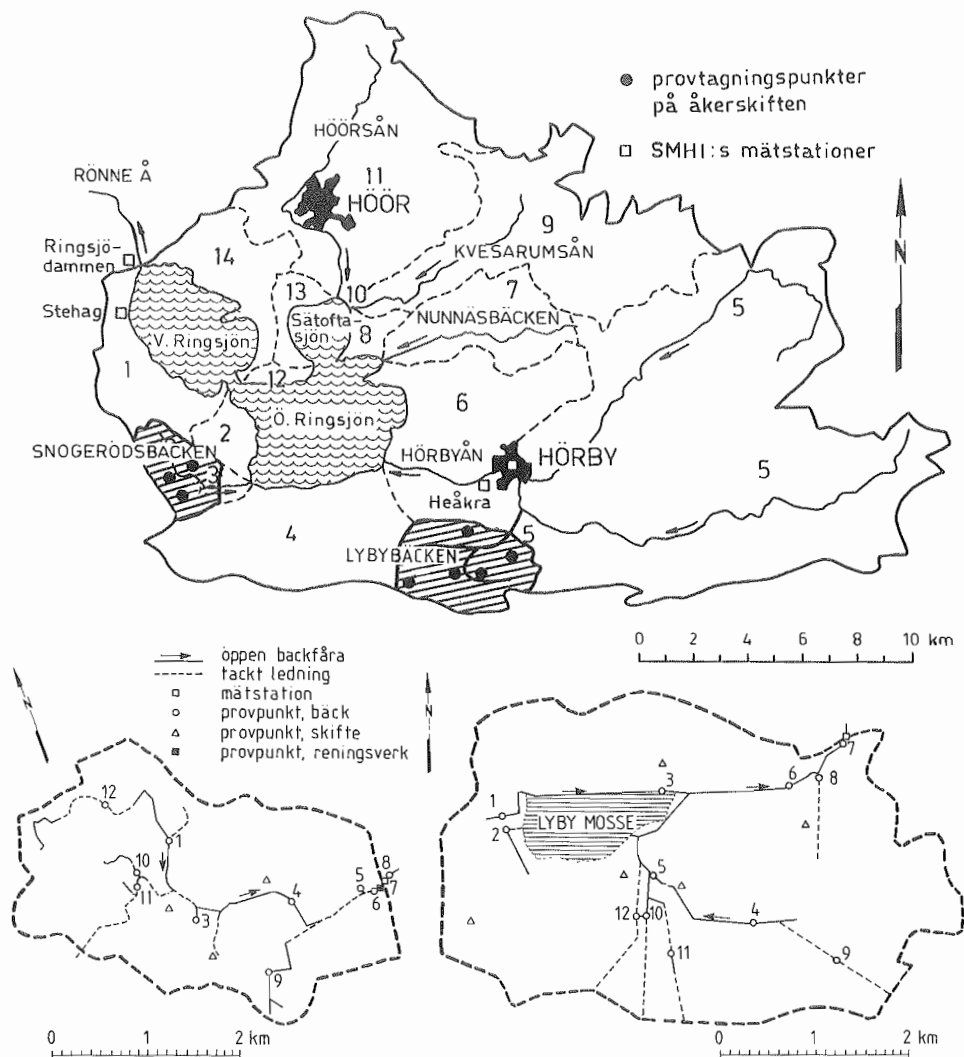


Fig. 1. Ringsjöns, Snogerödsbäckens och Lybybäckens avrinningsområden samt provpunkternas lägen.

Tabell 1. Nederbörd och avrinning i ringsjöområdet och vid försöksfälten Näsbygård och Vättinge.

År	Nederbörd	Avrinning			Nederbörd	Avrinning
	<b>Hörby</b>	<b>Heåkra</b>	<b>Lyby</b>	<b>Skurup</b>	<b>Näsbygård</b>	
1982/83	835	579	-	689	276	
1983/84	717	408	363 <sup>a</sup>	724	198	
1984/85	688	- <sup>c</sup>	353	587	264	
	<b>Stehag</b>	<b>Ringsjö- dammen<sup>b</sup></b>	<b>Snogeröd</b>	<b>Klippan</b>	<b>Vättinge</b>	
1982/83	931	418	-	879	250	
1983/84	796	308	263 <sup>a</sup>	694	256	
1984/85	831	- <sup>c</sup>	186	713	222	

<sup>a</sup>Okt-juni. <sup>b</sup>Inkl. Ringsjöns vattenverk. <sup>c</sup>Ej tillgängliga.

vattenprov och ytvattenprov på tre resp. fem åkerskiften. Någon provtagning utanför dessa två områden skedde ej. I bäckarna utökades provtagningen till att omfatta elva punkter i Snogerödsbäcken och tolv i Lybybäcken. Provpunkternas lägen framgår av fig. 1.

#### Provtagning, analys och beräkning

Provtagning, analys och beräkning skedde på samma sätt som tidigare år (Gustavsson & Brink 1985). Antalet ytvattenprov var relativt litet och de togs huvudsakligen i maj.

#### Nederbörd och avrinning

Registrering av nederbörd och avrinning skedde också som tidigare (Gustavsson & Brink 1985). Någon jämförelse mellan avdelningens egna avrinningsmätningar för året och SMHI:s mätningar i Hörbyån och vid Ringsjödammen kan icke göras. SMHI:s mätdata finns i skrivande stund icke tillgängliga.

### RESULTAT OCH DISKUSSION

#### Nederbörd och avrinning

Årsnederbörden var något lägre i Hörby och högre i Stehag än året innan (tabell 1). Den var ganska jämnt fördelad under året med undantag för september och oktober som hade höga nederbördstal. Detta visade sig också i avrinningen som var hög speciellt under oktober. Vintern var mycket kall, vilket medförde obetydlig avrinning. Våravrinningen hade sin största topp i slutet av mars och början av april (fig. 2). Det var ungefär 20 mm nederbörd i form av ett jämnt fördelat snötäcke som då rann av som ytvatten under några få dygn. Uppgiften om snötäcket härrör från den meteorologiska stationen på Ljungbyhed. En närmare studie av avrinningskurvan i Snogerödsbäcken för de aktuella dygna bekräftar också den uppgiften.

Totalt för hela 1984/85 var avrinningen i Snogerödsbäcken lägre än

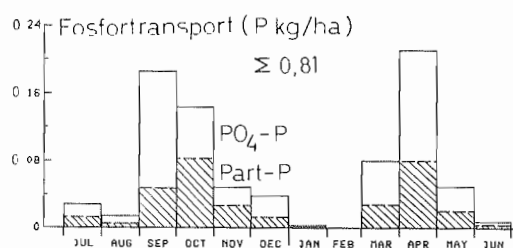
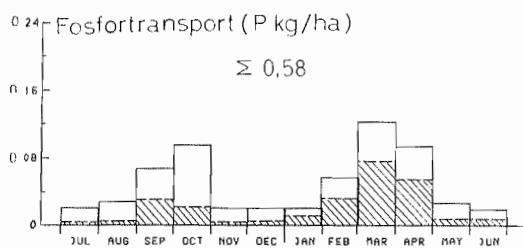
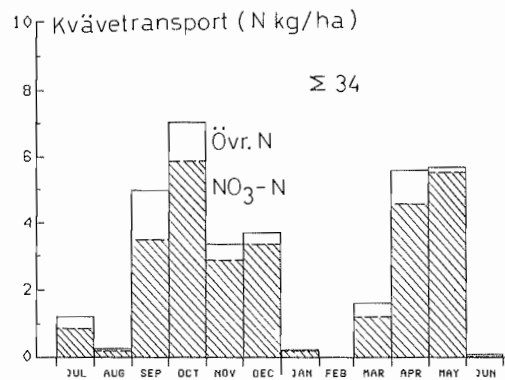
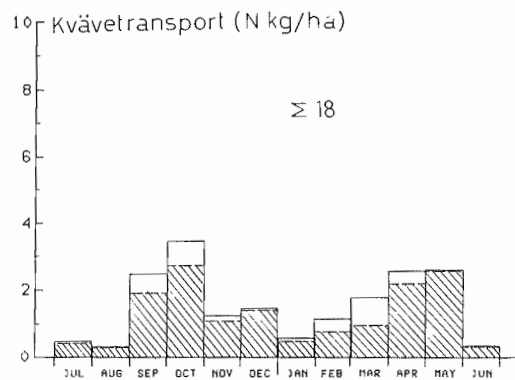
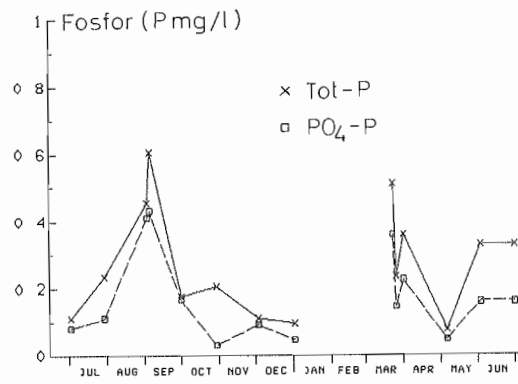
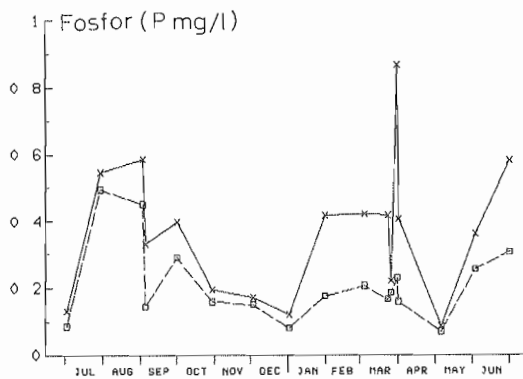
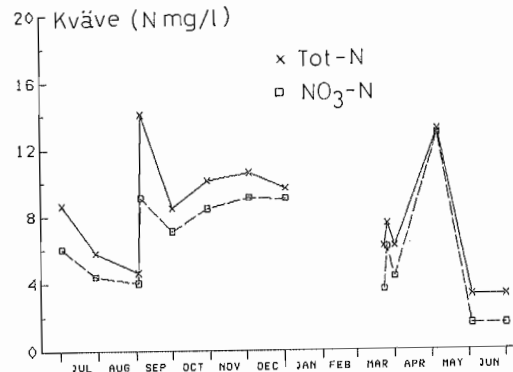
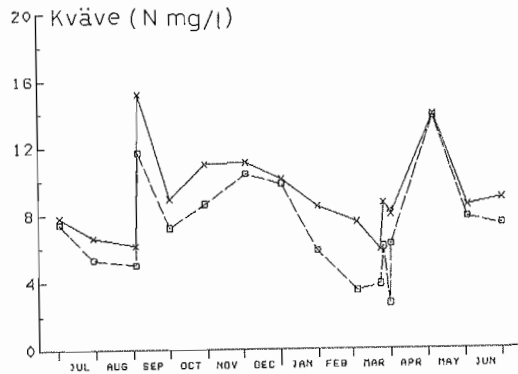
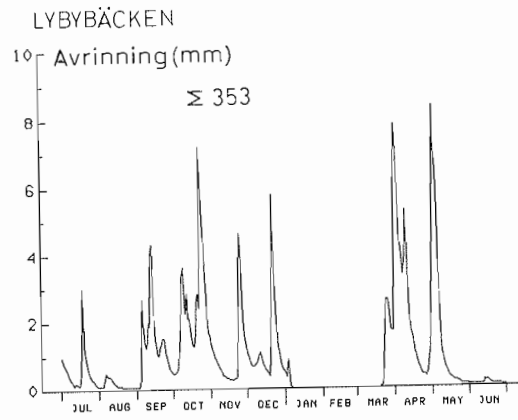
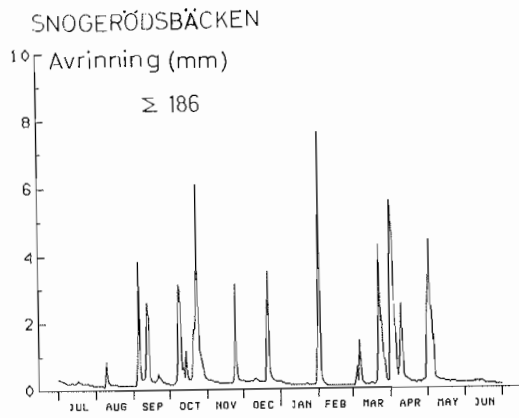


Fig. 2. Avrinning, halter och transport av kväve och fosfor i bäckarna.

Tabell 2. Medelhalter av kväve, fosfor och eroderat material (susp.).  
(Värden i mg/l.)

År	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	Tot-P	PO <sub>4</sub> -P	Part-P	Susp.
<b>Ytvatten</b>						
1982/83	-	5,7	0,27	0,15	0,11	74
1983/84	7,0	4,9	0,42	0,23	0,18	48
1984/85	5,7	2,9	0,85	0,22	0,63	563
<b>Dräneringsvatten</b>						
1982/83	-	9,3	0,089	0,054	0,032	9
1983/84	22,3	21,0	0,046	0,029	0,018	3
1984/85	12,2	10,9	0,084	0,041	0,038	22
<b>Skog</b>						
1982/83	-	0,8	0,014	0,004	0,010	4
1983/84 <sup>b</sup>	1,9	1,3	0,015	0,009	0,008	5
1984/85 <sup>b</sup>	7,7	5,6	0,096	0,063	0,033	22
<b>Snogerödsbäcken<sup>a</sup></b>						
1983/84	12,7	10,7	0,30	0,11	0,19	42
1984/85	9,6	6,6	0,47	0,18	0,29	126
<b>Lybybäcken<sup>a</sup></b>						
1983/84	13,1	12,0	0,19	0,10	0,09	11
1984/85	8,9	7,0	0,31	0,20	0,11	59

<sup>a</sup>I slutpunkten. <sup>b</sup>Provpunkt 9 i Snogerödsbäcken.

föregående år trots en något högre årsnederbörd i Stehag (tabell 1). Lybybäcken hade däremot i stort sett samma årsavrinning som tidigare.

Skillnaden i avrinning mellan de båda bäckarna var alltså ännu större detta år och korrelationen mellan nederbörd och avrinning var dålig. Orsakerna till detta kan vara flera. Variationen i nederbörden kan troligen vara stor inom Ringsjöområdet. Av avrinningskurvorna framgår dessutom att Lybybäcken har ett högre basflöde och långvarigare avrinnings-  
toppar än Snogerödsbäcken, vilket kan tyda på ett betydande inflöde av grundvatten (fig. 2). Svårigheten att bestämma storleken på bäckarnas avrinningsområden kan också spela in.

Liksom förra året överensstämde Snogerödsbäcken bäst med Vättinge försöksfält som också hade relativt liten avrinning.

## Kväve

**Åkerskiftena.** Halterna under 1984/85 var lägre i både ytvattnet och dräneringsvattnet än året innan (tabell 2, fig. 3). Någon skillnad mellan de båda avrinningsområdena förelåg ej vad gäller dräneringsvattnet medan ytvattnet i Snogerödsområdet hade dubbelt så höga halter (tabell 3).

**Bäckarna.** Även i bäckarna var halterna något lägre än tidigare (tabell 2, fig. 3). Haltvariationerna under året i den nedströms lägst liggande punkten i respektive bäck visas i fig. 2. Koncentrationstoppar erhöles i början av september och i början av maj. Liksom tidigare var halterna i bäckarna lägre än på åkerskiftena men skillnaden var inte så stor.

Variationen i halter mellan olika provpunkter var liten (tabell 5).

**Transport från åkerskiftena.** Förlusterna av kväve från åker via dräneringsvattnet var klart lägre för 1984/85 än för de första två försöksåren. Förlusterna med ytvattnet var små (fig. 3). Totalförlusten från åker var 32 kg/(ha.år) vilket är hälften så mycket som föregående år. Som jämförelse kan nämnas att kväveförlusterna från försöksfälten vid Vättinge och Näsbygård var 15 resp. 22 kg/(ha.år).

**Transport i bäckarna.** Förlusterna via bäckarna var också lägre (fig. 3). Lybybäcken hade liksom tidigare högre transportvärden än Snogerödsbäcken. Förlusterna var störst under september, oktober, april och maj och detta var speciellt uttalat i Lybybäcken (fig. 2).

## Fosfor

**Åkerskiftena.** Fosforhalterna i dräneringsvattnet låg på samma nivå som 1982/83 (tabell 2). Skiftena inom Snogerödsbäckens avrinningsområde hade högre halter än Lybybäckens (tabell 3). Detta var ännu mer markant beträffande ytvattnet, som i det förra området hade medelhalten 1,83 mg/l. Den snabba snösmältningen i slutet av mars gav mycket höga halter av eroderat material och därmed partikelbunden fosfor (tabell 3). De gångna årets ytvattenhalter var de högst uppmätta någonsin under försöksperioden (fig. 3). Det bör påpekas att antalet ytvattenprov var litet.

**Bäckarna.** Även medelhalten av fosfor och suspenderat material i bäckarna var hög (tabell 2). Variationen mellan provtillfällena var stor med de högsta halterna under sommarmånaderna och i slutet av mars (fig. 2). Ök-

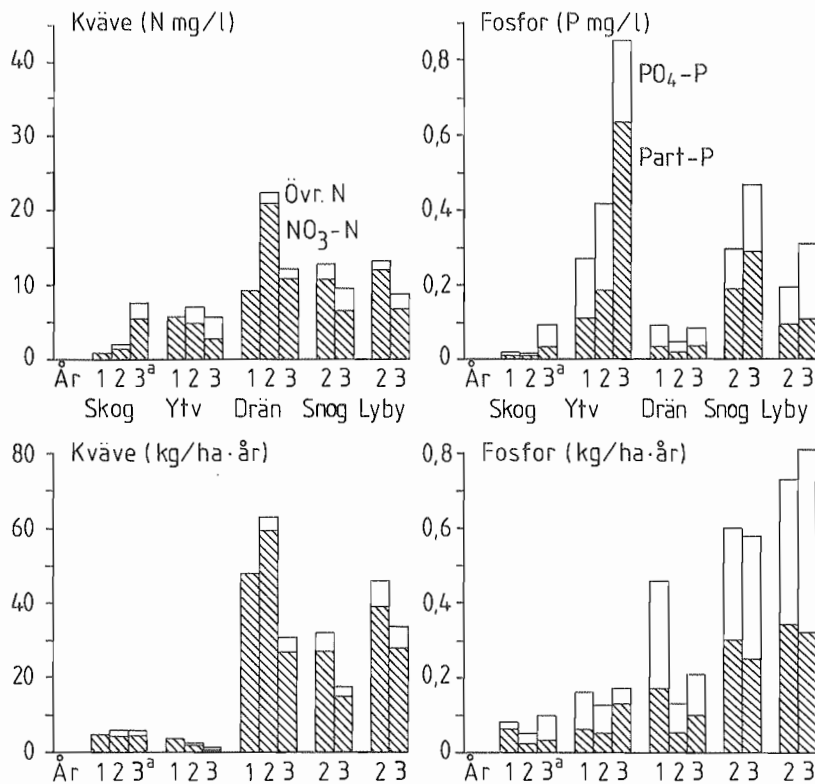


Fig. 3. Halter och transport av kväve och fosfor i Ringsjöområdet under 1982/83, 1983/84 och 1984/85. <sup>a</sup>Provpunkt i Snogerödsbäcken.



Tabell 3. Medelhalter av kväve, fosfor och eroderat material (susp.) i olika regioner. (Värden i mg/l.)

Region	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	Tot-P	PO <sub>4</sub> -P	Part-P	Susp.	Ant.
<b>Ytvatten</b>							
1983/84							
2	8,9	6,2	0,61	0,41	0,20	13	1
3	7,6	5,3	0,46	0,14	0,32	322	7
4	7,0	5,3	0,31	0,12	0,18	43	3
5	6,9	4,7	0,44	0,27	0,17	23	13
1984/85							
3 <sup>a</sup>	8,08	3,31	1,83	0,21	1,62	1718	8
5 <sup>b</sup>	4,63	2,77	0,42	0,22	0,20	56	11
<b>Dräneringsvatten</b>							
1983/84							
2	15,3	14,1	0,036	0,017	0,018	0	6
3	18,3	16,9	0,054	0,025	0,029	17	27
4	21,5	20,0	0,046	0,030	0,017	1	33
5	25,1	23,8	0,048	0,031	0,017	3	49
6	8,3	7,6	0,034	0,018	0,016	2	10
1984/85							
3 <sup>a</sup>	11,9	11,0	0,133	0,067	0,066	35	26
5 <sup>b</sup>	12,3	10,8	0,063	0,030	0,026	16	29

<sup>a</sup>Snogerödsbäckens avrinningsområde. <sup>b</sup>Lybybäckens avrinningsområde.

ningen av halterna vid lågflöde sammanhängde med påverkan från förore-  
ande punktkällor, medan de höga halterna under snösmältningen berodde på  
ytavrinningen.

Halterna varierade mellan olika provpunkter. Provpunkterna 5 och 7 i  
Snogerödsbäcken hade mycket höga halter (tabell 5). I punkt 7 (renings-  
verket) varierade de mellan 0,58 och 5,00 mg/l med medelhalten 1,43  
mg/l. Utsläppet från reningsverket gav en ökning av halterna i punkt 8.  
Det bör påpekas att två extra provomgångar togs i slutet av mars i punkt  
8, vilket svarar för en del av höjningen av medelhalten jämfört med öv-  
riga punkter. Speciellt provet den sista mars gav en mycket hög halt,  
vilket troligen skulle varit fallet även i övriga punkter. Dygnet efter  
sjönk halten kraftigt, vilket visar vikten av tät provtagning vid inten-  
sivt flöde (fig. 2). Punkt 9 i Snogerödsbäcken avvattnar ett bokskogs-  
parti. Halterna av både kväve och fosfor var här högre än i de tidigare  
provtagna skogspunkterna på Linderödsåsen (tabell 2). Av de nytillkomna  
provpunkterna 10, 11 och 12 hade den sistnämnda lägsta fosforhalterna.  
Den tidigare punkt 2 provtogs ej.

I Lybybäcken var främst punkterna 4 och 9 förorenade av utsläpp (ta-  
bell 5). Punkterna 1, 8 och 12 hade de lägsta halterna och uppvisade  
liten påverkan från bebyggelse. Punkt 3 som tidigare hade låga halter  
hade nu höga vid några tillfällen med lågt flöde. Orsaken till detta är  
oklar.

**Transport från åkerskiftena.** Förlusterna med dräneringsvattnet låg mel-  
lan fjolårets och begynnelseårets värden (tabell 4). Transporten av fos-  
for med ytvattnet var av samma storleksordning som tidigare men andelen

Tabell 4. Transport av kväve, fosfor och eroderat material (susp.).  
(Värden i kg/ha.)

År	Avr. (mm)	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	Tot-P	PO <sub>4</sub> -P	Part-P	Susp.
<b>Ytvatten</b>							
1982/83	60 <sup>a</sup>	-	3,4	0,16	0,09	0,06	44
1983/84	30 <sup>a</sup>	2,1	1,5	0,13	0,07	0,06	14
1984/85	20 <sup>a</sup>	1,1	0,6	0,17	0,04	0,13	113
<b>Dräneringsvatten</b>							
1982/83	519 <sup>b</sup>	-	48	0,46	0,28	0,17	46
1983/84	283 <sup>b</sup>	63	59	0,13	0,08	0,05	8
1984/85	250 <sup>c</sup>	31	27	0,21	0,10	0,10	55
<b>Skog</b>							
1982/83	579	-	4,6	0,08	0,02	0,06	23
1983/84 <sup>d</sup>	313	5,9	4,1	0,05	0,03	0,02	16
1984/85 <sup>d</sup>	186	5,8	4,3	0,10	0,07	0,03	22
<b>Snogerödsbäcken</b>							
1983/84	263	32	27	0,60	0,30	0,30	50
1984/85	186	18	15	0,58	0,33	0,25	69
<b>Lybybäcken</b>							
1983/84	363	46	39	0,73	0,40	0,34	28
1984/85	353	34	28	0,81	0,49	0,32	100

<sup>a</sup>Skattade värden. <sup>b</sup>1/2.(363 + 263) - 30. <sup>c</sup>1/2.(353 + 186) - 20. <sup>d</sup> Prov-  
punkt 9 i Snogerödsbäcken.

partikelbunden fosfor var större (fig. 3). Totalförlusten från åker blev 0,38 kg/(ha.år), vilket är mer än för föregående år men mindre än begynnelseåret. Motsvarande fosforförluster vid Vättinge och Näsbygård uppgick till 0,38 resp. 0,13 kg/(ha.år).

**Transport i bäckarna.** Fosforförlusterna via bäckarna var i stort sett desamma som föregående år (fig. 3). På grund av den högre avrinningen i Lybybäcken var uttransporten där 0,81 kg/(ha.år) mot 0,58 kg/(ha.år) för Snogerödsbäcken. Transportens fördelning under året framgår av fig. 2. Förlusterna var störst under högflödesperioderna september, oktober, mars och april. I Lybybäcken var uttransporten under de kalla månaderna januari och februari mycket liten.

**Transport från reningsverket.** Med medelvattenföringen 100 m<sup>3</sup>/dygn blev årsförlusten i ton samt dess procentuella andel av den totala uttransporten från Snogerödsbäckens avrinningsområde:

Transport (ton)	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	Tot-P	PO <sub>4</sub> -P	Part-P
(%)	0,31	0,20	0,05	0,03	0,02
	2	2	13	14	12

På grund av en lägre medelhalt för 1984/85 blev förlusterna från verket mindre och därmed även dess bidrag till den totala uttransporten mindre jämfört med föregående år.

Tabell 5. Medelhalter av kväve, fosfor och eroderat material (susp.) i bäckarna under 1984/85. (Värden i mg/l.)

Provpunkt	Tot-N	NO <sub>3</sub> -N	Tot-P	PO <sub>4</sub> -P	Part-P	Susp.
<b>Snogerödsbäcken</b>						
1	8,8	6,7	0,27	0,17	0,10	12
3	10,3	7,6	0,30	0,13	0,17	86
4	11,1	8,4	0,30	0,15	0,15	27
5	10,5	6,3	1,43	0,80	0,63	51
6	10,6	8,2	0,27	0,13	0,14	42
7	8,4	5,6	1,43	0,86	0,57	13
8	9,6	6,6	0,47	0,18	0,29	126
9	7,7	5,6	0,10	0,06	0,03	22
10	9,8	7,3	0,35	0,12	0,22	29
11	11,7	9,5	0,39	0,13	0,26	41
12	9,3	6,8	0,25	0,14	0,11	26
<b>Lybybäcken</b>						
1	9,8	8,6	0,10	0,03	0,07	17
2	8,8	7,4	0,16	0,08	0,08	23
3	6,7	4,8	0,21	0,12	0,09	20
4	9,7	7,2	0,36	0,15	0,21	32
5	10,9	9,1	0,26	0,16	0,11	15
6	9,2	7,4	0,26	0,18	0,07	25
7	8,9	7,0	0,31	0,20	0,11	59
8	10,9	9,7	0,12	0,10	0,02	8
9	11,9	9,6	0,41	0,25	0,17	18
10	10,2	8,6	0,25	0,14	0,10	18
11	14,9	13,0	0,33	0,23	0,10	7
12	12,1	10,9	0,11	0,07	0,04	18

#### REFERENSER

Gustavsson, A.S. & Brink, N. 1985. Förluster av kväve och fosfor runt Ringsjön. Ekohydrologi nr 19, 3-16.

# VÄXTNÄRINGSLÄCKAGE OCH MOTÅTGÄRDER

Arne Gustafson

## SLUTSATSER

- Genom att grödval och gödslingsintensitet varit förhållandevis konservativa under den senaste tioårsperioden så har utlakningsnivån varierat främst beroende på de skiftande humiditetsförhållandena. Någon allmän trend mot större eller mindre utlakning har därför inte kunnat förmärkas.
- Skillnaden i utlakning mellan åren blev betydande särskilt i Syd-sverige. Den sista femårsperiodens avrinning var i ett femtioårigt perspektiv mycket hög. Särskilt förhållandena under maximiåret 1980/81 med en medelavrinning och medelutlakning på 567 mm respektive 58 NO<sub>3</sub>-N kg/ha måste betraktas som mycket anmärkningsvärda.
- Möjligheterna att kunna minska kväveutlakningen i framtiden med bibehållen odlingsintensitet blir i hög grad beroende av om odlingssystemen kan utvecklas mot att marken hålls med en växande gröda under en större del av året än nu. På detta sätt kan den mineraliska kvävenivån i marken minimeras och utlakningen reduceras. Insådd i den ordinarie grödan synes härvid vara den effektivaste metoden att gå fram med.

## INLEDNING

### Allmänt

Under 1970-talet kom lantbrukets bidrag till föroreningen av yt- och grundvatten att stå allt mer i fokus. Den kraftiga utbyggnaden av den kommunala reningen under andra hälften av 60-talet och början på 70-talet hade börjat ge resultat i förbättrade recipientförhållanden. Jordbrukets relativa bidrag kom härigenom att växa och det blev angeläget att kvantifiera detta bidrags storlek och vilka faktorer som hade störst betydelse. Till viss del synes det som om jordbrukets bidrag kunnat öka under 60-talet i "skydd" av alltför stora kommunala utsläpp, vilket maskerade ökningen av jordbruksbelastningen. Denna blev således inte allmänt uppenbar förrän i början på 70-talet när den kommunala reningen blivit utbyggd. Det blev för jordbruket ett svårt uppvaknande.

Bland jordbruksforskare behandlades hithörande frågor bl.a. inom NJF:s ram (NJF = Nordiska Jordbruksforskarens Förening), särskilt inom dess seminarieverksamhet.

Frågornas verkliga genombrott kom kanske främst på NJF-seminariet i Hamar 1974 "Jord- och skogsbrukets bidrag till förorensning av överflatevann og grunnvann". År 1977 anordnades vidare ett seminarium i Uppsala "Hur påverkar jordbruket vårt grundvatten". Här framkom att i inströmningsområden för grundvatten var vattnet många gånger kraftigt förorenat med nitrat.

Allt eftersom läckaget från jordbruksmarken blev allmänt erkänt kom frågan om vad som kunde göras för att minska det att hamna i centrum.

Ett av de första seminarierna, som tog fasta på vad som skulle kunna göras för att reducera läckaget från jordbruksmark, anordnades i Oslo 1981 "Förorening från jordbruksmark och diskussion om aktuella motåtgärder".

Tabell 1. Grödfördelning (%) på försöksfält och i omgivande län.

Område	Vall	Stråsäd	Övriga grödor
<b>Norr</b>			
Försöksfält	50	40	10
Län	55	35	10
<b>Mellan</b>			
Försöksfält	13	71	16
Län	23	64	13
<b>Syd</b>			
Försöksfält	14	50	36
Län	21	55	24

Om 70-talet kan sägas ha inneburit ett klarläggande årtionde så kommer säkert 80-talet att kunna resumeras som motåtgärdernas årtionde, åtminstone om man betraktar vilka pågående projekt som finns i de nordiska länderna.

#### Stationsnät för kontroll av växtnäringsläckage från åker

De som först slog larm i Sverige om den ökande jordbruksbelastningen var forskare som studerade utvecklingen i de stora vattendragen (Ahl & Odén 1972). Kravet restes vidare på att få specialstudier till stånd där belastningen från åkermarken direkt kunde bestämmas (Brink och Gustafson 1970). Vid avdelningen för vattenvård vid Sveriges lantbruksuniversitet började därför ett stationsnät att byggas ut, där situationen skulle kunna klarläggas i olika delar av landet (Brink, Gustafson & Persson 1978, 1979). De första stationerna blev klara 1973. Antalet stationer som någon gång använts är 18 st. För närvarande fortgår undersökningarna vid tolv stationer. Den största minskningen av antalet stationer skedde i Norrland, där antalet reducerades från fem till en. Undersökningarna finansieras av Programmet för övervakning av miljö kvalitet (PMK) vid statens naturvårdsverk.

Parallellt med dessa studier har ett andra stationsnät byggts ut där olika specialundersökningar görs, främst med tanke på motåtgärder mot vattenföroreningar. Antalet stationer i detta nät är för närvarande tolv.

I detta sammanhang kommer resultat från båda näten att användas.

Gemensamt för båda näten är att täckdikad åkermark används där avrinningen registreras och vattenprov tas minst var fjortonde dag.

Resultaten från undersökningarna har rapporterats fortlöpande. I NJF-sammanhang har rapportering skett vid ovannämnda seminarier (Gustafson 1975, 1978, 1980) men även i många andra sammanhang. Här kan nämnas ett större arbete, där resultat från hela PMK-verksamheten med sikte på eutrofieringsfrågor behandlas "Näring i överflöd - eutrofiering av svenska vatten" (MONITOR 1983). I detta arbete är jordbruksläckaget insatt i det mer storskaliga sammanhanget.

## VÄXTNÄRINGSLÄCKAGETS FÖRÄNDRINGAR UNDER DET SENASTE ÅRTIONDET

### Beräkningsmetoder

För att få ett mer allmänt mått på utvecklingen har för mellersta och södra Sveriges stationer framräknats medeltal. I mellan- och södra regionen har sex respektive fyra stationer använts för ändamålet. Undantag utgör här första året (1975/76) då det endast fanns fem respektive två stationer i motsvarande regioner. Eftersom antalet stationer i Norrland skars ned så kraftigt så har förfarandet inte varit möjligt där.

Framtagna medelvärden för en region utgörs av aritmetiska medeltalet för samtliga stationer i gruppen. Koncentrationsmedeltal är framräknat genom att dividera årstransporten med årsavrinningen.

### Odling

Det är tydliga skillnader i grödfördelning beroende på regiontillhörighet. I norra regionen dominerar vallen medan stråsäden dominerar i de båda övriga och här intar mellanregionen tätpositionen (tabell 1).

Vid en jämförelse mellan försöksfält och region framgår att mellan- och sydregionen har särskilt låg vallandel på försöken.

### Gödsling

För att utröna hur kvävegödslingen har utvecklats på de undersökta försöken har som utgångspunkt valts rekommenderade mängder till olika grödor odlingsåret 1975. Dessa nivåer har åsatts relativtalet 100 och så har ett medelrelativtal framräknats för varje år. Då antalet försök i norr bantats så kraftigt har analysen endast utförts för mellan och syd.

I stora drag har kvävegödslingen legat på en jämn nivå hela tiden.

Skiftningarna är något större i syd (fig.1). Främsta orsaken till detta är den mer frekventa användningen av stallgödsel där. Stallgödseln har i de flesta fall använts i kombination med handelsgödsel. Totalgödseln har då tenderat att bli för höga. I vissa fall har endast stallgödsel använts och givorna har då tenderat att bli för låga.

### Belastning i norra Sverige

Eftersom mätningarna skars ned så kraftigt i norra Sverige främst bero-

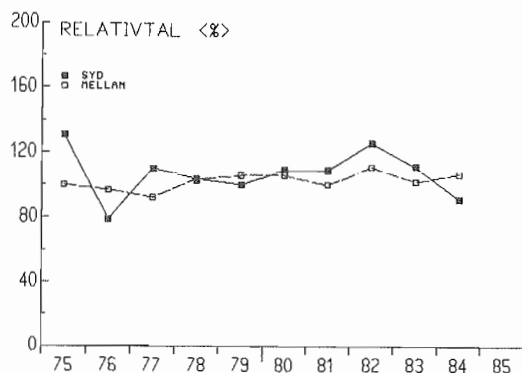


Fig. 1. Medelrelativtal för kvävegödsling i två regioner.

ende på att läckaget var litet så kan det vara enklast att peka på belastningsutvecklingen vid en av stationerna (Röbäcksdalen) där mätningar finns längre tillbaka i tiden. Mätningar utfördes 1959-61 (Wiklander & Hallgren 1971) och 1976-81 (Gustafson & Torstensson 1983). Följande värden erhöles under de båda perioderna (värden i kg/(ha.a)):

Period	1959-61	1976-81
Nitratkväve (N)	5,9	6,0
Fosfatfosfor (P)	0,04	0,11

Läckaget var således nära nog lika under de två perioderna när det gäller kvävet medan fosforläckaget ökat. Försöksfältet vid Röbäcksdalen kännetecknas av att flera grödor odlas samtidigt (vall, stråsäd, potatis) och på så sätt integreras ett helt odlingsystem, varför värdena får anses vara en mycket god mätare på belastningsutvecklingen.

### Belastningen i mellersta och södra Sverige

**Nederbörd.** Tioårsperioden inleddes med det mycket nederbördsfattiga året 75/76 Dessa låga värden underskreds inte något annat år (fig. 2). Nederbördsmaximum inträffade 1980/81 med mycket höga värden särskilt i syd. De mycket humida förhållandena under den andra femårsperioden i söder framgår klart vid en jämförelse mellan de totala nederbördstalen. Förhållandena var inte alls så uttalade i mellanregionen (värden i mm):

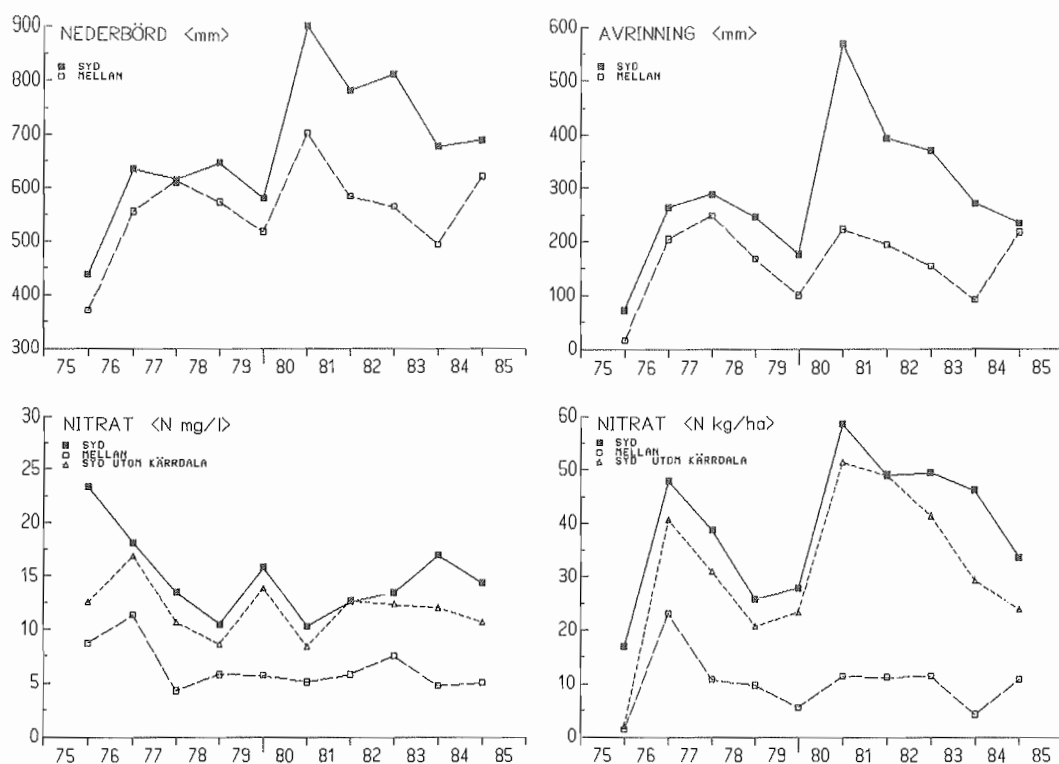


Fig. 2. Nederbörd, avrinning, koncentration och förlust av kväve i två regioner.

Period	1975/80	1980/85
Mellan	2630	2915
Syd	2965	3860

**Avrinning.** Som kunde väntas blev avrinningen en återspeglning av nederbördsförhållandena med minimum första året och maximum 1980/81. Två tydliga pulser kan utskiljas åtskilda av den relativt låga avrinningen 1979/80 (fig. 2). Även om nederbörds- och avrinningskurvornas förlopp är likartade så är de inte helt överensstämmande. Detta kan ej heller förväntas eftersom nederbördens fördelning under året inte är lika mellan åren. I likhet med nederbörden visar en jämförelse mellan de totalt avrunna vattenmängderna under de två femårsperioderna på de exceptionellt stora vattenmängderna i söder under den sista perioden (värden i mm):

Period	1975/80	1980/85
Mellan	735	785
Syd	990	1835

**Kvävekoncentration.** I syd var bilden splittrad första året. En av stationerna (Kärrdala) hade mycket höga halter och då endast två stationer fanns med i regionmedelvärdet blev detta mycket högt (fig. 2).

Andra året var koncentrationstalen höga i båda regionerna. Uppenbarligen ackumulerades under torråret 1975/76 en hel del kväve i marken, kväve som sedan lätt kunde mobiliseras när fuktigheten ökade det efterföljande året.

I mellanområdet var medelkoncentrationerna i övrigt förhållandevis jäm-

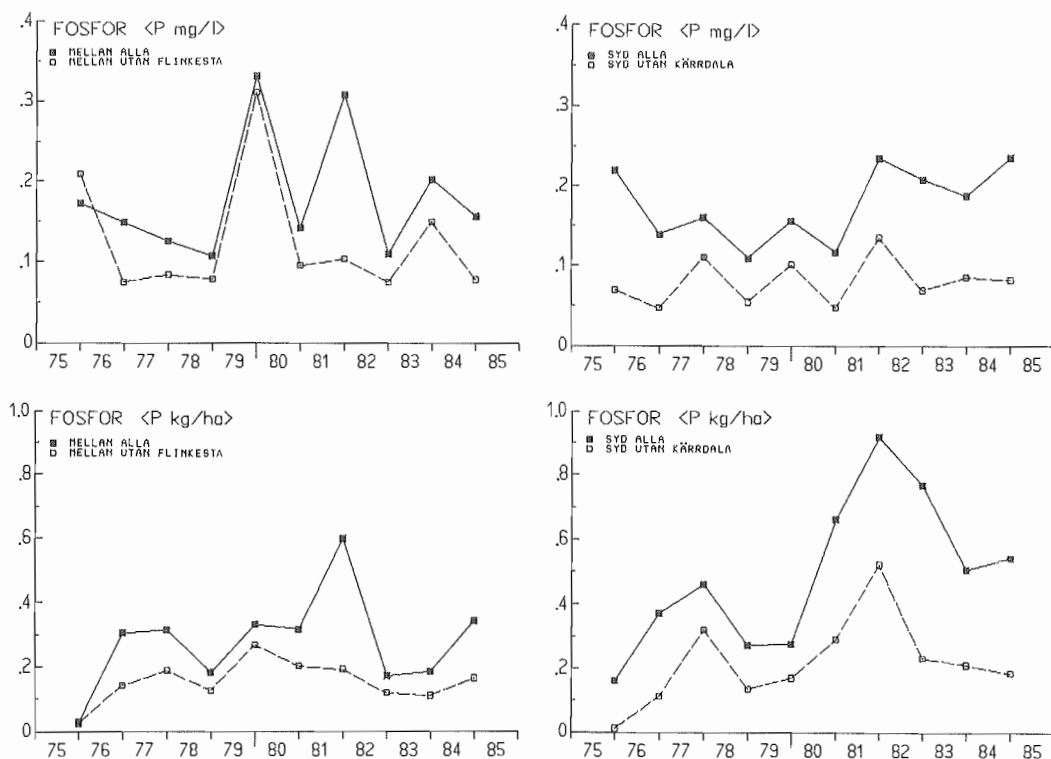


Fig. 3. Koncentration och förlust av fosfor i två regioner.



na och stabila. Syd uppvisade en större variation. Det var speciellt Kärrdala som hade mycket höga halter och som uppvisade ett mönster skilt från övriga stationer i gruppen. Frånräknas denna station så var halterna även här relativt stabila.

Någon trend till med tiden stabilt stigande eller sjunkande halter kunde ej konstateras.

**Kväveförlust.** Genom att koncentrationerna med undantag av 1976/77 var förhållandevis stabila kom avrinningen att till stor del styra förlustkurvornas utseende (fig. 2). Undantaget blev att förlustmaximum under den första femårsperioden kom att sammanfalla med koncentrationsmaximat ett år innan flödesmaximat. Syd redovisas med och utan den station (Kärrdala) som hade en avvikande utveckling. Allmänt kan sägas att syd hade sjunkande förlusttal under hela sista femårsperioden. För mellanregionen blev förlusterna mer jämna i tiden.

**Fosfor.** I båda regionerna fanns en station med särskilt stora fosforförluster (Flinkesta resp. Kärrdala) (fig. 3). Frånräknas dessa stationer blev medelkoncentrationerna utom 1979/80 förhållandevis jämna i mellanregionen medan de var något större i södra regionen. Precis som för kvävet fanns en tendens till två förlustpulser under tioårsperioden, särskilt i södra regionen. Här är att märka att pulsmaxima inträffade ett år senare än för kvävet vid båda tillfällena. Detta indikerar att det inte är helt samma faktorer som ger upphov till extrema fosforförluster. Även om en faktor, den totala avrinningen, har stor betydelse härutinnan. De största totalfosforförlusterna uppkommer oftast i samband med ytavrinning då partikulärt fosfor lätt transporteras med vattnet medan när det gäller kvävet en lakning av jordprofilen har störst betydelse.

#### Kväveförluster till Laholmsbukten

En besvärande utlakningssituation kan inträffa när kraftig nederbörd följer i anslutning till vårgödslingen innan grödan hunnit tillgodogöra sig det tillförda kvävet. Ensådan situation inträffade i Halland våren 1980. Det förde med sig stora problem i Laholmsbukten.

Nederbörden under mars, april och maj detta år uppgick sammanlagt endast till 54 mm. Under juni föll däremot 211 mm vilket är den största junimängden de sista femtio åren. Avrinningen och utlakningen blev också stora för att vara i juni. Förhållandena varade under hela sommaren och

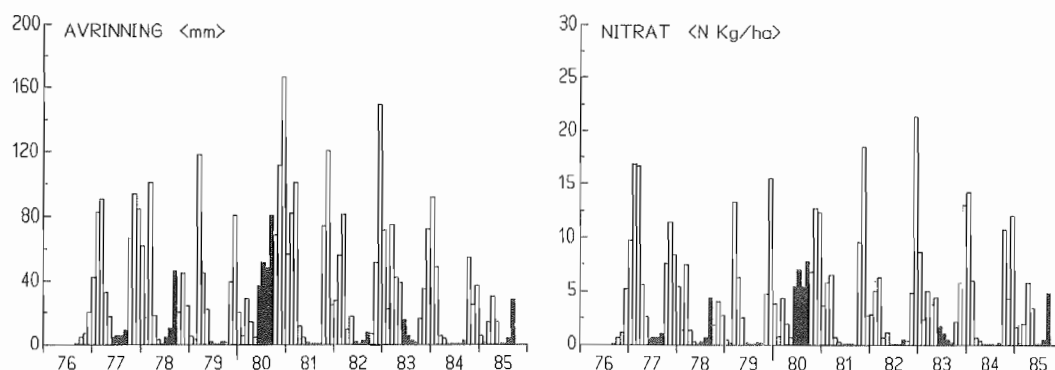


Fig. 4. Avrinning och kväveförlust från försöksfältet på Skottorp i Stensåns avrinningsområde.

avvek markant från sommarsituationen under de övriga undersökningsåren (fig. 4). Mineralkvävemängderna i marken kan också ha varit extra stora genom den torra våren. De negativa verkningarna på vattendragen förstärktes naturligtvis av att andra tillväxtfaktorer som ljus och temperatur också var gynnsamma vid denna årstid.

För att förhindra att utlakningen i framtiden blir lika stor i samband med liknande nederbördshändelser borde gödselgivan delas. Det gäller särskilt vid odling på lätta jordar.

Allmänt kulminerade kväveläckaget i södra Sverige under det agrohydrologiska året 1980/81 och årsförlusterna blev allt lägre de efterföljande fyra åren (fig. 2). Sammantaget uppvisade dock den sista femårsperioden extrema avrinningsförhållanden och kväveförluster. Frågan är hur vanligt det är med så humida perioder som under den andra femårsperioden.

För att i någon mån svara på denna fråga har en femtioårig nederbördsserie från Simlängen i Halland studerats. Serien indelades i femårsdelar där den egna undersökningsserien fick styra indelningen. Med denna indelning visade det sig att den rikliga nederbörden under den sista perioden endast överträffats under åren 1950-54 (fig.5).

Med hjälp av ett simuleringsprogram (Bergström 1983) framräknades även åkeravrinningen för de femtio åren och samma indelning i femårsperioder gjordes för denna serie. Resultatet visar att årsmedelavrinningen under den sista femårsperioden var den största i hela serien (fig.5). Sannolikheten för att erhålla en så stor avrinning med följande kraftiga utlakning är således inte särskilt stor. Förhoppningsvis är odlingsåtgärderna bättre anpassade att möta en så kraftigt humid situation nästa gång detta inträffar.

## MOTÅTGÄRDER MOT NÄRINGSLÄCKAGE FRÄMST KVÄVE

### Allmänt

**Faktorer.** Det är många faktorer som kan påverka näringsläckagets storlek. En del faktorer som klimat och jordart kan ej påverkas av människan medan andra som gödslingsintensitet och typ av gröda kan regleras.

Om gödslingsintensitetens betydelse har gjorts många undersökningar och de visar alla på att överoptimal gödsling leder till accelererade förluster i takt med överdoseringens storlek. Då tillväxten hos gödslingsgivorna numera har avklingat och metoder för mera anpassad gödsling kommit i mer allmänt bruk, så bör risken för överdosering inte vara lika stor som tidigare. Fortfarande återstår dock en hel del att göra, främst

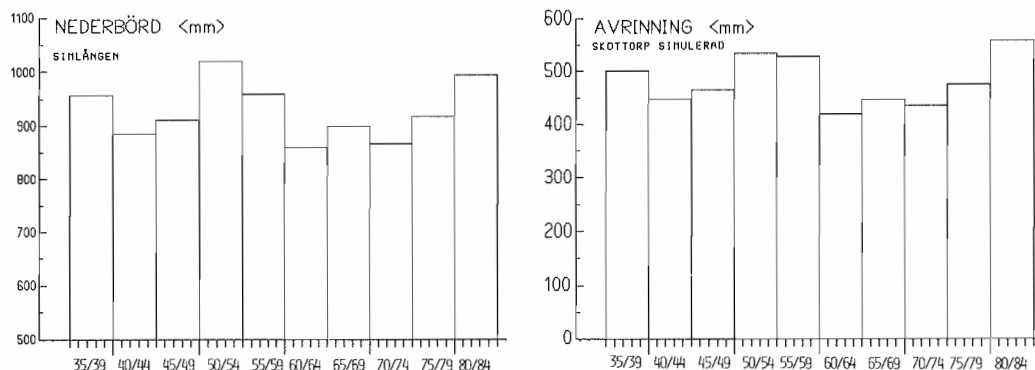


Fig. 5. Nederbörd och simulerad avrinning under 50 år. Årsmedeltal för femårsperioder.

när det gäller stallgödselanvändningen.

Mer oprövat är då grödors och framför allt mellan- eller fånggrödors betydelse för att dämpa utlakningen. En rätt omfattande försöksverksamhet har emellertid påbörjats på detta område.

**Minimera mängden mineraliskt kväve i marken.** Mängden nitrat som lakas från en jordprofil beror på koncentrationen av nitrat i markvattnet och avrinnings storlek. Alla åtgärder som reducerar mängden mineraliskt kväve i marken under avrinningsperioden skulle därför reducera nitratläckaget. Avrinningsperioden sammanfaller normalt med en period då aktivt växande grödor är i minimum på åkermarken. Detta förhållande har också förstärkts genom att den vallodlade arealen har minskat. Då en växande gröda behöver kväve och således bortför kväve ur marken så är minskad vallareal ur kväveläckagesynpunkt inte önskvärd. För att motverka detta borde odling av fånggrödor, som kan ta upp kväve efter skörd få ökad utbredning. Som fånggrödor kan räknas vallar, insädda och höstsädda grödor vilka är avsedda att skördas. Även för ändamålet speciellt anlagda grödor eller insädder som får utvintra eller avdödas mekaniskt eller kemiskt räknas hit. Spillsädesgrönka och höstgroende ogräs kan också föras dit.

För att belysa en fånggrödors effekter på kväveutlakningens storlek skall här relateras några svenska och danska undersökningar. Slutligen behandlas frågan om hur ett växttäckte påverkar vattenerosionen och om direkta förluster av växtnäring från växttäcktet kan ha någon betydelse.

## RESULTAT FRÅN GENOMFÖRDA FÅNGGRÖDEODLINGAR

### Svenska undersökningar

**Mätmetoder.** Undersökningarna är genomförda i specialdikade rutförsök. Från varje ruta leds vattnet till en mätstation. Kvalitet och kvantitet hos vattnet kan på så sätt bestämmas för varje ruta individuellt.

**Vall - en optimal fånggröda.** För att belysa skillnaderna mellan ensidig stråsädesodling och vallodling vad avser mängden mineraliskt kväve i marken och kväveläckagets storlek kan resultat från Åkermarkens ekologi (Kjettslinge-försöket) tjäna som åskådningsobjekt (Bergström 1983). Av försökets fyra försöksled utväljes här tre att närmare skärskådas

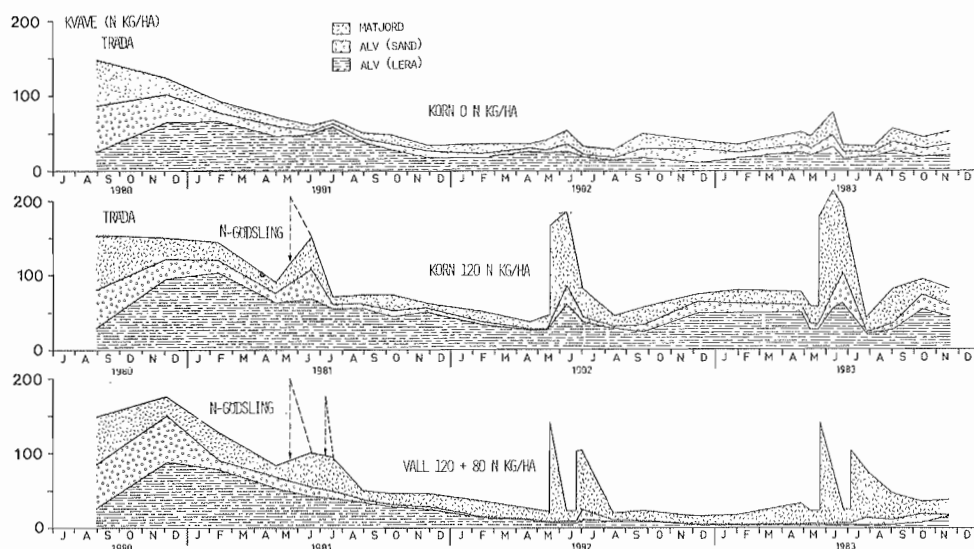


Fig. 6. Mineraliskt kväve i marken till en meters djup i Kjettslinge. (Från Bergström 1983.)

(ogödslat korn, gödslat korn 120 N, gödslad gräsvall 120+80 N).

Försöket inleddes med träda 1980. Kväveanhopningarna i september låg då kring 150 N kg/ha. Dessa anhopningar hade i stort sett reducerats till en "normal" nivå vid årsskiftet 1981/82 främst genom upptagning i grödan och genom utlakning (fig. 6).

De efterföljande åren uppvisade ett typiskt variationsmönster för det mineraliska markkvävet. I det ogödslade kornet fås uppgångar i samband med vår- och höstmineraliseringarna och låga värden under den tid grödan har en aktiv kväveupptagning. För det gödslade kornet domineras bilden av ökningarna genom gödseltillförseln. Notabel är den tid som förflyter från gödslingstillfället fram till att grödan börjar sänka kvävenivån. Det är till och med en tydlig tillväxt av kvävemängden genom mineralisering efter gödseltillförseln. I ett regnrikt försommarklimat föreligger här under en relativt lång tid en stor utlakningsrisk. Det mineraliska kvävet basnivå är väsentligt högre hos det gödslade kornet än det ogödslade.

Hos vallen är variationsmönstret likartat. Här tas emellertid det tillförda kvävet omhand omgående. Förloppet är något långsammare efter gödslingen till andraskörden. Basnivån är till och med lägre än i det ogödslade kornet. Betydelsen av att hålla jorden "grön" för att sänka den mineraliska kvävenivån i marken framgår tydligt.

Utlakningen från de tre leden kan exemplifieras med resultaten från 1982 (värden i  $\text{NO}_3\text{-N}$  kg/(ha.a)):

Led...	Korn 0 N	Korn 120 N	Vall (120+80 N)
Utlakning	7	14	5

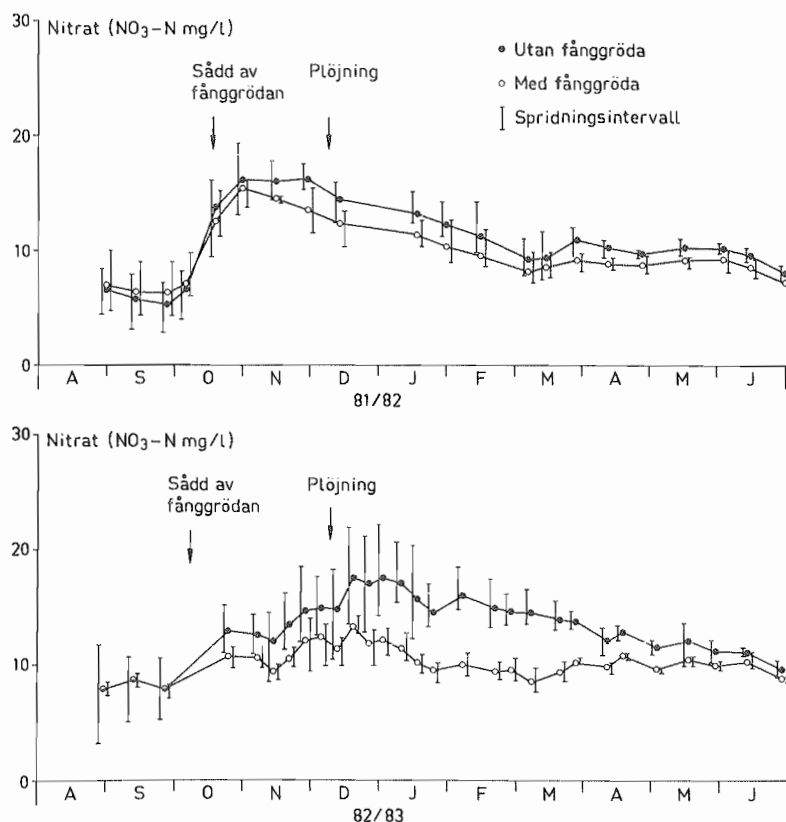


Fig. 7. Nitrathalter i dräneringsvattnet på Björnstorp. Medeltal och variationsbredd (Från Kreuger & Brink 1984.)

Även i vattenvårdens rikstäckande skiftesförsök kan utlakningen efter stråsådes- och vallodling jämföras (värden i  $\text{NO}_3\text{-N}$  kg/(ha.a)):

Område	Jordart	Stråsåd	Vall
Norrland	Ler-mojordar	9	3
Svealand	Ler-mojordar	15	4
Götaland	Endast sandjordar	60	30
	Moränlera	36	20

Vid flerårig vallodling uppgår således nitratläckaget endast till mellan hälften och tredjedelen av vad som är fallet vid stråsådesodling.

Målet med fånggrödeodling bör vara att komma så nära vallodlingen som möjligt när det gäller aktiv kväveupptagningstid. Det finns i princip två vägar att gå:

- . Insådd i den ordinarie grödan.
- . Sådd efter skörd av den ordinarie grödan.

**Insådd fånggröda i korn.** För att i orienterande syfte följa förändringarna av det mineraliska markkvävet vid insådd i korn har en orienterande undersökning startats. Försöket är förlagt till korn(120N)rutan i Kjettslingeförsöket. Insådd är italienskt rajgräs. Kornet såddes den 16 maj och rajgräset den 27 maj. Skörden ägde rum den 10 september. Följande mängder av mineraliskt kväve ( $\text{NH}_4+\text{NO}_3$ ) har uppmätts till en meters djup under hösten 1984 (värden i N kg/ha).

Dag	28/8	11/9	17/9	1/10	16/10	13/11	10/12
Utan fånggröda	80	86	100	73	46	75	65
Med rajgräs	38	48	36	35	34	41	40

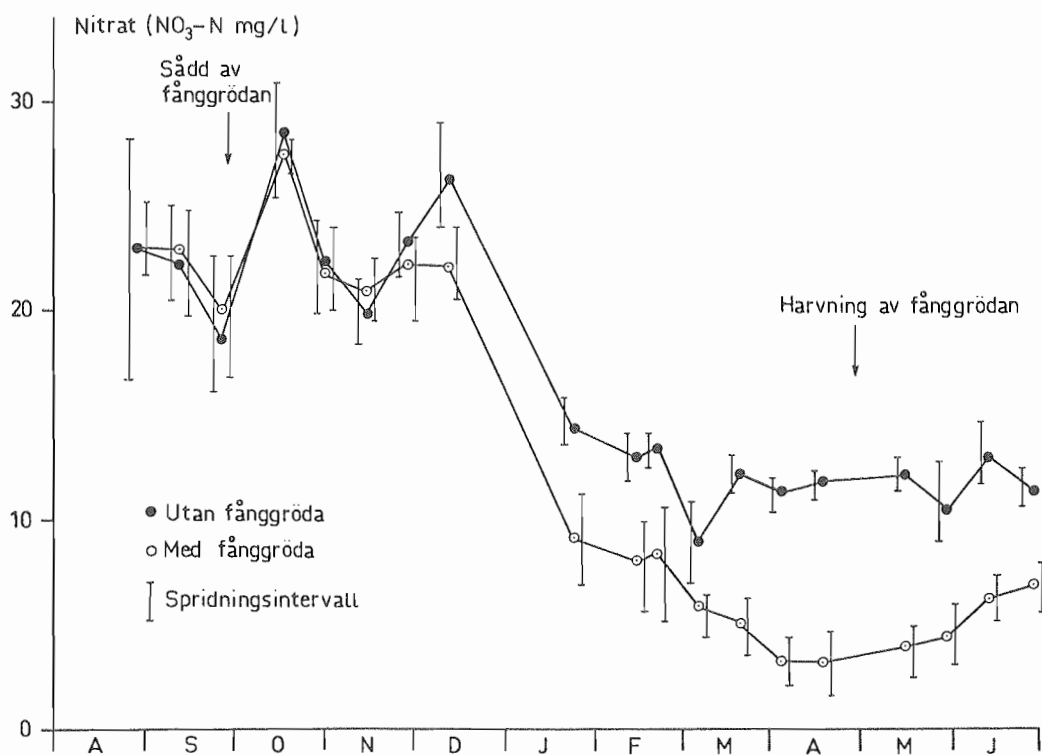


Fig. 8. Nitrat i dräneringsvatten på Västraby. Medeltal och variationsbredd. (Från Gustafson & Torstensson 1984.)

Den kraftiga minskningen i ledet utan fånggröda mellan den 17 september och 1 oktober berodde främst på utlakning. Perioden har varit mycket regnrik.

**Fånggröda efter potatis på sandjord.** Det har visat sig att nitratläckaget efter potatisodling på lätta jordar i södra Sverige kan bli mycket stort. Att så en fånggröda efter skörd på hösten skulle därför vara en metod att bekämpa läckaget med. Detta har prövats i ett försök under två år på Björnstorps gods i Skåne (Kreuger & Brink 1984).

Jordarten är lerig grovmo. Potatisen var båda åren av sorten Bintje. Kvävegivan uppgick till 100 N kg/ha. Engångsgiva vid sättning och tillförsel med hälften var efter 25 respektive 45 dagar förekom.

Snarast efter potatisupptagningen avslutats harvades halva fältet, varefter råg av sorten Pektus II såddes som fånggröda. Hela fältet plöjdes sedan i början av december. Första året fördröjdes potatisupptagningen, vilket ledde till att fånggrödan såddes senare och fick en sämre utveckling första året än andra året.

Den delade kvävegivan gav inte tydliga utslag i nitratkoncentrationerna men väl fånggrödan och då särskilt andra året (fig. 7).

I medeltal för alla led med och utan fånggröda blev utlakningsförlusterna (värden i  $\text{NO}_3\text{-N}$  kg/(ha.a)):

År	Utan fånggröda	Med fånggröda	Utlakningsminskning
81/82	44	36	8
82/83	57	42	15

Även om utlakningsminskningarna verkar små så pekar de mot att det hela är en framkomlig väg för att minska förlusterna till vattensystemen. Genom att utsträcka odlingen av fånggröda i tiden bör utlakningen kunna minskas ytterligare.

**Fånggröda efter korn på sandjord.** För att pröva en fånggrödors effekt efter odling av vårsäd har ett försök startats på Västraby gård i närheten av Kattarp. Resultat av det första årets studier föreligger (Gustafson & Torstensson 1984). Försöksfältet är ett specialdikat rutförsök. Jordarten är mellansand.

Genom att försöksfältet anlades i månadsskiftet april-maj 1982 blev kornsådden försenad på försöket (16 maj). Detta tillsammans med ett kraftigt bladlusangrepp satte ned skörden till hälften av normal nivå. Gödslingen var normal (98 N kg/ha). Sammantaget ledde detta till att

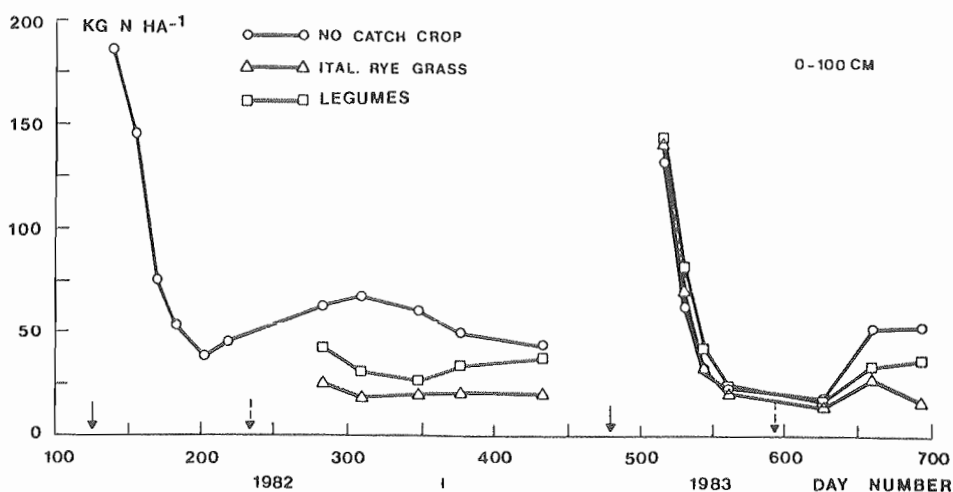


Fig. 9. Mineraliskt kväve i markprofilen och olika fånggrödors inverkan på detta. Fylld och bruten pil indikerar tidpunkt för gödsling (90 N kg/ha) och skörd respektive. (Från Nielsen & Jensen 1984.)

alvkvävmängderna var stora efter skörd.

Snarast efter skörden (20 aug.) bortfördes halmen på fyra av de åtta rutorna och hackades i övrigt, stubbearbetning på alla rutor, plöjning 5-10 dagar efter stubbearbetning, harvning så snart som möjligt efter plöjning och sådd (23 sep.) av fånggrödan som var höstråg av sorten Pektus. Fånggrödan fick stå över vintern och tallriksharvades den 5 april. Därefter harvades alla rutor och korn såddes.

Halmedplöjningen inverkade inte tydligt på nitratkoncentrationerna i dräneringsvattnet. Däremot verkade fånggrödan sänkande på nitratkoncentrationerna med början i månadsskiftet nov-dec (fig. 8). Att nitrathalten var så kraftigt förhöjda under hösten måste tillskrivas de stora alvkvävmängderna.

I medeltal för alla led med och utan fånggröda blev utlakningsförlusterna (värden i  $\text{NO}_3\text{-N}$  kg/(ha.a)):

Period	Utan fånggröda	Med fånggröda	Utlakningsminskning
JUL-DEC	40	43	-3
JAN-JUN	28	15	13

Under hösten blev således förlusten i fånggrödeledet litet större än utan fånggröda men under våren sjönk den till nära nog hälften.

Sänkningen av utlakningen under våren med hjälp av fånggrödan är betydelsefull ur mottagande ytvattens synpunkt, eftersom en stor närings-tillförsel då sammanfaller med att andra tillväxtfaktorer, såsom ljus och värme är gynnsamma.

Sett ur grundvattenssynpunkt är det också angeläget att minska höstutlakningen. Grundvattnet nybildas till mycket stor del på hösten. Det är därför viktigt att en fånggröda sås snabbt efter att huvudgrödan skördats. En optimal möjlighet skulle vara att så in fånggrödan i huvudgrödan och således närma sig vallodlingstekniken.

### Danska undersökningar

**Mätmetoder.** Förändringen av markens innehåll av mineraliskt kväve har följts genom jordprovtagning. Utlakningen har därefter beräknats som nettonederbörden multiplicerad med den genomsnittliga nitratkoncentrationen i markvätskan vanligen i skiktet 80-100 cm under aktuell period.

**Fånggrödor efter korn i jämförelse med andra åtgärder.** De flesta danska undersökningar har gällt olika fånggrödor efter korn. Vanligast är odling av vitsenap. Insådd i korn har också prövats.

Här skall först redogöras för tre försök där fånggrödan varit vitse- nap. Senapen har såtts efter skörd och frästs eller plöjts under sen höst. För att förenkla redovisningen listas huvudåtgärder och utlakade kvävmängder ( $\text{NO}_3\text{-N}$  kg/ha):

Åtgärd	Utlakning	
<b>Hvelplund &amp; Östergård, 1980</b>	<b>78/79</b>	
Utan fånggröda	17	
Med fånggröda	5	
Med fånggröda (gödslad med 40 N kg/ha)	7	
<b>Hansen, L., 1980</b>	<b>77/78</b>	<b>78/79</b>
Utan fånggröda, utan halm	39	19
Utan fånggröda, med halm	-	11
Utan fånggröda, ej plöjning	17	6
Med fånggröda	8	3

Tabell 2. Vinternederbörd (15 dec- 15 apr) och ytavrinning samt förluster av erosionsmaterial och fosfor från vallbevuxen och plöjd mark. (Från Ulén 1984a.)

	Vall	Plöjd	Vall	Plöjd
<b>Vinternederbörd (mm)</b>			<b>Ytavrinning (mm)</b>	
81/82	122	122	81/82	45
82/83	171	171	82/83	10
83/84	160	160	83/84	29
<b>Material (kg/ha)</b>			<b>Tot-P (kg/ha)</b>	
81/82	156	165	81/82	0,42
82/83	44	55	82/83	0,07
83/84	61	92	83/84	0,27
<b>Övrig fosfor<sup>a</sup> (P kg/ha)</b>			<b>PO<sub>4</sub>-P (kg/ha)</b>	
81/82	0,20	0,18	81/82	0,22
82/83	0,03	0,03	82/83	0,04
83/84	0,12	0,17	83/84	0,15

<sup>a</sup>Främst erosionsfosfor.

#### Schönning, P. 1983 82/83

Utan fånggröda, utan halm	26
Utan fånggröda, med halm	26
Med fånggröda	10

Insådd av italienskt rajgräs och två olika baljväxter (rödkläver och humlelusern) har också prövats (Nielsen & Jensen 1984). Det mineraliska markkvävetts förändringar i marken ned till en meters djup har följts under två år. Fånggrödorna hölls kvar till nästkommande vår. Resultaten visar att italienskt rajgräs kunde sänka kvävenivån i marken till drygt hälften jämfört med bar mark. Baljväxterna var därvidlag mindre effektiva (fig. 9).

#### VÄXTTÄCKE OCH VATTENEROSION

Den första förutsättningen för vattenerosion (i fortsättningen benämnd erosion) är att vatten med tillräcklig rörelseenergi passerar ett erosionsbenäget material. Denna hydrauliska förutsättning uppfylls oftast i samband med intensivt regn eller kraftig snösmältning. De edafiska förutsättningarna regleras av en mängd faktorer som samlats i en allmän jordförlustekvation. I ekvationen ingår faktorer för markpartiklarnas storlek, densitet och kohesion. Bland övriga faktorer märks markens lutning, vattenmättnadsgrad och sluttningens längd samt **markens vegetationstäck och rotmängd**.

Utan att gå in i detalj bland nämnda faktorer så är det klart att den odlingsteknik som tillämpas idag i många fall gynnar erosionskrafterna. Här kan nämnas effektiv och ofta förekommande jordbearbetning, plöjda ytor obundna av växtlighet under perioder med hög vattenhalt eller tynande tjäle, effektiv dränering, vilket ger högre vattenhastigheter i marken och större flödestoppar i diken och åar.

Med jordmaterialet följer naturligtvis växtnäringssämnen och det är främst fosfor som här är i blickpunkten. Att mängden partikulärt bunden



fosfor som lämnar åkermarken kan vara stor framgång av flera undersökningar (Brink, Gustafson & Persson 1979; Gustafson & Hansson 1979 och 1980; Gustafson & Gustavsson 1981; Ulén 1982).

Flera projekt pågår som har anknytning till erosionsfosfor. Bland dessa är det ett som belyser växttäcket betydelse för dämpning av erosion på åkermark. Till projektet är knutet ett specialförsök som är förlagt till Ekenäs gård i Södermanland. Målet är att jämföra erosionen mellan en vallbevuxen och en plöjd yta vad avser yterrosionen. Den inre erosionen i marken till dräneringsdjup beaktas inte. Försöket ligger på en sluttning (10 % lutning) och all ytvattenavrinning uppsamlas i rännor och leds till en mätstation. Fosforklassen hos jorden är på gränsen mellan klass III och IV både för lätt- och svårslöslig fosfor. Resultat föreligger av tre års undersökningar (Ulén 1984a). Alla år har materialtransporten varit större från den plöjda ytan. Sista året förstärktes skillnaderna främst genom att ytavrinningen var drygt 65 % större från den plöjda ytan (tabell 2). Totalfosfortransporten har tväremot materialtransporten varit större från vallytan. Första året förklarades detta av en större förlust av övrig fosfor från vallen och de två senare åren av en större förlust av fosfatfosfor. Den större förlusten av fosfatfosfor pekar på möjligheten av en direkt förlust av fosfor från växttäcket genom utfrysning eller torkning med påföljande lakning.

#### UTLAKNING AV VÄXTNÄRINGSÄMNE FRÅN ETT VÄXTTÄCKE

**Gjorda undersökningar.** Frågan om växtnäringsförluster genom lakning från ett växttäckte blir naturligtvis betydelsefull om fånggrödesodling blir allmänt spridd. En sådan utlakning kan förstärkas om den föregås av torra eller upprepad frysning och tining av växtmaterial.

Frageställningen har penetrerats redan tidigt (Harley, Moon & Regeimbal 1951) och även senare (Sharpley 1981). I Norge har fryseffekter studerats (Uhlen 1979). Den senare konstaterade förhöjda växtnäringshalter från bevuxna parceller då ytavrinning skedde på en frusen jordyta utan att jordpartiklar följde med.

**Laborieförsök.** I orienterande syfte har en lakningsstudie genomförts med vallgräs och rapsplantor (Ulén 1984b). Till försöket skördades växtmaterial i februari och oktober. Destillerat vatten användes vid lakningen. Frysning eller torkning av växtmaterial före lakningen medförde alltid mycket större växtnäringsförluster än enbart lakning.

Fosforförlusterna efter frysning ( $-10^{\circ}\text{C}$  under ett dygn) och i synnerhet efter torkning (vid rumstemperatur) var stora. De utgjordes huvudsakligen av fosfatfosfor.

Kväveförlusterna var mindre med hänsyn till innehållet från början.

Upprepade behandlingar med frysning och efterföljande lakning gav fortsatta växtnäringsförluster. Förlusterna minskade successivt och blev i de flesta fall obetydliga efter 8-10 behandlingar.

Om de utlakade mängderna efter en behandling antas utgöra en sannolik utlakningsbar mängd så fås följande medelvärden då den lufttorkade mängden torrsbstans hos vallen var 2,7 ton/ha och hos rapsen antagen till 2 ton/ha (värden i N och P kg/ha):

	Totalinnehåll	En frysning	En torkning
<b>Vall</b>			
Kväve	54	0,4	0,5
Fosfor	10	0,7	2,4
<b>Raps</b>			
Kväve	92	2,9	2,5
Fosfor	12	0,5	2,2

Värdena är speciellt för fosfor av den storleksordningen att de måste leda till att frågan om utlakningen från växttäcket måste beaktas i fånggrödesammanhang.

## REFERENSER

- Ahl, T. & Odén, S. 1972. Nya undersökningar ger besked. Åkrarnas kväve gödslar vattnet. *Forskning och Framsteg* 7, 23-26.
- Bergström, L. 1983. Leaching of nitrate and distribution of inorganic N in the soil. - In: Svensson, B. (ed.) *Ecology of Arable Land. The Role of Organisms in Nitrogen Cycling. Progress Report 1983*. Uppsala. The Swedish University of Agricultural Sciences.
- Bergström, S. & Sandberg, G. 1983. Simulation of groundwater response by conceptual models - Three case studies. *Nordic Hydrology*, 71-84.
- Brink, N. & Gustafson, A. 1970. Växtnäringsförluster från skog, åker och bebyggelse. *Vattenvård* nr 1, 108.
- Brink, N. & Gustafson, A. 1983. Närsalter och organiska ämnen från åker och skog. *MONITOR* 1983, 37-51.
- 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 4, 7-57.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi* nr 4, 7-57.
- Gustafson, A. 1975. Läckage av kväve från åker. *Nordisk Jordbruksforskning*, 57, 148-149.
- Gustafson, A. 1978. Läckage av kväve från åker till grundvatten. *Nordisk Jordbruksforskning*, 60, 133-134.
- Gustafson, A. 1980. Växtnäringsförluster från åkermark i Sverige. *Nordisk Jordbruksforskning*, 64, 250-251.
- Gustafson, A. 1984. Förluster av kväve och erosionsmaterial vid bruk av fånggrödor. *SJFR:s seminarium; Odlingssystem med mellangrödor i teori och praktik den 5 december på Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien, Stockholm. Rapport nr 2, 15-27, från SJFR:s programgrupp.*
- Gustafson, A. 1985. Utveckling i belastning av ytvatten under de senaste tio åren - skillnader mellan olika regioner och tänkbar utveckling. *NJF Seminar nr 81 Plantenaeringsstoffer og vanmiljø, Riber Kjaergaard, Danmark, 10 s.*
- Gustafson, A. & Hansson, M. 1979. Växtnäringsläckage på Kristianstadsslätten. *Ekohydrologi* nr 3, 1-12.
- Gustafson, A & Hansson, M. 1980. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. *Ekohydrologi* nr 6, 3-20.
- Gustafson, A. & Gustavsson, A. 1982. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. *Ekohydrologi* nr 10, 3-26.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. *Ekohydrologi* nr 13, 35-48.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1984. Fånggröda efter korn. *Ekohydrologi* nr 15, 13-20.
- Hansen, L. 1980. Danske forsøg med pløjefri dyrkning. *Konsulentavdelningens rapporter. Allmänt 23, del 1, 7:1-7:6*. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Hvelplund, E. & Östergård, H. 1980. Efterafgrödernas kvaestofudnyttelse i relation til gödslingsøkonomi og miljø. *Landskontoret for plante-avl, Viby I.*
- Harley, C.P., Moon, H.H. & Regeimbal, L.O. 1951. The release of certain nutrient elements from simulated orchard grass mulch. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 57, 17-23.
- Kreuger, J. & Brink, N. 1984. Fånggröda och delad giva vid potatisodling. *Ekohydrologi* nr 17, 3-14.

- Nielsen, N.E. & Jensen, H.E. 1984. The content of inorganic nitrogen in the soil profile as affected by undersown catch crops. Paper prepared for: NW European Study Group for the Assessment of Nitrogen Fertilizer Requirement. Second Meeting: Groningen 14-16 May 1984.
- Schönning, P. 1983. Halmnedmuldning. I Kvaelstof of planteproduktion red. Hansen, J. & Kyllingsbæk, A. Tidsskrift for Planteavl's Specialserie, Beretning nr S 1669, 71-76. København.
- Sharpley, A.N. 1981. The contribution of phosphorus leached from crop canopy to losses in surface runoff. J. Environ. Qual., Vol. 10, No. 2, 160-165.
- Uhlen, G. 1979. Virkning av planterester på smeltevatnets kemiske sammansetning. Vann nr.2, 140-143.
- Ulén, B. 1982. Växtnäringsförluster från åker och skog i Södermanland. Ekohydrologi nr 10, 27-37.
- Ulén, B. 1982. Erosion av fosfor från åker. Ekohydrologi nr 11, 29-36.
- Ulén, B. 1984. Nitrogen and Phosphorus to Surface Water from Crop Residues. Ekohydrologi nr 18, 39-44.
- Ulén, B. 1985. Åkermarkens erosion. In prep.
- Wiklander, L. & Hallgren, G. 1971. Utlakning av näringsämnen. Grundförbättring, 24, 95-111.

# BEKÄMPNINGSMEDEL I ÅR OCH GRUNDVATTEN

Nils Brink  
Avdelningen för vattenvård, SLU

## SLUTSATSER

- Nitrifikationshämmare kan skada växande gröda.
- En del pesticider lakas dåligt och tas upp av grönsaker och frukt.
- En del pesticider lakas lätt och skadar vattenlevande växter och djur.
- Bestäm pesticidernas rörlighet i jord.
- Bestäm giftigheten för vattenlevande djur.
- Ange kvalitetskriterier för söt-, salt- och dricksvatten.
- Bevaka åar och grundvatten.

## KEMISKA MEDEL I ODLINGEN

Först ett något vidare perspektiv beträffande kemiska medel i odlingen. Detta inhämtat under en studieresa i USA hösten 1984.

**Växtnäring.** Problemen med växtnäring och vattenförorening är mest uttalade i östra Midwest. Detta har att göra med den stora belastningen på Lake Erie från åkermark och med att dricksvatten tas ur floderna.

Fosforproblemet är störst beroende på yterrosion. Värdena ligger i nivå med vad vi högst finner i Sverige. Genom "conservation tillage" skulle belastningen med partikelbunden fosfor kunna minska med 70 %. Men då kan istället mängden löst fosfor öka beroende på upplagring i och på markytan av skörderester och gödselmedel.

Kväveproblemet hör mest ihop med nitrat i dricksvattnet. Standarden 10  $\text{NO}_3\text{-N}$  mg/l överskrids oftast i maj, juni och juli. Någon ekonomisk väg att ta bort nitraten finns det inte. Förlusten av N per arealenhet i samma region är närmare fyra gånger så stor som medeltalet i USA. Jämfört med sydsvenska förhållanden är de likväl små. Anledningen till de relativt sett stora förlusterna tros stundom sammanhånga med extensiv täckdikning! En annan uppfattning var att täckdikningen ökar förlusterna. "Conservation tillage" anses medföra minskad förlust av total-N.

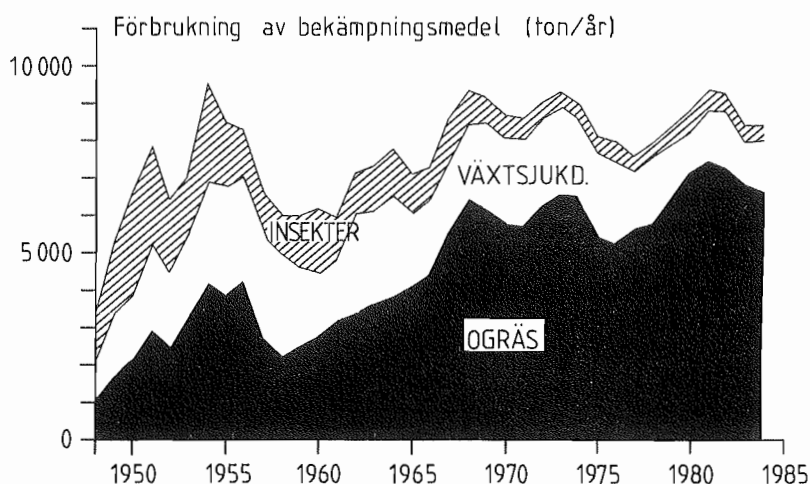


Fig. 1. Användningen av kemiska bekämpningsmedel i Sverige.

**Nitrifikationshämmare.** Hämmare av olika slag används till att hålla tillbaka nitrifikation och denitrifikation för att därigenom öka skörden, minska nitratutlakningen och begränsa anhopningen av nitrat i grönsaker. Nitrapyrin, 2-kloro-6-(triklormetyl)pyridin, är den vanligaste i USA.

Medlet har emellertid visat sig vara fytotoxiskt. Det kan störa kationbalansen, minska skörden och bladstorleken och ge kloros på bladmassan. Genom att ammoniumoxidationen hämmas kan sekundärt uppträda ammoniumförgiftning av växter. Hos rädisa förändras ultrastrukturen radikalt i mesofyll och kloroplast, särskilt när nitrapyrin används tillsammans med organisk gödsel.

Härtill kan fogas att det nu pågår försöksverksamhet i Sverige med ett annat preparat, nämligen dicyandiamid ( $C_2H_4N_4$ ). Även vår avdelning är med på ett hörn, då det gäller att se effekten på utlakningen av kväve. Slutprodukterna vid nedbrytningen bör vara koldioxid och vatten. Men är de bildade mellanprodukterna harmlösa? Ett företag tycks stå i begrepp att marknadsföra ämnet. Detta bör inte ske förrän man klarat ut dess giftighet.

**Bekämpningsmedel.** Läckage av bekämpningsmedel till yt- och grundvatten förekommer ofta. En lång rad av dem har observerats i dricksvatten från både allmänna och enskilda brunnar.

Ett sådant är insektsmedlet aldicarb (Temik) som är ett av de mest akut giftiga medel som registrerats i USA. Det är mycket verksamt mot koloradoskalbaggen och används i fruktodlingar mot nematoder. Registreringen skedde 1970. Man fann det i några testbrunnar 1979. Därefter har många tusen sådana undersökts. I en undersökning i Massachusetts omfattande 236 brunnar, både allmänna och privata, var drygt 20 % förorenade med aldicarb. Halveringstiden för ämnet uppges vara mer än fem år. Problemet kommer därför att kvarstå lång tid framåt trots ett förbud att använda medlet inom en radie av 300-400 m från en dricksvattenbrunn. Dessa och andra restriktioner gör att ett ersättningsmedel kallat Oxamyl (en karbamat) nu blivit intressant. För hur länge?

Andra bekämpningsmedel som förekommer i dricksvattenbrunnar är etylen-dibromid (EDB) och carbofuran. Är detta bara det lilla man ser av isberget?

En livlig pressdebatt i frågan har pågått en längre tid. Allmänheten är oroad. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) kritiseras för förhållning, hemlighetsmakeri och utelämnande av viktig dokumentation i registreringsärenden.

Det skall tillfogas att aldicarb är registrerad i Sverige i giftklass 1 att användas mot insekter, kvalster och nematoder i prydnadsväxtkulturer och för uppdragning av jordgubbsplantor.

Vattnet i många floder i majsältet är kontaminerat med en lång rad pesticider. Problemet accentueras där man är hänvisad till floderna för sin dricksvattenförsörjning. Efter rening i vanliga vattenverk är haltarna oförändrade. Kolfilter minskar dem. På Water Quality Laboratory vid Heidelberg College analyseras flodvatten regelbundet. Analysen omfattar ett 20-tal substanser. Vanligast bland herbiciderna är alaklor, atrazin, metolaklor, cyanazin och butylat och bland insekticiderna fonofos, terbufos och carbofuran. Några av dem är registrerade i Sverige.

Det kan tilläggas att EPA i fjol publicerade en lista på pesticider som kan tänkas kontaminera grundvatten. Listan upptar 135 preparat. EPA har också nyligen skärpt kraven på rörlighetsstudier.

På olika håll försöker man tackla problemen i ett program för Integrated Pest Management (IPM) med syfte att minska användningen av pesticider. Om, när, var och hur pesticider behövs är nyckelfrågan.

**Pesticider i frukt.** Med ett kemiskt medel daminozide (Alar) besprutas fruktträd för att fördröja mognaden och därmed minska andelen fallfrukt.

Medlet, som egentligen inte är en pesticid men registreras som sådan, har återfunnits bl.a. i äpplen och päron och även i äppeljuice. Det används också i jordnötsodlingar. Daminozide är cancerframkallande på råttor och möss. Nedbrytningsprodukten UDMH (1,1-dimetylhydrazin) är en känd carcinogen. EPA har tagit initiativet till en speciell översyn av medlet. Tillverkaren Uniroyal Chemical är avvisande.

**Tungmetaller.** Under tiden 1900-1950 användes tonvis per hektar av Pb-arsenat i äppelodlingar mot insektsangrepp. Många odlingar har övergått till hemträdgårdar, betesmarker och grönsaksodlingar. Ingen signifikant lakning under matjorden har observerats. Det här betyder att det i jorden finns och för lång tid framåt kommer att finnas betydande mängder bly och arsenik som kan tas upp i grönsaker. Surt regn ökar risken för lakning.

**Surt regn.** Surt regn eller surt nedfall är ett stort problem i hela östra delen av den nordamerikanska kontinenten. Mest utsatt är New York och New England som ligger i vindriktningen från industridistriktet i Midwest. Jordarnas buffertkapacitet är låg. Ett stort antal vattensystem i Massachusetts står under stress. Nederbördens pH varierade mellan 3,8 och 4,8 1983. Lakning av aluminium är ett stort problem för fisk. Lekplatser slås ut och rom och mjölke tar skada. Tiotusentals döda smoltägg har observerats på bottenarna i vattendrag och i Quabbin Reservoir (en milsvid konstgjord sjö för Bostons vattenförsörjning) sedan 1982. Det är nu hög tid att ta i tu med problemen vid källorna utan att vänta på ytterligare dokumentation från forskningen anser administrativa och politiska auktoriteter.

## ANVÄNDNING

I svenskt jordbruk används kemiska bekämpningsmedel av olika slag. Fördelningen dem emellan, grundat på vikt handelsvara, framgår av fig. 1. Ogräsmedlen har ökat med tiden och intar sedan länge den främsta platsen. Bland dem har fenoxisyrorna MCPA och diklorprop jämte triklorättiksyra (TCA) använts mest. Växtskyddsmedlen (mot svamp och insekter och för betning) har å andra sidan minskat. Nya medel kommer ständigt och andra försvinner. Som exempel på det förra slaget kan nämnas det högeffektiva ogräsmedlet Glean (klorsulfuron) och på det senare slaget de förbjudna kvicksilverhaltiga betningsmedlen och insektsmedlet DDT. Jämförelserna i fig. 1 haltar därför. Så till exempel är normal dos av TCA 20 kg/ha, av MCPA 2 kg/ha och av Glean 0,002 kg/ha. Då hjälper det inte mycket att ange mängden aktiv substans i stället för mängden handelsvara. Man borde införa något slag av effektivitetsfaktor, med andra ord en redovisning av behandlad areal vid normal användning.

## SIDOEFFEKTER

Bekämpningsmedlen används med avsikt att döda sådana växter och djur som vi fått för våra synder. Och synderna är av mångahanda slag: ensidig växtodling, stora gödselgivor, orent utsäde, sparsam jordbearbetning. Sideffekterna har inte låtit vänta på sig. De kan inrymmas under följande tre punkter:

- (1) Anrikning i näringskedjor
- (2) Rester i livsmedel
- (3) Utslagning av "fel" organismer.

Uppräkningen innebär ingen rangordning. Vi vet att följderna av kvicksilverbetningen och bruket av DDT inneburit ekologiska bakslag av stora mått. Men det är osagt vad pesticider i livsmedel och utslagning eller

Tabell 1. Utlakning av bekämpningsmedel från åkermark.

Medel <sup>a</sup>	Spridn	Avrinning (mm)	Dos (kg/ha)	Halt (µg/l)	Förlust (%)
<b>Dagvatten, lerjord</b>					
Cyanazin	Nov	85 nov-apr	0,16	3-34	4
<b>Dräneringsvatten, lerjord</b>					
MCPA	Okt	77 okt-feb	2	<0,3	0
Diklorprop	Okt	69 okt-feb	2	≤2,5	0,06
Fenvalerat	Jun	0 jun-okt	0,1	0	0
TCA	Apr	13 apr-sep	21	≤60	0,01
<b>Dräneringsvatten, sandjord</b>					
TBA	Okt	196 okt-jun	0,2-0,6	2-78	10
MCPA	Nov	218 nov-mar	2	0,1-15	0,4
Diklorprop	Nov	242 nov-mar	2	0,1-23	0,9
TCA	Apr	47 apr-aug	20	100-900	1,1
MCPA	Jun	3 jun-jul	1,5	0,3	-
Diklorprop	Jun	3 jun-jul	1,5	0,3	-

<sup>a</sup>Fenvalerat är ett insektsmedel, alla andra är ogräsmedel.

hämning av växter och djur innebär på lång sikt. Detta kan komma på olika vägar. Vattnet är en viktig väg.

## SVENSKA VATTEN

Så tillbaka till Sverige och våra vatten. Här finns inte särskilt mycket gjort, kanske mest beroende på att man på ansvarigt håll inte insett vad det är fråga om. På den punkten får det nog lov att bli en ändring.

**Ytvatten och grundvatten 1965-69.** Statens veterinärmedicinska anstalt (Erne 1970) fann i ytvatten (153 platser) och grundvatten (58 platser) analyserbara halter av fenoxisyror i följande antal av totalt analyserade prov:

Halter (µg/l)..	2-10	11-100	110-1000	1100-10000	>10000	Totalt
Ytvatten	16	9	6	2	1	383
Grundvatten	30	5	0	3	3	93

Ytvattenproven togs i diken, dammar, bäckar, åar, älvar och sjöar, grundvattenproven i brunnar, källor och täckdiken. Alla höga värden och även en del låga sägs orsakade av kända utsläpp eller uppkomna efter tömning och sköljning av sprutaggregat. Ogräsbekämpning på åkermark nämns inte som orsak men torde ligga förborgat i att så stor andel av grundvattenproven var förorenade.

**Dagvatten och dräneringsvatten 1980-85.** Undersökningar på vår egen avdelning vid SLU (Jernlås & Klingspor 1981, Jernlås 1983, Kreuger 1985, Ulén 1985) visar att en del bekämpningsmedel rinner av på ytan, andra adsorberas i matjorden eller transporteras genom jorden till dräneringsledningarna (tabell 1).

Undersökningarna utfördes på särskilt anlagda försöksfält där vi kan

Tabell 2. Bekämpningsmedel i Fyrisån, Smedjeån, Vegeån, Råån, Höjeån, Snogerödsbäcken och Lybybäcken.

Medel	Vatten	Halt ( $\mu\text{g/l}$ )	Längsta varaktighet
<b>Ogräsmedel</b>			
MCPA	Alla	0,1-8	> 2 mån.
Diklorprop	Alla	0,1-16	> 2 mån.
Atrazin	Råån, Lybybäcken	0,4-3	> 2 mån.
Cyanazin	Råån	0,7	< 1 mån.
2,4-D	Vegeån, Lybybäcken	0,4-0,6	< 1 mån.
Mekoprop	Vegeån	2	< 1 mån.
<b>Insektsmedel</b>			
Fenitrotion	Vegeån	0,1	< 1 mån.
<b>Svampmedel</b>			
Metalaxyl	Lybybäcken	0,8	< 1 mån.

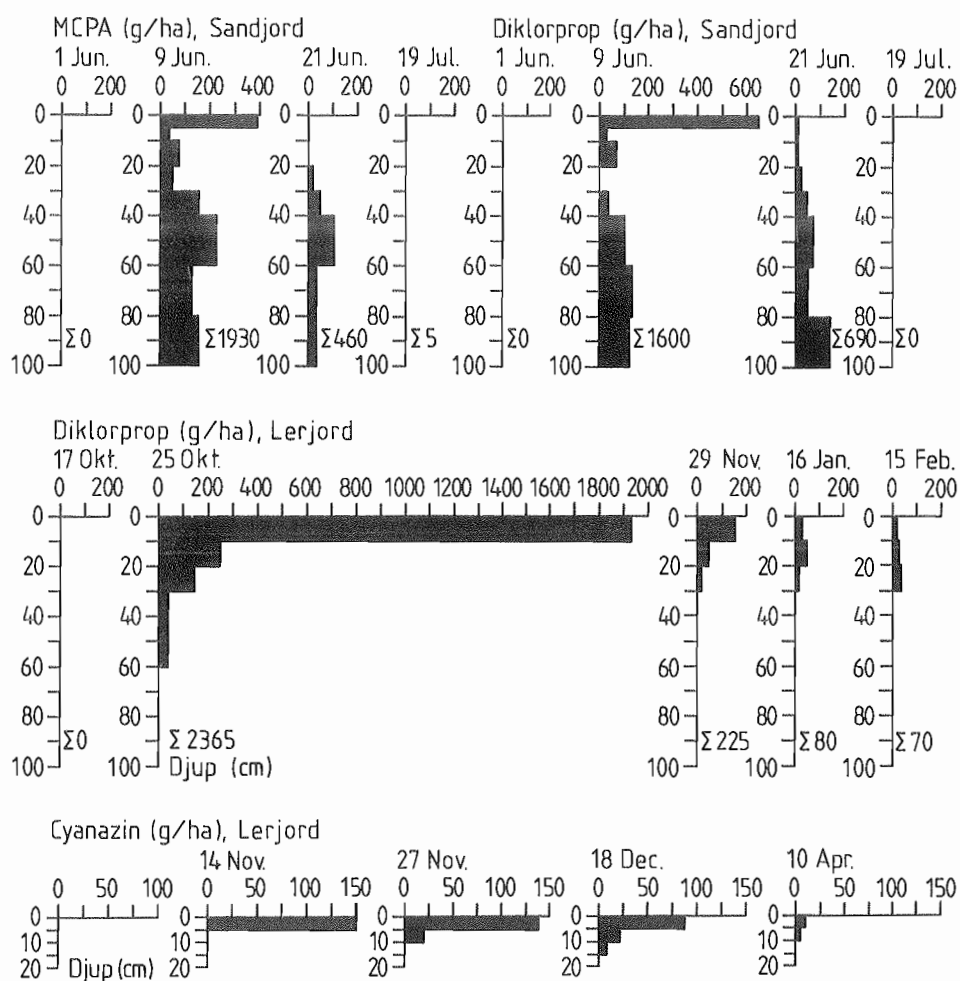


Fig. 2. Bekämpningsmedlen rör sig olika fort i jorden.



Tabell 3. LC50 av några pesticider för växter och djur.

Pesticid	Växt Djur	LC50 ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	Tid	Förf.
<b>Ogräsmedel</b>				
Diuron, atrazin	Alger	10-200	10 d	Walsh 1972
Trifluralin, 2,4-D	Abborre <sup>a</sup>	11-1100	48 h	Edwards 1977
Trifluralin, 2,4-D	Kräftdjur	100- 10 000	48 h	Sanders 1970
2,4-D, MCPA	Ostron	740-31 300		Davis & Hidu 1969
MCPA, diklorprop	Protozoer	100- 100 000	9 h	Loeper 1985
<b>Insektsmedel</b>				
Metoxiklor, lindan, malation	Sländor	1,4-10		Sanders & Cope 1968
Metoxiklor, malation	Kräftdjur	0,8-3,8		Sanders 1969
Metoxiklor, lindan	Abborre <sup>a</sup>	20-60	96 h	Edwards 1977
Sumicidin	Protozoer	6000- 100 000	9 h	Loeper 1985

<sup>a</sup>Abborre och regnbågsforell

mäta mängden avrinnande vatten. Spridningen skedde vid olika tidpunkter på året i normala doser. Halterna i avrinnande vatten låg vanligtvis under 5  $\mu\text{g}/\text{l}$  och den totala förlusten uppgick oftast till mindre än 1 % av spridd mängd. Notera dock att förlusten av cyanazin med ytligt avrinnande vatten blev 4 % och av TBA med dräneringsvatten 10 %. Variationerna är således mycket stora både ifråga om halter och utlakad mängd.

Det är intressant att se att avrinningen genom täckdikena inte är alldeles avgörande för rörligheten. Efter spridningen av MCPA och diklorprop i juni fanns mätbara halter trots en mycket liten avrinning. Jordprovtagningar bekräftade att ämnena rörde sig snabbt genom profilen samma dag som spridningen ägde rum (fig. 2a). Herbiciderna kan ha transporterats till djupare skikt på grund av undertryck där. Eller är det fråga om transport från växtens blad genom stjälk och rot? Efter drygt en månad fanns inga detekterbara mängder kvar i marken. Detta sålunda på en sandjord.

På en lerjord blev processen betydligt mer utdragen (fig. 2b). I detta fall spreds de båda bekämpningsmedlen i början av november. Rester fanns kvar i marken två till tre månader senare. Nedbrytningen gick långsamt.

MCPA och framför allt diklorprop är sålunda lättrörliga ämnen i motsats till cyanazin som är mycket svårörligt (fig. 2c) och därför kanske lättare eroderar. Slutsatsen blir att de kemiska medlens rörlighet måste ägnas en helt annan uppmärksamhet än hittills.

**Skånska åar 1983-85.** I samband med Teckomatorp-fallet gjorde IVL en studie i skånska åar och fann då halter i samma storleksordning som vi i våra dräneringsvatten (Öresundskommissionen 1984, p. 32). Egna mätningar 1985 gav liknande resultat (tabell 2). Det är uppenbarligen ingen tillfällighet att pesticider förekommer i bäckar och åar. Orsaken kan man tvista om. Det står emellertid utom allt tvivel att utlakningen från åkermark är betydelsefull. Varaktigheter på mer än två månader kan inte bero på något så tillfälligt som tvättning av sprutor. Det vore också märkligt om det skulle förekomma läckande upplag vid alla åar. Och sådana halter i bevattningsvatten skadar tomater, lök och linser. Det finns alla skäl att hålla ett vakande öga på jordbruksåar.

## KVALITETSKRITERIER

**LC50.** Ett sätt att uttrycka faran för vattenorganismer är att ange ett tal LC50 (Letal Concentration) som är den halt vid vilken 50 % av växter eller djur dött efter en viss tid. Vanligen rör det sig om 24, 48 och 96 timmar eller 10 dagar.

Tabell 3 ger besked om att det kan röra sig om halter som är likstora med dem vi funnit i åar och grundvatten. Naturligt nog är djuren i stort sett känsligast för insektsmedlen. Det kan tilläggas att i tabellen tagits med bara sådana medel som är godkända i Sverige. Betydligt lägre värden förekommer ifråga om preparat som funnits men försvunnit från den svenska marknaden.

Lägg märke till att halterna av bekämpningsmedlen i avrinnande vatten är 100–1000 gånger svagare än i sprutvätskan. Encelliga djur i ytnära markskikt lever därför mycket farligare än djuren i bäckar och åar. Genom att en del arter är känsliga och slås ut medan andra är mycket motståndskraftiga och tar överhanden kan det betyda en total obalans i markfaunan. Sådana obalanser kan störa t.ex. kväveomsättningen.

I den skrift, Kemiska bekämpningsmedel, som årligen utges på LTs förlag anges LD50 (letal eller dödlig dos) för ett antal substanser. LD50 innebär den dos i mg/kg kroppsvikt som dödar 50 % av försöksdjuren, vanligen möss. Kritik mot att använda försöksdjur för ändamålet har framförts i dessa yttersta dagar. Gäller i så fall kritiken LC50?

För egen del menar jag att man inte kan undvara djurförsök. LC50 för vattendjur bör anges i Kemiska bekämpningsmedel.

**Kriterier.** Vilka halter kan man då tillåta i sötvatten, saltvatten och dricksvatten? US Environmental Protection Agency (EPA) ger sitt svar på frågan (värden i  $\mu\text{g/l}$ ):

	Lägsta LC50	Kriterier	
		Söt-saltvatten	Dricksvatten
Ogräsmedel	–	–	10–100
Insektsmedel	0,11–23	0,001–0,1	0,2–100

Vid beräkningen har man utgått från en säkerhetsfaktor på 0,1–0,01 av LC50 (96 h). Det är tydligt att man bedömer söt- och saltvatten betydligt strängare än dricksvatten. Detta har med kroppsstorlekar att göra. Livsmedelsverket tillämpar understundom säkerhetsfaktorn 0,001 för dricksvatten. I Danmark är kraven på dricksvattnets renhet mycket stränga. Högsta tillåtna innehåll av pesticider är 0,5  $\mu\text{g/l}$  och av en enskild sådan 0,1  $\mu\text{g/l}$  (Helweg 1984). Hur som helst ligger de ovan angivna värdena för olika bekämpningsmedel i åar och grundvatten i eller över EPA:s kriterier.

Får man be ansvariga auktoriteter i Sverige fundera på att ange liknande kriterier!

## REFERENSER

- Davis, H.C. & Hidu, H. 1969. Effects of pesticides on embryonic development of clams and oysters. Fishery Bull., 67, 393–404.
- Edwards, C.A. 1977. Nature and origins of pollution of aquatic systems by pesticides. In Pesticides in Aquatic Environments. (Ed. Khan) p. 11–38. Plenum Press, New York.
- Erne, K. 1970. Herbicider i den svenska miljön. SVA, p. 11.
- Hellweg, A. 1984. Beskrivelse af pesticiders nedvaskning i jord. Statens Planteavlsvforsög, p. 51.
- Jernlås, R. 1983. TCA-utlakning på lerjord. Ekohydrologi nr 13, 15–20.

- Jernlås, R. 1983. Rörlighet och nedbrytning av fenvalerat på lerjord. Ekohydrologi nr 14, 9-13.
- Jernlås, R. & Klingspor, P. 1981. TCA-utlakning från åker. Ekohydrologi nr 8, 15-22.
- Kreuger, J. 1985. Rörlighet hos MCPA och diklorprop. Ekohydrologi nr 19, 55-64.
- Loeper, B. 1985. Toxicitetstest för pesticider med protozoer. Vatten-vård, SLU. (In prep.)
- Sanders, H.O. 1969. Toxicities to the crustacean *Gammarus lacustris*. U.S. Dept. of Int., Tech. Paper, 25.
- Sanders, H.O. 1970. Toxicities of some herbicides to six species of freshwater crustaceans. J. Wat. Poll. Contr. Fed., 42, 1544-1550.
- Sanders, H.O. & Cope, O.B. 1968. The relative toxicities of several pesticides to naiads of three species of stoneflies. Limnol. Oceanog., 13, 112-117.
- Solyom, P. 1986. Synpunkter på kvalitetskrav på vatten till bevattning. SLU. Konsulentavdelningens rapporter. Allmänt 84.
- Train, R.E. 1979. Quality criteria for water. EPA. Castle House Publ. LTD, London, p. 256.
- Ulén, B. 1985. Avrinningsförluster av cyanazin. Ekohydrologi nr 19, 65-68.
- Walsh, G.E. 1972. Effects of herbicides on photosynthesis and growth of marine unicellular algae. Hyacinth Control. J., 10, 45-48.
- Öresundskommissionen 1984. Öresund. Tillstånd, belastning och nivåer av toxiska ämnen. SNV Rapport 3009.



- | Nr | År   | Författare och titel. <i>Author and title.</i>   |
|----|------|--|
| 18 | 1984 | <p>Barbro Ulén. Påverkan på yt-, dränerings- och grundvatten vid Ekenäs. <i>Influence on surface water, drainage water and groundwater at Ekenäs.</i></p> <p>Barbro Ulén. Nitrogen and phosphorus to surface water from crop residues.</p>   |
| 19 | 1985 | <p>Arne Gustavsson och Nils Brink. Förluster av kväve och fosfor runt Ringsjön. <i>Losses of Nitrogen and Phosphorus in the Ringsjö Area.</i></p> <p>Nils Brink och Kjell Ivarsson. Förluster av växtnäring från lerjordar i Skåne. <i>Losses of Nutrients from Clay Soils in Skåne.</i></p> <p>Arne Gustavsson, Berit Tomassen och Björn Wiksten. Växtnäringsförluster från åker på Uppsalaslätten. <i>Nutrient Losses from Arable Land in the Region of Uppsala.</i></p> <p>Christina Lindgren, Margaretha Wahlberg och Arne Gustavsson. Dricksvattenkvalitet i Uppsalaregionen. <i>Drinking Water Quality in the Region of Uppsala.</i></p> <p>Jenny Kreuger. Rörlighet hos MCPA och diklorprop. <i>Mobility of MCPA and Dichlorprop.</i></p> <p>Barbro Ulén. Ytavrinningsförluster av cyanazin. <i>Losses with Surface Run-off of Cyanazine.</i></p> |



Denna serie efterträder den åren 1970–1977 utgivna serien Vattenvård. Här publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för vattenvård vid institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien Vattenvård redovisas i Ekohydrologi nr 1–6. Tidigare nummer i serien Ekohydrologi redovisas nedan. Alla kan i mån av tillgång anskaffas från avdelningen för vattenvård (adress nedan).

This series is a successor to Vattenvård published in 1970–1977. Here you will find research reports from the Division of Water Management at the Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences. The Vattenvård series is listed in Ekohydrologi 1–6. You will find earlier issues of Ekohydrologi listed below. Issues still in stock can be acquired from the Division of Water Management (address, see below).

**Nr År Författare och titel. Author and title.**

- |   |  |
|---|--|
| <p>1 1978 Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av växtnäring från åker. <i>Losses of nutrients from arable land.</i></p> <p>2 1978 Nils Brink och Arne Joelsson. Stallgödsel på villovägar. <i>Manure gone astray.</i><br/>Nils Brink. Kväveutlakning från odlingsmark. <i>Nitrogen leaching from arable land.</i></p> <p>3 1979 Sven-Åke Heinemo och Nils Brink. Utlakning ur kompost av sopor och slam. <i>Leachate from compost of refuse and sludge.</i><br/>Nils Brink. <i>Self-purification studies of silage juice.</i><br/>Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsläckage på Kristianstadslätten. <i>Loss of nutrients on the Kristianstad Plain.</i><br/>Per-Gunnar Sundqvist och Nils Brink. En gödselstad förorenar dricksvatten. <i>Pollution of the Groundwater by a Dung Yard.</i></p> <p>4 1979 Nils Brink. Vattnet är det yppersta.<br/>Arne Gustafson och Börje Lindén. Kvävebehovet för 1979.<br/>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></p> <p>5 1979 Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo. Självrening av lakvatten från kompost på sand och mo. <i>Self-purification of leachate from compost on sand and fine sand.</i><br/>Nils Brink. Växtnäringsförluster från skogsmark. <i>Losses of Nutrients from Forests.</i><br/>Nils Brink. Utlakning av kväve från agroekosystem. <i>Leaching of nitrogen from agro-ecosystems.</i><br/>Nils Brink. Ytvatten, grundvatten och vattenförsörjningen.</p> <p>6 1980 Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. <i>Losses of nutrients in Skåne and Halland.</i><br/>Nils Brink, Sven L. Jansson och Staffan Steineck. Utlakning efter spridning av potatisfruktsaft. <i>Leaching after Spreading of Potato Juice.</i><br/>Nils Brink och Arne Gustafson. Att spä om gödselkväve. <i>Forecasting the need of fertilizer nitrogen.</i><br/>Arne Gustafson och Börje Lindén. Lantbruksuniversitetet satsar på exaktare kvävegödsling.</p> <p>7 1980 Nils Brink och Börje Lindén. Vart tar handelsgödselkvävet vägen. <i>Where does the commercial fertilizer go.</i><br/>Barbro Ulén och Nils Brink. Omgivningens betydelse för primärproduktionen i Vadsbosjön. <i>The Importance of the environment for the primary production in Lake Vadsbosjön.</i><br/>Arne Gustafson. Jordbruket och grundvattnet.<br/>Nils Brink. Utlakningen av växtnäring från åkermark.<br/>Nils Brink. Vart tar gödseln vägen.</p> <p>8 1981 Nils Brink. Försurning av grundvatten på åker. <i>Acidification of Groundwater on arable land.</i><br/>Rikard jernlås och Per klingspor. TCA-utlakning från åker. <i>Leaching of TCA from arable land.</i><br/>Arne Joelsson. Ytavspolning av fosfor från åkermark. <i>Storm Washing of Phosphorus from Arable Land.</i><br/>Arne Gustafson, Sven-Olof Ryding och Barbro Ulén. Kontroll av växtnäringsläckage från åker och skog. <i>Control of losses of nutrients from arable land and forest.</i></p> <p>9 1981 Barbro Ulén och Nils Brink. Miljöeffekter av ureaspridning och glykolanvändning på en flygplats. <i>Environmental effects of spreading of urea and use of glycol at an airport.</i><br/>Gunnar Fryk. Utlakning från upplag av malda sopor. <i>Leachate from piles of shredded refuse.</i></p> <p>10 1982 Arne Gustafson och Arne S. Gustavsson. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. <i>Losses of nutrients in Västergötland and Östergötland.</i><br/>Barbro Ulén. Växtnäringsförluster från åker och skog i Södermanland. <i>Losses of nutrients from arable land and forests in Södermanland.</i><br/>Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Nitrat, nitrit och pH i dricksvatten i Västergötland, Östergötland och Södermanland. <i>Nitrate, nitrite and pH in drinking water in Västergötland.</i></p> | <p><i>Östergötland and Södermanland.</i><br/>Lennart Mattsson och Nils Brink. Gödslingsprognoser för kväve. <i>Fertilizer forecasts.</i></p> <p>11 1982 Barbro Ulén. Vadsbosjöns närsaltsbelastning och trofinivå. <i>The nutrient load and trophic level of Lake Vadsbosjön.</i><br/>Arne Andersson och Arne Gustafson. Metallhalter i dräneringsvatten från odlad mark. <i>Metal contents in drainage water from cultivated soils.</i><br/>Arne Gustafson. Växtnäringsförluster från åkermark i Sverige.<br/>Barbro Ulén. Erosion av fosfor från åker. <i>Erosion of phosphorus from arable land.</i><br/>Rikard Jernlås. Kväveutlakningens förändring vid reducerad gödsling.</p> <p>12 1982 Nils Brink och Rikard Jernlås. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. <i>Leaching after spreading of liquid manure in autumn and spring.</i><br/>Gunnar Fryk och Thord Ohlsson. Infiltration av lakvatten från malda sopor. <i>Leachate migration through soils.</i><br/>Nils Brink. Measurement of mass transport from arable land in Sweden.<br/>Arne Gustafson. Leaching of nitrate from arable land into groundwater in Sweden.</p> <p>13 1983 Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Yttransport av växtnäring från stallgödslad åker. <i>Surface transport of plant nutrient from field spread with manure.</i><br/>Rikard jernlås. TCA-utlakning på lerjord. <i>Leaching of TCA on a clay soil.</i><br/>Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. <i>Losses of nutrients at Öjebyn.</i><br/>Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. <i>Losses of nutrients at Röbbäcksdalen.</i><br/>Rikard Jernlås och Per Klingspor. Nitratutlakning och bevattning. <i>Drainage losses of nitrate and irrigation.</i></p> <p>14 1983 Arne Gustafson, Lars Bergström, Tomas Rydberg och Gunnar Torstensson. Kvävemineralsiering vid plöjningsfri odling. <i>Nitrogen mineralization in connection with non-ploughing practices.</i><br/>Rikard Jernlås. Rörlighet och nedbrytning av fenvalerat i lerjord. <i>Decomposition and mobility of fenvalerate in a clay soil.</i><br/>Nils Brink. Jordprov på hösten eller våren för N-prognoser. <i>Soil sampling for nitrogen forecasts.</i><br/>Nils Brink. Närsalter och organiska ämnen från åker och skog. <i>Nutrients and organic matters from farmland and woodland.</i><br/>Nils Brink. Gödselanvändningens miljöproblem.</p> <p>15 1984 Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Växtnäringsförluster runt Ringsjön. <i>Nutrient losses in the Ringsjö area.</i><br/>Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Fånggröda efter korn. <i>Catch crop after barley.</i><br/>Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster från åker i Nybroåns avrinningsområde. <i>Losses of nutrients from arable land in the Nybroån river basin.</i><br/>Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Vagle. <i>Losses of nutrients at Vagle.</i><br/>Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Offer. <i>Losses of nutrients at Offer.</i></p> <p>16 1984 Arne Gustafson, Arne S. Gustavsson och Gunnar Torstensson. Intensitet och varaktighet hos avrinning från åkermark. <i>Intensity and duration of drainage discharge from arable land.</i></p> <p>17 1984 Jenny Kreuger och Nils Brink. Fånggröda och delad giva vid potatisodling. <i>Catch crop and divided N-fertilizing when growing potatoes.</i><br/>Nils Brink och Arne Gustavsson. Förluster av växtnäring från sandjord. <i>Losses of nutrients from sandy soils.</i><br/>Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Boda. <i>Losses of nutrients at Boda.</i><br/>Nils Brink. Vattenföreningar från tippen i Erstorp – ett rättsfall.</p> |
|---|--|

DISTRIBUTION:

Pris: 35:-

Avdelningen för vattenvård  
Box 7072  
750 07 UPPSALA, Sweden

Tel 018-17 24 60