

# SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Jenny Kreuger och Nils Brink

## **FÅNGGRÖDA OCH DELAD GIVA VID POTATISODLING**

Nils Brink och Arne Gustavsson

## **FÖRLUSTER AV VÄXTNÄRING FRÅN SANDJORD**

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

## **VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER I BODA**

Nils Brink

## **VATTENFÖRORENINGAR FRÅN TIPPEN I ERSTORP – ETT RÄTTSFALL**

---

**Ekohydrologi 17**

**Uppsala 1984**

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

ISBN 91-576-2073-3

ISSN 0347-9307

## FÖRORD

Den första uppsatsen i detta nummer av Ekohydrologi är en delrapport från projektet Minskning av kväveutlakning på sandjord. Undersökningen bekostas av Sveriges lantbruksuniversitet.

Den andra och den tredje uppsatsen är delrapporter från projektet Odlingsåtgärders inverkan på vattnets kvalitet. Undersökningen bekostas av Statens naturvårdsverk (PMK).

Den fjärde uppsatsen utgör en överarbetning av en bilaga till Linköpings tingsrätt i ett mål om förorening av dricksvatten från en soptipp. Part i målet har svarat för kostnaderna.

1984-09-03

Nils Brink

## INNEHÅLL

Kreuger, Jenny & Brink, N. 1984. Fånggröda och delad giva vid potatisodling. Ekohydrologi nr 17, 3-14.	3
Brink, N. & Gustavsson A. 1984. Förluster av växtnäring från sandjord. Ekohydrologi nr 17, 15-29.	15
Gustafson, A. & Torstensson, G. 1984. Växtnäringsförluster i Boda. Ekohydrologi nr 17, 31-40.	31
Brink, N. 1984. Vattenföroreningar från tippet i Erstorp - ett rättsfall. Ekohydrologi nr 17, 41-54.	41

# FÅNGGRÖDA OCH DELAD GIVA VID POTATISODLING

Catch crop and divided N-fertilizing when growing potatoes

Jenny Kreuger och Nils Brink

**Abstract.** The main objective of the present study was to investigate the effects of a catch crop and divided N-fertilizer application on leaching of nitrogen when growing potatoes.

The study covered a 2-year period in an experimental field (Björnstorp) situated in the very south of Sweden. The field was specially drained and divided into eight plots of 0.25 ha, each with a separate drainage system. The soil is a loamy sand. The total nitrogen dose was 100 N kg/ha and on half of the field the nitrogen was not applied until 25 and 45 days after the potatoes were put into the soil. In the beginning of October half of the field was sown with rye as a catch crop. The whole field was ploughed in early December. The discharge was measured. The quality of the drainage water was determined at regular intervals. Soil profiles were taken in the late autumn and early spring for determination of their contents of mineral nitrogen.

Divided N-fertilizer application did not affect the leaching of nitrogen at any time of the year, nor was the crop yield affected.

Sowing of a catch crop reduced the amount of nitrogen in the drainage water during winter and spring. On average, the leaching of nitrogen was reduced by 11 N kg/(ha.yr). The total nitrogen losses varied between 38 and 64 N kg/(ha.yr).

Another conclusion is that a delay in sowing the catch crop in combination with large amounts of precipitation in the autumn will reduce the nitrogen uptake by the catch crop.

## INLEDNING

Under de senaste åren har förts en livlig debatt om jordbrukets inverkan på yt- och grundvattnets kvalitet. Undersökningar visar att åkermarkens bidrag av växtnäringsämnen, främst kväve, är betydligt högre än man tidigare ansett (Brink, Gustafson & Persson 1979).

Ur bland annat miljösynpunkt bör växtnäringen utnyttjas bättre. En väg är att finna lämpliga odlingsformer för att minska kväveutlakningen i synnerhet på sandiga jordar i fuktiga och milda regioner. Hittills utförda undersökningar visar att här sker de jämförelsevis största nitratförlusterna (Gustafson 1982).

Tänkbara odlingsåtgärder för att minska utlakningen är halmedplöjning, reducerad jordbearbetning och odling av mellangröda (även kallad

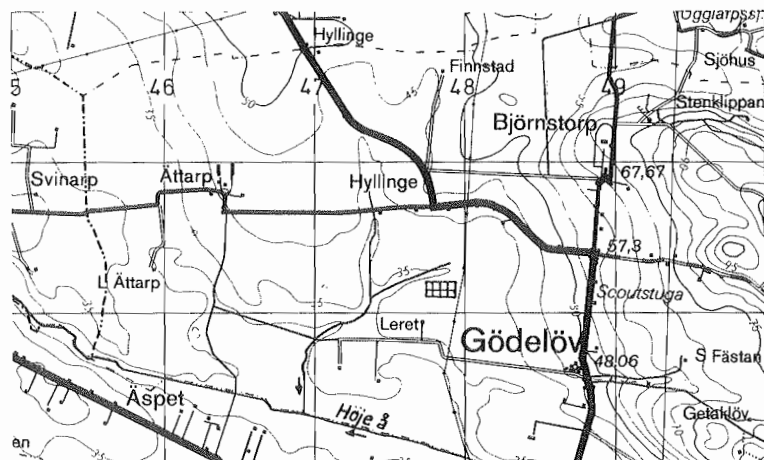


Fig. 1. Försöksfältet med omgivning. The experimental field and its surroundings.

fånggröda, OECD 1983). Enligt danska undersökningar har dock halmnedplöjning endast haft en marginell effekt på kväveutlakningen. Däremot har odling av fånggröda liksom utebliven jordbearbetning på hösten reducerat nedlakningen av kväve betydligt (Hansen 1980). Ytterligare en åtgärd som på senare tid tilldragit sig intresse är delad kvävegiva i kombination med bevattning (Linnér 1982).

Efter odling av potatis kan en fånggröda på hösten väntas minska utlakningen. En bättre anpassning av gödslingsstidpunkten på våren kan förväntas minska kväveutlakningen. Från sättningen och ca 3-4 veckor därefter lever potatisplantan till största delen på egen reservnäring (Carlsson 1964). Detta tillsammans med att rotutvecklingen på sandjordar inte sällan är begränsad till endast matjordsdelen gör att kväve som sprids före sättningen riskerar att hamna under rotdjup. Resultat från undersökningar med växtnäringsbevattning i potatis visar att delning av kvävegivan kan ge högre avkastning. Detta under förutsättning att vattenfaktorn kan regleras så att kvävegivor under växtperioden snabbt blir tillgängliga för grödan (Linnér 1982).

## MÅL

Försökets mål har varit att klarlägga betydelsen av en fånggröda och av delad kvävegiva för minskning av nitratutlakning på sandjord vid odling av potatis.

## MATERIAL OCH METODER

### Försöksfältet

**Allmänt.** Försöksfältet ligger på Björnstorps gods i Skåne ca 20 km SO om Lund nära den norra änden av Romeleåsen (fig. 1).

Fältet som sluttar svagt mot sydväst specialdikades hösten 1980. Det består av åtta rutor om vardera 0,25 hektar. Varje ruta har ett eget

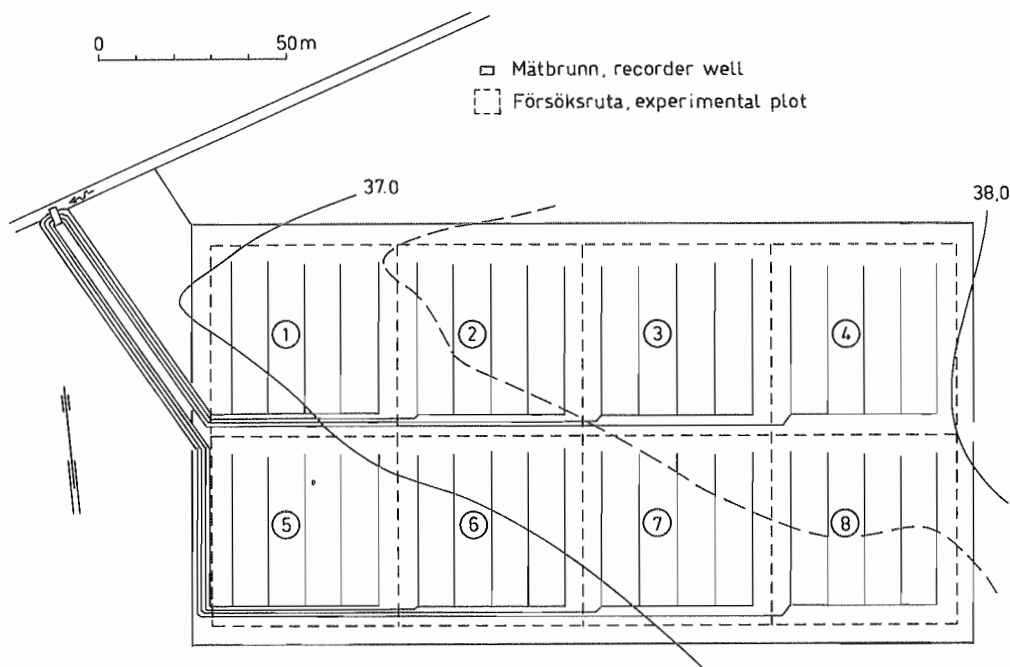


Fig. 2. Försöksfältet med separat täckdikade försöksrutor. *The experimental field with separately drained plots.*

täckdikessystem, från vilket vattnet leds genom en tät ledning till en nedgrävd mätstation för registrering av avrinningen från försöksrutorna (fig. 2). Avståndet mellan dräneringsledningarna är 10 meter.

**Jordart.** Jordarten på försöksfältet är i matjordsdelen en något mullhaltig lerig grovmo (nmh 1 Gmo). Variationerna mellan rutorna är små. I matjordsdelen varierar mullhalten mellan 2 och 3 % och lerhalten mellan 7 och 10 %. pH-värdet i matjordsdelen är ca 6,5.

Kornstorleksfördelning och mullhalt i genomsnitt för fältet ned till 90 cm djup framgår av tabell 1.

På lite drygt en meters djup övergår jordarten tvärt till styv lera. Detta förhållande har utnyttjats så att dräneringsledningarna lagts i grunda kanaler i lerans översta skikt. På så vis antas endast små mängder dräneringsvatten rinna under eller sidledes bort från försöksrutorna.

### Mätningar

**Nederbörden** mättes kontinuerligt genom egna mätningar med en SMHI:s standardmätare placerad en kilometer från fältet.

**Grundvattentrycket** mättes en gång i månaden i grundvattenrör som finns på ruta nr 3. Rören installerades 1980 och sattes till två olika djup. Rören är kombinerade provtagnings- och tryckrör. Tryckhöjden i rören mättes med ett klucklod.

För närmare beskrivning av grundvattenrör hänvisas till Brink, Gustafson & Persson (1978).

**Avrinningen** från varje ruta mättes med ett tvåsidigt vippkärl (Brink 1968), vars ena hälft fylls när den andra tömts. Varje vippkärl rymmer ca 10 liter fördelade på två halvor i kärlet. Antalet tömningar registrerades mekaniskt med räkneverk. Räkneverken på vippkärlen avlästes i samband med vattenprovtagningen. Den avrunna vattenmängden gäller sålunda perioden från föregående provtagning till den aktuella. En bild av mätbrunnen får man i fig. 3.

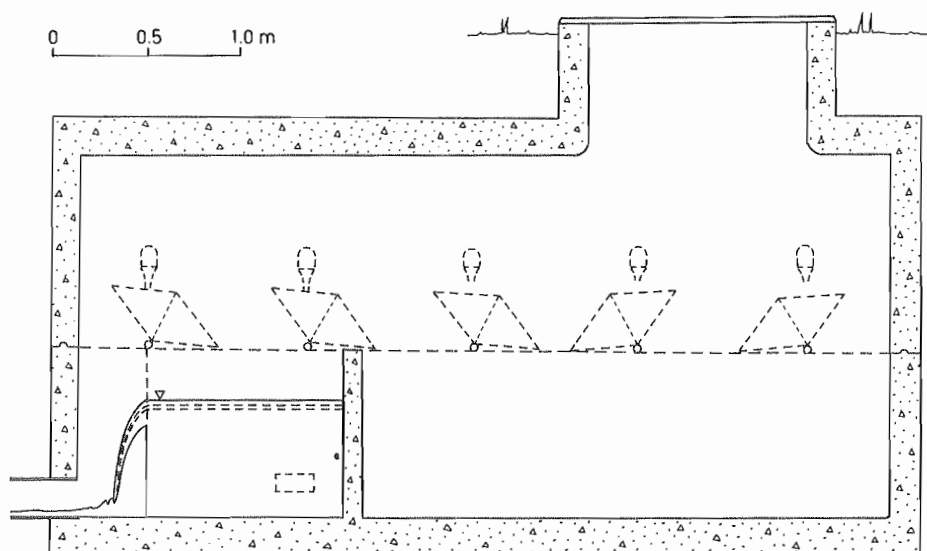


Fig. 3. Underjordisk mätstation med vippkärl. *Underground measuring station with tilting vessels.*

Tabell 1. Jordens sammansättning på försöksfältet. (Värden i %.)  
*Composition of the soil profile. Mean of samples from all plots in %.*

Kornstorleksfördelning (mm) <i>Particle-size range</i>	Skikt (cm) <i>Depth</i>		
	0-30	30-60	60-90
Sand 2-0,2	33,2	35,2	42,7
Mo 0,2-0,02	55,2	53,4	46,8
Mjäla 0,02-0,002	3,2	4,0	3,1
Ler <0,002	8,4	7,4	7,4
Mull	2,7	0,7	0,0
Sand 2-0.06	82.9	73.1	83.9
Silt 0.06-0.002	8.7	19.5	8.7
Clay <0.002	8.4	7.4	7.4
Organic matter	2.7	0.7	0.0

### Provtagning

**Dräneringsvatten.** Prov på dräneringsvatten togs två gånger i månaden. Under vintern 1982/83 togs dessutom prov för nitratkväveanalys en gång er vecka. Proven nådde laboratoriet inom ett dygn.

**Jord.** Provtagning skedde sent på hösten och tidigt på våren med början våren 1981. Ett undantag utgör våren 1982 då ingen provtagning ägde rum. Markprofilen har indelats i skikt om 30 cm ned till 90 cm djup.

Provtagningsmetodiken har beskrivits av Lindén (1981).

**Skörd.** Skördeprovtagning för bestämning av skördens storlek utfördes av hushållningssällskapetets fältpatrull i Genarp under den senare hälften av september bägge åren. Det tillgick så att radavstånd och antal potatisplantor per 100 meter uppmättes för varje ruta. I varje ruta uttogs sedan ett delprov efter en tänkt diagonallinje. Vid skärningspunkterna diagonallinje-sättrad togs närmaste stånd till skördeprovet som sedan vägdes.

Ur det stora skördeprovet uttogs samtidigt ett representativt prov om 10 kg som skickades för analys.

### Analysmetoder

**Vatten.** Analysmetoderna överensstämmer i princip med svensk standard för vattenundersökningar (SIS 1976). I några fall har reagensmängder och koncentrationer anpassats till automatisk analys.

Analysmetoderna för ammonium, nitrat, totalkväve, fosfat, totalfosfor, kalium, konduktivitet och pH har redovisats av Brink et al. (1978).

**Jord.** Analysmetod för kväve i jord har beskrivits av Lindén (1981).

**Skördeprodukter.** Prov på den skördade potatisen sändes till Institutionen för växtodling vid SLU för analys av nitratkväveinnehåll och torrsubstanshalt.

Nitratkväve bestämdes med nitratelektrod, närmare beskriven av Paul & Carlson (1968).

Tabell 2. Försöksplan. *Experimental procedures.*

Led <i>Treatment</i>	Ruta <i>Plot</i>	Gödsling <i>Fertilizing</i>	Fånggröda <i>Catch crop</i>
Hel-osådd	1 och 8	Hel N-giva	Ingen <sup>b</sup>
Del-osådd	4 och 5	Delad N-giva <sup>a</sup>	Ingen <sup>b</sup>
Hel-råg	2 och 7	Hel N-giva	Råg <sup>c</sup>
Del-råg	3 och 6	Delad N-giva <sup>a</sup>	Råg <sup>c</sup>

<sup>a</sup>Divided N-fertilizer application. <sup>b</sup>None. <sup>c</sup>Rye.

### 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.

### Odlingsåtgärder

Försöket inleddes våren 1981. Försöksuppläggnings framgår av tabell 2.

Grödan var under bägge åren potatis av sorten Bintje som sattes i slutet av april. Gödselgivans storlek var densamma som gården normalt använder till potatis, dvs. 100 N kg/ha, 80 P kg/ha och 200 K kg/ha. På halva fältet tillfördes hela gödselgivan i samband med sättningsen. På övriga fältet spreds fosfor och kalium i samband med sättningsen. Kvävet tillfördes 25 och 45 dagar därefter med hälften vid vardera tillfället.

Sommaren 1981 föll rikligt med nederbörd, varför något behov av bevattning aldrig förelåg. Under sommaren 1982 bevattnades fältet vid fyra tillfällena. Totalt uppgick bevattningsgivan till 76 mm.

Snarast efter potatisupptagningen avslutats halvades halva fältet, varefter där såddes råg av sorten Pektus II som fånggröda. Hela fältet plöjdes sedan i början av december. Hösten 1981 fördröjdes potatisupptagningen, vilket ledde till att fånggrödan såddes senare första året än andra året. Följden blev en svagare tillväxt hos fånggrödan. Datum för sådd och plöjning var följande:

Sådd	17 okt 1981	7 okt 1982
Plöjning	8 dec 1981	9 dec 1982

Bearbetning och övrig skötsel av fältet har skett på för trakten normalt sätt och lika över hela fältet.

## RESULTAT OCH DISKUSSION

### Allmänt

Resultatredovisningen gäller våren 1981 och de två agrohydrologiska åren 1981/82 och 1982/83. Ett agrohydrologiskt år sträcker sig från 1 juli till 30 juni nästföljande år (Brink et al. 1978).

Tabell 3. Nederbörd och avrinning. *Precipitation and drainage discharge.*

Led <i>Treatment</i> <sup>a</sup>	Ruta <i>Plot</i>		
<b>Nederbörd</b> <i>Precipitation</i> (mm)		652	597
<b>Avrinning</b> <i>Discharge</i> (mm)			
Hel-osådd	1	285	366
Hel-osådd	8	343	437
Del-osådd	4	287	363
Del-osådd	5	378	457
Hel-råg	2	313	390
Hel-råg	7	332	433
Del-råg	3	253	380
Del-råg	6	356	402
Medeltal <i>Average</i>		318	404

<sup>a</sup> *For details cf. table 2.*

#### Nederbörd, grundvattentryck och avrinning

Årsnederbörden var något högre första året med 652 mm än andra året med 597 mm (tabell 3) För SMHI:s station i Lund är medelvärdet under 30 år 633 mm.

Nederbördsförhållandena under hösten har stor betydelse för fånggrödans möjligheter att hinna ta upp kvävet innan det lakas ur rotzonen (Hvelplund & Östergård 1980). Följande sammanställning visar att både nederbörd och avrinning var betydligt lägre under oktober och november andra året, vilket bör ha gynnat fånggrödans kväveupptagning.

	Nederbörd (mm)	Avrinning (mm)
Okt-nov 81/82	200	146
Okt-nov 82/83	117	85
Normalt, SMHI, Lund	112	-

Sommaren 1982 var mycket torr (fig. 4) med ett underskott i juni-juli jämfört med normalt i Lund på 71 mm.

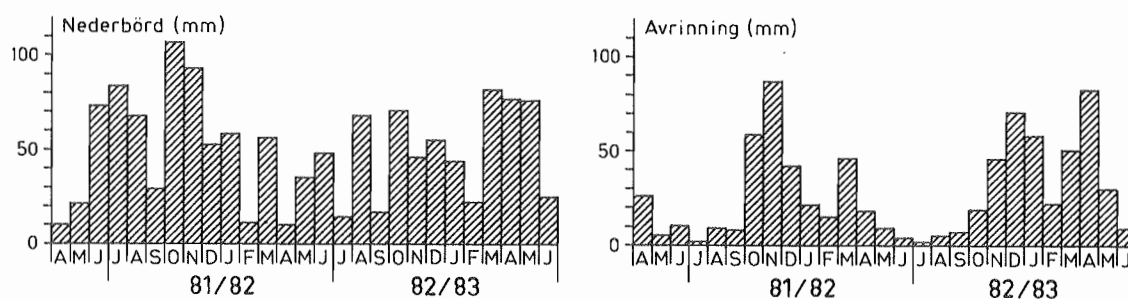


Fig. 4. Nederbörd och genomsnittlig avrinning från försöksfältets åtta rutor. *Precipitation and average drainage discharge from the eight plots at the experimental field.*



Tabell 4. Knölskörd (ton/ha). *Yield of potatoes (ton/ha).*

Led <i>Treatment<sup>a</sup></i>	Rutor <i>Plots</i>	1981		1982	
Hel-osådd	1 och 8	38,9	46,7	33,7	40,0
Del-osådd	4 och 5	47,0	46,7	34,7	41,3
Hel-råg	2 och 7	45,4	39,0	38,7	38,9
Del-råg	3 och 6	41,0	44,8	35,1	41,0
Hel, medeltal. <i>Average</i>	1, 2, 7, 8	42,5		37,8	
Del, medeltal. <i>Average</i>	3, 4, 5, 6	44,9		38,0	

<sup>a</sup>For details cf. table 2.

Våren 1983 var ovanligt regnrik (fig. 4) med en sammanlagd nederbörd från och med mars till och med maj på 235 mm (normalt i Lund är 111 mm).

Grundvattnets tryckhöjder varierade relativt måttligt och årsminimum låg på knappt två meters djup (fig. 5). Den allmänna tendensen är nedtryck men upptryck kan förekomma inom området.

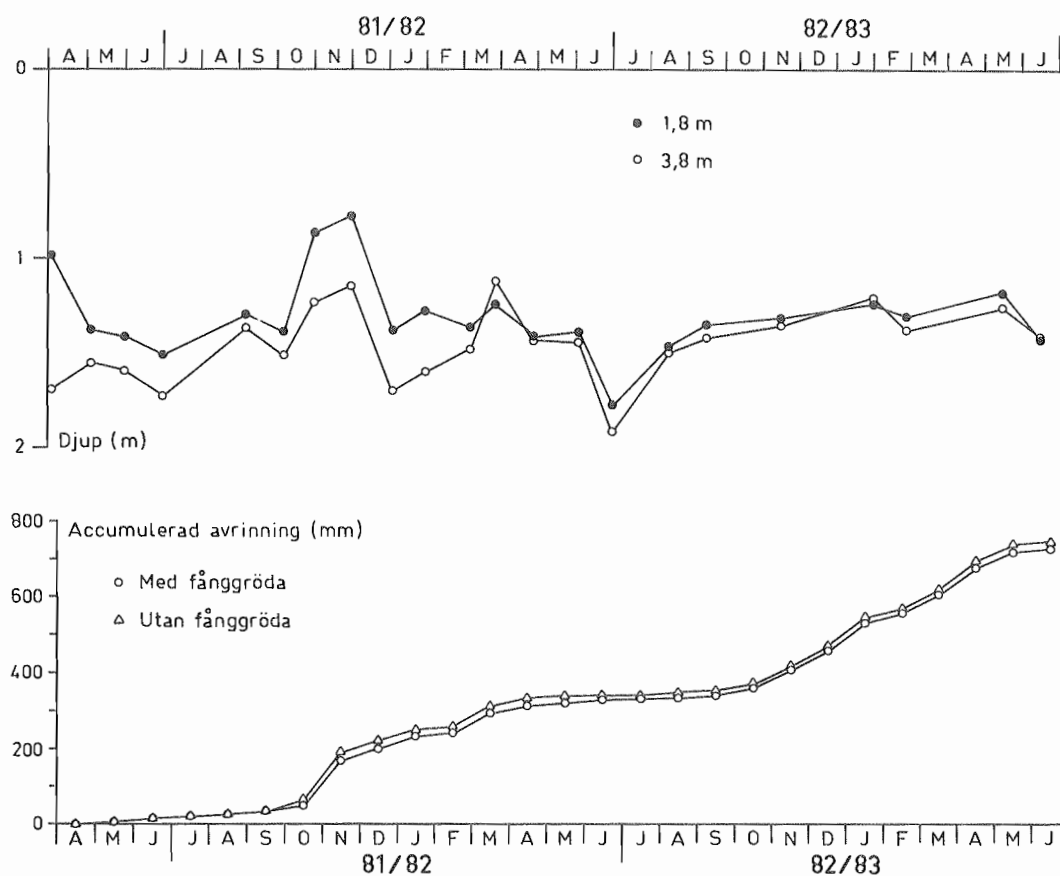


Fig. 5. Över. Grundvattentrycket på 1,8 och 3,8 meters djup. *Groundwater pressure at 1.8 and 3.8 meters depth.*

Fig. 6. Under. Ackumulerad avrinning under försöksperioden. *Accumulated drainage discharge during the experimental period.*

Avrinningen från fältet pågick året runt med undantag av en eller ett par veckor varje sommar (fig. 4). I medeltal för alla rutorna var avrinningen första året 318 mm. Till följd av de stora regnmängder som föll våren 1983 blev avrinningen 404 mm det andra året (tabell 3). Spridningen kring medeltalet låg första året som mest på  $\pm 20\%$  och andra året på  $\pm 12\%$ .

Skillnad i ackumulerad avrinning för led med och utan fånggröda var för hela tidsperioden 15 mm (fig. 6). Största differensen uppstod i november 1981. Detta berodde sannolikt mer på en kombination av stora nederbördsmängder och vissa ojämnheter i fältet som fortfarande kvarstod efter dikningen året innan snarare än på att fånggrödan i sig bidrog till att minska avrinningen. Ingen skillnad förelåg 82/83 i avrinning från led med och utan fånggröda.

### Avkastning

Potatis-skörden var första året i genomsnitt 43,7 ton/ha och året därpå 37,9 ton/ha. Vid en besiktning av fältet i slutet av augusti 1981 kunde konstateras en tydlig skillnad av potatisblastens utseende beroende på om kvävegivan delats eller ej. På rutor där kvävegivan delats var blasten grön och hade ännu inte börjat vissna, vilket var fallet på övriga rutor. Skörderesultaten (tabell 4) visar att knölskörden första året i genomsnitt var något högre från rutor med delad kvävegiva än från rutor med hel giva. Skillnaden är dock inte statistiskt säker. Andra året påverkades skörden inte alls av gödslingsförfarandet.

Potatisens torrsubstanshalt var i genomsnitt något högre första året (23,3 %) än andra året (22,6 %).

Kväveanalyser av potatisen visade ingen entydig skillnad mellan leden. Normala halter vid sen skörd ligger mellan 25 och 35  $\text{NO}_3$  mg/kg otorkad potatis vid gödsling med 0 till 150 N kg/ha (Carlsson & Linnér 1983). I detta försök varierade halterna första året mellan 15 och 28  $\text{NO}_3$  mg/kg otorkad potatis och andra året mellan 9 och 24  $\text{NO}_3$  mg/kg. Nitrathalten i knölarna var således ganska låg, i synnerhet andra året, vilket kan tyda på att det förelegat en viss kvävebrist.

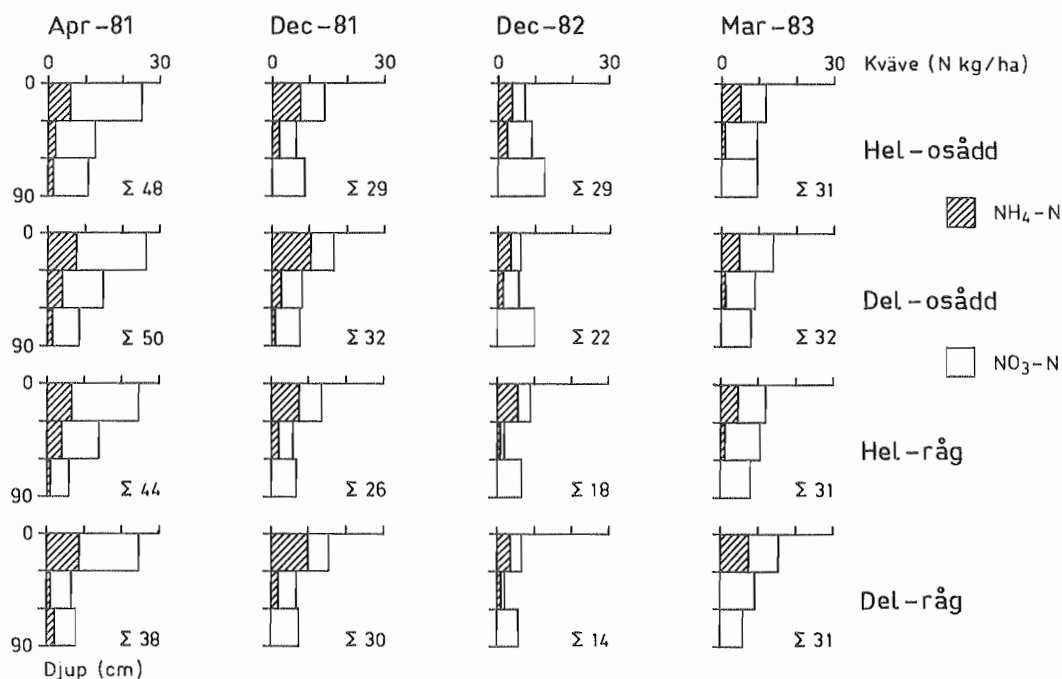


Fig. 7. Mineraliskt kväve i marken. *Mineral nitrogen in the soil.*

## Kväve i marken

Kväveprofiler togs vid sammanlagt fyra tillfällen (fig. 7). Höstprofilen 1981 visar inga påtagliga effekter av fånggrödan.

Profilerna tagna hösten 1982 visar däremot på en viss skillnad mellan leden i mineralkväveinnehåll ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ ). Halterna av mineralkväve är något högre i leden utan fånggröda. Skillnaden framträder framför allt i skikten 30-60 och 60-90 cm. I genomsnitt fanns det nio kilo mer mineralkväve per hektar i leden utan fånggröda jämfört med leden med fånggröda. Till våren 1983 hade skillnaden mellan leden försvunnit.

## Kväve i dräneringsvatten

**Koncentration.** Till följd av sen sådd av fånggrödan och stora nederbördsmängder under hösten är skillnaderna mycket små i nitratkväveinnehåll under första året mellan led med och utan fånggröda med stora variationer inom leden (fig. 8). Andra året blev fånggrödan betydligt bättre, vilket också gav utslag i dräneringsvattnets nitratkvävekoncentration framför allt under senvintern (fig. 8).

Dräneringsvattnets halt av kväve påverkades inte under någon del av året om kvävegivan delades eller ej.

Halterna av nitratkväve i dräneringsvattnet var i medeltal följande i de fyra leden (värdena i  $\text{NO}_3\text{-N}$  mg/l):

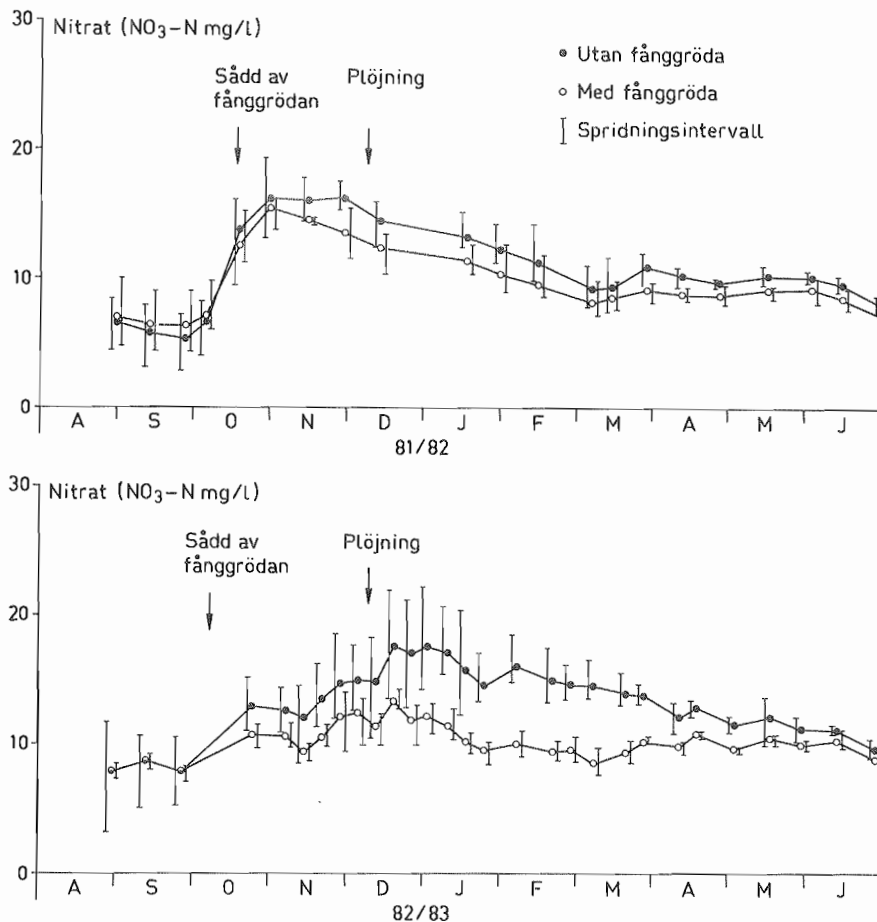


Fig. 8. Nitrathalter i dräneringsvattnet. Medeltal och variationsbredd. Nitrate nitrogen in the drainage discharge. Mean values and range.

Tabell 5. Utlakning av kväve, fosfor och kalium med dräneringsvattnet.  
*Leaching of nitrogen, phosphorus and potassium with the drainage water.*

År Year	Försöksled <i>Treatment</i> <sup>a</sup>			
	Hel-osådd	Del-osådd	Hel-råg	Del-råg
<b>Totalkväve</b> (N kg/ha)				
81/82	45	47	41	38
82/83	60	64	48	44
<b>Totalfosfor</b> (P kg/ha)				
81/82	0,13	0,09	0,10	0,11
82/83	0,15	0,11	0,12	0,10
<b>Kalium</b> (K kg/ha)				
81/82	9	9	10	8
82/83	11	11	11	10

<sup>a</sup>For details cf. table 2.

År	Hel-osådd	Del-osådd	Hel-råg	Del-råg
81/82	13,6	13,2	11,7	11,5
82/83	13,5	14,5	10,6	10,4

**Transport.** De totala kväveförlusterna varierade mellan 38 och 64 N kg/ha och år (tabell 5). Tydliga skillnader i kväveutlakning framträder det andra året mellan led med och utan fånggröda. En sen sådd av fånggrödan i kombination med stora nederbörds mängder under hösten det första året minskade fånggrödans möjligheter att ta upp kväve. Minskningen av utlakningsförlusterna blev därför inte så stor. I genomsnitt för bägge åren minskades kväveutlakningen med 11 N kg/ha och år genom odling av fånggröda (första året 7 och andra året 16 N kg/ha). Genom att utsträcka odlingen av fånggröda i tiden bör kväveutlakningen kunna minskas ytterligare.

En sammanställning över mängden nitratkväve som utlakades varje månad (tabell 6) visar att fånggrödan hade en viss effekt på kväveutlakningens storlek så sent som i mars-april det andra året trots att fånggrödan plöjdes så tidigt som i början av december.

#### Fosfor, kalium, ledningstal och pH i dräneringsvatten

Årstransporten av fosfor och kalium från de olika leden var ovanligt låg och varierade inte med de olika behandlingarna (tabell 5).

Ledningstalet i dräneringsvattnet varierade mellan 46 och 88 mS/m oberoende av behandling. pH var lägst 7,0 och högst 7,9 likaledes oberoende av behandling.

#### SAMMANFATTNING

Målet med undersökningen var att klarlägga betydelsen av en fånggröda och av delad kvävegiva för minskning av nitratutlakningen på sandjord

Tabell 6. Utlakning av nitratkväve ( $\text{NO}_3\text{-N}$  kg/ha). Jämförelse mellan led med och utan fånggröda. *Leaching of nitrate nitrogen ( $\text{NO}_3\text{-N}$  kg/ha). Comparison between treatments with and without catch crop.*

Månad	81/82		Month	82/83	
	Osådd None	Råg Rye		Osådd None	Råg Rye
Juli	0,1	0,1	July	0,2	0,2
Augusti	0,6	0,3	August	0,6	0,3
September	0,5	0,5	September	0,7	0,7
Oktober	8,5	6,5	Oktober	2,0	1,8
November	14,5	12,2	November	6,0	4,9
December	6,2	5,3	December	12,1	8,5
Januari	2,7	2,4	January	9,7	6,2
Februari	1,9	1,5	February	3,3	2,2
Mars	4,7	4,1	March	7,4	4,6
April	2,7	1,8	April	10,7	8,4
Maj	0,8	0,9	May	3,6	3,1
Juni	0,3	0,4	June	0,9	1,0
Totalt	43,5	36,0	Total	57,2	41,9

vid odling av potatis.

Försöket pågick i två år och utfördes på Björnstorp i Skåne. Det är ett rutförsök där åtta separat dränerade rutor om vardera 0,25 hektar ingår. Kvävegivan var totalt 100 kg/ha och på halva fältet skedde tillförseln som delad giva. Under oktober-november var halva fältet beväxt med höstråg som fånggröda. Avrinningen mättes och dräneringsvattnets kvalitet bestämdes med jämna mellanrum. Jordprofiler togs sent på hösten och tidigt på våren för bestämning av jordens innehåll av mineraliskt kväve.

Kväveutlakningen påverkades inte om kvävegivan delades eller ej. Skördeutfallet påverkades inte nämnvärt av delad kvävegiva.

Däremot fanns ett samband mellan odling av fånggröda och minskad kväveutlakning. I genomsnitt för bägge åren minskades denna med 11 N kg/ha och år genom odling av fånggröda (första året 7 och andra året 16 N kg/ha). De totala kväveförlusterna varierade mellan 38 och 64 N kg/ha och år.

En sen sådd av fånggrödan i kombination med stora nederbörds mängder under hösten det första året minskade fånggrödans möjligheter att hindra utlakningsförlusterna.

#### REFERENSER

- 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.
- Carlsson, H. 1964. Utvecklingsförlopp och tillväxt hos potatis under vegetationsperioden. *Lantbrukshögsk. Medd.*, serie A, nr 23.
- Carlsson, H. & Linnér, H. 1984. Potatisens reaktion för olika spridningssätt av växtnäring vid olika fuktighetsnivåer. Rapp. nr 128. Inst. Växtodling, SLU.

- Gustafson, A. 1982. Växtnäringsförluster från åkermark i Sverige. *Eko-hydrologi* nr 11, 19-27.
- Hansen, L. 1980. Danske försög med plöjefri dyrkning. Konsulentavd. rapp. Allmänt 23, del 1, 7:1-7:6. SLU.
- Hvelplund, E. & Östergård, H. 1980. Efterafgrödernas kvälstofudnyttelse i relation til gödskningsökonomi og miljø. Landskontoret for Planteavl.
- Lindén, B. 1981. Ammonium- och nitratkvävetts rörelser och fördelning i marken. II Metoder för mineralkväveprovtagning och -analys. Rapp. nr 137, 1-79. Avd. Växtnäringsl., SLU.
- Linnér, H. 1982. Växtnäringsbevattning - resultat från undersökningar i potatis. Medd. Södra Jordbruksförsöksdistr. nr 23.
- OECD. 1983. Diffuse Sources of Water Pollution: Agricultural Activities. Fertiliser and Animal Waste. Water Management Policy Group. ENV/WAT/82.2 (3rd Rev.).
- Paul, J.L. & Carlson, R.M. 1968. Nitrate Determination in Plant Extracts by the Nitrate Electrode. *J. Agr. Food Chem.*, 16, 766-768.

# FÖRLUSTER AV VÄXTNÄRING FRÅN SANDJORD

Losses of nutrients from sandy soils

Nils Brink och Arne Gustavsson

**Abstract.** Two experimental fields on sandy soil in southern Sweden are included in a country-wide investigation into the measuring of nutrient transports in and from arable land. One of the fields (Skottorp) is situated close to the west coast in an area with high precipitation, and the other (Kärrdala) is close to the east coast where the precipitation is considerably lower. The results at the two sites differed considerably in several respects. The higher precipitation at Skottorp did not give a corresponding increase in run-off in comparison with Kärrdala on account of the former field being located in an intake area and the latter in a discharge area. The fertilization at Kärrdala was considerably higher than at Skottorp and foremost due to application of farmyard manure. This resulted in higher contents of both nitrogen, phosphorus and potassium in the drainage water.

In the groundwater at Skottorp the ion content increased with depth and mainly for sodium and chloride. At Kärrdala the ion content instead decreased with depth. No serious indications of acidification of the groundwater were observed.

The losses of plant nutrients were clearly larger at Kärrdala than at Skottorp, especially as regards phosphorus and potassium (see Table 3). In comparison with Sweden as a whole, the leaching from both fields was clearly higher, with the exception of phosphorus at Skottorp. Relatively strong correlations were present between leaching and precipitation on one hand and water discharge on the other. The correlations were best for potassium and phosphorus.

## INLEDNING

År 1982 började avdelningen för vattenvård bygga ut ett rikstäckande stationsnät för mätning av växtnäringsförluster från åker (Brink, Gustafson & Persson 1979). Delar av nätet ingår nu i naturvårdsverkets program för övervakning av miljö kvalitet (PMK) och drivs av avdelningen. Denna rapport skall handla om förluster av växtnäring från sandjordar på Skottorp i Halland och Kärrdala i Skåne.

## MÅL

Målet är att inom valda jordbruksområden kontrollera odlingsåtgärders inverkan på kvaliteten hos yt- och grundvatten.

## MATERIAL OCH METODER

### Försöksfälten

Brink et al. (1979) har beskrivit försöksfälten på följande sätt:

**SKOTTORP.** "Fältet tillhör Skottorps säteri som ligger 8 km söder om Laholm.

Försöksfältet sluttar mot sydväst och avvattnas till Stensån. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
14,5	1975	1976	1976

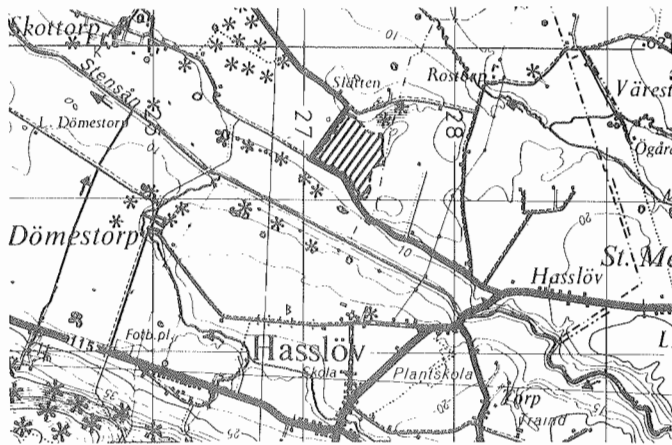


Fig. 1. Försöksfältet på Skottorp med omgivning. *Experimental field and surroundings.*

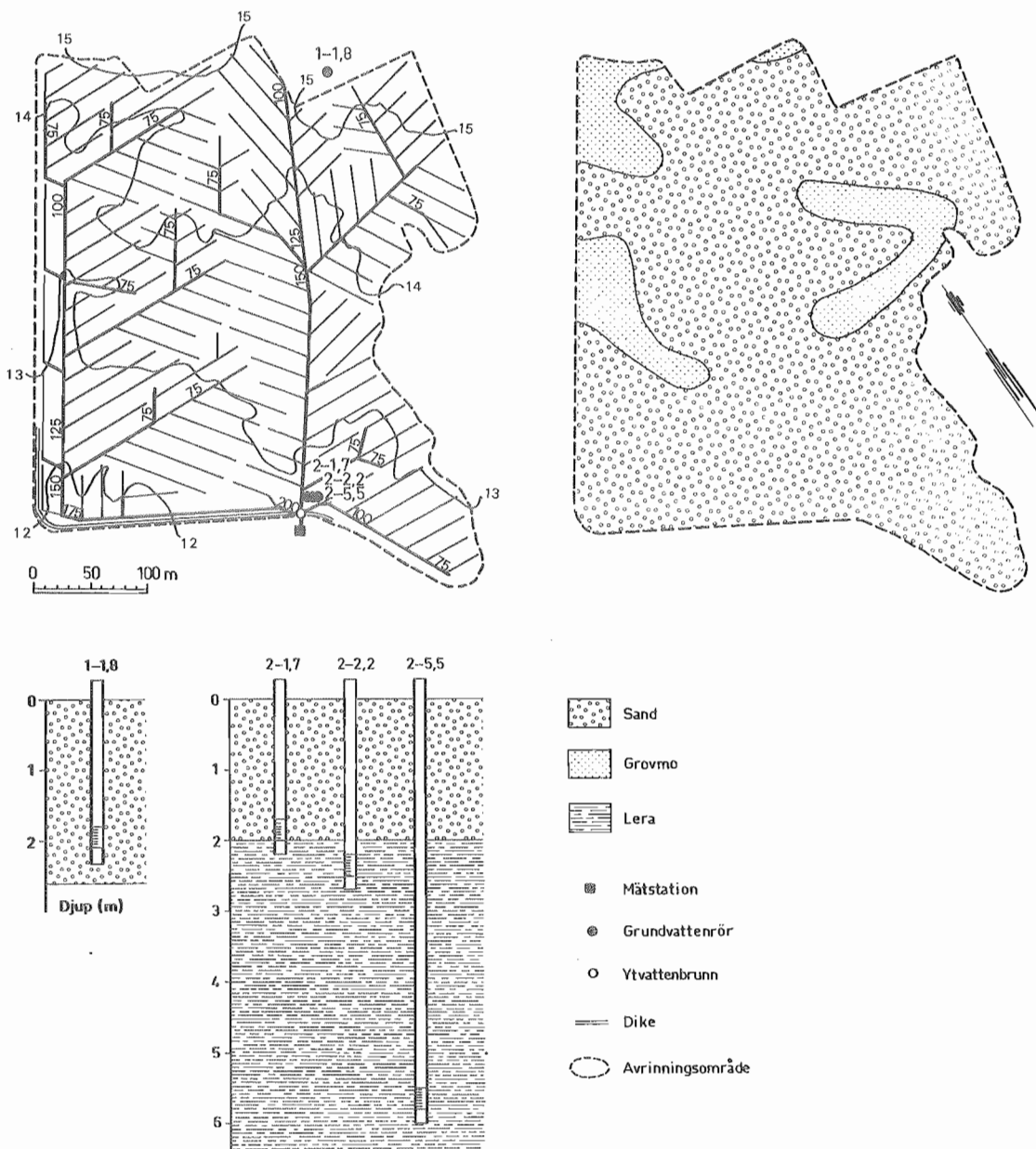


Fig. 2. Försöksfältet på Skottorp. Täckdiketsplan, geologisk karta och markprofiler. *Experimental field at Skottorp. Drainage map, geological map and soil profiles. Soil types: sand, fine sand, clay. Signs: measuring station, groundwater pipe, well, open ditch, watershed.*



Ytvattenbrunn finns, likaså särskilda rör för mätning av grundvatten-tryck. (Fig. 1 och 2.)

### Geologisk beskrivning

Försöksfältet täcks praktiskt taget helt av svallavlagringar. Dessa består huvudsakligen av sand men inom några mindre områden dominerar grovmo. Mäktigheten av svallsedimenten är någon till några meter. Den underliggande glacialleran går inte upp i ytan någonstans på fältet men har påträffats på 2 m djup i södra delen av fältet och på ca 1 m djup vid de två märgelgravar, som ligger strax öster och väster om fältet. Leran går i dagen i sluttningen mellan fältet och Stensån söder därom.

Omedelbart norr om fältet finns några kullar bestående av isälvsgrus och -sand samt ett kärr som uppfyller en sänka mellan kullarna.

### Grundvattenförhållanden

Det vatten, som infiltrerar på fältet och bildar grundvatten, strömmar huvudsakligen i svallsedimenten över leran söderut mot Stensåns dalgång. Grundvattnet läcker ut i en källhorisont i sluttningen söder om fältet. Utläckningen betingas av att sanden som vattnet rör sig i kilar ut och den underliggande leran går upp i ytan.

Leran är mycket svår genomtränglig för vatten vilket framgår klart av förhållandena i fältets norra delar. Grundvattnet i svallsedimenten påträffas där på ringa djup under markytan, tidvis går det t.o.m. i dagen i den torvfyllda sänkan norr om fältet. Det höga vattenståndet har orsakat torvbildningen i sänkan. De grustag som finns i kullarna av isälvsgrus är däremot helt torra trots att de går ner flera meter under grundvattenytan i svallsedimenten. Lerlagret som finns mellan svallsedimenten och isälvsavlagringarna förhindrar uppenbarligen mer eller mindre fullständigt en avtappning av det övre grundvattnet i svallsedimenten till det undre grundvattnet i isälvsavlagringarna.

Det vatten som påträffas i svallsedimenten härrör med största sannolikhet helt från nederbörd som fallit på fältet ifråga."

KÄRRDALA. "Fältet tillhör Kärrdala gård på Kristianstadssläätten 1,5 km öster om Önnestad.

Försöksfältet sluttar svagt mot och avvattnas till Vinnö å i nordost. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
8,6	1969	1973	1973, 1974, 1975, 1976

Ytvattenbrunnar saknas. Grundvattenrören sattes i följande tidsordning: 2-1,0, 2-1,6 och 2-2,3 år 1973; 1-1,0, 1-2,0, 1-4,0 och 2-4,0 år 1974; separata tryckrör till alla år 1975; ett tryckrör 2-7,2 år 1976. (Fig. 3 och 4.)

### Geologisk beskrivning

Försöksfältet är beläget ca 2 km nordost om den markerade förkastningsbrant som bildar gränsen mellan Nävlingeåsens urbergshorst och Kristianstadssläättens sedimentberggrundsområde. Vid Kärrdala täcks berggrunden av morän och sediment. Jorddjupet är 15-20 m.

Moränen överlagras av varvig issjölera. Mäktigheten hos leran uppgår till minst 2 m. Den har ej genomborrats vid de borrhningar som utförts på fältet.



Den varviga leran täcks av ett ca 5 cm mäktigt lager av delvis grusig stenig sand, överlagrad av en sedimentär icke varvig lera, några dm till ca 1 m mäktig. Ytjordarten utgörs av en väl sorterad sand, 1/2 till 1 m mäktig.

### **Grundvattenförhållanden**

Det nederbördsvattnet som infiltrerar på fältet perkolerar ned genom den övre sanden och avrinner som grundvatten i sandens underdel närmast över leran och i dräneringssystemet mot Vinnö å. Tidvis torde det på fältet infiltrerade vattnet kunna perkolera ner genom den övre leran till undre sanden och den varviga lerans överdel för att sedan även där huvudsakligen strömma nordost ut mot ån. Under en del av året torde dock grundvattentrycket i berggrunden vara större än i de övre jordlagren, varför grundvatten från berggrunden långsamt strömmar uppåt."

### **Fältutrustning**

Nederbördsräknare, mätstation, grundvattenrör och provtagningsutrustning har beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978).

### **Provtagning och analys**

Provtagning av vatten har skett enligt beskrivning av Brink et al. (1979) med kompletteringar enligt Gustafson & Torstensson (1983).

Analysmetoderna för vatten överensstämmer i princip med svensk standard (SIS 1976). Metoderna har beskrivits av Brink et al. (1978) och Gustafson et al. (o.c.).

Provtagning liksom analys av kväve i jord har skett enligt Lindén (1981). Analys av fosfor i jord har skett enligt Egnér, Riehm & Domingo (1960).

Alla analyser utom fosfor i jord har gjorts på eget laboratorium. Fosforbestämningarna utfördes av Statens lantbrukskemiska laboratorium.

### **Beräkningar**

Tidigare publicerade värden har beräknats på sätt som beskrivits av Brink et al. (1978). Numera har allt datamaterial lagrats på skivminne, vilket möjliggjort en annan beräkningsmetod. Genom rätlinjig interpolation framräknas härvid värden på halter för alla dagar med avrinning. Produkten av de erhållna halterna och motsvarande dygnsavrinning ger ämnestransporten för dygnet. Månads- och årstransporten kan därefter lätt beräknas.

### **Växtodling**

Lantbrukarna bestämmer själva över alla odlingsåtgärder på skiftena. Växtföljderna var på båda fälten rätt komplicerade. Stundom odlades där en gröda, stundom två utan någon bestämd ordning. I tabell 1 lämnas uppgift om växtföljder, gödsling, bevattning och skörd.

Kvävegödslingen på Skottorp låg högt men i allmänhet inom gränsen för rekommenderade givor. Däremot nådde den sällan rekommenderad nivå ifråga om fosfor och kalium. Bidraget från stallgödsel var inte stort.

Gödslingen på Kärrdala visar en annan bild. Jämsides med handelsgödseln förekom mycket stallgödsel, särskilt de första åren. Överdoser

Tabell 1. Gröda, handelsgödsel, stallgödsel, bevattning och skörd.  
*Crops, fertilizers, manure, irrigation and yield.*

År	Gröda	Handelsg (kg/ha)			Stallg (t/ha)		Bevatt (mm)	Skörd (t/ha)
		N	P	K	Fast	Flyt		
<b>SKOTTORP</b>								
1976	Potatis	121	55	198	0	0	5x35	38
1977	Vall I	100	25	45	0	0	0	Hög
	Höstvete	117	0	0	0	0	0	4,6
1978	Vall II	128	40	96	0	0	0	Normal
	Ärter	0	30	96	0	0	0	5,0
1979	Gräsfrövall	101	0	0	0	20	0	0,8
	Korn	101	0	0	0	0	0	4,1
1980	Havre	101	15	48	0	0	0	4,6
1981	Värrybs	62	0	0	0	40	0	1,4
1982	Höstvete	152	0	0	0	0	0	6,1
<b>KÄRRDALA</b>								
1973	Vall	171	0	0	0	0	0	5,2+0,3
1974	Potatis	31	66 <sup>a</sup>	0	40	30	25+40	42
	Socketbetor	160	66 <sup>a</sup> +42	78	0	60	25+40	43
1975	Socketbetor	140	35	63	0	60	4x25	52
	Potatis	32	28	64	25	40	4x25	38
1976	Korn	31	0	0	0	0	20+20	2,4
1977	Korn	0	0	0	30	40	0	4,1
	Potatis	0	0	0	30	30	3x20	42-44
1978	Potatis	64	56	120	40	0	4x20	38-45
	Socketbetor	120	70	130	0	30	3x20	48
1979	Socketbetor	120	63	117	0	20	4x20	54
	Korn	62	0	0	0	0	20	4,4
1980	Korn	0	0	0	0	40	15	4,2
	Socketbetor	96	36	0	0	50	25	50
1981	Socketbetor	0	27	0	0	30	2x20	48
	Korn	0	0	0	0	40	0	3,6
1982	Korn	0	0	0	0	30	0	3,5
	Potatis	143	65	234	0	0	3x25	35

<sup>a</sup>Gödsling hösten innan. *Fertilizing last autumn.*

blev härigenom vanliga. Insatserna dämpades avsevärt på senare år, dock inte kväve- och kaliumgödslingen till potatisen 1982.

## RESULTAT

### Hydrologi

De båda fälten skiljer sig hydrologiskt i flera avseenden (fig. 5). Skottorp på västkusten har ca 275 mm/år mer nederbörd än Kärrdala på ostkusten. Årscykeln är ungefär lika. De största mängderna föll under sommar- och höstmånaderna. Fluktuationerna är emellertid betydligt större på Skottorp än på Kärrdala.

Avrinningen har likartade profiler med toppar i nov-dec och mars, men också här är Skottorp betydligt mer särpräglad än Kärrdala. Avrunnen mängd på det förra fältet översteg den på det senare med 120 mm/år.

Skillnaden borde varit större med tanke på den stora differensen i nederbörd. Vid lika nederbörd var avrinningen avsevärt större i Kärrdala än på Skottorp. Detta framgår av regressionslinjerna. Förklaringen är följande.

Tryckrelationerna i grundvattenrören avslöjar att Skottorp är ett inströmningsområde och Kärrdala ett utströmningsområde (fig. 5 nederst). På Skottorp är trycknivån högre i det grunda än i det djupa röret, vilket betyder att vattnet strömmar nedåt. På Kärrdala har det

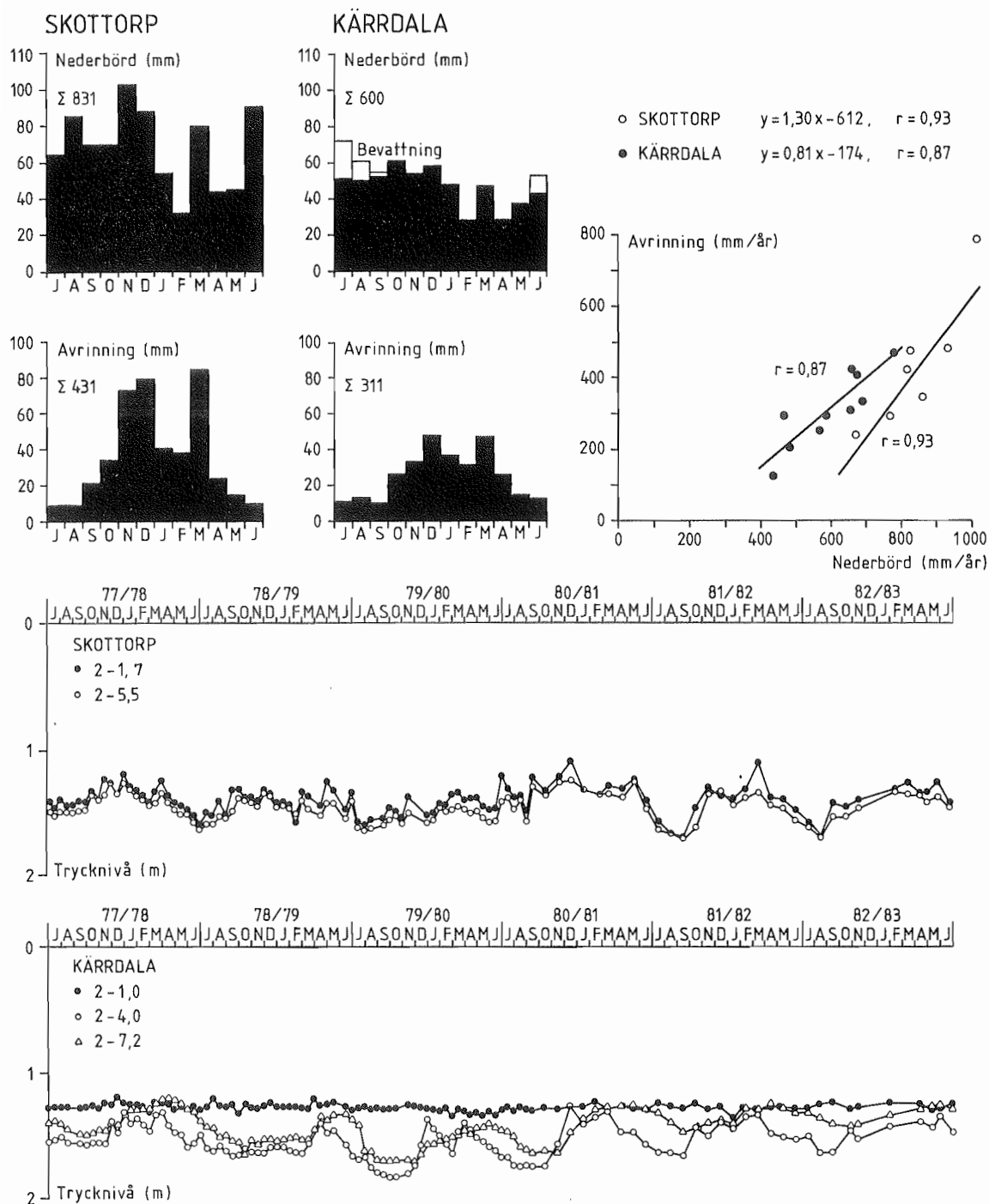


Fig. 5. Hydrologiska förhållanden på Skottorp och Kärrdala. Nederbörd, precipitation. Avrinning, water discharge. Grundvattnets trycknivåer på olika djup. Groundwater pressure at different sites and depths (2-1.7 m etc.).

djupaste röret i allmänhet högre tryck än mellanröret, vattnet strömmar alltså uppåt.

Nivån i det grundaste röret på Kärrdala varierar föga och ligger ständigt under silens överkant. Detta rör har därför fungerat som ett grundvattenståndsrör och inte som ett tryckrör. Emedan botten är tät står det vatten kvar i koppen även om grundvattenytan sjunker under silens underkant. Mätresultaten visar därför en övre gräns för grundvattenståndet. Jämför man med profilen i fig. 4 finner man sällan fritt vatten över lerbotten. Täckdikessystemet fungerar effektivt.

Så en kommentar till tryckvariationerna. De är periodiska med perioden ett år på båda ställena med maximum på vintern eller vårkanten och minimum på sommaren eller förhösten. Svängningarna är synkroniserade med avrinningen. På Kärrdala släpar tryckfallet i det djupaste röret efter ett par månader i den nedåtgående fasen. Detta är ett uttryck för långväga influens som rör hela Kristianstadsslätten. Amplituden varierar på grund av årsmånen. Den var högst 0,6 m.

Slutligen något om regressionerna av avrinning på nederbörd. Basen är värdepar från agrohydrologiska år. Till nederbörden har lagts bevattningen som på Skottorp inskränker sig till torråret 1975/76 då bevattningen blev totalt 170 mm men som på Kärrdala uppgick till i medeltal 43 mm/år. Korrelationen är ganska stark. Avvikelse från de räta linjerna kan delvis ha att göra med odlingen. Några entydiga orsakssamband kan emellertid inte spåras.

## Jonbalans

Balansen mellan de större jonkonstituenterna i grundvattnet redovisas i fig. 6. Man finner också där stora olikheter mellan fälten som kan återföras på hydrologien. På Skottorp matas jorden med natriumklorid uppifrån eller från sidan som anhopas i djupare skikt. Vätekarbonat

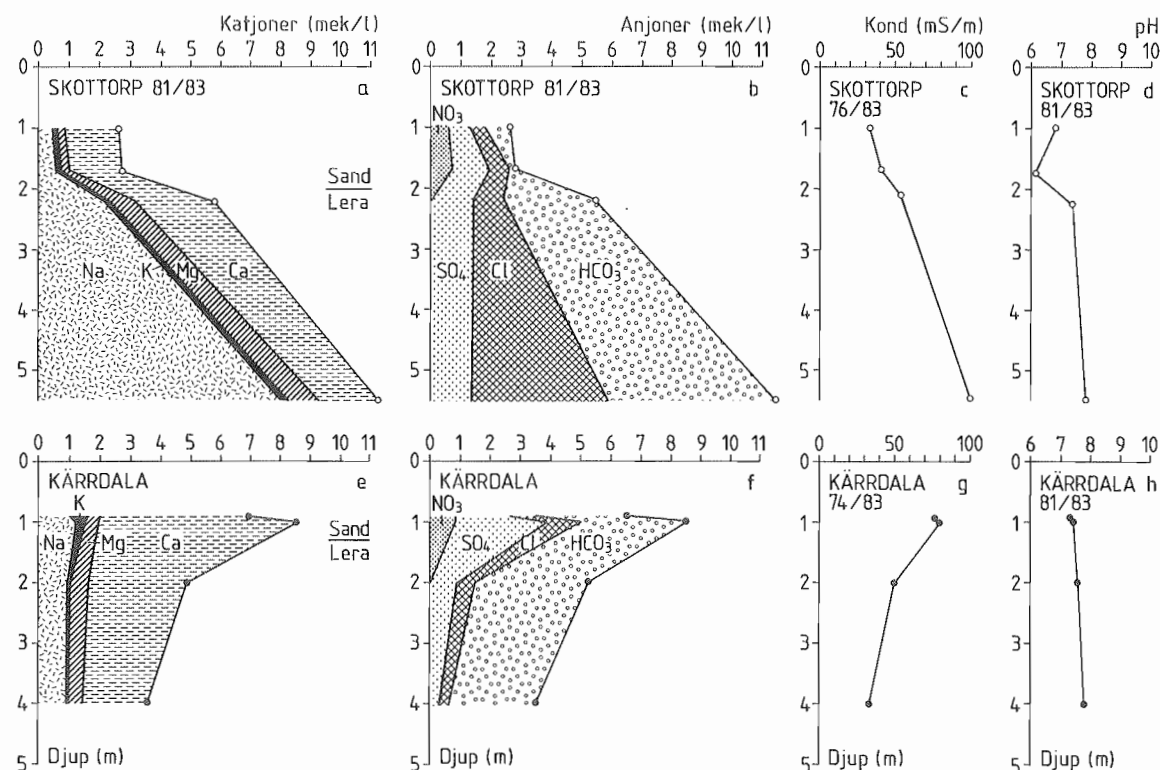


Fig. 6. Jonbalans i grundvattnet, konduktivitet och pH. Ion-balance in the groundwater, conductivity, and pH.

frigörs samtidigt och drar med sig ytterligare natrium. Natriumkloriden har sannolikt marint ursprung. På Kärrdala avtar jonstyrkan med djupet. Fjärran jonfattigt vatten späder ut. Visserligen föreligger värden på jonbalansen bara för 81/82 och 82/83 men konduktiviteten (jonstyrkan) för längre tidsperioder ger samma drag om också inte lika utpräglat (fig. 6 c och g).

Bland katjonerna är kalcium jämsides med natrium mest betydelsefull för jonstyrkan och bland anjonerna sulfat-, klorid- och vätekarbonatjonerna. Nitratjonen spelar dessutom en inte oväsentlig roll i övre markskiktet men förlorar helt inflytande under 2 m djup. Fosfatjonen är betydelselös i sammanhanget.

Man ser också i djupdiagrammen (fig. 6) att de största förändringarna ägde rum i leran under sanden. Detta är ganska naturligt eftersom lerans ytkemiska egenskaper är betydligt mer mångfasetterade än sandens. Sanden tvättas ju lätt "ren".

Djupdiagrammet för pH (fig. 6 d och h) visar i stort stigande värden med djupet. Någon försurning är det således inte fråga om. Buffringsförmågan räcker ännu. Men där finns ett varningstecken på Skottorp. I gränsskiktet mellan sanden och leran föll pH till i medeltal 6,1 samtidigt som vätekarbonatet låg nära nollpunkten.

Långsiktigt har jonstyrkan avtagit ganska rejält sedan mätningarna påbörjades (fig. 7 a och b). Detta torde bero på utspädning. Nederbörden och därmed avrinningen var ju betydligt mindre i början än i slutet.

Det finns anledning att särskilt kommentera det djupaste röret på Skottorp. Konduktiviteten fluktuerar där våldsamt i motsats till de

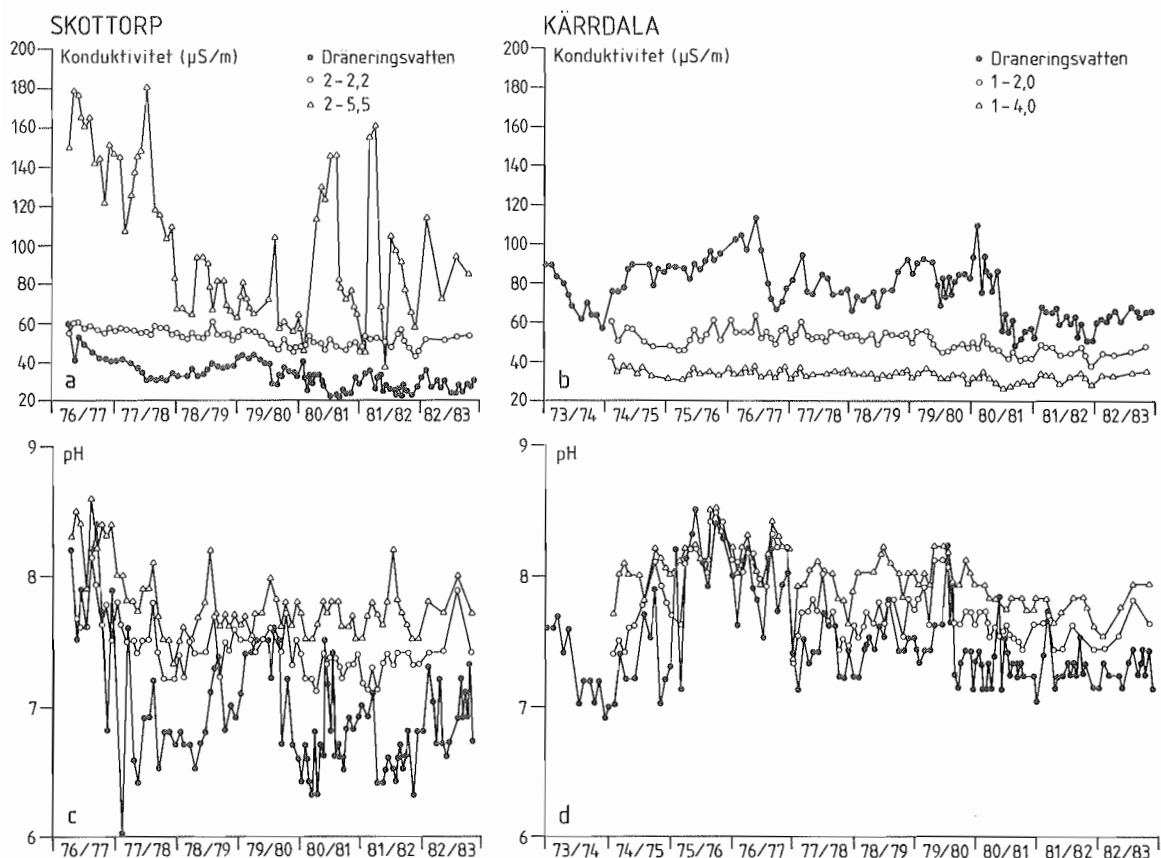


Fig. 7. Tidsvariation av konduktivitet och pH i grundvattnet på olika djup. Variation with time of conductivity and pH in the groundwater at different depths.

andra rören. Detta måste betyda att influensen från sidan är betydande i djupa jordlager.

Också pH har förändrats långsiktigt (fig. 7 c och d). Under de agrohydrologiska åren 76/77 och 77/78 föll sålunda pH med 1-2 enheter på båda platserna för att därefter svänga kring stabila jämviktslägen. Men dessförinnan steg pH på Kärrdala med lika mycket under det mycket torra året 75/76. Eftersom samma sak inträffade på många andra ställen i landet (Brink 1981) kan man utgå från att förhållandet var detsamma på Skottorp.

Puckeln 1976 kan betraktas som en anomali. Orsaken har uppenbarligen med väderleken att göra. Liten nederbörd, obetydlig avrinning och sjunkande grundvatten har givit plats åt pH-sänkande oxidationer i marken. Vätejoner har därvid troligen drivit ut baskatjoner ur jorden till markvätskan där pH därför höjts. Ordningen återställdes när nederbörden blev mer normal.

Andra faktorer kan också ha spelat in. Sådana faktorer är sur nederbörd, hydrologi, växttäckning och gödsling. Dessa faktorer tycks emellertid inte ha spelat så stor roll. Mera härom i den ovan refererade uppsatsen (Brink 1981).

### Kväve, fosfor och kalium i markprofilen

I fig. 8 redovisas markens innehåll av mineraliskt kväve och det totala förrådet av fosfor och kalium hösten 1978. Kväveprofilerna är därför stundens barn till skillnad från de båda andra som representerar långsiktiga förhållanden.

Kväveinnehållet berodde allmänt starkt av grödan och årstiden. Grödans betydelse demonstreras i fig. 8. Vallarna och sockerbetorna hade hushållat betydligt effektivare med kvävet än ärter och potatis. Mellan

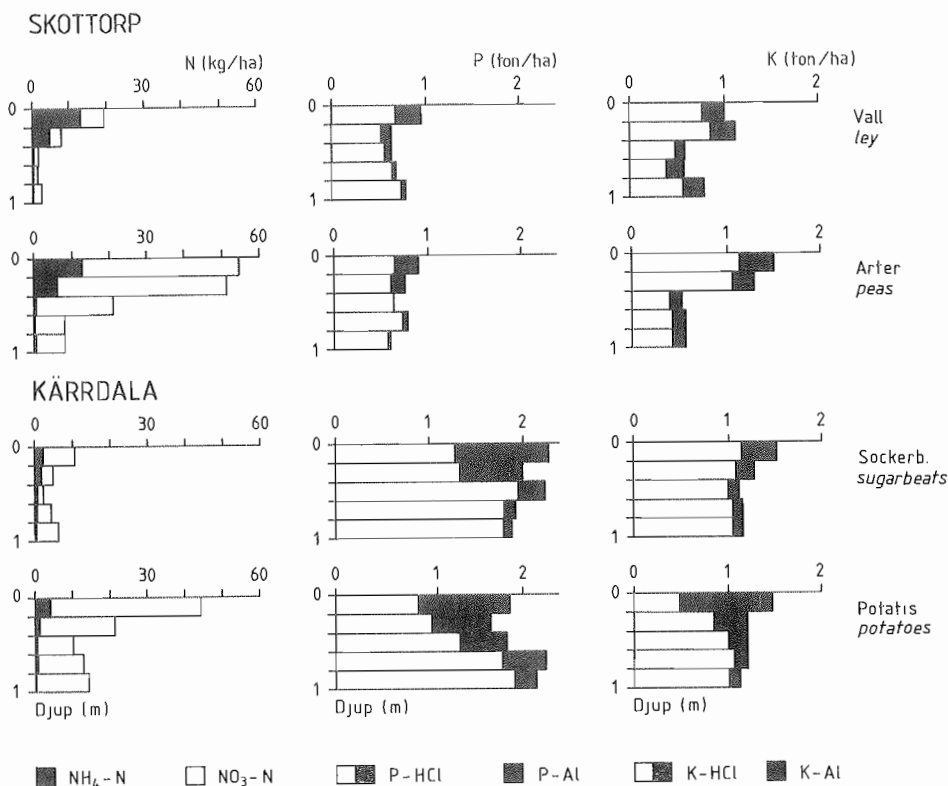


Fig. 8. Profiler av kväve, fosfor och kalium hösten 1978 efter olika grödor. *Nitrogen, phosphorus and potassium in the soil in autumn 1978 after different crops.*



försöksplatserna förelåg ingen skillnad. Medeltalen för tre års profiler tagna på hösten 1978-80 var för Skottorp 58 och Kärrdala 55 kg/ha.

Fosforprofilerna från 1978 är mycket olika för de två fälten. Förrådsfosfor (P-HCl) var mer än dubbelt så stor på Kärrdala som på Skottorp. Ifråga om den lösliga delen (P-AL) var förhållandet mångfalt större. Den myckna stallgödseln på Kärrdala förklarar säkerligen skillnaderna. Däremot föreligger inga skillnader att tala om mellan olika profiler på samma skifte även om grödorna skilde sig åt. Det kunde man inte heller förvänta. Växterna utnyttjar ju bara en liten bråkdel av hela förrådet varje år.

Också kaliumprofilerna visar större innehåll på Kärrdala än på Skottorp som följd av gödslingen. Detta stämmer också med det olika innehållet i det grunda grundvattnet (cf. fig. 6 a och e).

### Halter av kväve, fosfor och kalium

Som man ser i fig. 9 förelåg betydande olikheter mellan Skottorp och Kärrdala i dräneringsvattnet. Detta gäller i synnerhet fosfor och kalium. Stallgödslingen i Kärrdala spelade säkerligen en stor roll härutinnan.

Variationerna är delvis mycket stora. Nitralterna är härvid benägna att variera med avrinningen medan fosforhalterna släpar efter. Detta kan tyckas märkligt men kan nog förklaras med att fosfor sackar på grund av sin ringa rörlighet. Kaliumhalterna varierar till synes godtyckligt.

I grundvattnet är halterna av nitrat höga i sanden och sjunker snabbt till låga värden i leran (tabell 2). Ammoniumhalterna är låga i både sanden och leran. De ökar emellertid med djupet på Skottorp och avtar något på Kärrdala på samma sätt som de dominerande katjonerna. Åter spelar hydrologien en roll.

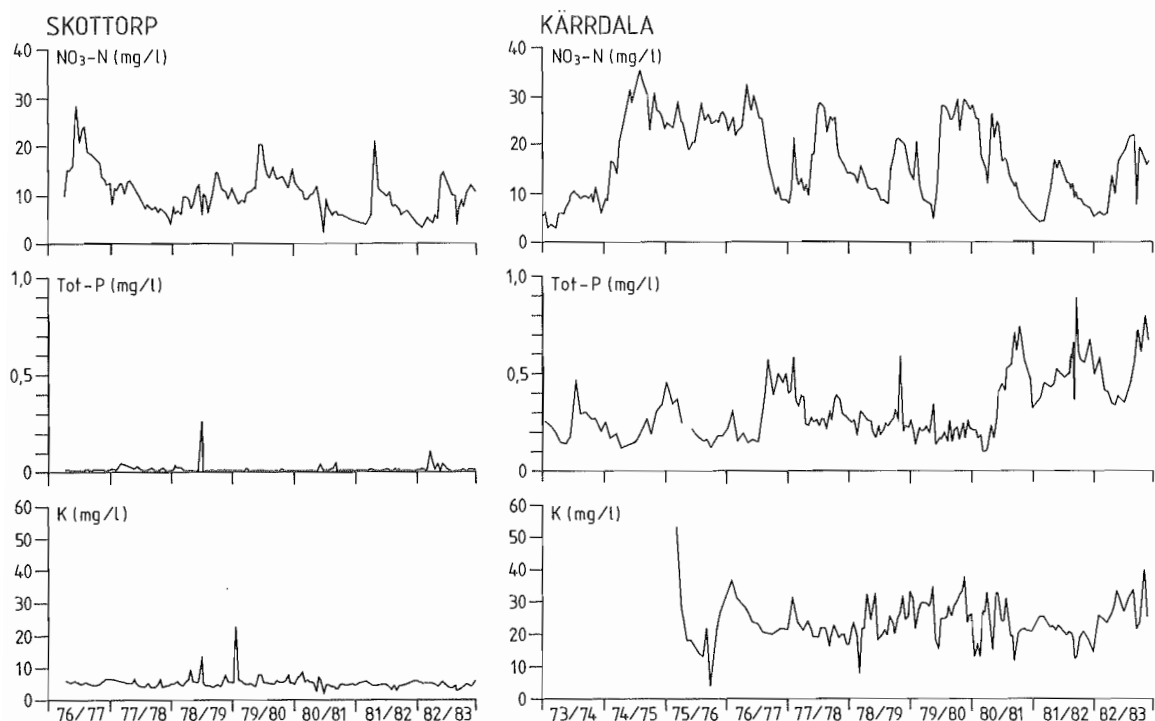


Fig. 9. Kväve, fosfor och kalium i dräneringsvattnet under en följd av år. Nitrogen, phosphorus, and potassium in the drainage water during a sequence of years.

Tabell 2. Kväve i grundvattnet på olika djup. (Värden i N mg/l.)  
 Nitrogen in the groundwater at different depths. (Values in N mg/l.)

Skottorp 76/83			Kärredala 73/83		
Djup (m)	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N <sup>a</sup>	Djup (m)	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N <sup>a</sup>
1,7	15,1	0,02	1,0	11,3	0,03
2,2	0,19	0,08	2,0	0,13	0,03
5,5	0,19	0,32	4,0	0,11	0,02

<sup>a</sup>T.o.m. 1982.

### Förluster av kväve, fosfor och kalium

I fig. 10 kan man se hur utlakningen av kväve, fosfor och kalium varierade med årstiden. Avrinningen styrde förlusterna som nådde maximum på vintern och minimum på sommaren. På Skottorp upphörde avrinningen på

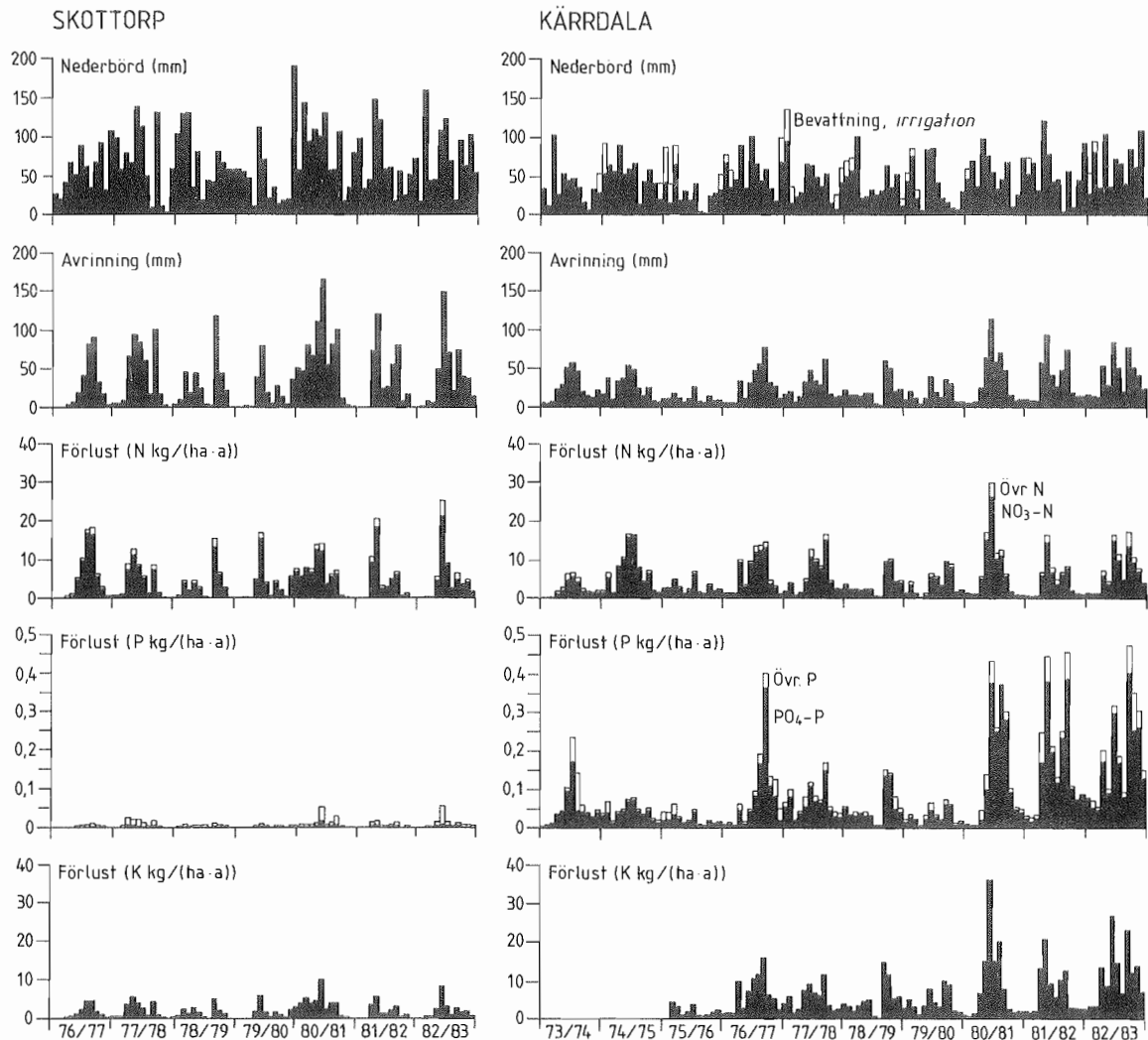


Fig. 10. Nederbörd, avrinning och förlust av kväve, fosfor och kalium under en följd av år. *Precipitation, drainage discharge and losses of nitrogen, phosphorus and potassium during a sequence of years.*

Tabell 3. Transport av växtnäringsämnen med yt- och dräneringsvatten (kg/(ha.år)). *Transport of nutrients by surface and drainage water (kg/(ha.yr))*.

År	Tot-N	Tot-P	K	Tot-N	Tot-P	K
	KÄRRDALA			SKOTTORP		
73/74	31	0,77	-	-	-	-
74/75	86	0,54	-	-	-	-
75/76	34	0,31	21	-	-	-
76/77	77	1,15	76	63	0,03	15
77/78	69	0,88	63	50	0,10	23
78/79	43	0,68	60	41	0,05	17
79/80	46	0,40	53	40	0,03	14
80/81	89	1,78	110	76	0,14	41
81/82	56	2,10	85	52	0,06	18
82/83	87	2,40	134	61	0,12	23
Medeltal	62	1,10	75	55	0,08	22
	SVERIGE			S. SVERIGE		
Medeltal	21	0,34	13	44	0,37	25

sommaren men inte på Kärrdala, där utlakningen därför fortlöpte oförtrutet året om. Detta kan sättas i samband med att Kärrdala tillhör ett utströmningsområde.

Figuren ger också besked om att växtnäringsförlusterna var klart större på Kärrdala än på Skottorp. Fosfor och kalium faller särskilt i ögonen. De våta åren 80/81-82/83 gav ovanligt stora förluster härav på Kärrdala (tabell 3). I jämförelse med medeltalen för våra sexton mätstationer i hela Sverige ligger värdena mycket högt utom vad det gäller Skottorp och fosfor. De värdena är ovanligt små även i jämförelse med södra Sverige där Skottorp och Kärrdala ingår i medeltalen.

## DISKUSSION

Det har tidigare i olika sammanhang visats att nederbörden och avrinningen har en avgörande betydelse för växtnäringsförlusterna (Brink 1978, 1983). Resultaten från Skottorp och Kärrdala bekräftar detta (fig. 11). Sambanden är linjära räknade på årsbasis och i de betraktade intervallen. De starkaste sambanden gäller kalium och fosfor med korrelationskoefficienter varierande mellan 0,75 och 0,98. Med undantag av kväve gav avrinning-utlakning starkare samband än nederbörd-utlakning. Riktningkoefficienterna  $k$ , intercepten  $l$  och korrelationskoefficienterna  $r$  redovisas i tabell 4.

I fig. 11 faller den stora skillnaden mellan Skottorp och Kärrdala mest i ögonen. Detta gäller särskilt fosfor och kalium. Nederbörden och avrinningen är uppenbarligen inte de mest betydelsefulla faktorerna. Inte heller kan in- eller utströmningsområde ha någon avgörande betydelse även om en del förloras till grundvattnet i det förra och en del kommer därifrån i det senare. Orsaken ligger säkerligen mest i gödslingen, som på Kärrdala låg ett bra stycke över behovet (cf. tabell 1).

Tabell 4. Värden på konstanterna i regressionslinjen  $y = kx + l$  jämte korrelationskoefficient  $r$ . Values of constants of regression lines and correlation coefficients.

Ämne	Skottorp			Kärddala		
	$k$	$l$	$r$	$k$	$l$	$r$
<b>Nederbörd-utlakning. Precipitation-leaching.</b>						
N	0,10	-32	0,83	0,17	-42	0,85
P	0,0003	-0,19	0,75	0,0053	-2,1	0,80
K	0,068	-37	0,77	0,28	-97	0,92
<b>Avrinning-utlakning. Discharge-leaching.</b>						
N	0,055	+31	0,76	0,16	+13	0,71
P	0,0002	-0,02	0,91	0,0066	-0,9	0,92
K	0,051	-0,5	0,98	0,29	-14	0,96

Spridningen kring de rätta linjerna i fig. 11 är ett uttryck för att andra faktorer än dem som beaktats har spelat in. Det gäller mest kvävet.

På Skottorp har framför allt potatisodlingen 1976 givit ett kväveläckage högt över förväntat värde för 76/77. På Kärddala är det dels vallen 1973, dels "svag" gödsling till sockerbetorna och kornet 1981 som minskat utlakningen under det normala 73/74 och 81/82.

Även några punkter på fosforlinjerna avviker en hel del. I detta fall är det svårare att finna orsakerna på grund av att fosfor rör sig så

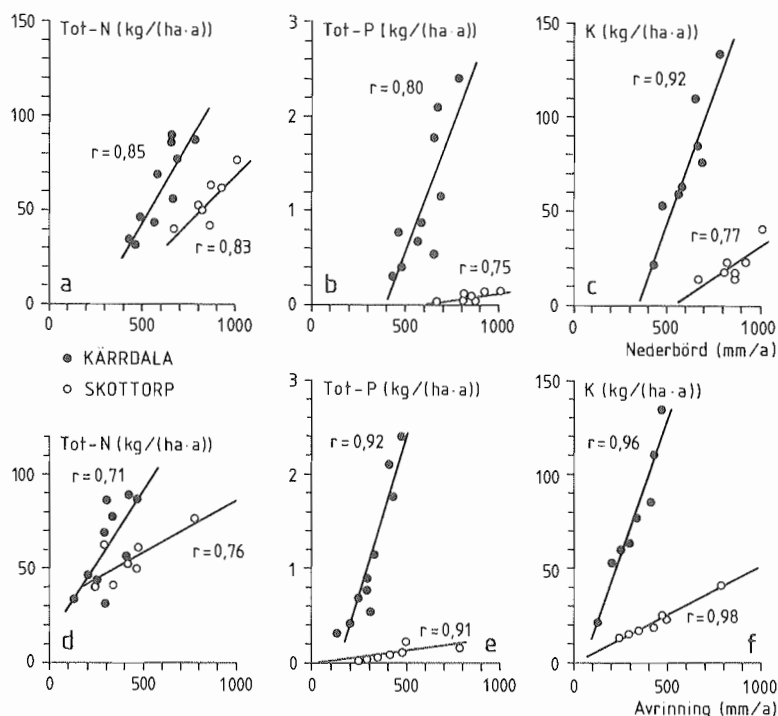


Fig. 11. Regressioner av kväve-, fosfor- och kaliumförlusterna på nederbörd och avrinning. Regressions of nitrogen, phosphorus, and potassium losses on precipitation and discharge.

långsamt. Detta kan förklara höga fosforhalter på senare år (fig. 9) som en följd av kraftig gödslning i tidigare skeden. Så är fallet i intervallet 600-700 mm nederbörd (fig 11 b) på Kärrdala med två låga värden från mitten av 70-talet och två höga värden från början av 80-talet. I sambandet avrinning-förlust är korrelationen bättre för både Kärrdala och Skottorp.

Kalium ger de starkaste sambanden med nederbörd och avrinning. Detta följer av att mellanårsvariationerna av halterna inte var så stora.

## SAMMANFATTNING

Två försöksfält på sandjord i södra Sverige ingår i en riksomfattande undersökning för mätning av ämnestransporter i och från åkermark. Det ena fältet (Skottorp) ligger nära västkusten i ett nederbördsrikt område, det andra (Kärrdala) nära östkusten där nederbörden är avsevärt mindre. Resultaten skilde sig väsentligt från varandra i flera avseenden. Högre nederbörd på Skottorp gav ej motsvarande ökning i avrinningen jämfört med Kärrdala beroende på att det förra fältet ligger i ett inströmningsområde och det senare i ett utströmningsområde. Gödslingen på Kärrdala var betydligt högre än på Skottorp och då framför allt stallgödslingen. Detta medförde högre halter av både kväve, fosfor och kalium i dräneringsvattnet.

I grundvattnet på Skottorp ökade jonstyrkan med djupet och då framför allt av natrium och klorid. På Kärrdala avtog istället jonstyrkan med djupet. Några allvarliga tecken på försurning av grundvattnet har inte konstaterats.

Förlusterna av växtnäringsämnen blev klart större på Kärrdala än på Skottorp speciellt vad det gäller fosfor och kalium. Jämfört med hela Sverige var läckaget från bägge fälten klart högre med undantag av fosfor på Skottorp.

Relativt starka samband rådde mellan läckaget och nederbörden respektive avrinningen. Korrelationen var bäst för kalium och fosfor.

## REFERENSER

- Brink, N. 1981. Försurning av grundvatten på åker. *Ekohydrologi* nr 8, 3-13.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi* nr 1, 3-60.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi* nr 4, 7-57.
- Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die Chemische Bodenanalyse. *Kungl. Lantbr.högsk. Ann.*, 199-215.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. *Ekohydrologi* nr 13, 21-33.
- Lindén, B. 1981. Ammonium- och nitratkvävetts rörelse och fördelning i marken. Rapp. nr 137. Växtnäringslära. SLU.
- SIS, 1976. Bestämning av nitrit- och nitratkoncentrationer i vatten. Nr 02 81 33.



# VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER I BODA

Losses of nutrients at Boda

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

**Abstract.** Investigations into the influence of normal cropping upon the quality of drainage water have been in progress for eight years (1977-82) at a field site at Offer, close to the town of Sollefteå in northern Sweden.

The field site, 9.6 ha in area, was systematically drained by a subsurface tile drainage system and provided with one ditch and two collect wells for surface water. The surface and tile drainage water was quantified together in a measuring station using a Thomson weir. Drainage runoff was continuously measured and discrete samples of water were taken for chemical analysis.

The analyses included determination of pH, conductivity, nitrogen, phosphorus, and potassium. During the last three years the analyses were expanded to include also the following major constituents: sodium, calcium, magnesium, chloride, and sulphate sulphur. The results can be summarized as follows.

The precipitation was mostly low, with 520 mm as a yearly mean. Consequently, the drainage runoff was also small, averaging 109 mm. Most of the drainage runoff occurred as surface runoff during the spring flood on account of frozen ground (Nov-Apr) and snow accumulation during this period.

The crops used were barley and ley. The ley was grown continuously during four years (1978-82).

The losses of nitrogen were small especially during the ley period. The contribution of nitrate to the groundwater was negligible. The phosphate phosphorus increased during the spring floods mainly due to a freezing of plant tissues followed by leaching. The losses of major ions were small.

## INLEDNING

Det rikstäckande stationsnät som avdelningen för vattenvård driver för att utröna storleken av växtnärläckaget från åkermark vid ordinär jordbruksdrift har numera inlemmats i PMK (Program för övervakning av miljö kvalitet). Antalet stationer som finansieras över PMK är nu tolv. Vidare finansieras den fortsatta driften av en norrlandsstation (Vagle) av Sveriges lantbruksuniversitet. Detta innebär att fyra stationer har fått läggas ned av brist på medel. Resultaten från tre av de nedlagda

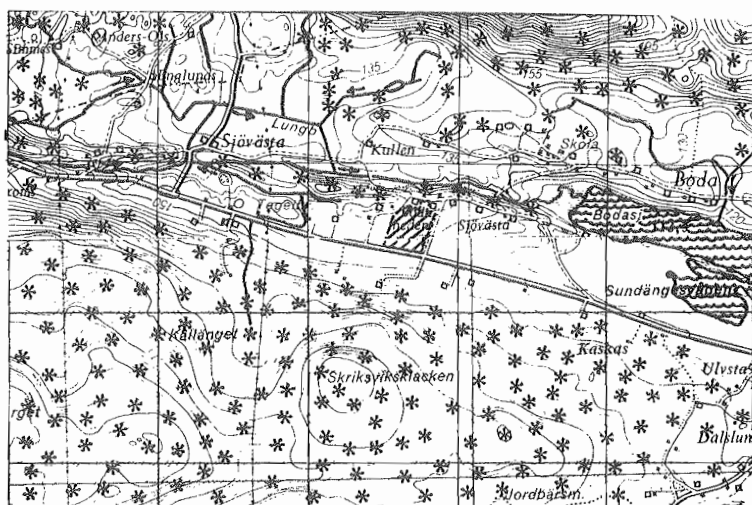


Fig. 1. Försöksfält med omgivning. *Experimental field and surroundings.*

försöken (Öjebyn, Röbbäcksdalen och Offer) har redan redovisats i denna skriftserie (Gustafson & Torstensson 1983, 1984). Turen har nu kommit till det fjärde (Boda).

## MÅL

Målet med undersökningen har varit att fastställa orsaken och storleken av växtnäringsläckaget till yt- och grundvatten.

## FÖRSÖKSFÄLTET

En beskrivning av försöksfältet har ursprungligen gjorts av Brink,

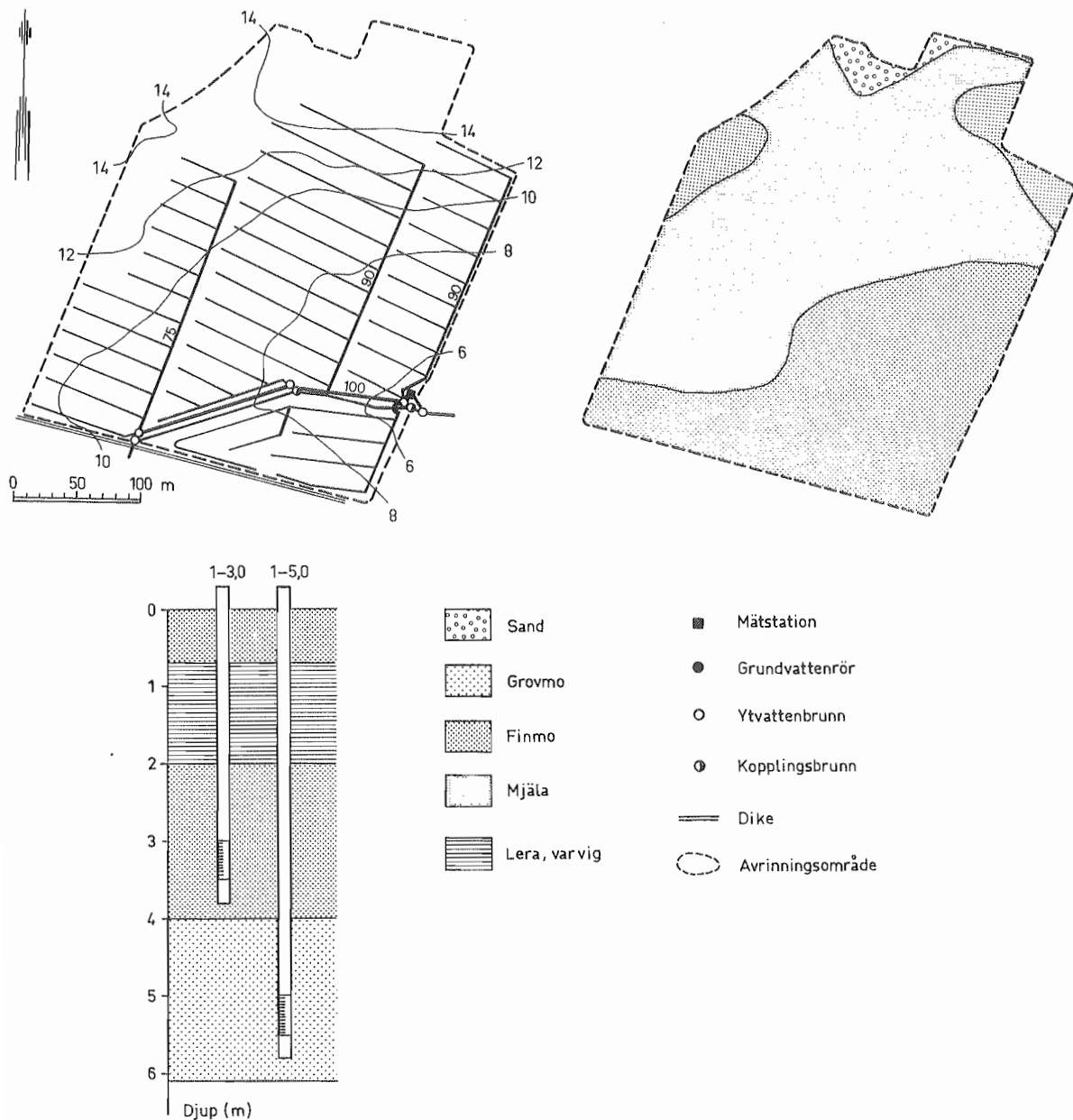


Fig. 2. Försöksfältet i Boda. Täckdiketsplan, geologisk karta och markprofil. *Experimental field at Boda. Pipe draining map, geological map and soil profile. Soil types: sand, fine sand, very fine sand, silt, varved clay. Signs: measuring station, groundwater pipe, well, coupling-device, open ditch, watershed.*



Tabell 1. Gröda, handelsgödsel, stallgödsel och skörd. *Crop, fertilizers, solid manure, and yield.*

År	Gröda	Handelsgödsel (kg/ha)			Stallgödsel Fast (t/ha)	Skörd (t/ha)
		N	P	K		
1977	Korn, insådd	48	21	39	20	3,5
1978	Vall I	48	21	39	0	4,3 (ts)
1979	Vall II	48	21	39	0	Normal
1980	Vall III	48	21	39	0	Normal
1981	Vall IV	48	21	39	0	Övernor- mal

Gustafson & Persson (1979). Fältet tillhör Boda gård 8 km söder om Ljusdal.

"Försöksfältet ligger på sydsluttningen av Bodaåsen som löper i östvästlig riktning. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

Areal (ha)	Täckdikning	Mätstation	Grundvattenrör
9,6	1971	1977	1977

Ytvattenbrunnar finns och särskilda rör för mätning av grundvatten-tryck. (Fig. 1 och 2.)

### Geologisk beskrivning

Bodaåsens södra sluttning är där fältet ligger tämligen flack och täckt av finkorniga distala isälvs- eller ishavssediment, huvudsakligen finmo och mjäla. Den norra sluttningen är mycket brant och har troligen avsatts mot kvarliggande landis. Materialet i åsen utgörs av sand och sandigt grus.

### Grundvattenförhållanden

Vatten som infiltrerar på försöksfältet leds huvudsakligen bort genom täckdikessystemet och perkolerar sannolikt endast till en mindre del genom de svårgenomsläppliga finsedimenten ner till det grövre isälvs-material som finns under finsedimenten. Det ytliga vattnet härrör helt från nederbörd som fallit på fältet. I sydligaste delen kan möjligen vatten från sluttningen mot moränhöjden söder om fältet komma in på detta.

Grundvattnet i åsen strömmar med all sannolikhet åt norr, ut i Lungbäcken. Troligen finns en strömning norrut i sandlager under de finkorniga sedimenten på fältet. Detta djupa grundvatten kan endast till en mindre del härröra från nederbörd som fallit på fältet utan kommer till stor del från höjdområdena söder om fältet."

### MATERIAL OCH METODER

#### Fältutrustning

Mätstation, grundvattenrör och provtagningsutrustning har beskrivits av

Tabell 2. Nederbörd och avrinning. (Värden i mm.) *Precipitation and drainage discharge. (Values in mm.)*

År	Nederbörd	Avrinning		
		JUL-JUN	JUL-DEC	JAN-JUN
77/78	402	100	1	99
78/79	496	45	0	45
79/80	558	65	1	64
80/81	626	140	20	120
81/82	519	199	15	184
Medel	520	109	7	102

Brink, Gustafson & Persson (1978).

### Provtagning

**Nederbörd.** SMHI:s nederbördsstation i Järvsö 8 km SO om försöksfältet har utnyttjats.

**Vatten.** Prov på avrinnande vatten från försöksfältet togs i inkommande ledning till mätstationen.

**Jord.** Provtagning skedde höst och vår under två år med början hösten 1978. Provtagningsmetodiken har beskrivits av Lindén (1981).

### Analys

**Vatten.** Analysmetoderna har beskrivits av Brink et al. (1978) och Gustafson och Torstensson (1983).

**Jord.** Analysmetod för kväve i jord har beskrivits av Lindén (1981).

### Beräkningsmetoder

**Transport.** Ett koncentrationvärde för alla dagar med avrinning interpoleras fram. De sålunda erhållna värdena multipliceras med motsvarande dygnsavrinning för erhållande av dygnstransport. Dygnstransporterna summeras sedan till månads- och årstransporter.

**Medeltal.** Koncentrationsmedeltal för dräneringsvatten erhålles genom att den transporterade mängden av ett ämne divideras med avrinningen för motsvarande period.

### Odlingsåtgärder

Första året odlades korn med insådd (tabell 1). Stallgödseln spreds i samband med vårbruket. Skörden blev bra.

De följande fyra åren odlades vall. Gödslingen var densamma alla år. Skördarna var normala eller över normala. Efter första skörden användes vällen som bete. Vällen började plöjas upp den 20 maj 1982.

## RESULTAT

### Nederbörd, grundvatten och avrinning

Årsnederbörden varierade mellan 402 och 626 mm (tabell 2). Medeltalet blev 520 att jämföras med medelnederbörden för perioden 1961–81 på 518 mm.

Grundvattentrycket var lågt. Något vatten erhöles aldrig i de båda grundvattenrören under de två år mätningarna pågick i dessa. I profilens djupare delar förekom således endast omättad strömning.

De relativt låga nederbördstalen och det låga grundvattentrycket medförde att de avrunna vattenmängderna i medeltal endast uppgick till 109 mm. Vårfloden var alla år den period under vilken merparten av avrinningen ägde rum (tabell 2). April månad hade alla år störst avrinning (fig. 3). Det betyder att vårfloden klart dominerade avrinningsbilden. En stor andel av avrinningen under vårflödena bör ha varit ytavrinning.

### pH och ledningstal i vatten

**pH.** Medeltalet för hela försöksperioden blev 6,7. Lägsta och högsta värde blev 6,0 resp. 8,2. Att medeltalet låg något under neutralpunkten är en följd av att ytligt avrinnande vatten har lägre pH än ett dräneringsvatten som perkolerat genom en jordprofil. Andelen ytligt avrinnande vatten var sannolikt stor i samband med vårflödena.

**Ledningstal.** Medeltalet för hela försöksperioden blev 12 mS/m. Det varierade mellan 6 och 39 mS/m. Vattnet var således förhållandevis jonfattigt, vilket är typiskt för ett ytligt avrinnande vatten.

### Kväve i marken

Det mineraliska kvävet i marken bestämdes vid fyra tillfällen.

Första provomgången togs i förstaårsvall hösten 1978. Merparten av kvävet befann sig i matjorden (fig. 4). Ammonium dominerade kraftigt. I alven var ammoniummängderna mycket mindre. Nitratmängderna var mera

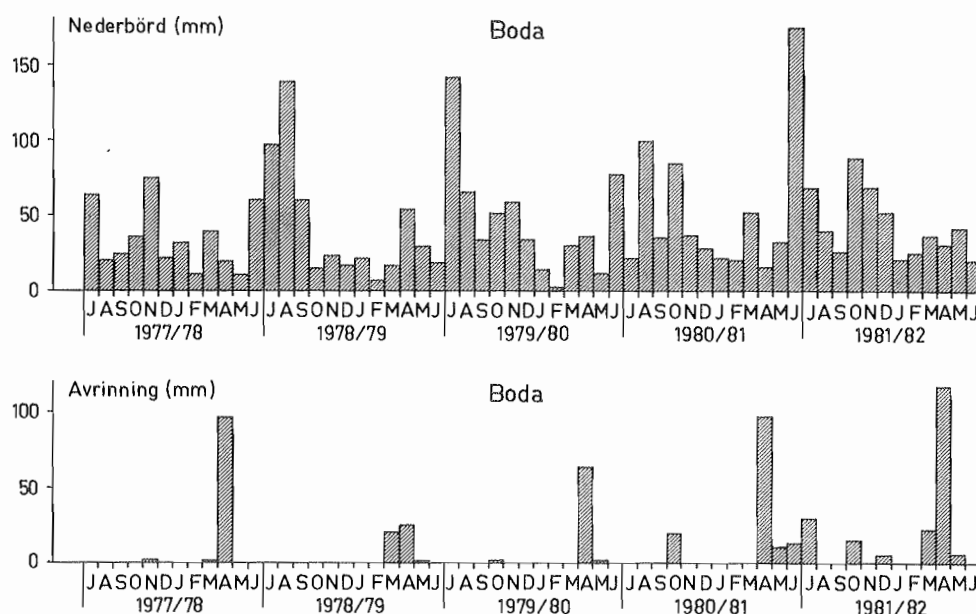


Fig. 3. Nederbörd och avrinning. *Precipitation and drainage discharge.*

Tabell 3. Kväve, fosfor och kalium i dräneringsvatten. *Nitrogen, phosphorus, and potassium in drainage water.*

År	Kväve (N)					Fosfor (P)			Kalium (K)
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Övr. N	Tot-N	PO <sub>4</sub>	Övr. P	Tot-P	
<b>Halt (mg/l)</b>									
77/78	0,03	0,01	6,66	1,39	8,09	0,01	0,04	0,05	2,31
78/79	0,18	0,01	0,25	0,93	1,37	0,10	0,12	0,22	9,58
79/80	0,42	0,00	0,24	0,67	1,33	0,24	0,29	0,53	4,38
80/81	0,28	0,01	3,33	0,78	4,40	0,16	0,06	0,22	2,26
81/82	0,04	-	1,17	0,60	1,81	0,06	0,03	0,09	1,40
<b>Transport (kg/(ha.a))</b>									
77/78	0,03	0,01	6,66	1,39	8,09	0,01	0,04	0,05	2,31
78/79	0,03	0,00	0,11	0,48	0,62	0,05	0,05	0,10	4,31
79/80	0,27	0,00	0,15	0,45	0,87	0,16	0,18	0,34	2,85
80/81	0,39	0,02	4,67	1,09	6,17	0,23	0,08	0,31	3,16
81/82	0,09	-	2,33	1,18	3,60	0,12	0,06	0,18	2,78

jämnt fördelade i profilen. Variationerna i tiden var små.

Vid ett tillfälle (2 juli 1980) togs en djupprofil i anslutning till grundvattenlokalen. Kvävekonzentrationerna i jorden var mycket små i hela profilen med undantag av matjorden (fig. 5). Mängdmässigt var det lika mycket kväve i matjorden (22 N kg/ha) som i resten av profilen till fem meters djup. Kväveförlusterna till större djup var således nära nog försumbara.

#### Kväve i avrinnande vatten

**Ammonium.** Medelhalten varierade relativt kraftigt mellan åren (tabell 3). En förhöjd ammoniumhalt indikerar att ytvattenandelen varit betydande hos det avrunna vattnet, eftersom ammonium lätt immobiliseras på sin väg genom marken.

**Nitrit.** Medelhaltererna var låga vilket är normalt i avrinnande vatten från åker.

**Nitrat.** Medelhaltererna varierade kraftigt mellan åren. Halten var högst första året i samband med odling av korn med insådd. Särskilt andra och

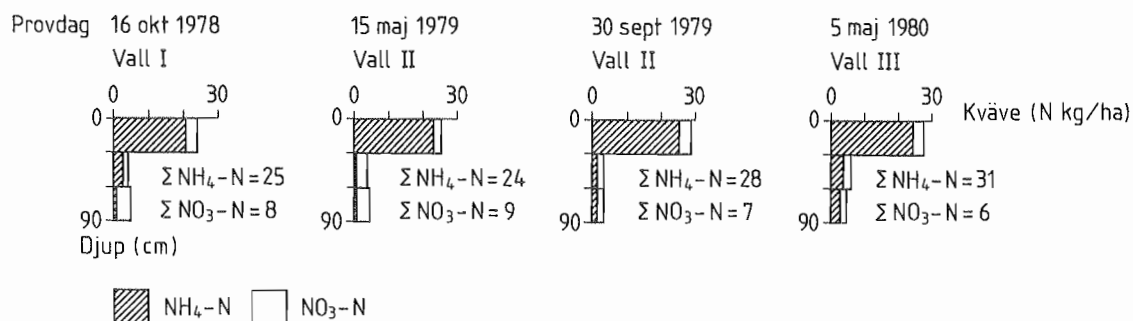


Fig. 4. Mineraliskt kväve i marken. *Mineral nitrogen in the soil.*

tredje året var halterna mycket låga. Vallodling i kombination med djupare tjäle dessa år har bidragit till detta. Vall tar normalt upp mycket av nitraten i marken samtidigt som en djupare tjäle ökar andelen ytvavrinning i vårfloden. Ytvatten är nitratfattigare än täckdiksvatten.

**Övrigt kväve.** Detta kväve utgöres främst av organiskt kväve och har således sitt ursprung närmast från växtmaterial. Medelhalterna avtog under hela försöksperioden.

**Totalkväve.** För att illustrera den totala variationsbredden hos kvävet har totalkvävet redovisats (tabell 3). Första och fjärde året var vattnet kväverikare än de övriga åren. Den fraktion som bidrog mest till detta var nitrat.

**Transport av kväve.** Någon kvävetransport av betydelse förekom endast första och fjärde året (tabell 3). Andra och tredje året var transporterna mycket små. En bidragande orsak till detta var den låga avrinningen dessa två år.

### Fosfor i avrinnande vatten

**Fosfat.** Medelhalterna var relativt höga andra, tredje och fjärde året (tabell 3). Normalt är fosfor svårörligt i marken, men här dominerade ytvattenandelen i avrinningen. Fosfathalten kan då vara förhöjd till följd av utfrysning och lakning av vallens gröna cellmassa. Detta synes

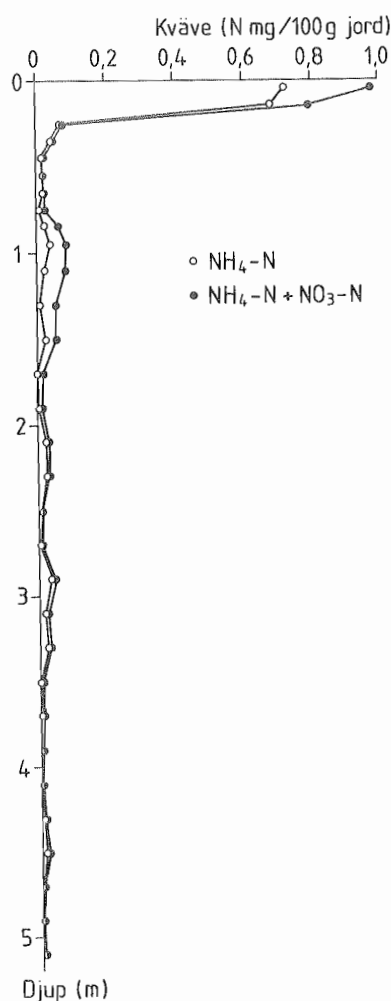


Fig. 5. Mineraliskt kväve i marken till fem meters djup. *Mineral nitrogen in the ground to a depth of five meters.*

också ha varit fallet, vilket kan exemplifieras med resultaten från de två sista vårflödena (fig. 6). Fosfathalterna var förhöjda under vårflödenas början då ytvattenavrinningen var kraftig, varefter halterna avtog mot nivåer som är mera normala för täckdiksvatten.

**Övrig fosfor.** Medelhalten var förhöjd andra och tredje året. Den övriga fosfor ökar främst genom att fosfor bunden till oorganiska och organiska partiklar följer med i suspenderad form. Detta underlättas om marken är frusen. Tjäljen var också kraftigare dessa år jämfört med undersökningsperioden i övrigt.

**Totalfosfor** utgör summan av de båda övriga fraktionerna. Värdena visar att totalfosfors medelhalt varierade med en faktor tio under försöksperioden.

**Transport av fosfor.** Transporten kulminerade tredje året och var större i slutet än i början av undersökningsperioden. En del av förklaringen till detta är den större avrinningen under de sista två åren jämfört med de två första.

### Kalium i vatten

Medelhalten var något förhöjd andra året. Orsaken till detta är oklar. De transporterade mängderna var små.

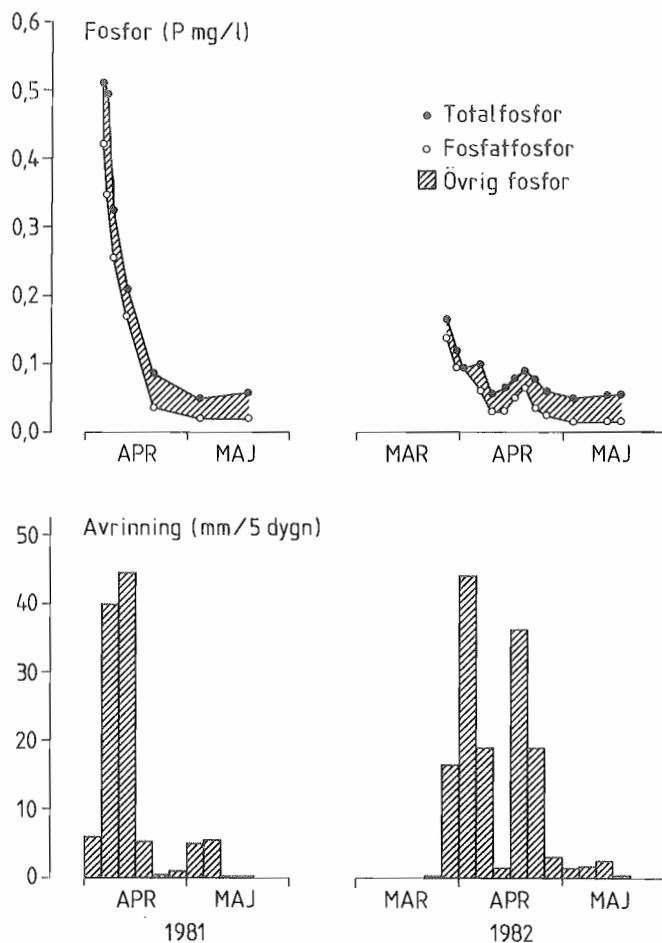


Fig. 6. Fosfathalt och avrinning under två vårflöden. *Phosphate and drainage discharge during two spring floods.*

Tabell 4. Större konstituenten i dräneringsvatten. *Major ions in drainage- and groundwater.*

År	HCO <sub>3</sub>	Ca	Mg	Na	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>-S</sup>
<b>Halt (mg/l)</b>						
80/81	-	8,3	2,5	3,0	5,8	1,8
81/82	22,1	9,7	3,0	3,4	6,5	3,0
<b>Transport (kg/ha)</b>						
80/81	-	11,6	3,5	4,2	8,1	2,5
81/82	43,9	19,2	5,0	6,7	12,9	5,9

### Större konstituenten

Halterna var låga för samtliga analyserade ämnen (tabell 4). Det hela är naturligt med tanke på att marken från början är relativt näringsfattig genom att den har sitt ursprung från kalkfattig berggrund.

Genom att halterna var låga blev också de transporterade mängderna små.

### DISKUSSION

**Kväve.** Vallodling har visat sig ge upphov till mycket små kväveläckage. Vallens långa liggstid i detta fall i kombination med måttlig avrinning gav upphov till ett mycket lågt medelvärde, ungefär hälften så mycket av vad som uppmätts på andra håll i Norrland (Gustafson & Tortensson 1983, 1984). Följande jämförelse belyser det hela (värden i Tot-N kg/ha):

Lokal	Öjebyn	Offer	Vagle	Boda
Utlakning	6,3	6,4	5,5	2,8
Antal observationsår	2	3	3	4

**Fosfor.** De förhållandevis höga fosfatvärdena i vårflodens ytavrinningskede, vilka sannolikt orsakades av utfrysning av fosfor ur vallens gröna cellmassa, har noterats på andra håll. Denna process syns därför vara att räkna med när orsaker till ett förhöjt fosforläckage söks.

**Större konstituenten.** En jämförelse med medelhalter i övriga norrlandsförsök visar att halterna vid Boda var lägre än vid någon annan station för kalcium, magnesium, kalium och sulfat. För natrium och klorid var de näst lägsta (värden i mg/l):

Ämne	Ca	Mg	K	Na	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>-S</sup>
Öjebyn	14	8,8	8,3	2,5	4,0	51
Röbäcksdalen	22	11	14	8,4	20	11
Offer	36	12	9,4	17	22	52
Vagle	121	8,5	5,6	8,5	15	19
Boda	9,0	2,8	4,0	3,2	6,1	2,4

## SAMMANFATTNING

Inverkan av odlingsåtgärder på kvaliteten hos avrinnande vatten från åkermark har undersökts under fem år vid försöksfältet Boda söder om Ljusdal. Försöksfält och mätstation var så utformade att summan av yt- och dräneringsvatten mättes.

Medelnederbörden och medelavrinningen var 520 resp. 109 mm. Merparten av avrinningen skedde i vårfloden. Ytvattenandelen i avrinningen var dominerande.

Grödorna var korn med insådd och därefter fyra år med vall. Fastgödsel spreds första året, därefter endast sammansatt handelsgödsel (NPK).

Kväveförlusterna var störst första året efter korn med insådd och sjönk under de fyra vallåren till i medeltal 2,8 Tot-N kg/(ha.a).

Förhöjda fosfatfosforförluster kunde tillskrivas utfrysning av fosfat ur vallgräsets cellmassa.

Förhöjd övrig fosfor (erosionsfosfor) noterades vissa år.

Förlusterna av större konstituenten var små.

## REFERENSER

- 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.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. Ekohydrologi nr 13, 21-33.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. Ekohydrologi nr 13, 35-48.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1984. Växtnäringsförluster i Offer. Ekohydrologi nr 15, 39-51.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1984. Växtnäringsförluster i Vagle. Ekohydrologi nr 15, 27-37.
- Lindén, B. 1981. Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. II Metoder för mineralkväveprovtagning och analys. Rapport nr 137, 1-79. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.



# VATTENFÖRORENINGAR FRÅN TIPPEN I ERSTORP - ETT RÄTTSFALL

Nils Brink

## INLEDNING

På uppdrag av Michelsons advokatbyrå för räkning Anna-Lisa Eklöw och Evald Eklöw har undertecknad föreståndare för avdelningen för vattenvård vid Sveriges lantbruksuniversitet studerat grundvattenförhållandena i Erstorp i syfte att klarlägga frågan om i vad mån ett hydrauliskt samband råder mellan grustäktsområdet i Erstorp och Eklöws brunn på Erstorp Södergård 1:2 i Finspångs kommun.

Anledningen till studien var att Eklöws i ett vid tingsrätten i Linköping anhängiggjort stämningsmål gjort gällande att Finspångs kommun genom tippmassor i grusgropen förorenat brunnen.

SGU, som hade tingsrättens uppdrag att klara ut de hydrologiska förhållandena, ansåg att inget hydrauliskt samband föreligger. I min genomgång visas att ett sådant samband finns. Tingsrätten avkunnade dom 1983. Den fann sambandet styrkt. Rättens ordförande och fastighetsrådet var skiljaktiga i den delen. Domen överklagades i Göta hovrätt av Finspångs kommun. Efter förhandlingar ingicks ekonomisk förlikning 1984. Men kommunen erkänner ingen skuld.

Till underlag för ett utlåtande (Brink 1982) förelåg av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) till Linköpings tingsrätt avgivna rapporter (Aastrup, Carlstedt, de Geer & Timje 1981 m.fl.), egna observationer på platsen samt data från Miljöcentrums provpumpningar i sep-okt 1981 (Gillberg & Isaksson 1982). Under rättegången våren 1982 tillkom nya uppgifter. Till grund för följande framställning ligger mitt ovan nämnda utlåtande, vari nytillkomna uppgifterna inarbetats.

Till en början skall några grundläggande begrepp klaras ut.

## ELEMENTA

**Grundvattenyta.** Grundvattenytan är skiljeytan mellan fritt och bundet vatten i grunden. På grundvattenytan råder atmosfärstryck, över densamma råder undertryck och under hydrostatiskt övertryck.

**Vattenstånd.** Grundvattenytans höjdläge kallas vattenstånd. Det kan mätas i ett ofodrat öppet vertikalt hål i marken eller i ett sådant hål som fodrats med ett rör med slitsar (öppningar) längs hela rörväggen.

**Strömlinje.** Ett enskilt vätskeelements bana.

**Strömrör.** Ett knippe strömlinjer.

**Tryckhöjd.** Grundvattnets rörelse bestäms av tryckdifferensen mellan två punkter på strömlinjen. Tryckhöjden i en punkt mäts med en piezometer, i fortsättningen kallad tryckrör. Ett sådant rör har hel rörvägg som sluter tätt till jorden ned till mätpunkten. Där tas vattnet in i öppen botten eller genom en sil i rörväggen. Tryckhöjden är den nivå till vilken vattnet stiger i tryckröret.

Ett grundvattenrör med sil ger ett medelvärde av trycken mellan silens underkant och överkant. Om den avlästa vattennivån i ett sådant rör ligger mellan dessa båda gränser fungerar röret som ett vattenståndsror. Där råder ju atmosfärstryck både i och utanför röret.

**Potentialyta.** Alla punkter med samma tryckhöjd bildar en ekvipotentialyta (tryckyta).

**Hastighet.** Vattenhastigheten i en punkt är en vektor som är vinkelrät mot tryckytan och riktad från högre till lägre tryck längs en strömlinje. Hastighetsvektorn i en punkt anger strömriktningen, dess längd hastighetens måttetal.

**Inströmningsområde.** Ett område med vattenströmmen riktad snett eller rakt nedåt från grundvattenytan är ett inströmningsområde. Tryckhöjden är mindre än vattenståndet. Nedtryck råder. Nederbörd som faller där bildar grundvatten. (Meinzer & Wengel 1942.)

**Utströmningsområde.** Ett område med vattenströmmen riktad snett eller rakt uppåt till grundvattenytan är ett utströmningsområde. Tryckhöjden är större än vattenståndet. Upptryck råder. Nederbörd som faller där fångas upp av uppströmmande grundvatten som kommer från ett inströmningsområde. Utströmningen sker punktvis i större källor, utbredd i källområden, under ytan i öppna vatten, genom avdunstning och genom upptagning i växter. (Meinzer & Wengel 1942.)

**Flöde.** Flöde betecknar mängd per tidsenhet (t.ex.  $m^3/h$ , l/s). Det är en skalär, dvs en storhet som saknar riktning. Ord som "flödesmängd", "flödesriktning", "flödes hastighet" och "flödesmönster" är oriktiga. Riktiga benämningar är flöde, strömriktning, strömningshastighet och strömbild.

**Kapillär överströmning.** Bergtrösklar i grunden är i och för sig inget hinder för vattenströmning. Om tryckhöjden på ömse sidor om tröskeln är olika kan en kapillär överströmning äga rum. De lösa jordlagrens kapillaritet avgör hur högt vattnet på båda sidor kan stiga och förenas så att en hävertteffekt uppkommer.

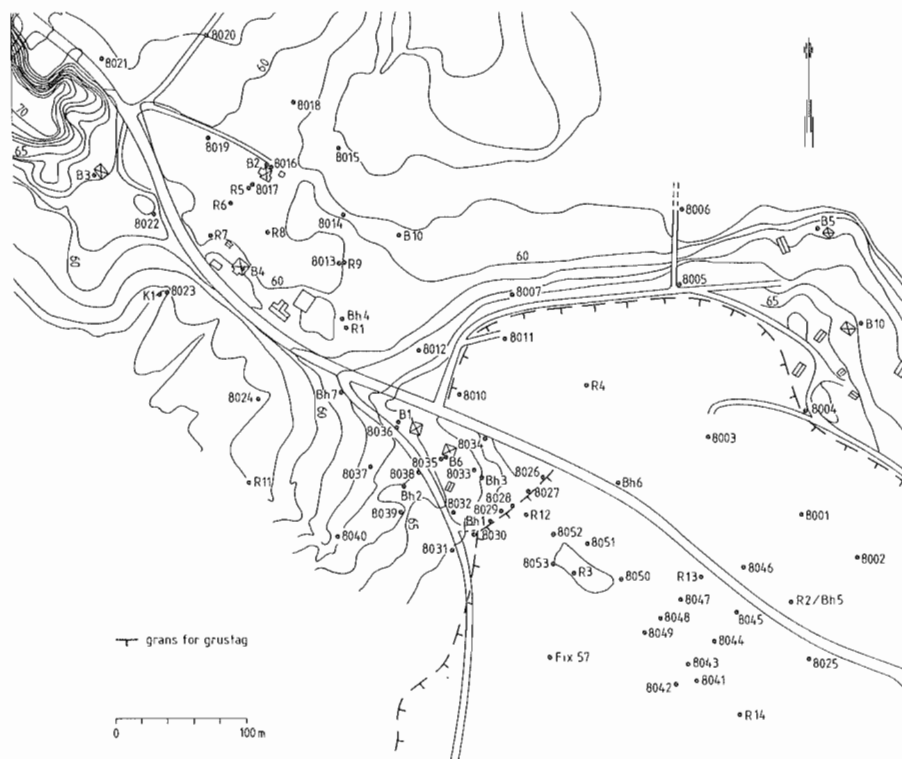


Fig. 1. Underlagskarta med markhöjd och borrhpunkter. (Efter SGU 1981.)

## BERGGRUNDEN

Markytans höjdläge och borrhänter framgår av fig. 1, allt enligt SGU. SGU har presenterat tre olika berggrundskartor, nämligen jun-81, okt-81 och maj-82. De grundar sig på borrhänter och seismiska mätningar. I fig. 2 återges de båda förstnämnda.

De seismiska mätningarna ger en allmän bild av berggrundens läge. De kan emellertid inte nyttjas för noggrann bestämning. Felet kan bli 1 m och mera:

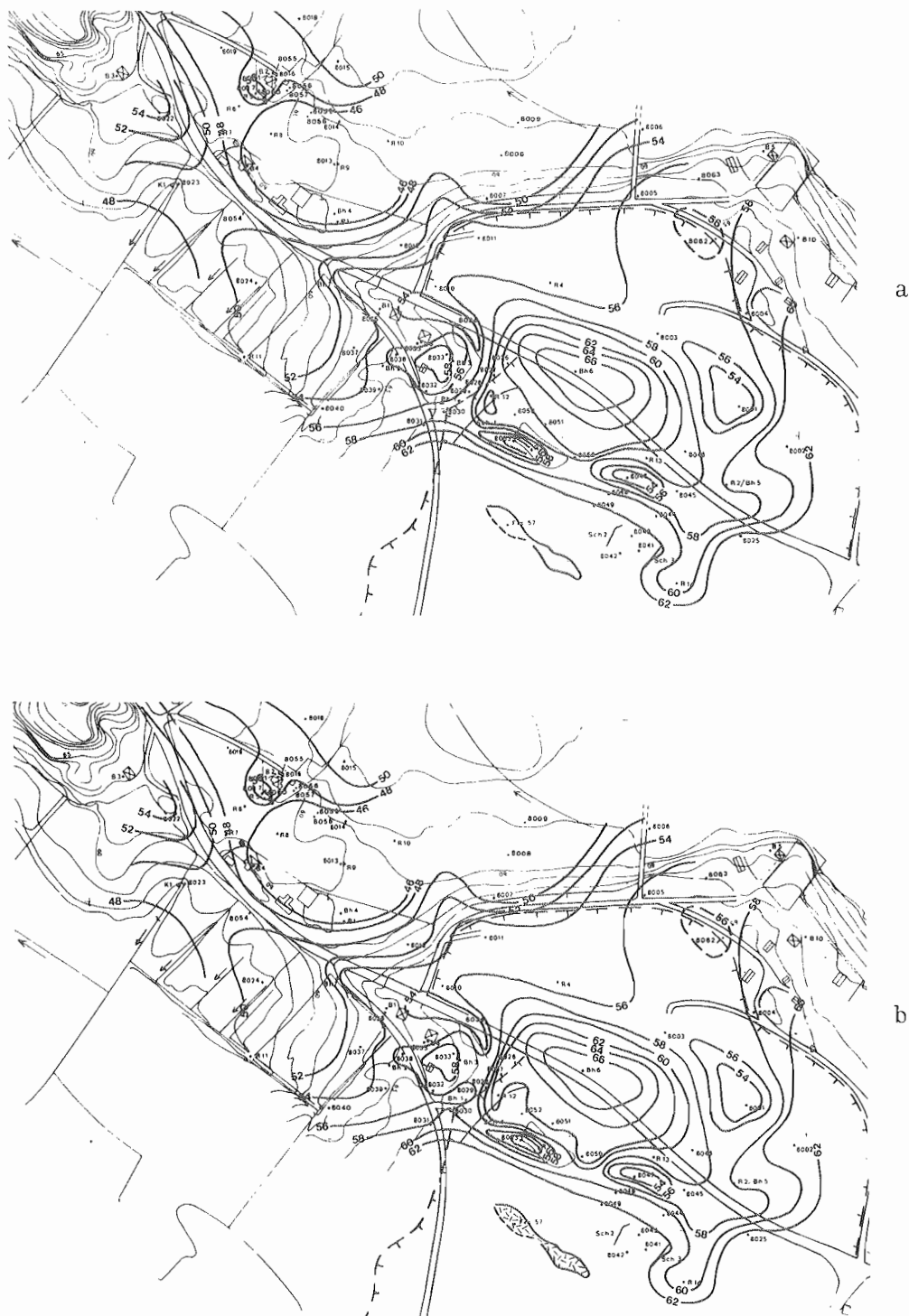


Fig. 2. SGU:s berggrundskartor. (a) Jun-81. (b) Okt-81.

Rör	Höjd (m ö. h.)		Rör	Höjd (m ö. h.)	
	Borrning	Seismik		Borrning	Seismik
Bh6	68,67	68	Bh1	56,01	57
R2	58,26	57	Bh4	44,25	44
Bh2	55,00	55	Bh3	57,45	58

Mellan den första (fig. 2 a) och den andra kartan (fig. 2 b) har inga nya uppgifter tillkommit. Likväl skiljer de sig i centrala stråk. I den andra versionen har "vuxit upp" en tröskel som styr det djupa vattnet

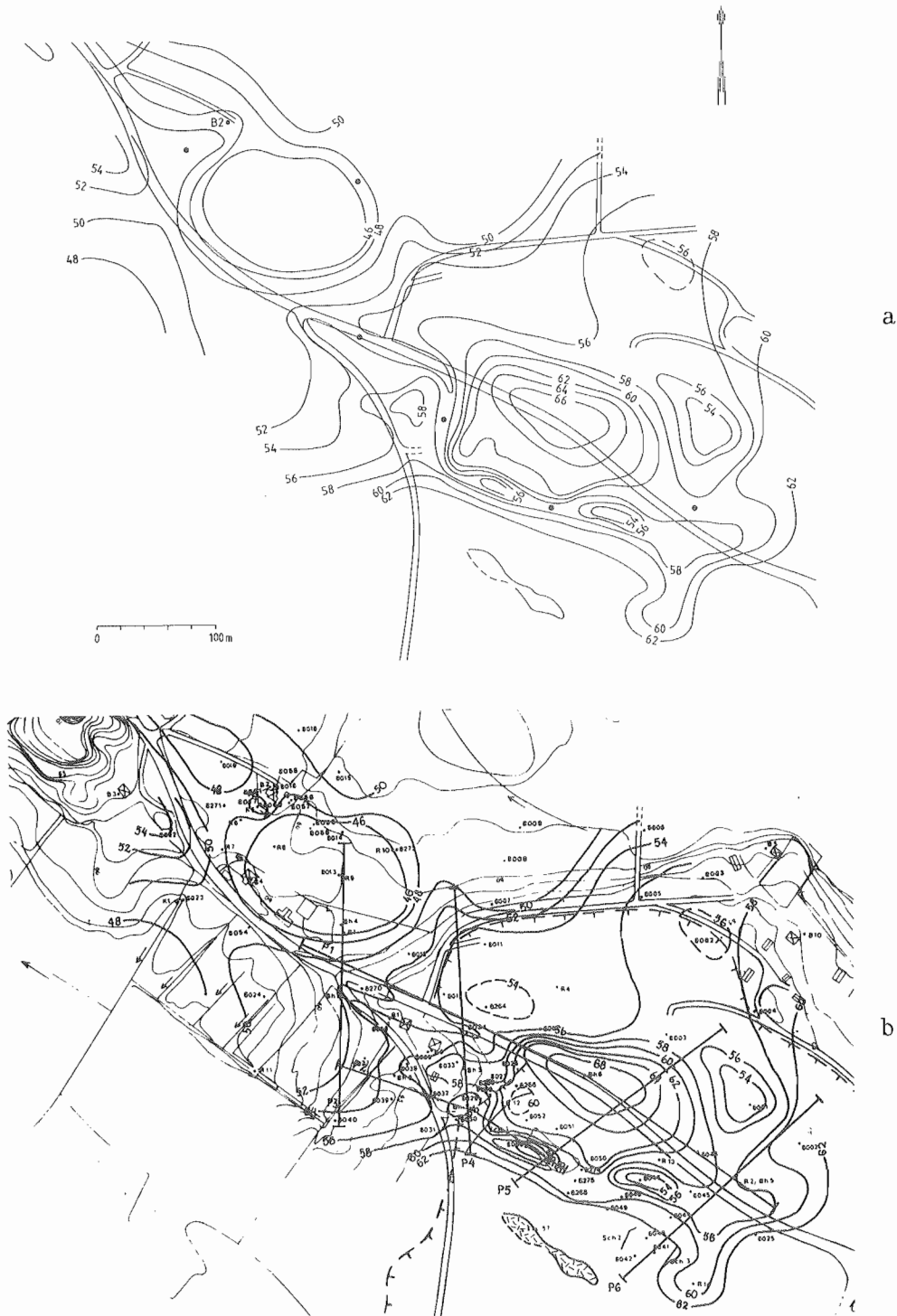


Fig. 3. Berggrundskartor. (a) Eget förslag feb-82. (b) SGU maj-82.

så att ingen del därav kan ta en nordlig riktning mellan punkterna Bh3 och 8027 mot B2.

Med de uppgifter som då fanns kunde berggrundskartan i fig. 3 a också ritas. Nämda tröskel är där borta och en ny har ritats in strax söder därom. En nord-sydlig djupränna har uppkommit. På samma sätt kan nivålinjerna 46 och 48 slutas vid punkt R10 kring en djuphåla (kärret) i norra delen. Även vid den aktuella brunnen B2 kan linjerna dras så att djuprännan vid R6 i SGU:s versioner i stället hamnar strax norr om B2.

På grund av de här anförda och andra oklarheter föreslogs nya borrhningar ungefär vid de sex punkter som är angivna i fig. 3 a. Borrhningar utfördes vid alla punkterna utom i den längst i öster. De ledde till den tredje kartversionen från SGU (fig. 3 b).

I den tredje versionen har företagits väsentliga ändringar. Nivålinjerna 46 och 48 har nu slutits kring kärret som har formen av en skål med lika höga kanter runtom. På den punkten är numera alla överens. Vidare har SGU ritat in två likvärda utgångar från kärret över både 8271 och B2 grundat på den nya borrhpunkten 8271. Detta innebär en förskjutning mot B2 från det tidigare antagandet. Med det underlag som nu finns torde den angivna bilden vara den mest sannolika (jmf. fig. 4).

Också i stråken mellan 8034 och 8270 och mellan 8267 och 8264 har betydande korrigeringar fått göras. I stället för en framskjutande höjdsträckning mot 8264 har en isolerad fördjupning nu inritats där. Det kan emellertid ifrågasättas om inte denna fördjupning har förbindelse med djuprännan mellan 8034 och 8270 som fig. 4 visar.

I den centrala delen runt punkten 8269 (fig. 3 b) är nivålinjerna uppenbarligen dragna fel. Den punkten har bergnivån 58,75 men ligger på nivålinjen 60,00. Efter nödvändig korrigering försvinner den egendomliga utbuktningen på 60-nivån vid 8269 (fig. 4). Oklarheterna består emellertid i stråket mellan Bh3 och 8269. Det finns ingenting som motsäger att berggrundskartan där kan se ut som i fig. 4.

Slutligen har borrhningarna i snittet 8050-8268 medfört att man nu vet att där ligger en tröskel med känt djup och känd minsta bredd. I förhållande till tidigare kartor har bredden ökat avsevärt.

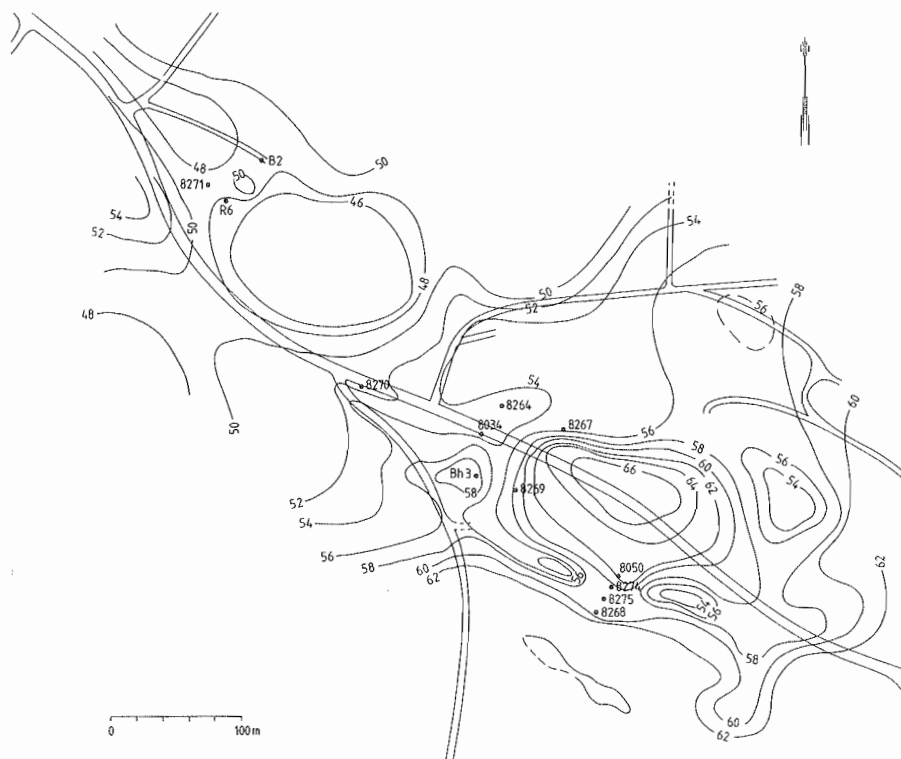


Fig. 4. Berggrundskarta, ännu en möjlighet. Eget förslag maj-84.

Tabell 1. Vattenytans höjd i några grundvattenrör.

Rör	Höjd (m ö h)				
	8010	8042	8043	8050	8051
Tryckhöjd 15 dec-80	59,24	64,62	64,48	63,94	63,82
Silens ö.k.	58,79	64,52	63,60	63,66	62,69
Vattenstånd 7 okt-80	58,66	63,65	63,35	62,88	62,29
Silens u.k.	57,79	63,52	62,60	62,66	61,69

## HYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

### Grundvattenrören

Som det framgår av de inledande förklaringarna är det viktigt att hålla isär vattenstånd och tryckhöjd. SGU har satt likhetstecken mellan dem.

De flesta av de satta rören fungerar alltid som tryckrör (de är oslitsade och vattennivån ligger över silen), några stundom som tryckrör och stundom som vattenståndsror beroende på om silens överkant ligger under eller ovan grundvattenytan. Exempel på det senare slaget ges i tabell 1.

Vid högvatten fungerar sålunda de nämnda rören som tryckrör och vid lågvatten som vattenståndsror.

Det finns särskild anledning att uppmärksamma rör 8050. Det fungerar nämligen trögt vid lågvatten och stannar på höjden 62,78 m ö h, fast grundvattnet fortsätter att sjunka. Detta framgår vid en jämförelse mellan 8050 och 8051:

Rör	Vattennivå (m ö h)				
	6 mar	5 maj	16 jun	14 jul	11 aug
8050	63,81	63,14	62,88	62,78	62,78
8051	63,66	63,03	62,36	62,35	62,26
Differens	0,15	0,11	0,52	0,43	0,52

Antingen står det vatten kvar i botten på röret eller i en fördjupning i berget. SGU håller numera det senare för troligt. I vart fall måste värdena vid lågvatten slopas.

### Vattenstånd

SGU menar att det vid lågvatten går en vattendelare vid just 8050 och att berget där hindrar vattnet att strömma västerut. Någon sådan delare kan inte beläggas eftersom värdena vid 8050 som ovan framgått inte kan användas. Något berggrundshinder för vattnet finns inte heller. Grundvattenytan vid 8051 låg exempelvis 11 aug 1981 på höjden 62,26 m ö h dvs mer än 2,25 m över bergets högsta punkt, som är lägre än 60,00 m i "bergrännan" i sträckningen 8047-R3-8053-8029. Med andra ord finns där en direkt hydraulisk förbindelse. Borrningarna 1982 i snittet 8050-8268 visar att vattnet har fri passage på höjder över ca 58,50.

### Tryckhöjd

Tryckhöjden ger besked om att grundvattenytan i ett inströmningsområde

ligger över den uppmätta höjden och i ett utströmningsområde under. Hur mycket över eller under beror på vattenhastighetens riktning och storlek, på genomsläppligheten och på hur djupt rören slagits.

Ett specialfall förefinns emellertid. Det inträffar när grundvattenströmmen är horisontell. Potentialytan är då vertikal vilket innebär att alla rör, om också på skilda djup, ger samma trycknivå.

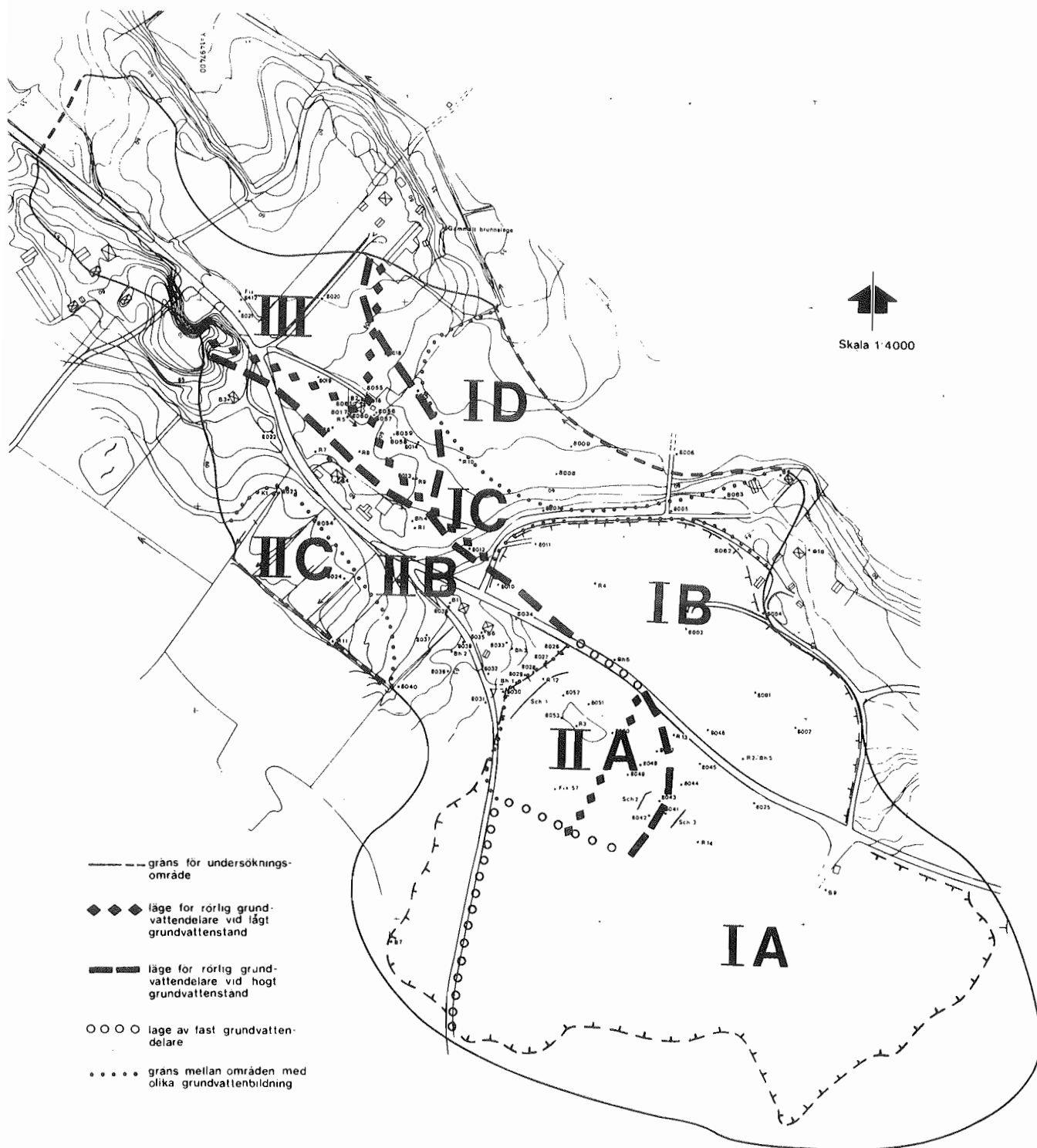


Fig. 5. Indelning av undersökningsområdet i grundvattenmagasin vid lågt resp. högt grundvattenstånd samt indelning med avseende på grundvattenbildning. (SGU 1981.)

Tabell 2. Tryckhöjd, markhöjd och rörhöjd i några mätpunkter.

Rör	Tryckhöjd								Rörhöjd
	8 jul	9 sep	4 nov	15 dec	10 mar	5 maj	11 aug	Markyta	
8006	58,40	58,39	58,65	<b>58,88</b>	<b>58,88</b>	58,86	58,55	58,38	58,88
8015	58,31	58,20	<b>58,46</b>	<b>58,46</b>	<b>58,46</b>	<b>58,46</b>	58,40	57,83	58,46
8023	57,58	57,55	57,81	58,02	57,88	57,94	57,73	57,32	58,07
8024	58,17	57,74	57,97	<b>58,17</b>	is	<b>58,17</b>	57,90	57,62	58,17
8014	58,45	58,47	58,75	59,00	is	58,91	58,62	58,71	59,48
R4	58,54 <sup>a</sup>	58,57	58,90	59,23	59,31 <sup>b</sup>	59,15	58,80	59,09	59,32
R5	58,09 <sup>a</sup>	58,10	58,41	58,66	58,63	58,56	58,30	58,58	58,90

<sup>a</sup>30 jul, <sup>b</sup>26 mar

### Grundvattenkartorna

En omedelbar följd av ovanstående är att SGU:s (1981) "grundvattennivåkartor" (kartbilagorna 3 och 4) inte visar grundvattenytans höjd över havet vid de två aktuella tidpunkterna. Saken kan lätt belysas med mätserierna i flera rör (tabell 2).

I de fyra rören 8006, 8015, 8023 och 8024 stod tryckhöjden över markytan hela året, i 8014, R4 och R5 en del av året. Understundom var tryckhöjden så stor att vattnet bräddade över **rörkanten**. Men vattenytan kan inte ha stått över markytan utom möjligen i norra grusgropen kring R4.

I själva verket visar SGU:s kartbilagor ekvidistanslinjer för tryckhöjdernas projektioner på horisontalplanet, inte grundvattenytan. De ger i vissa stycken en någorlunda riktig allmän bild av strömningen i horisontell led, i andra en felaktig bild.

### Inströmning - utströmning

SGU har indelat undersökningsområdet i delområden (fig. 5) med avseende på grundvattenbildning (kartbilaga 5 och pp 23-26). IA, IB, IC, IIA, IIB och III har antagits vara inströmningsområden, ID och IIC har betecknats som utströmningsområden.

De så kallade grundvattennivåkartorna har oriktigt legat till grund för indelningen. De visar ju tryckhöjd och inte grundvattenstånd.

Redan tabell 2 ger vid handen att gränser mellan delområden dragits fel. Punkt 8023 ligger visserligen i område IIC strax innanför gränsen mot IIB. Gränsen måste emellertid dras en god bit närmare B2, ty 8023 har ett övertryck på mer än 1,3 m i förhållande till K1 strax intill. Och verkningarna härav kan inte upphöra bara några få meter därifrån. Samma sak gäller det upptryck som konstaterats vid 8015 (fig. 6).

I det nya röret 8272 på gränsen mellan IC och ID har tryckhöjden oftast nått över markytan. Gränsen mellan ID och III måste ligga närmare B2.

Punkterna 8014 och R5 ligger i område III. Vid högvatten stiger tryckhöjden så mycket att den står över markytan. Också detta visar att delar av III åtminstone tidvis är ett utströmningsområde.

Tryckhöjden i närliggande punkter kan hjälpa oss att tolka strömningssituationen. Som det framgår av fig. 6 var tryckhöjden genomgående



större i de djupa än i de grunda rören vid rörparen 8016, B2 och 8056, 8057. Här råder ständigt upptryck, dvs vattnet strömmar från botten mot ytan. Där finns upprinnelsen till utströmningsområdet vid 8015.

Vidare kan sägas att rörparet R9, 8013 ligger på gränsen till ett icke permanent utströmningsområde. Tryckhöjderna nådde ju vintertid strax under markytan samtidigt som det rådde upptryck (fig. 6). I själva verket talar allt för att området mellan 8015 och 8023 tillhör ett sammanhängande utströmningsområde.

## Strömbilden

Strömningen vid lågvatten är det i sammanhanget intressanta. Här väljs tidpunkten 11 aug 1981 som har den mest fullständiga av SGU redovisade mätserien. Följande rör var då torra: 8002, 8027, 8033, 8043, 8045, R2, R12 och R 13. Detta försvårar värderingen. En bättre tidpunkt hade eljest varit 6 aug 1980, men då hade flera viktiga serier ännu inte påbörjats. Hit hör 8056, 8057, 8058, 8059, 8060, 8061 som startade 15 dec 1980 samt 8062 som startade 14 jan 1981.

Det kan tilläggas att SGU baserar sin lågvattenstudie på värden från 26 aug 1980 och sin högvattenstudie på värden från just 14 jan 1981. Denna dag noterades is i minst 20 rör.

Strömbilden 11 aug 1981 ser i stora drag ut som i fig. 7. Mellan 8025 och 8049 nedom tippområdet delar sig grundvattenströmmen med en gren till norra grusgropen under vägbanken och en västerut i södra grusgropen. Delar av de båda grenarna återförenas i västra änden på kullen mellan grustagen och fortsätter ned mot kärret kring R8 i ett lättgenomsläppligt material. Därifrån har vattnet tre utgångar, varav en över B2.

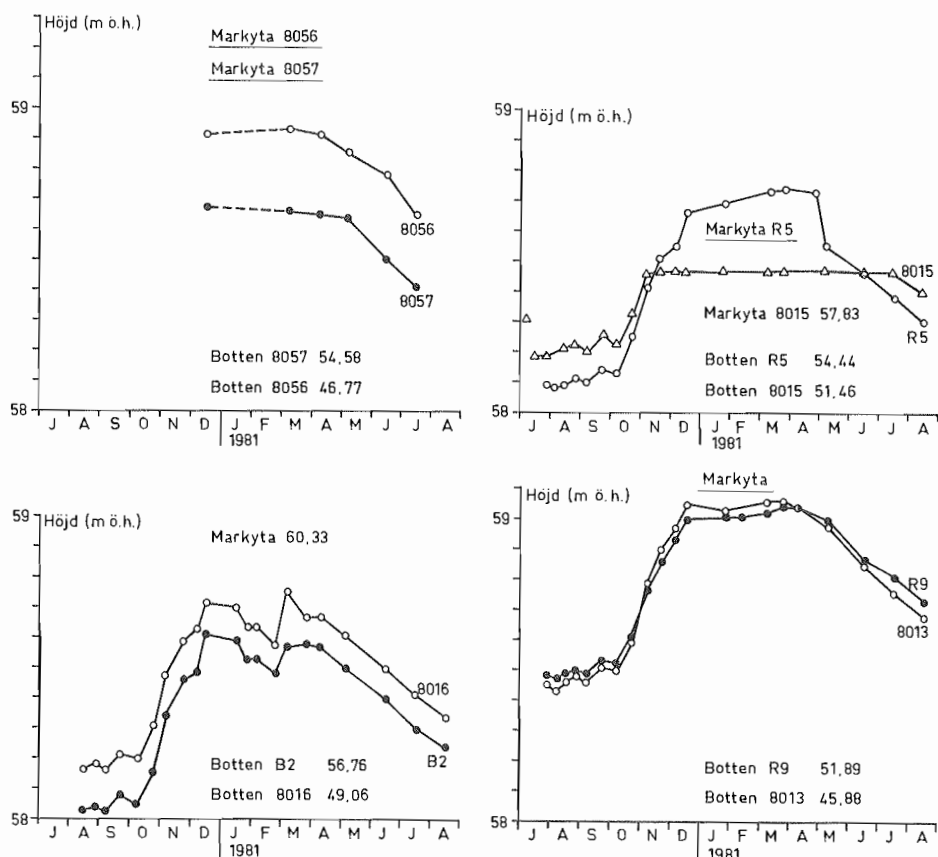


Fig. 6. Tryckhöjden i några rör i förhållande till markyta och rörbotten.

Det skall särskilt noteras att en höjdsträckning i berg och mark ungefär längs linjen 8004, norr 8062, 8005 och 8007-8011 är en ytvatten- och grundvattendelare. Detta hade SGU inte observerat utan med sina första kartor (aug-80 och jan-81) föreställt sig att grundvattnet passerar vattendelaren. I en version från maj-82 accepterar SGU min tolkning i denna del. (Fig. 7.)

Frågan om vilken väg det mesta vattnet tar är svår att besvara. För den södra talar den lättgenomsläppliga grunden liksom det svår genomsläppliga passet norrut under vägen (jfr SGU:s rapport 11 jun 1979). Detta kan möjligen uppvägas av trånga sektioner i den södra strömfåran.

Den horisontella strömbilden ger inte hela sanningen eftersom trycken mäts på olika djup. Vertikala längdsnitt och tvärsnitt kompletterar (fig. 8).

Även om det finns oklara punkter är de stora dragen riktiga.

De många mätpunkterna vid B2 ger den säkraste bilden. Upptrycket på lovartsidan om bergtröskeln orsakar en uppström och nedtrycket på lärsidan en nedåtriktad ström. Samma mönster finns kring trösklarna i höjd med 8050 och 8029. Tröskelhöjden mellan 8050 och 8268 är numera känd efter borrhningarna 1982. Den är högre än tidigare antagen. Detta ändrar inget i sak eftersom största tryckförlusterna sker i det trånga passet mellan 8053 och 8034.

Det är också möjligt att bestämma strömbilden i flera tvärprofiler. Här får man komponentvektorerna (k-vektor) dvs hastighetsvektorernas rätvinkliga projektion på tvärsnittsplanet.

Det längst upp liggande tvärsnittet där k-vektorerna kan bestämmas går genom 8049-8046. Där finns tydligen en vattendelare ungefär vid 8047-R13. Vattnet strömmar åt båda sidorna både från vattenytan och botten. Det sistnämnda beror på att 8047 är en djuphåla i berget.

Nästa profil är 8031-8026. Där är k-vektorerna riktade från 8026 till 8031. I profilen 8040-8034 är k-vektorerna riktade åt motsatt håll. I nästa profil 8039-8007 är k-vektorerna riktade mot mitten från 8031 och 8011. Resultatet av detta är att hastighetsvektorn i den södra grundvattenströmmen gör den böj som framgår av fig. 6 och att den södra och

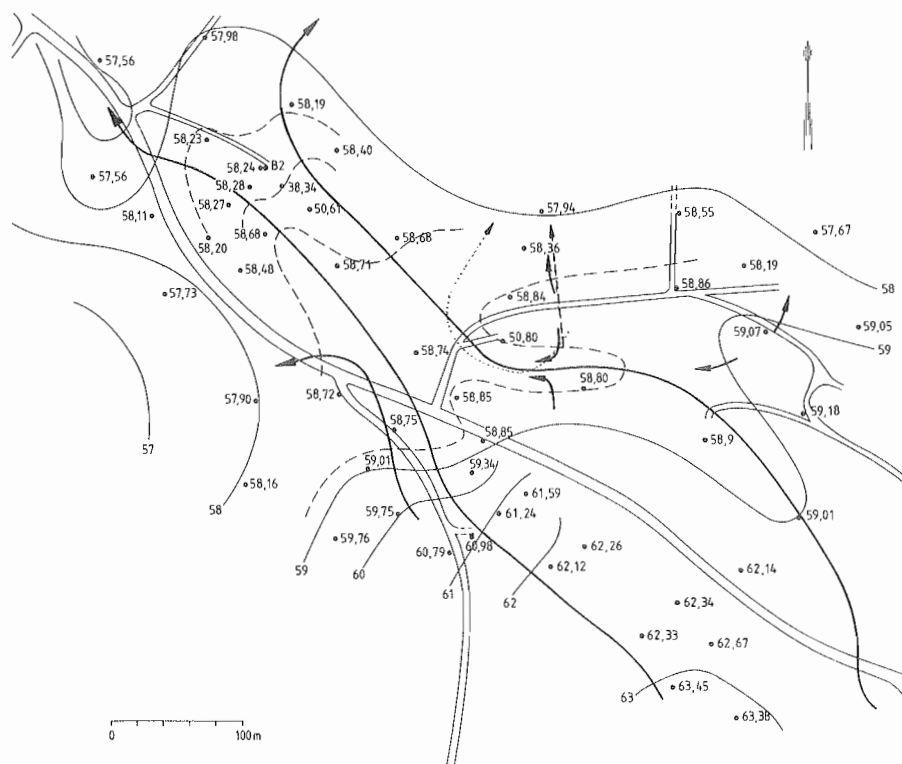


Fig. 7. Tryckhöjder och grundvattenströmmar 11 aug. 1981. Streckad pil SGU:s tolkning aug-80, punkterad pil SGU:s tolkning apr-82.

norra strömmen flyter samman i trakten av 8010-8012.

De fyra återstående tvärsnitten 8054-R10, K1-8059, 8057-8015 och 8022-B2 visar hur den sammanflutna strömmen rör sig mot B2 och samtidigt breder ut sig åt båda sidorna.

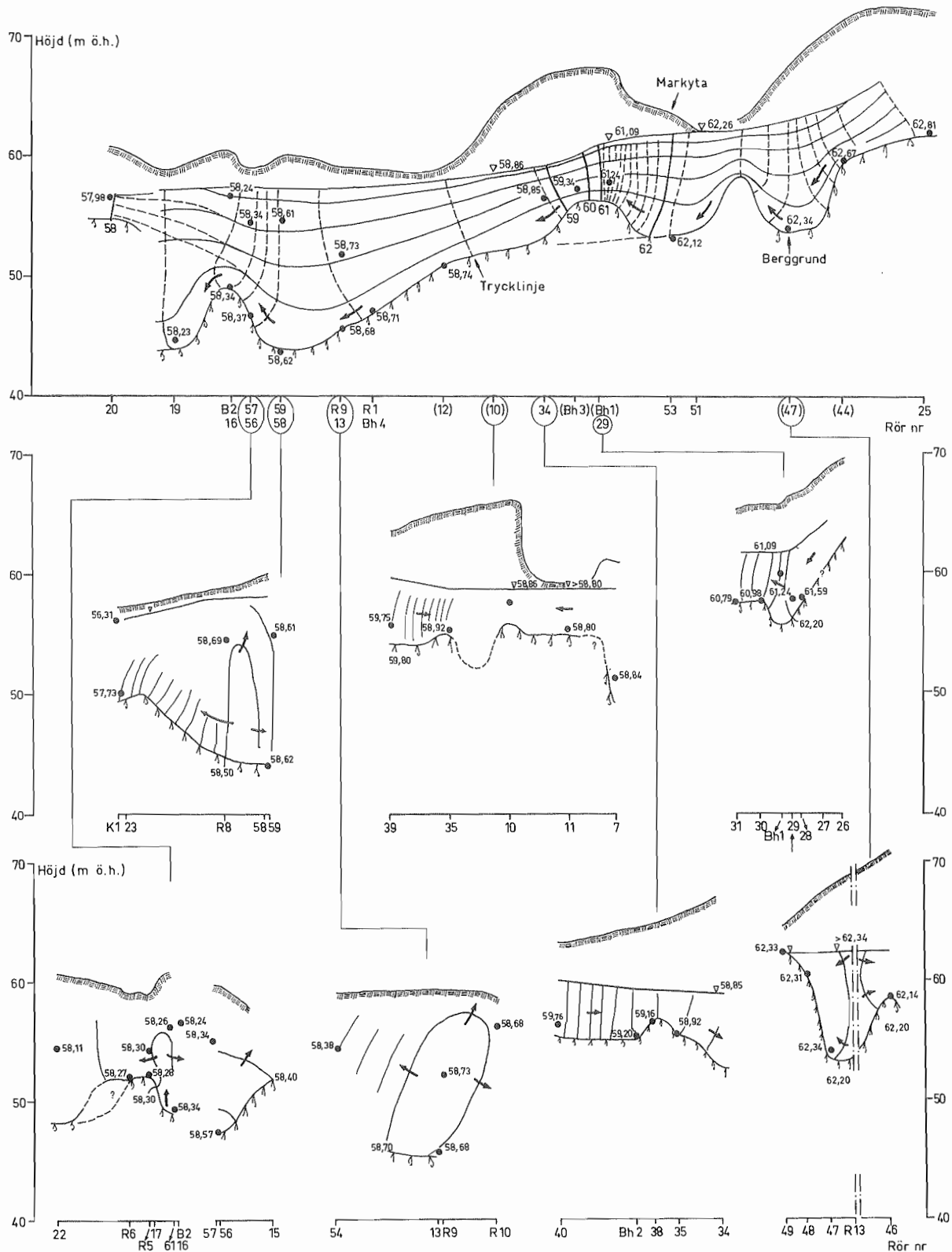


Fig. 8. Strömbilden i längdsnitt (överst) och tvärsnitt från grustaget vid punkt 8025 över B2 till 8019 och 8020. Punkter inom parentes ligger vid sidan av längdsnittet. Pilarna anger strömriktning. Figuren baserad på mätningar 11 aug. 1981.

## PROVPUMPNING

SGU har gjort pumpförsök i brunnen B2 och i några rör. De utfördes var för sig under loppet av högst 4 timmar. Provpumpningen av B2 pågick i 2 timmar. Vattenståndsobservationer gjordes då i brunnen och i några närliggande rör. Eljest mättes vattenståndet bara i det rör som pumpades.

SGU:s försök visar att B2 har ett närlinflytande, men hur långt inflytandet kan sträcka sig går inte att utläsa. Längre pumptider och vattenståndsobservationer i avlägsna rör måste till.

Miljöcentrum har också utfört provpumpningar av B2, nämligen i sep-okt 1981. En liten och en stor pump användes. Vattnet leddes i slangar till ett öppet dike 20 m i riktning mot 8015. Vattennivån i rör och brunnar mättes för hand med ett klucklod. Pumpkapaciteten och pumpningstider framgår av följande sammanställning.

Dag	Lilla pumpen (0,7 l/s)	Stora pumpen (1,0 l/s)
28 sep	16.30-21.00	-
29	06.30-20.30	13.00-20.30
30	06.30-24.00	06.30-24.00
1 okt	00.00-	00.00-24.00
2	? pump trasig	00.00-24.00
3	-	00.00-12.30
		17.15-24.00
4	-	00.00-24.00
5	-	00.00-13.30

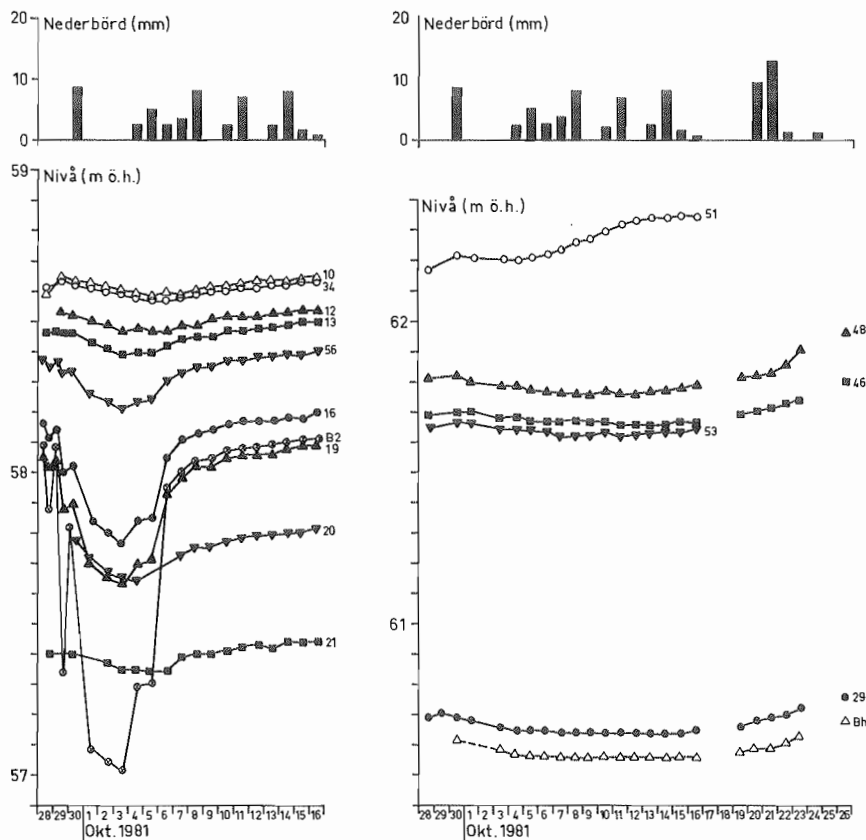


Fig. 9. Nederbörd och tryckhöjder i en rad grundvattenrör under provpumpning av B2.

Under pumpningen 4,5 timmar i sträck första dygnet sjönk vattennivån i B2 0,23 m och mindre i närliggande mätpunkter (fig. 9). Nivåerna återställdes inom 9,5 timmar. Förloppet överensstämmer i princip med vad SGU fann i sin provpumpning.

Vid den fortsatta pumpningen delvis med större kapacitet sänktes vattenytan 0,74 m i B2 inom loppet av 14 timmar. Vattennivåerna återställdes inte under natten. Pumpning gav nu också utslag i röret 8020 men icke i 8013 och 8021.

Den förnyade pumpningen 30 sep med full kapacitet, den därpå fortsatta pumpningen med reducerad kapacitet liksom uppehållet 3 okt avspeglade sig tydligt. Tryckförändringarna i B2 gav utslag långt upp och långt ned i systemet med avtagande styrka.

Det är intressant att jämföra t.ex. 8051 och 8053. I det första mättes vattenståndet och i det senare tryckhöjden. Sedan den ihållande pumpningen startat 30 sep märktes ingen sänkning av vattenståndet i 8051 medan däremot tryckhöjden i 8053 föll långsamt till ett minimum som inträffade några dygn senare än i B2. Färförskjutningen är naturlig med tanke på de långa avstånden och det stora tryckfallet mellan 8053 och 8034.

Nederbörden 4-16 okt slog igenom i vattenståndet men inte synligt förrän senare i tryckhöjden. Detta kan avläsas i rör 8048 där mätningarna fortgick ända till 26 okt. Utan nederbörd skulle tryckhöjden avtagit ännu mer. Likaså skulle grundvattenytan ha sjunkit något eftersom en avtappning av magasinet pågick hela tiden.

I ett annat rör, nämligen 8010, som nära nog fungerade som ett vattenståndsrör, följde grundvattenytan med i svängarna. Det röret ligger ju också närmare B2 och på en betydligt lägre nivå än 8051. Inga dämpande bergtrösklar finns heller mellan B2 och 8010. Samma sak gäller 8034 och Bhl.

Tryckhöjdernas fall i B2 och rören intill blev stora. Också till rören 8020 och 8021 sträckte sig verkningarna.

Från 30 sep och tills pumpningen upphörde strömmade vattnet baklänges mot B2. Det är alltså först vid stora uttag som någon nämnvärd mängd vatten kan komma från det hållet. Normalt kan vattnet inte komma från något annat håll än grusgroparna.

I de yttre delar som inte omnämnts ovan avtog tryckhöjderna vid pumpningen med högst följande tal:

Rör	8007	8003	8046	8031	8024	8023	8022
Tryckfall (cm)	5	4	3	4	4	3	4

Detta utesluter inte att påverkan nådde ännu längre ut.

Rättens ordförande och fastighetsrådet var skiljaktiga i bl.a. detta stycke. De yttrar i sina domskäl: "Brink har också diskuterat resultaten av Miljöcentrums provpumpning i brunn B2 .... Han har därvid påstått att verkningarna kunde iakttas uppe i grusgropen i rören 8051 och 8053. Någon sådan påverkan kan dock helt uteslutas eftersom det skulle strida mot grundläggande hydrauliska regler att de uppmätta vattenståndssänkningarna i brunnens närhet skulle kunna spridas uppför grundvattenytans stora tryckfall på ca 3 m mellan de nämnda rören i grusgropen och rör 8034."

Det framgår inte vilka "grundläggande hydrauliska regler" som de två åsyftar. Men tydligen har de blandat ihop vattenstånd och tryck. Vattenståndet i grusgropen kan givetvis inte påverkas vid pumpningen annat än genom att tillströmning och avtappning är olika stora. Annorlunda förhåller det sig med tryckfallet som måste fortplanta sig ända till källan i samma mån som flödet ökar. Svårigenomsläppligt material i mycket trånga passager skulle kunna göra utströmningen från grusgropen oberoende av flödet nedom. Sådana barriärer finns inte här.

## SAMMANFATTNING

Med ledning av SGU:s tryckmätningar, uppgifter om berggrundens formation och övriga markförhållanden samt Miljöcentrums provpumpningar har klarlagts, att det föreligger ett hydrauliskt samband mellan deponeringsområdet i grustäkten och B2. Vid de vattenuttag som förekommit vid normal användning av B2 har vattnet inte kunnat komma till B2 från annat håll än grustäktensområdet.

## REFERENSER

- Aastrup, M., Carlstedt, A., de Geer, J. & Timje, H. 1981. Flödesriktningar, flödes hastigheter och flödesmängder vid Erstorp. SGU Dnr 21.4-81-15-U.
- Brink, N. 1982. Utlåtande över SGU:s undersökningar i åsen vid Erstorp i Finspångs kommun. SLU Vattenvård Dnr 1088.
- Gillberg, B.O. & Isaksson, K. 1982. PM 11 Erstorp Miljöcentrum, Uppsala.
- Meinzer, O.E. & Wenzel, 1942. Movement of ground water and its relation to head, permeability and storage. In Physics of the Earth-IX, Hydrology pp 444-477. (Ed. Meinzer). Dover Publ. Inc., New York.

- | Nr | År   | Författare och titel. <i>Author and title.</i>   |
|----|------|--|
| 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>                                      |
|    |      | Gunnar Fryk och Thord Ohlsson. Infiltration av lakvatten från malda sopor. <i>Leachate migration through soils.</i>  |
|    |      | Nils Brink. Measurement of mass transport from arable land in Sweden.  |
|    |      | Arne Gustafson. Leaching of nitrate from arable land into groundwater in Sweden.   |
| 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>                    |
|    |      | Rikard Jernlås. TCA-utlakning på lerjord. <i>Leaching of TCA on a clay soil.</i>   |
|    |      | Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. <i>Losses of nutrients at Öjebyn.</i>  |
|    |      | Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. <i>Losses of nutrients at Röbbäcksdalen.</i>  |
|    |      | Rikard Jernlås och Per Klingspor. Nitratutlakning och bevattning. <i>Drainage losses of nitrate and irrigation.</i>  |
| 14 | 1983 | Arne Gustafson, Lars Bergström, Tomas Rydberg och Gunnar Torstensson. Kväve mineralisering vid plöjningsfri odling. <i>Nitrogen mineralization in connection with non-ploughing practices.</i> |
|    |      | Rikard Jernlås. Rörlighet och nedbrytning av fenvalerat i lerjord. <i>Decomposition and mobility of fenvalerate in a clay soil.</i>  |
|    |      | Nils Brink. Jordprov på hösten eller våren för N-prognoser. <i>Soil sampling for nitrogen forecasts.</i>   |
|    |      | Nils Brink. Närsalter och organiska ämnen från åker och skog. <i>Nutrients and organic matters from farmland and woodland.</i>   |
|    |      | Nils Brink. Gödsel användningens miljöproblem.   |
| 15 | 1984 | Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Växtnäringsförluster runt Ringsjön. <i>Nutrient losses in the Ringsjö area.</i>  |
|    |      | Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Fånggröda efter korn. <i>Catch crop after barley.</i>   |
|    |      | Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster från åker i Nybroåns avrinningsområde. <i>Losses of nutrients from arable land in the Nybroån river basin.</i>                     |
|    |      | Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Vagle. <i>Losses of nutrients at Vagle.</i>  |
|    |      | Arne Gustafson och Gunnar Torstensson. Växtnäringsförluster i Offer. <i>Losses of nutrients at Offer.</i>  |
| 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>       |





- | Nr | År   | Författare och titel. <i>Author and title.</i>  |
|----|------|---|
| 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 spå om gödselkväve. <i>Forecasting the Need of Fertilizer Nitrogen.</i><br>Arne Gustafson och Börje Lindén. Lantbruksuniversitetet satsar på exakta kvävegödsling.   |
| 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 Vadsbrosjön. <i>The Importance of the Environment for the Primary Production in Lake Vadsbrosjön.</i><br>Arne Gustafson. Jordbruket och grundvattnet.<br>Nils Brink. Utlakningen av växtnäring från åkermark.<br>Nils Brink. Vart tar gödseln vägen.  |
| 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>   |
| 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>  |
| 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, Östergötland and Södermanland.</i><br>Lennart Mattsson och Nils Brink. Gödslingsprognoser för kväve. <i>Fertilizer forecasts.</i> |
| 11 | 1982 | Barbro Ulén. Vadsbrosjöns närsaltsbelastning och trofinivå. <i>The nutrient load and trophic level of Lake Vadsbrosjön.</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.  |

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. <i>Author and title.</i>  |
|----|------|---|
| 1  | 1978 | Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av växtnäring från åker. <i>Losses of nutrients from arable land.</i>   |
| 2  | 1978 | Nils Brink och Arne Joelsson. Stallgödsel på villovägar. <i>Manure Gone Astray.</i><br><br>Lars Lingsten och Nils Brink. Åkergödslingens inverkan på miljön i en bäck. <i>The Effect of Agricultural Manuring on the Environment in a Brook.</i><br><br>Nils Brink. Kväveutlakning från odlingsmark. <i>Nitrogen Leaching from Arable Land.</i>   |
| 3  | 1979 | Sven-Åke Heinemo och Nils Brink. Utlakning ur kompost av sopor och slam. <i>Leachate from Compost of Refuse and Sludge.</i><br><br>Nils Brink. Self-purification studies of silage juice.<br><br>Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsläckage på Kristianstadsslätten. <i>Loss of Nutrients on the Kristianstad Plain.</i><br><br>Per-Gunnar Sundqvist och Nils Brink. En gödselstad förorenar dricksvatten. <i>Pollution of the Groundwater by a Dung Yard.</i> |
| 4  | 1979 | Nils Brink. Vattnet är det yppersta.<br><br>Arne Gustafson och Börje Lindén. Kvävebehovet för 1979.<br><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>   |
| 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><br>Nils Brink. Växtnäringsförluster från skogsmark. <i>Losses of Nutrients from Forests.</i><br><br>Nils Brink. Utlakning av kväve från agroecosystem. <i>Leaching of Nitrogen from Agro-Ecosystems.</i><br><br>Nils Brink. Ytvatten, grundvattnet och vattenförsörjningen.                        |

---

DISTRIBUTION:

Pris: 25:-

Sveriges lantbruksuniversitet  
Avdelningen för vattenvård  
750 07 UPPSALA, Sweden

tel 018-17 24 60

---