

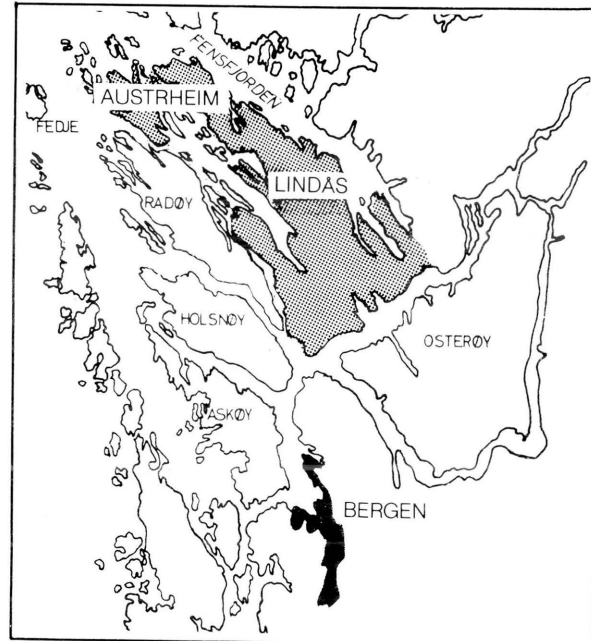
LINDÅS PROSJEKTET

RAPPORT NR. 34

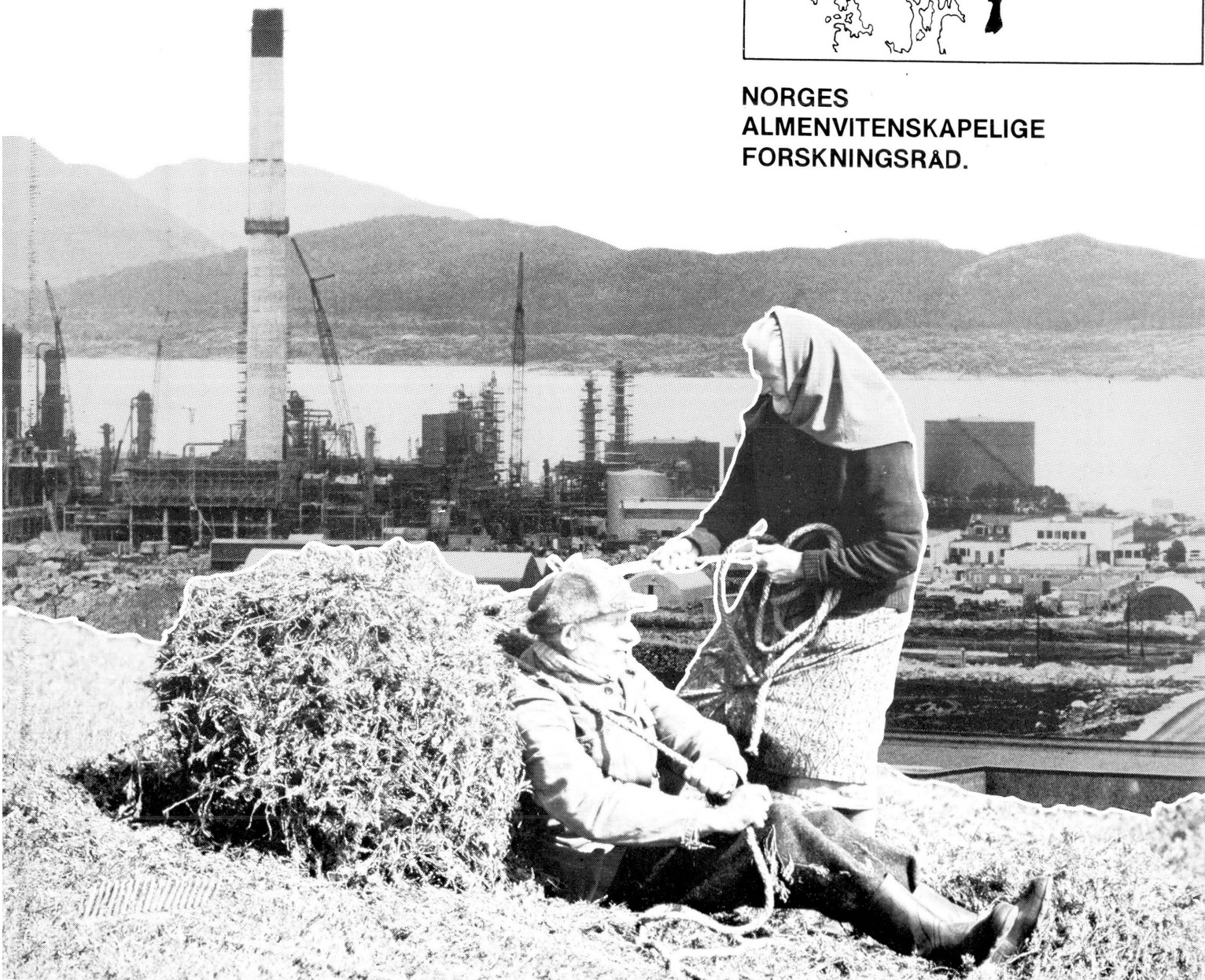
Dag Olav Øvstedal
med bidrag av
Olav Næss og Bjørn Håland

**Hydrologien i et forsøksfelt
på Rebnor, Austrheim kommune,
Hordaland**

Bergen 1982



**NORGES
ALMENVITENSKAPELIGE
FORSKNINGSRÅD.**



HYDROLOGIEN I ET
FORSØKSFELT PÅ REBNOR
AUSTRHEIM KOMMUNE, HORDALAND

DAG OLAV ØVSTEDAL
med bidrag av
Bjørn Håland og Olav Næss

Lindåsprosjektet og Botanisk institutt
Universitetet i Bergen
Bergen 1982

INNHOOLD

1.	INNLEDNING	1
2.	BESKRIVELSE	3
3.	METODER OG DATAGRUNNLAG	6
3.1.	Avrenning	6
3.2.	Nedbør	6
3.3.	Stråling	6
3.4.	Jordvann	9
4.	MODELLSTRUKTUR	9
4.1.	Tidsoppløsning	9
4.2.	Fordampning	9
4.3.	Intersepsjon	11
4.4.	Markmagasinet	12
4.5.	Overflateavrenning	16
4.6.	Nedbør	17
5.	JORDBUNNSFORHOLD I FELTET	17
5.1.	Jordtetthet	17
5.2.	Jordvann	19
6.	DISKUSJON	21
6.1.	Diskusjon av modellen	22
6.2.	Diskusjon av mikroutbredelsen til en del planter	24
6.3.	Vatnet i dreneringsgropene	27
Appendix A	.....	29
Appendix B	.....	31
Litteratur	.....	33
Liste over figurer	.....	34
Liste over tabeller	.....	34

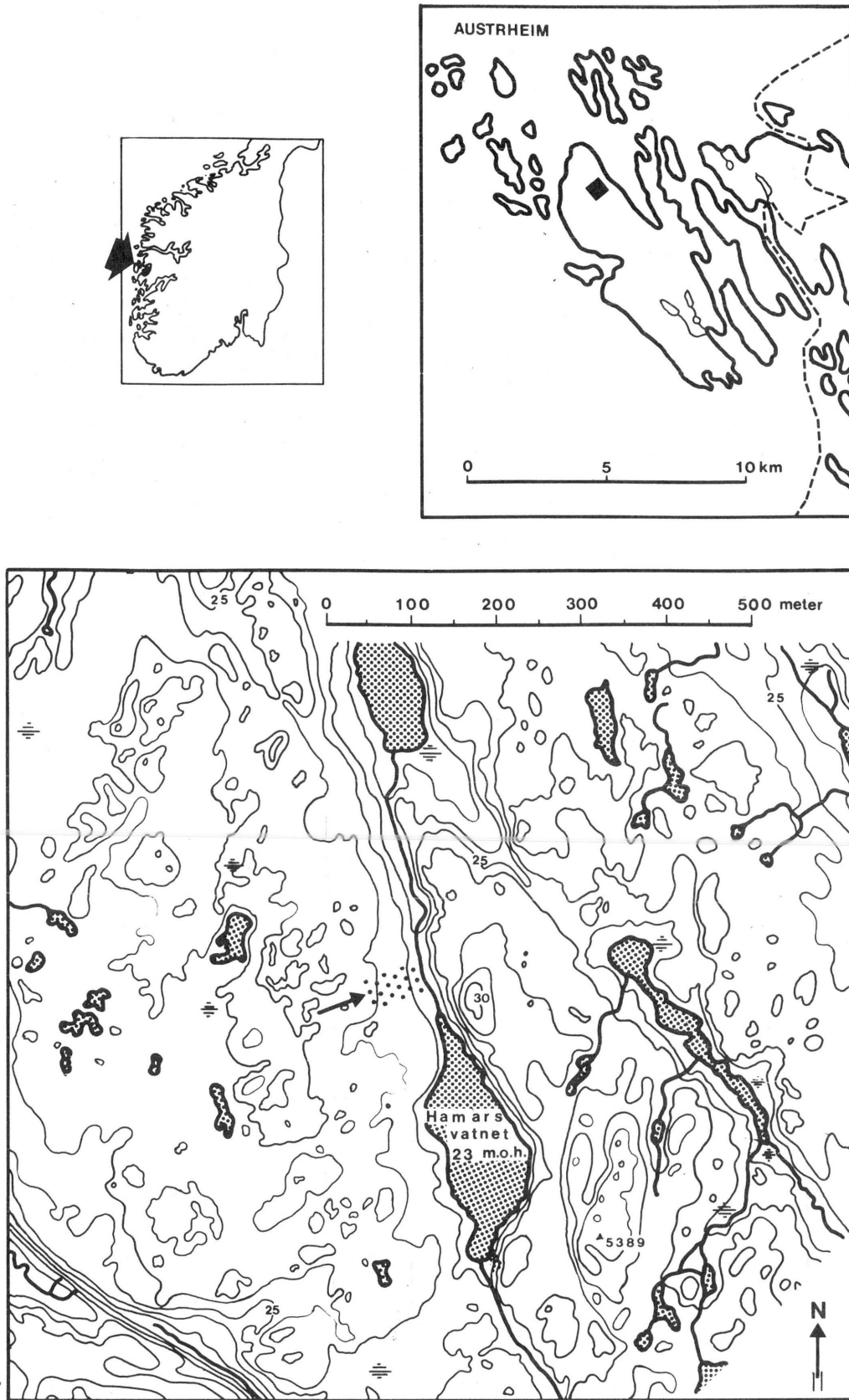
1. INNLEDNING

En av forutsetningene for å forstå plantenes mikroutbredelse i et område, er å kjenne de hydrologiske prosessene som foregår der. Disse prosessene er også vesentlige for forståelsen av utvaskingsprosessene av joner fra jordsmonnet. Et viktig hjelpemiddel når det gjelder å beskrive slike prosesser, er en hydrologisk modell. En hydrologisk modell skal simulere vannets kretsløp i naturen, og beskrive alle vesentlige prosesser innafor nedbørsfeltet (Lundquist 1976). Slike modeller er beskrevet mange steder (Lundquist 1976, Bergstrøm og Forsman 1973, Grip 1973). Den første problemstillingen i denne avhandlinga er derfor å lage en hydrologisk modell på grunnlag av de data som finnes fra det nedslagsfeltet som det her er tale om. Neste problemstilling blir så å relatere vegetasjonstypers og enkeltplanters utbredelse i nedslagsfeltet til den hydrologiske modellen. Datamengden blir så stor og uoversiktlig at det er nødvendig å bruke en større datamaskin.

De empiriske data som ligger til grunn for modellen, dekker et nokså kort tidsrom, og presisjonen av modellen blir deretter. Når det allikevel har vært ønskelig å skrive denne avhandlinga, er det fordi sammenhengen mellom plantedekke og hydrologi normalt blir neglisjert av hydrologer, og ethvert bidrag til forståelsen av denne sammenhengen er av interesse fra botanisk synspunkt.

Olav Næss og Bjørn Håland, begge Bergen, har levert bidrag som er inkorporert i arbeidet. Næss har dessuten tilrettelagt og programmert modellen. Et flertall personer ved Lindåsprosjektet og Botanisk institutt, Bergen, har bidratt med praktisk hjelp, og de takkes hermed. Amanuensis Y. Gjessing, Bergen, har bidratt med råd og praktisk hjelp, og skal ha stor takk for det. NVE takkes for lån av en limnigraf.

Dette arbeidet har vært en del av Lindåsprosjektet, som er finansiert av NAVF.



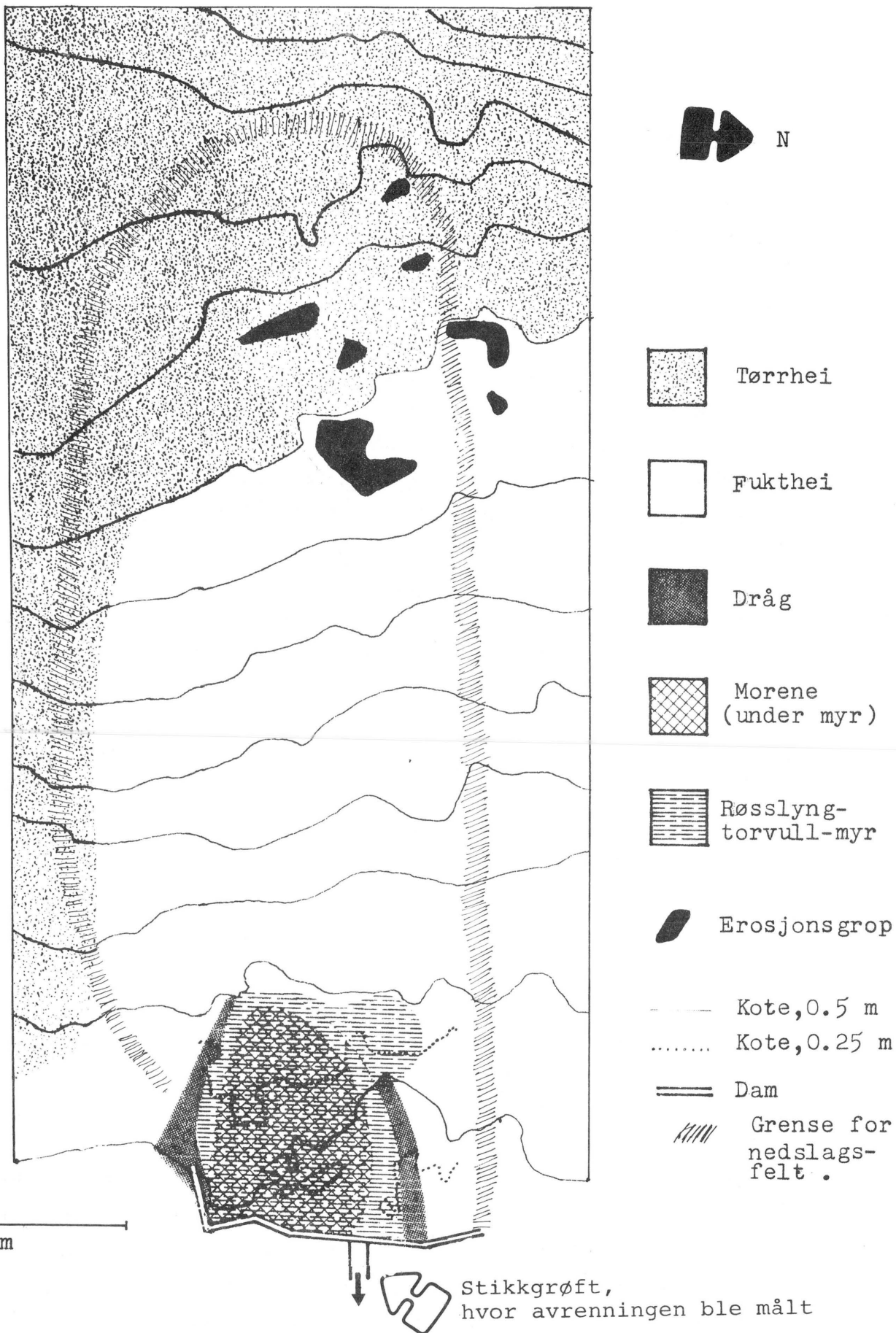
Figur 1. Nedslagsfeltets plassering på Rebnor, i Austrheim og i Norge. Pilen viser forsøksfeltet (prikket).

2. BESKRIVELSE AV FELTET

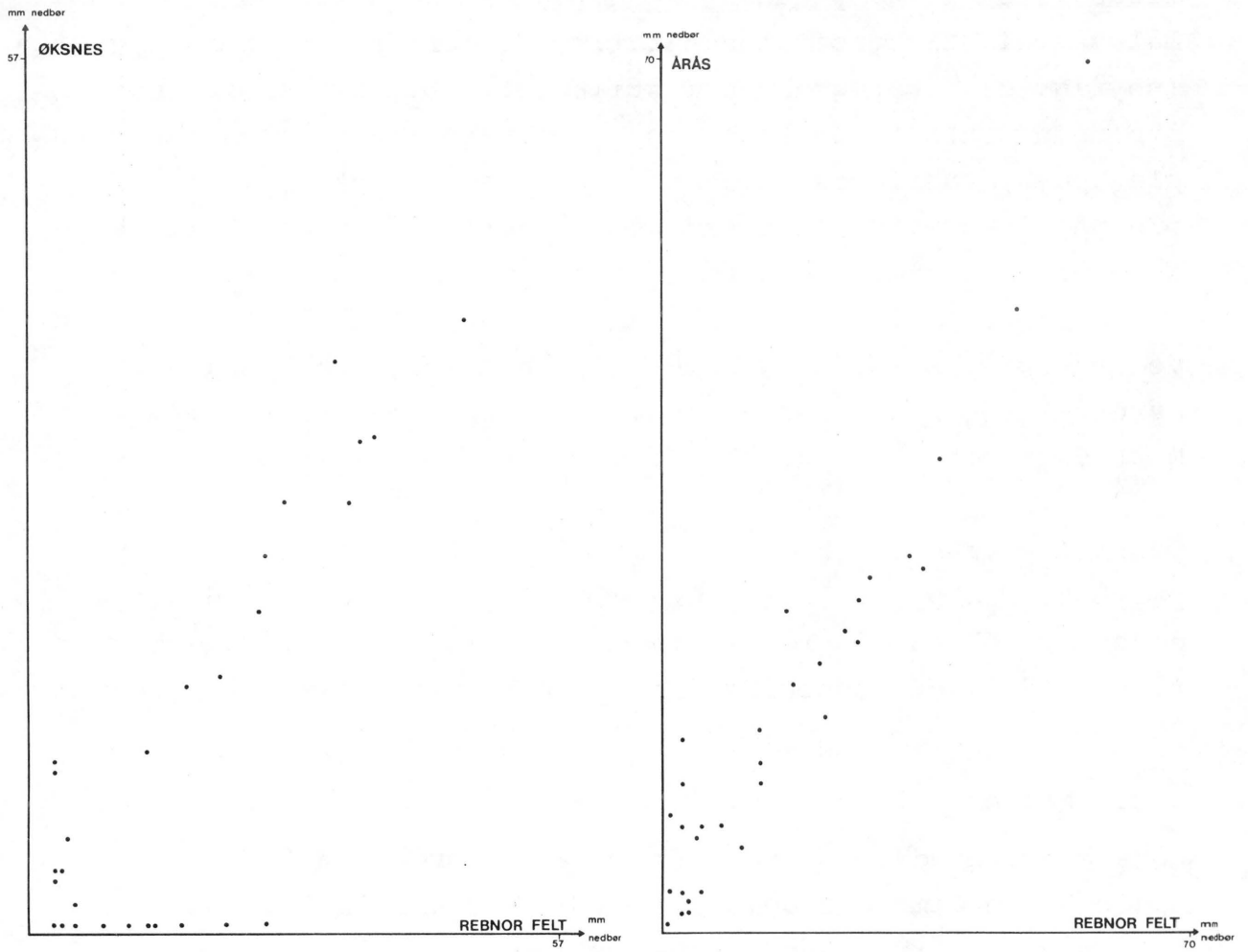
Undersøkelsen er gjort på garden Rebnor i Austrheim kommune i Nordhordland (fig. 1). Et felt på ca. 3 da. er gjennom flere år grundig undersøkt med henblikk på plante- og dyreliv, klima, en del jordbunnsfaktorer og hydrologi.

Nedslagsfeltet heller 5-10° mot ØNØ. Vegetasjonen kan deles opp i seks forskjellige typer (Fig. 2), 1. den tørre røsslyngheia, hvor røsslyngen (Calluna vulgaris) dominerer totalt i feltskiktet og hvor mosen Hypnum jutlandicum dominerer i bunnskiktet; 2. fukthei, hvor blåtopp, Molinia coerulea, og heisiv, Juncus squarrosus, dominerer sammen med røsslyngen. Her kommer det også inn torvmoser, Sphagnum spp., i bunnskiktet; 3. røsslyng-torvullmyr. Det er en kystbundet høgmyrtype som det finnes noen kvadratmeter av nede ved dammen; 4. myrdråg av fattigtype, med rome, Narthecium ossifragum, som dominant i feltskiktet og torvmoser i bunnskiktet; 5. noen få erosjons-groper i feltet. De kan være 20-30 cm djupe og 1-2 m² i flate. Vegetasjonen er som regel noen få mosearter og et par-tre høgere planter. Disse erosjons-gropene virker som mikrosjøer fordi de er oppsamlingsbassenger for en stor del av overflate-avrenninga og virker utjevnende på denne. Den sjette typen er stein i dagen, med skorpelav og et par mosearter.

Jordarten varierer. I det øvre partiet er det en tørr, moldaktig pseudobrunjordtype. Den inneholder nokså mye mineralpartikler, og prosenten øker nedover mot berggrunnen. Lenger nedover i feltet, hvor det blir fuktigere, blir det mer og mer råhumusdannelse, og mineralprosenten synker. Tilslutt, i røsslyngtorvullmyra, er det torv på omlag 50 cm mektighet. Under denne torva er det et lag med bunnmorene. Dette har på toppen et steinlag som viser at det har vært utvaska av havet. Mektigheten av dette morenelaget er på det meste oppe i 0,5-1 m. Over hele feltet, unntatt i myra, er det større og mindre steiner i jordsmonnet, spesielt når en nærmer seg berggrunnen. Det dreier seg om forvitringstein, som er brakt mot overflata med frostvirkning.



Figur 2. Oversikt over nedslagsfeltet



Figur 3. Sammenheng mellom nedbør på feltet på Rebnor og på Årås ($R=0,96$) samt på Rebnor og Øksnes ($R=0,65$) sommeren 1974.

3. METODER OG DATAGRUNNLAG

3.1. Avrenning

Ei grøft ble gravd nederst i feltet for å samle opp avløpsvannet (fig. 2). Det ble forsøkt å lage en dam i denne grøfta ved å profilskjære plexiglassplater etter berget, og så støpe dem fast til berget og sammen med hverandre. Det var imidlertid så stor lekkasje under denne dammen at avrenninga måtte måles i ei stikkgrøft langs fallretningen fra den første grøfta (se fig. 2). Berggrunnen i stikkgrøfta ble reinskurt, og avrenningsvatnet ble fanga opp i et naturlig passpunkt med en plastpose, vanligvis over et tidsrom av 30 sek. Avrenninga ble på denne måten målt med ujevne mellomrom gjennom flere sesonger, og samtidig ble vannstanden i dammen målt. I en 60-dagers periode i 1976 ble en limnigraf installert i dammen. Ved hjelp av sammenhengen mellom vannstand og avrenning ble avrenninga beregna for hvert døgn i perioden (tabell 1). Nytt døgn ble påbegynt kl. 7.

Overflateavrenning ble målt ved hjelp av en voksinnsatt åpen pappboks med plastslange til avrenning. En kant på den åpne enden av boksen ble forsiktig skjøvet inn ca. 1 cm under overflate midt i et dreneringsdråg. Bredden på boksen var 10 cm.

3.2. Nedbør

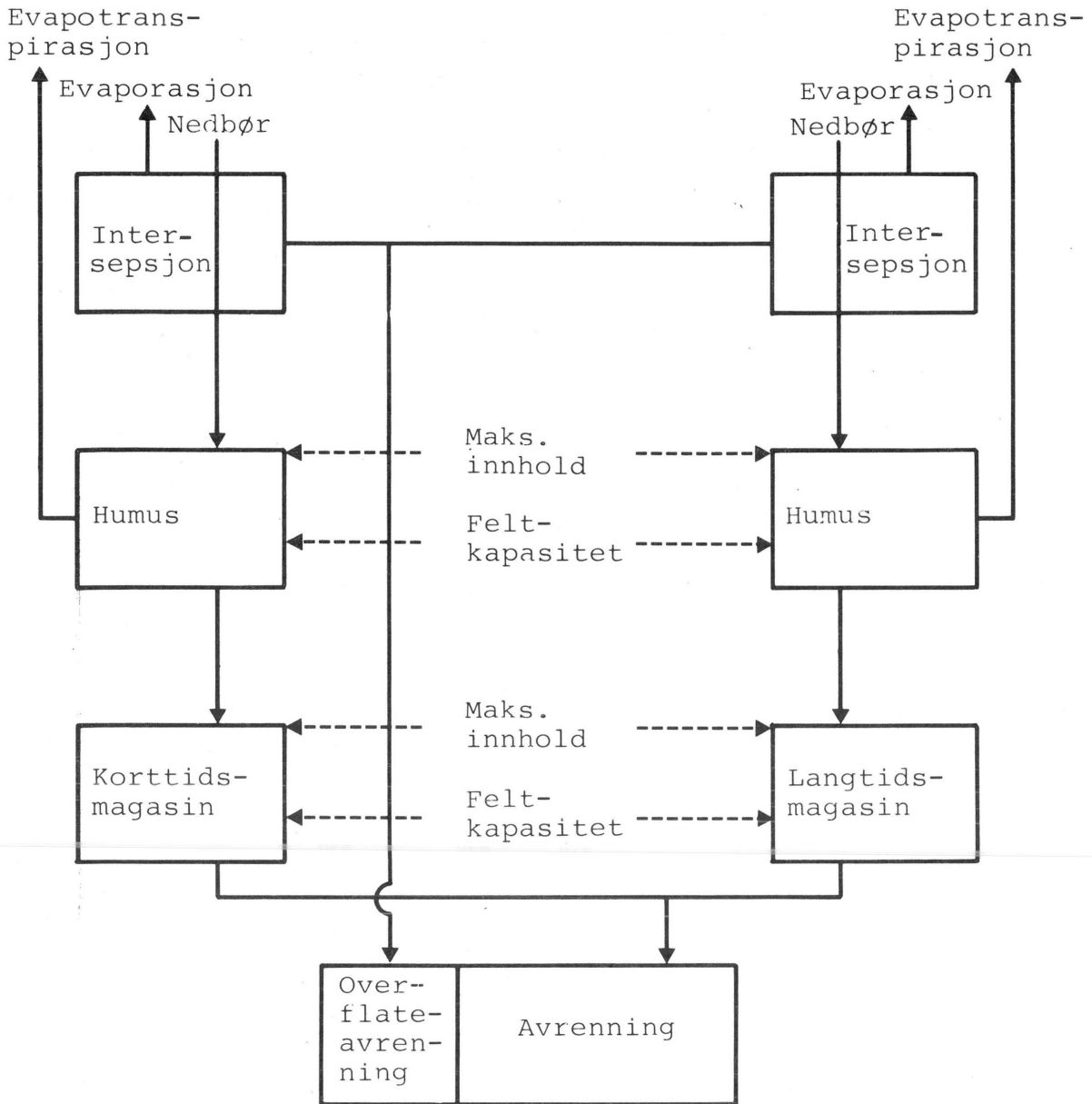
Lokale nedbørsdata er tatt fra Øksnes, hvor Lindåsprosjektet hadde en lokalmeteorologisk stasjon (Førland 1977). Annen hver dag i en tre måneders periode sommeren 1974 ble nedbøren i feltet målt, med en Ginge regnvannsmåler, og sammenhengen mellom denne nedbøren og henholdsvis Øksnes og Årås er vist i fig. 3.

3.3. Stråling

Strålingsdata (globalstråling) for Bergen i målperioden er villigst utlånt fra Strålingsobservatoriet ved Geofysisk Institutt i Bergen.

Avrenning l/dag		
<u>Nedbør</u>	<u>Observert</u>	<u>Estimert</u>
0.0	000	780
0.0	420	760
0.0	420	750
3.0	360	790
2 9.5	2 300	2 480
0.5	1 520	1 880
0.0	870	1 390
0.0	870	890
6.0	870	970
0.0	870	920
0.0	870	880
1 1.0	1 520	1 160
6.0	1 070	1 340
0.0	840	1 140
1.5	830	970
0.0	810	860
1.5	790	850
0.0	760	820
0.0	740	790
0.0	720	770
0.0	700	760
0.0	690	740
0.0	670	730
0.0	650	710
0.0	630	700
3.0	620	720
0.0	600	680
0.0	610	650
0.0	640	630
0.0	660	610
2.0	690	630
4.5	710	670
0.5	730	620
0.0	760	570
2 1.0	780	920
7.0	810	930
3.0	830	850
3.0	850	730
6.0	880	760
0.0	900	690
2.0	930	670
7.5	1 140	760
2 2.5	2 660	2 420
1.0	2 150	1 800
1 5.5	2 630	2 390
0.0	1 270	1 530
3.5	960	1 250
1 3.0	1 080	1 450
6.0	1 370	1 630
0.0	1 010	1 320
6.5	1 250	1 140
3.0	1 480	1 020
0.0	1 360	960
0.0	1 290	900
0.0	1 290	870
0.0	1 290	860
0.0	1 290	840
0.0	1 290	830
0.5	1 290	810
0.0	1 290	790

Tabell 1. Oversikt over nedbør, observert og estimert avrenning på feltet på Rebnor i perioden 6.6. - 30.9.1974.



Figur 4. Generell modellstruktur for feltet.

3.4. Jordvann

Jordvanninnholdet er målt med ujevne mellomrom gjennom flere sesonger ved hjelp av neutronspreder. Det ble lagt ut 12 stokastisk fordelte målepunkter i tørr- og fukthei, og ett i myra. Standard jernrør ble brukt. Videre ble vannstanden i fire rør i feltet målt annenhver dag i en tre måneders periode sommeren 1974.

Jordfysikalske undersøkelser er utført ved Institutt for Jordkultur på Ås.

4. MODELLSTRUKTUR

Ideelt sett burde hver vegetasjonstype ha sin egen delmodell, hver med karakteristiske egenskaper. Siden så å få fysikalske data er kjent fra feltet, er det valgt å operere med to delmodeller, en for et korttidsmagasin og en for et langtidsmagasin. Totalavrenninga er summen av de to delavrenningene. De fysikalske karakteristiska forandrer seg med dybden av jordprofilen. Den generelle modellstrukturen er beskrevet i fig. 4.

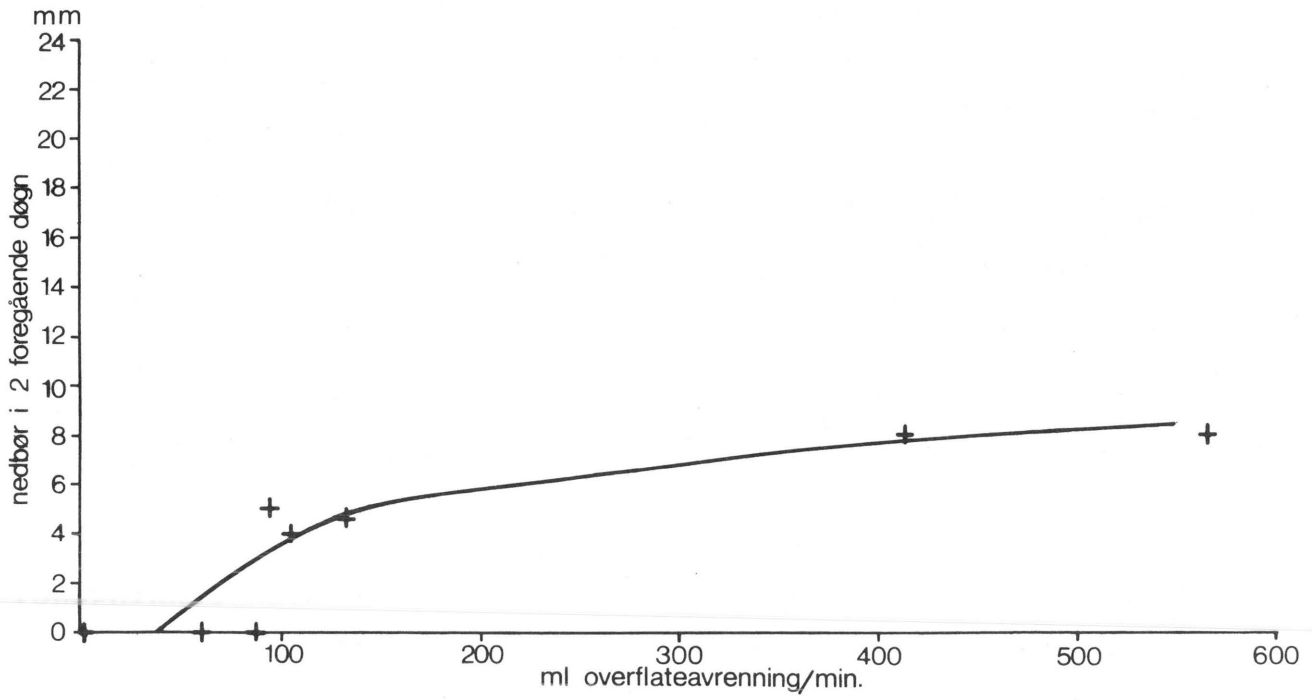
Det viste seg å være nødvendig med en matematisk transformasjon av avrenningskonstantene (se Appendix B).

4.1. Tidsoppløsning

De limnigrafiske data viser at nedslagsfeltet reagerer hurtig på nedbør av større mengde. Imidlertid foreligger det bare døgnverdier for nedbøren, og derfor må modellen baseres på døgnverdier.

4.2. Fordampning

Ifølge Aslyng (1974) er det en lineær korrelasjon mellom globalstråling og potensiell evapotranspirasjon. Førland og Skartveit (1977) fant at 38 prosent av globalstrålinga i feltet gikk med til potensiell evapotranspirasjon. De fant videre at dersom det ikke hadde falt nedbør foregående døgn,



Figur 5. Sammenheng mellom overflateavrenning og nedbør i de to foregående døgn på feltet på Rebnor. Data fra september/oktober 1974.

var den aktuelle evapotranspirasjonen bare omlag 1/4 av den potensielle. Dersom det hadde falt nedbør det foregående døgn, var den aktuelle evapotranspirasjon tilnærma lik den potensielle. Disse sammenhengene er bygd inn i modellen. I følge Førland (pers. medd.) er det svært god sammenheng mellom strålingsdata for feltet, og strålingsdata for Bergen, som er brukt i dette tilfellet.

4.3. Intersepsjon

Ved regnvær er det en viss del av vannet som legger seg på plantene. Bringfelt og Hårsmar (1974), som undersøkte gran- og furuskog i Sverige, fant en intersepsjonskapasitet for trærne på 2 mm, og de fant videre at dette vatnet som regel fordampa i løpet av 5 timer. Lundquist (1976) hadde et liknende tredekke, og opererte med 3 mm interspesjonskapasitet, i det han antok at undervegetasjonen hadde en kapasitet på 1 mm. I feltet på Rebnor er ikke intersepsjonskapasiteten målt direkte, men det er rimelig å anta at det grise lyngdekket som finnes i feltet, har en intersepsjonskapasitet som er mindre enn furuskogens, d.v.s. mindre enn 2 mm. På den andre sida er det et nærmest kontinuerlig mosedekke over store deler av feltet, og mosedekket er tilsynelatende neglisjert når en har vurdert intersepsjonskapasiteten i et område. En indirekte måte å måle den totale kapasiteten på, er å bruke bestemte regnværssituasjoner, hvor det her regna i lengre tid, slik at alle markmagasiner er fylt opp, og det så har vært opphold i ca. et døgn. En kan da regne med at intersepsjonskapasiteten er tømt og at nytt regn først vil fylle intersepsjonsmagasinet; resten vil renne bort som overflatevann. Det forutsettes da at markmagasinene er fylt. Hvis en tar ei rekke slike situasjoner og plotter nedbør siste døgn mot overflateavrenning, vil intersepsjonskapasiteten være lik den verdi som nedbøren må overskride før det blir overflateavrenning. Dette er gjort i fig. 5, hvor data kommer fra en 3-måneders periode sommeren 1974. Denne figuren viser en intersepsjonskapasitet for feltet på omlag 4,5 mm.

4.4. Markmagasinet

Det vannet som ikke fanges opp av vegetasjonen, går ned i jordsmonnet. Dette er antatt å dreneres som et lineært magasin (se f.eks. Lundquist 1976). To av de viktigste egenskapene ved jordsmonnet er det maksimale innhold med vann som det kan inneholde, og feltkapasiteten. Denne defineres som den maksimale vannmengden som jordsmonnet kan ha uten at det renner vann fra det. Derimot kan det transpireres fra jorda sjøl om vanninnholdet er under feltkapasiteten, men dette skjer først når intersepsjonsmagasinet er fordampa.

Når det gjelder avrenning i fra de forskjellige delene av fletet, kommer den hydraulke ledningsevnen inn i bildet (se Rycroft, Williams og Ingram 1975). Etter Kirkham (1946) kan en ved uttappingeksperimenter i borehull sette
$$K = \frac{r^2}{A(r, d, s, w)} \ln \frac{h_i}{h_j} \frac{1}{(t_j - t_i)}$$
 (for de enkelte betydninger, se Rycroft, Williams og Ingram l.c., p. 537).

Når er det ikke gjort slike forsøk i feltet, men for å få et inntrykk av forholdet mellom den hydraulke ledningsevnen i myr og i hei kan en bruke grunnvannstandsdata for målepunkt 2 (hei) og 4 (myr) i feltet i peioden 6.-8.juni -74. Da sank grunnvatnet 7 cm i 2, og 1,5 cm i 4. Når en sammenlikner K på disse to stedene kan en med ei viss tilnærming sette alle størrelser lik hverandre unntatt $\ln h_i/h_j$. $\frac{\ln_M h_i/h_j}{\ln_H h_i/h_j}$ vil da være proporsjonal

med $\frac{\ln 1,5}{\ln 7} = 0,21$; altså er den hydraulke ledningsevnen i heia ca. 5 ganger større enn i myra. Etter Dacrys lov er den volumetriske avrenning proporsjonal med den hydraulke ledningsevnen, og i et bestemt tidsrom vil det renne 5 ganger så mye vann fra et bestemt volum jord i heia som for det samme volum i myra, forutsatt at jorda er vannmetta. Når jorda ikke lenger er vannmetta, kompliseres forholdene en del.

Nå er det åpenbart store variasjoner med hensyn på den hydraulke ledningsevne i det som er kalt for hei. Fuktheia har

Intersepsjonskapasitet:	4,5 mm
Humusens maksimale innhold:	15 mm
Korttidsmagasinet maksimale innhold:	59 mm
Langtidsmagasinet maksimale innhold:	500 mm
Feltkapasitet til humusen:	5 mm
Feltkapasitet til korttidsmagasinet:	50 mm
Feltkapasitet for langtidsmagasinet:	0 mm
 Totalt areal:	 512 m ²
 Routing parametre R_i (i=1,4):	 1,0.6,0.3,0
 Dreneringskonstant for humus:	 10
Dreneringskonstant for korttidsmagasin:	4
Dreneringskonstant for langtidsmagasin:	2200

Tabell 2. Oversikt over konstanter brukt i modellen.

Jorddybde	10 cm	20	30	40	50
Volumtørr- stoffvekt (g/cm ³)	1,12 ± 0,20	1,33 ± 0,20	1,44 ± 0,20	1,59 ± 0,10	1,56
Gjentak	12	12	10	4	2

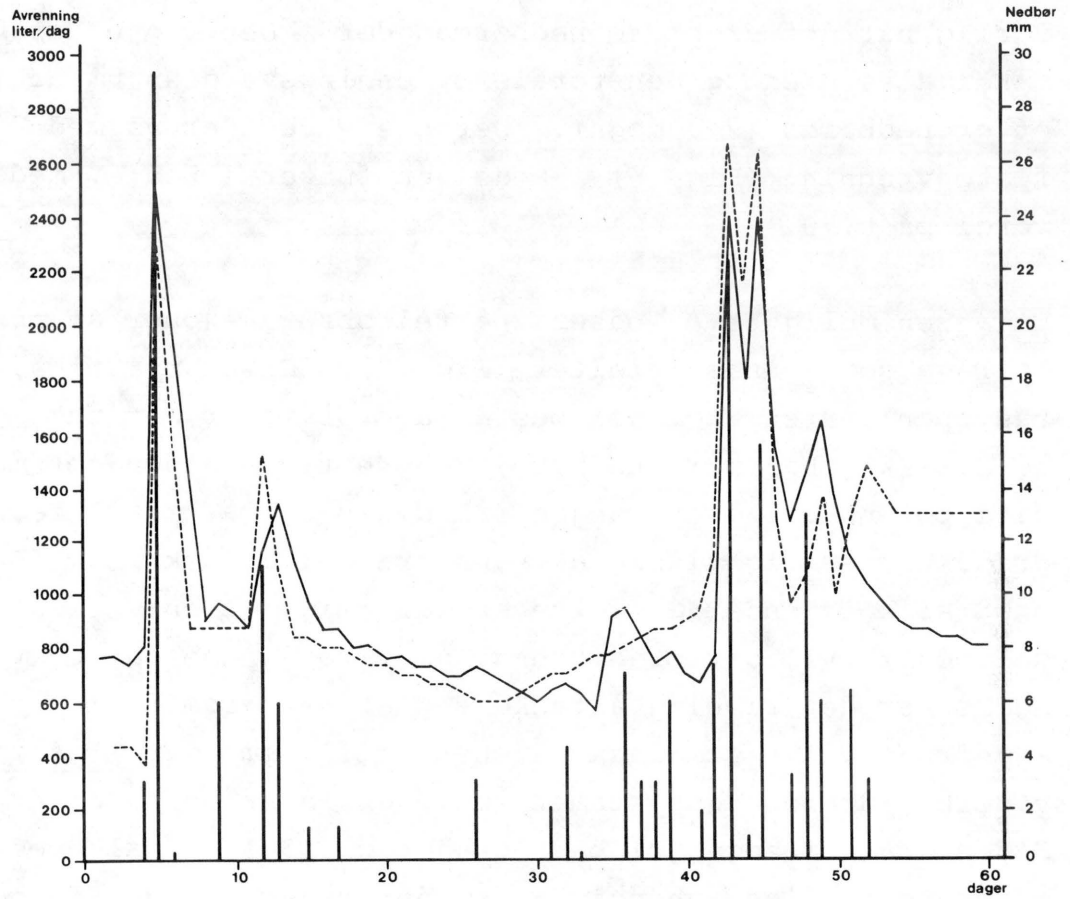
Tabell 3. Oversikt over volumtørrstoffvekt for korresponderende nivåer i feltet på Rebnor. Data for tørrhei/fukthei. Målt ved hjelp av gammakilde på neutronspreder. Det totale antall profiler er lik 12.

jordsmonn som går i retning av torv. Forskjellen i den hydrauliske ledningsevne mellom "myr" og det som er kalt for "hei" er derfor antakelig mindre enn antatt i det angitte regnestykke.

Modellen ble derfor forandret til å omfatte to magasin, ett korttidsmagasin og ett langtidsmagasin. Langtidsmagasinet omfatter det egentlige jordsmonnet både for "hei" og "myr". Konstantene for dette magasinet er satt opp i tabell 2. Slik modellen er konstruert, må en for å få overflateavrenning ha et aktuelt jordvannsinhold som er større enn den maksimale kapasitet. Dette skjedde ikke i den aktuelle kalibreringsperioden. De estimerte data for 1974 viste at sjøl med en så stor maksimalverdi som 300 mm drenerbart vatn vil en ikke få overflateavrenning. Modellen er ikke kjørt med en drenerbar maksimalverdi på f.eks. 100 mm, da ville en antakelig fått overflateavrenning. Med en så grov modell som den vi har brukt, er det imidlertid ikke av så stor interesse fordi overflateavrenninga inngår i korttidsmagasinet. Det som imidlertid er av større interesse, er at det aktuelle jordvannsinholdet ligger nokså konstant på 70-80 % av det maksimale drenerbare jordvannsinholdet, sjøl med store nedbørsmengder på døgnbasis. Dette er i godt samsvar med de nokså konstante jordvannsmengdene gjennom året som ble funnet med neutronspreder. Modellen synes på dette punkt å være realistisk.

Korttidsmagasinet har en avrenningskonstant på 4 timer. På grunn av modellens oppbygging vil dette magasinet tilsvare 212 m^2 , det vil i dette tilfelle si at en vannmengde tilsvarende den nedbøren som faller på 212 m^2 , kan henføres til korttidsreservoiret. Resten av vannmengden, tilsvarende nedbøren som faller på 300 m^2 , kan henføres til et langtidreservoir, med en avrenningskonstant på 2200 timer. Dette er det såkalte myrreservoiret.

Korttidsmagasinet virker som en vannledning med digre dimensjoner (cfr. "morene" i modellen til Lundquist, 1976). I dette tilfellet er det ikke snakk om noen morene. Det er imidlertid flere mulige forklaringer. En av dem er at nedbøren i den angjeldende perioden kan ha kommet som intense byger, og at infiltrasjonskapasiteten har vært for liten til å sluke unna alt vannet, slik at overflateavrenning har funnet sted. En vesentlig del av korttidsmagasinet vil da bestå av



Figur 6. Observeret avrenning, estimert avrenning og nedbør i perioden 6.6-30.9. -74.

overflateavrenningsvannet. Det ble derfor kjørt et program hvor 5 % av all nedbør gikk bort som overflateavrenning.

Modellen fungerer bra når det er liten eller ingen nedbør, men dårlig når det er store nedbørmengder. Dette gjelder både maksimalverdien og den totale avrenningsverdien umiddelbart etter nedbøren (2-3 døgn). Det ble videre prøvd med 3 % overflateavrenning (Fig. 6). Modellen fungerte bedre, med en R^2 -verdi på 0,70.

En annen mulighet er basert på feltobservasjoner av fuktigheten i dråga som finnes i feltet (Fig. 2). Disse myrdråga, hvor vegetasjonen for en stor del består av torvmoser, er fuktige sjøl om det ikke har vært nedbør i lengre tid. Siden det må antas å være potensiell evaporasjon fra disse dråga, må dette bety at dråga har stadig tilsig av vann fra områda omkring. De ligger også slik i lendet at dette er naturlig. I en periode med en del nedbør vil derfor disse dråga være vannmetta, og ved kraftig nedbør er det rimelig å tenke seg at vann som faller på dreneringsdråga eller som raskt drenerer til dem, ganske fort vil føres videre i dreneringssystemet som overflaterenning eller interflow. Siden dråga i seg sjøl bare utgjør ca. 3 % av hele nedslagsfeltet, er denne teorien avhengig av at det skjer ei rask drenering til dråga, dels som overflateavrenning, dels som interflow.

Den hydrauliske ledningsevnen til jordmonn som tilsvarer jordsmonnet i den øvre delen av feltet, ble funnet å være fem ganger større enn den hydrauliske ledningsevnen i myra. Siden den hydrauliske ledningsevnen må antas å være nær korrelert med avrenningskonstanten, er det egentlig vanskelig å tenke seg at korttidsreservoiret, med avrenningskonstant på fire timer, har noe med jordsmonnet å gjøre. Men den hydrauliske ledningsevnen er basert på bare en måling, og normalforholdene kan være annerledes.

4.5. Overflateavrenning

Data fra den nevnte tremånedersperioden sommeren 1974 gav en empirisk sammenheng mellom overflateavrenning og nedbør de to foregående dager (Fig. 5).

Det er imidlertid her et problem med hensyn på tidsoppløseligheten. Når det etter langvarig regnvær med overflateavrenning slutter å regne, vil etter ei viss tid overflatevannet fra den øvre delen av feltet nå ned til den nedre delen av feltet. I løpet av dette tidsrommet vil imidlertid korttidsmagasinet og intersepsjonsmagasinet i den nedre delen være delvis tømt, slik at overflatevannet kan tenkes å gå inn i et av disse magasinene i stedet for å nå bekken. I slike tilfelle vil modellen overestimere overflateavrenninga. Et problem av liknende karakter er sammenhengen mellom regnintensiteten og infiltrasjonskapasitet. Dersom regnintensiteten overskrider infiltrasjonskapasiteten, vil det bli overflateavrenning sjøl om magasinene ikke er fylt.

Som nevnt vil overflateavrenninga i visse situasjoner bli overestimert på grunn av den manglende tidsoppløseligheten. Dette vil påvirke modellen på flere måter. For det første vil en del av overflateavrenninga gå til fordamping, og dermed ikke komme med i avrenninga. For det andre vil en del gå ned i jordvannet, og sjøl om dette vannet vil komme med i avrenninga, vil det bli en tidsforskyvning.

4.6. Nedbør

Figur 3 viser at sammenhengen mellom nedbøren på Øksnes (ca. 1 km mot nord) og feltet ikke er særlig bra ($r=0,65$). Derimot er sammenhengen mellom Årås (ca. 2 km mot sør) og feltet mye bedre, med $r=0,96$ (figur 3). Disse verdiene viser den store nedbørsvariasjonen som en kan få over kort tid sjøl mellom nærliggende områder.

5. JORDBUNNSFORHOLD I FELTET

5.1. Jordtetthet

Jordtetthet er målt på to måter. For det første er det brukt neutronspreder med gammakilde. Det ble lagt ut 12 stokastisk fordelte målepunkter - med standard jernrør - i fukt- og tørrhei, og ett målepunkt i myra. Resultatet er vist i tabell 3. Den tørre jordtettheten stiger jamt fra 10 til 50 cm dybde. Det er en del spredning på talla, som en må vente, men standardavviket ligger likevel relativt lågt. I de øverste 20 cm er standard-

Nivå cm	Jordtetthet:		Jordvatn målt
	Fuktig g/cm ³	Tørr g/cm ³	som volumprosent H ₂ O: Middeltall ± standardavvik
10	1,03	0,29	82,7 ± 2,5
20	1,07	0,20	93,1 ± 2,8
30	1,15	0,36	85,6 ± 1,5
40	1,50	0,82	67,7 ± 1,6
50	1,90	1,37	49,9 ± 4,2
60	-	1,52	35,7 ± 2,3
70	-	1,57	30,2 ± 1,1

Tabell 4.

Oversikt over jordtetthet og jordvatn i et myrprofil i nedslagsfeltet. Verdier fra 1974.

Jorddybde	10 cm	20	30	40
Vol. prosent vann	50,8 ± 7,3	46,2 ± 5,5	40,3 ± 5,4	36,0 ± 5,0
Gjentak	12	12	8	4

Tabell 5. Middeltall for volumprosent vann i korresponderende nivåer i 12 profiler i tørrhei/fukthei i feltet på Rebnor. Data fra 9 forskjellige måledatoer er brukt, slik at de oppgitte middeltall er målt både over tid og sted. Målt ved hjelp av neutronspreder.

funksjonen til apparatet ikke pålitelig; men jordarten må kalibreres separat (Kristensen 1971:96). Lenger nede benyttes apparatets standardfunksjon. Et annet sett data fra feltet kommer fra prøver som ble undersøkt med standard jordfysikalske metoder (tabell 6). Når vi ser på torvprofilet (tabell 4), viser det seg at verdiene fra neutronspredermetoden jamt over er mer enn dobbelt så store som ved den tradisjonelle metoden, men de nærmer seg hverandre et stykke nedover i profilet (20-30 cm). Dette kan betraktes som ei kalibrering. Lenger nede påvirkes neutronsprederverdiene av mineraljorda under, idet det området som måles ved denne metoden er ei tilnærma kule med diameter ca. 10 cm (Kristensen l.c.). En må konkludere med at i slik torvjord som det er på feltet, er neutronsprederverdiene for tørr jordtetthet omtrent to ganger større enn de riktige verdiene i dybde 0-15 cm. Det er uvisst hvordan de beregna jordvannsmengdene påvirkes av dette.

5.2. Jordvann

Essensielle jordfysikalske data finnes i tabell 6. Videre finnes det middeltall for jordfuktighet for hvert dybdenivå fra fukt- og tørrhei. Dette middeltallet er ikke noe representativt årsgjennomsnitt, i det de er basert på ni nålinger i løpet av 1972, 1973 og 1975 (tabell 5). Når det gjelder torvprofilet, viser det seg at middeltallet stort sett ligger mellom metning og feltkapasitet ($pF=2,0$). 40 cm-nivået er en del avvikende, men dette skyldes sannsynligvis at den tørre egenvekta er påvirka av det underliggende mineraljordlag. Det viser seg at jordfuktigheten er temmelig stabil, med standardavvik på mellom 2,8 og 1,5 volumprosent (tabell 4). Når det gjelder fukt- og tørrhei, viser f.eks. forskjellene mellom profilene A4 og B4 i tabell 6 hvor stor variasjon som det kan være mellom to steder med omtrent samme vegetasjon. I tabell 5 er satt opp gjennomsnittsverdier for hvert nivå for hele feltet, og en ser at på 10 cm-nivået ligger middeltallet godt under feltkapasiteten som er målt. På 20 cm-nivået ligger middelverdien mellom verdiene for A4 og B4, og det samme er tilfellet for 30 cm-nivået.

	Volum- % luft	V o l u m - % v a n n				Jord- tetth. (g/cm ³)	Volum-%		Matr.- tetth. (g/cm ³)	Vann v. pF ^{4,2}		
		metn.	1,3	2,0	3,0		porer	matr.		vekt-%	vol-%	
A ₁	0-5	28,8	88,2	83,4	62,6	57,7	0,12	91,0	8,7	1,32	101,8	12,2
	5-10	11,7	86,4	83,9	75,8	70,2	0,19	86,7	12,6	1,38	65,3	12,4
	20-25	12,4	87,4	84,8	76,0	58,8	0,16	87,7	11,6	1,27	54,9	8,8
	35-40	12,8	87,1	85,1	76,2	56,4	0,16	88,1	11,1	1,34	37,5	6,0
A ₄	0-5	14,8	72,9	72,1	62,7	53,6	0,46	77,3	22,6	2,04	25,5	11,7
	5-10	20,3	69,8	67,1	56,4	46,6	0,52	76,3	23,4	2,19		
	10-15	15,0	69,9	67,3	59,4	41,9	0,58	74,1	25,7	2,22	21,0	12,2
	20-25	29,2	74,6	64,7	53,0	49,6	0,46	81,8	17,9	2,48		
	30,35	16,2	66,9	63,7	55,4	47,7	0,73	71,5	28,5	2,54	12,7	9,3
	40-45	15,7	63,5	57,7	53,5	44,1	0,81	68,3	30,9	2,54		
B ₄	0-5	9,8	78,7	75,7	70,0	55,0	0,36	79,2	20,3	1,71		
	5-10	18,9	74,7	72,0	60,5	56,9	0,40	78,9	20,6	1,89	30,8	12,3
	20-25	29,4	58,7	51,9	38,3	25,7	0,90	66,1	32,4	2,65	6,4	5,8
	35-40	28,5	47,6	39,9	30,8	30,3	0,24	57,6	40,7	2,92		

Tabell 6. Fysikalske verdier for tre jordprofiler fra forsøksfeltet på Rebnor. Dette forsøksfeltet er noe større enn nedslagsfeltet. A₁ er tatt i torvull-røsslyng-myr, mens A₄ og B₄ er tatt fra fukthei/tørrhei. Volumprosent luft er målt ved pI=2,0. Alle målingene er utført ved Institutt for Jordkultur, Norges Landbrukshøgskole, Ås.

	Overflatevatn	ikke overfl. vatn
	0	2
	1	
	2	1
Mm nedbør i de fire	3	
foregående døgn	4	1
	5	1
	6	
	7	
	8	1
	9	
	10	
	>10	19

Tabell 7. Sammenheng mellom nedbør i de to foregående døgn og overflatevatn i nederste dreneringsgrop i feltet. Observasjoner juni-juli-august 1974.

6. DISKUSJON

Enkelte modeller for avrenning antar at alt vann som overskrider feltkapasiteten, renner ned i et grunnvannmagasin som nå drenerer etter eksponentialformelen $R=R_0 e^{-kt}$ (se f.eks. Lundqvist 1976). Denne formelen beskriver en vanlig tørrværskurve. Sjøelve avrenningsprosessen består da ifølge disse modellene av to deler: en temmelig rask (1 døgn) gjennom den øvre del av jordsmonnet, og ei avrenning fra grunnvannsmagasinet som skjer over et mye lengre tidsrom, og som også inngår som en del av ei kontinuerlig avrenning. Det er åpenbart at dette er ei forenkling, men nøyaktigheten er tilstrekkelig stor til at infiltrasjonen forutsettes konstant over tid, noe som ikke er tilfelle (se f.eks. Aslyng 1968). Hvorvidt en kan snakke om grunnvann i et slikt system som jorda i lyngheien på Rebnor, er uvisst. Det virker mer naturlig å snakke om ei nedre sone med vannmette jord, som avrenning til bekker etc. skjer fra, og over denne ei sone med jord som ikke er metta med vann (vanninnholdet kan ligge over eller under feltkapasiteten), som drenerer vann til den metta sona. Grensa mellom de to sonene vil fluktuere med tida.

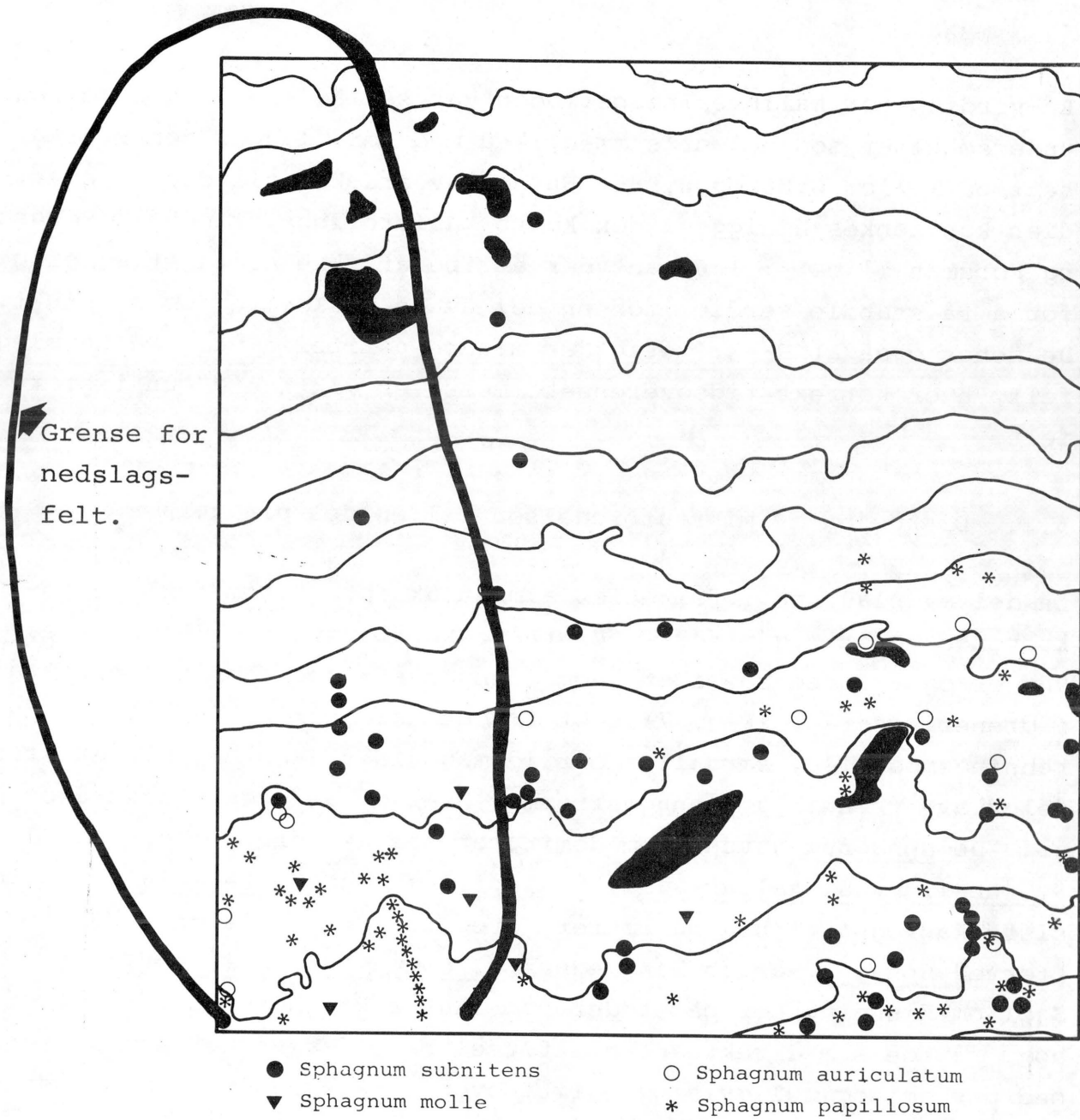
Det er to ting som er påfallende med de jordvannsmengdene som er målt i feltet. For det første er verdiene fra hvert målepunkt svært stabile gjennom hele måleperioden (standardavvik 1-2,5 vol. prosent). En må her huske på at årlig nedbør ligger på omlag 1100 mm, og at forskjellen mellom metning og $pF = 2,0$ ligger stort sett på mellom 10 og 15 vol. prosent (tabell 6). Hvis en antar at de målte jordvannsverdiene er representative, kan en slik stabilitet tolkes på minst to måter. Den ene er at "ny" nedbør infiltrerer hovedmengden av vann temmelig raskt, forsvinner til den metta sona, og bare med små økninger bidrar til vannet i den umetta sona. Den andre tolkinga er at relativt små mengder av nedbøren infiltrerer jorda, mens mye går til overflateavrenning. Begge tolkningsmåter vil antakelig harmonere med totalavrenninga i en vanlig avrenningsmodell.

Det andre påfallende trekk er at jordvannsverdiene ofte synes å ligge over feltkapasiteten, men her er det store usikkerhetsmomenter på grunn av at det er to forskjellige metoder som er brukt. Hvis verdiene er riktige, vil en mulig konklusjon være at feltkapasiteten, målt med vanlige jordfysikalske metoder, ikke er realistisk i et lukka, naturlig jord-vann system. En del av målingene av jordfuktigheten fant sted i tørre perioder, slik at det kan utelukkes at det bare er situasjoner med kraftig drenering etter regnvær som er fanga inn i måleresultatene. Men full oppklaring av disse problemene kan bare skje ved ei grundigere kartlegging av de fysikalske egenskapene til jordmonnet i feltet.

6.1. Diskusjon av modellen

Siden modellen ikke er prøvd på en uavhengig tidsperiode, kan det ikke sies å være bevist at den gjelder for annet ann kalibreringsperioden. Den følgende diskusjonen vil derfor for en stor del dreie seg om å forsøke å sannsynliggjøre modellens riktighet ved å sammenlikne dens data med data fra liknende modeller.

I denne undersøkelsen er total evapotranspirasjon ca. 2,5 ganger større enn avrenninga. Lundquist (l.c.) fant et tilsvarende forhold på 1,5. Grip (1973: 202) fant at evapotranspirasjonen utgjorde mer enn to ganger avrenninga. Siden vår kalibrering skjedde på verdier fra sommerhalvåret, er det rimelig å anta at det på årsbasis vil være mindre evapotranspirasjon i forhold til avrenning. Derfor kan en slutte at den verdien vi har funnet trolig er i noenlunde overensstemmelse med litteraturdata. Siden jordsmonnet er tynnere i feltet på Rebnor enn i de øvrige felt som er referert til (Lundquist 1976, Grip 1973, Bergstrøm og Forsman 1973), skulle en vente at avrenningsverdiene var større i forhold til evapotranspirasjonen enn i felt med djupt jordsmonn. Når dette tilsynelatende ikke er tilfellet, må en slutte at jordsmonnets egenskaper kompenserer for den manglende mektighet. Det er her nærliggende å tenke seg at årsaken ligger i den høge humusprosenten, som åpenbart er skyld i den store avrenningskonstanten for langtidsmagasinet, 2200 timer. Lundquist (l.c.) opererte med en avrenningskonstant for myr på 300 timer.



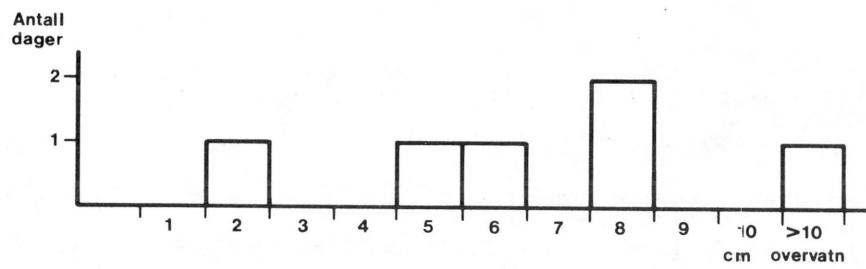
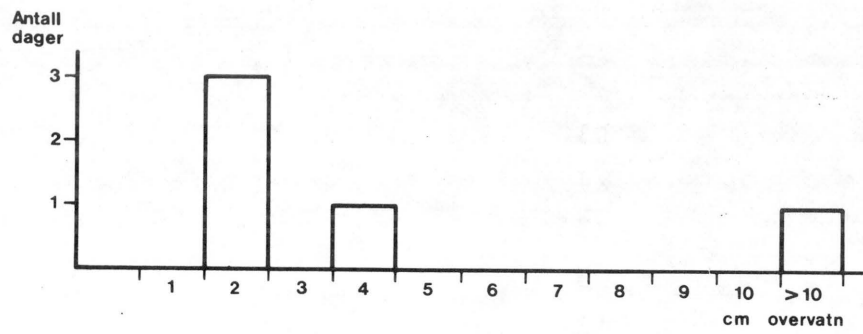
Figur 7. Utbredelsen av en del plantearter i et forsøksfelt på Rebnor. Nedslagsfeltet i det hydrologiske forsøket overlapper delvis med dette feltet.

R^2 -verdien for kalibreringsperioden var så låg som 0,70. For de undersøkelser som det er sammenlikna med her, ligger den stort sett på mellom 0,86 og 0,98. En del av årsaken til den låge verdien kan tenkes å ligge i den korte kalibreringsperioden. Bergstrøm og Forsman (l.c. : 166) antyder at tre år ikke er tilstrekkelig for å få stabile verdier for en del av de parametre som er brukt. De mener også at R^2 -kriteriet er mindre pålitelig ved små nedslagsfelt, hvor korrekt tidsoverensstemmelse er viktigere enn i store felt.

6.2. Diskusjon av mikroutbredelsen til en del planter

En del av plantene i feltet er alment akseptert som fuktighetskrevende. Dette gjelder i første rekke torvmosene (Sphagnum). Det er også disse som i et sammenhengende teppe danner overflata i dreneringsdråga (Fig. 7). Ut fra de tall som er funnet for avrenningsmodellen, særskilt korttidsmagasinet, kan en anta at store deler av avrenninga gjennomstrømmer hver m^2 av dreneringsdråget pr. år. De Sphagnum-artene som dominerer i slike dråg er oftest S. rubellum, S. fallax s.l., S. papillosum og S. tenellum. De to siste kan også finnes på tørrere steder. Som representanter for "tørre" Sphagnum-arter kan nevnes S. compactum og S. strictum. Sjøl om disse vokser på steder hvor luftfuktigheten som regel er høg, får de som direkte vanntilførsel bare det vannet som faller ned på dem, og muligvis også litt overflateavrenning fra nærmestliggende områder. Dette er fastslått på grunnlag av studier av mikrotopografien rundt slike tuer.

Siden mengden av vann som renner gjennom et dråg, er avhengig av nedslagsfeltet som drenerer gjennom dråget, er det åpenbart at bare tilstedeværelsen av et dråg ikke nødvendigvis er tilstrekkelig for at en skal finne fuktighetselskende Sphagnum-arter der. Det er rimeligvis her tale om en serie fuktighetsnisjer, fra de "tørre" hvor en finner f.eks. S. strictum, til mer eller mindre konstante vannansamlinger hvor en f.eks. finner S. cuspidatum.



Figur 8. Histogram over antall dager med overflatevann i forskjellig dybde i erosjonsgroper på Rebnor.
Øverst: erosjonsgrop oppe i feltet.
Nederst: erosjonsgrop nede i feltet.

Måned	Antall dager estimert	observert
Januar	22	
Februar	22	
Mars	0	
April	2	
Mai	3	
Juni	6	0
Juli	13	8
August	24	18
September	27	26
Oktober	5	
November	12	
Desember	24	
	<hr/>	
	156	

Tabell 8. Antall dager med overflatevann i ei erosjonsgrop på feltet på Rebnor i 1974. De observerte verdiene utgjør i middel 77.6 % av de estimerte. Flere detaljer i teksten.

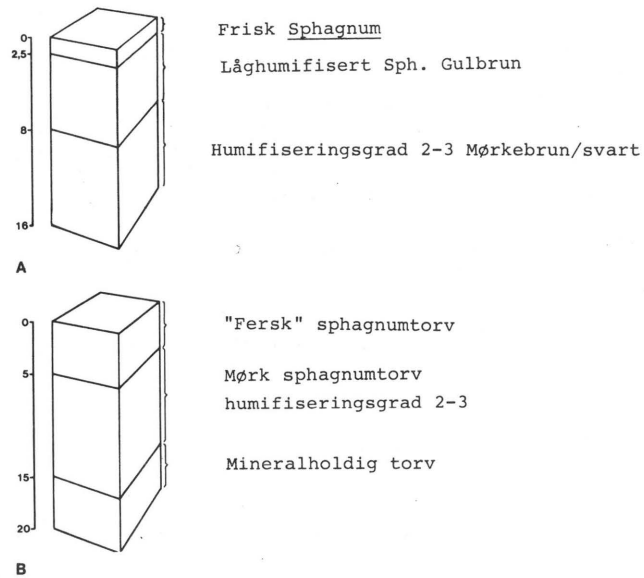
Andre planter, både moser og lav, er også begrensa til dråg i lynnghelia, og har antakelig et liknende forhold til fuktighetsbetingelsene som Sphagnum-artene. Men det kommer også en kompleks innvirkning av næringsforhold i tillegg.

Den sammenhengen mellom plantenes mikroutbredelse og hydrologiske forhold som her er skissert, er basert på korttidsmagasinet i den hydrologiske modellen og på den feltobservasjon at det stadig er vann tilstede i dråga i feltet. Sammenhengen er altså på ingen måte bevist. Et bevis kan en bare få ved å følge vannets bevegelser i feltet ved isotop- eller fargeteknikk. Men sterke indisier peker i retning av de sammenhenger som vi her har skissert.

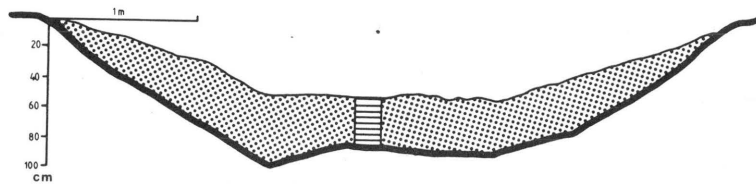
6.3. Vatnet i dreneringsgropene

Vannstanden i erosjonsgropene ble registrert i perioden 6.juni - 30.september 1974. Det viste seg at denne vannstanden sto i samband med nedbøren i de foregående dager. Grovt regna kan en si at om nedbøren i de fire foregående døgn har vært større enn 10 mm, får en overflatevatn i erosjonsgropene (tabell 7). Hvis en sammenlikner ei grop nederst i forsøksfeltet med ei grop langt oppe i feltet (Fig. 8), ser en at det i den samme perioden er flere dager med høgtstående overvatn i den nedre gropa enn i den øvre. Dette viser at jo lenger ned en kommer i nedslagsfeltet, jo mer vann presses det opp i dagen.

På grunnlag av sammenhengen mellom nedbør foregående dager og overflatevatn i erosjonsgropene, er det rekna ut hvor mange dager i 1974 som det var overvatn i disse gropene (tabell 8). I juli, august og september var det også uavhengige observasjoner av overflatevann, og det viste seg at de observerte verdiene var omlag 78 % av de estimerte. Tar en dette til grunn, vil det si at omlag 121 dager av året er det overflatevann i de nederste erosjonsgropene. Dette forklarer antakelig hvorfor det er en slik sparsom og spesiell vegetasjon i disse gropene (se Solhøy og Øvstedal 1981).



Figur 9. Torver som er granska.



Figur 10. Profil av dreneringsdråg ca. 50 m nord for feltet på Rebnor. Prikka felt = torv. Skravert felt = Torv II i Hålands undersøkelse (Fig. 9 B).

Som vist av Håland (s. 16) går Sphagnum, særskilt S. papillosum, omtrent ned til berget i dråga. Dette kan ikke bety annet enn at det har vært dråg på disse stedene den perioden da den nåværende torva har blitt avsatt. Nå behøver ikke torva å være særlig gammel, siden vi vet at det har vært torvtekt i området.

Alderen på jordmonnet varierer mye. Myra nederst i nedslagsfeltet, med en torvdybde på ca. 50 cm, har en alder på ca. 4000 år (^{14}C -datering), ca. 25 cm under overflata er alderen ca. 2000 år. Noe lenger nord var torv på ca. 50 cm dybde ca. 2000 år. Da innblanding av nedvokst yngre materiale (røtter) ikke kan utelukkes, representerer disse tall minimumsverdier for alderen.

Torvdybden er proporsjonal med bruttotilvekst minus nedbryting og erosjon, inkl. torvtekt og er derfor ikke noen brukbar indikasjon på alderen av torvlaget. En må anta at torvfordelinga på feltet har vært anderledes i tidligere tider, og der med har antakelig også det hydrologiske mønsteret vært anderledes, sjøl om de nåværende dråga har eksistert lenge.

APPENDIX A

Bjørn Håland

Moserestår frå to torver frå dråg i forsøksfeltet er granska. Torvene gjekk heilt ned til berget.

Ei søyle som var om lag 4 x 4 cm i tverrsnitt, vart skoren ut av torva, reinska godt og kutta opp i 1 cm tjukke skiver som låg i 10 % KOH i vel ei veke for å få løyst opp humusstoffa. Prøvane vart så tømt på ei fin sikt og spylt forsiktig med vatn.

Prøvane vart så gjennomgått under stereolupe, og planterestår som lot seg bestemma, vart plukka ut.

Nomenklaturen følgjer Nyholm (1956-69).

Torv I. (fig. 9, A)

0-4 cm Spaghnum papillosum, S. subnitens
4-5 " " "
5-10 " " "
10-11 " " S. molle ?
11-14 " " Acutifoliagr. trl. subnitens
+ Dicranum sp.
14-15 " " + enkelte blad av S. russowii
15-16 " " noko meir russowii
Botn. $\frac{1}{2}$ cm til reinskjering: S. papillosum, Acutifolia-art og
subsecunda-art.

I alle prøvane var Sphagnum papillosum den absolutte dominerande arten. Det einaste unntaket kunne kanskje vera botnprøven, der det var stor forurensning.

Torv II. (fig. 9B, 10)

0-3 cm Sphagnum papillosum, S. tenellum, S. subnitens
Acutifoliagr. rubellumtype
3-10 " S. papillosum
rubellumtype
Acutifoliagr.
subnitenstype
10-11 " S. papillosum Acutifoliagr. med rubellum og subnitenstype.
Subsecundagr.
11-13 S. papillosum Acutifoliagr. subnitenstype.
13-14 S. papillosum Acutifoliagr. subnitenstype + litt trekol.
14 15 cm S. papillosum (svært lite) Acutifoliagr.
subnitenstype. (noko meir) Trekol.
15-16 S. papillosum, Acutifoliagr. Trekol.
16-17 S. papillosum. Selaginellasporer. Trekol.
17-18 S. papillosum (ein heil del) Trekol.
18-19 S. papillosum (små mengder) Selaginellasporer (ein god
del). Trekol.
19-20 S. papillosum Acutifoliagr. subnitenstype.
Selaginella makrosporer. Trekol.

I området 0-14 cm har Sphagnum vore den absolutte dominerande av makrofossila, med S. papillosum som den det er mest av. På den neste går den relative mengden med Sphagnum ned. Trekol som det fanst litt av i skiktet 13-14 cm, blir det etter kvart ganske mykje av.

Frå 18 til 20 kan ein ikkje garantere fråvær av alvorlege forurensingar.

Frå 15 til 20 fanst ein god del radiceller og andre graminerestar.

Skiktet 14-15 utgjer eit overgangsskikt i forholdet mellom mengden av Sphagnum og andre planterestar.

APPENDIX B

Olav Næss

Det benyttede simuleringsprogram var som beskrevet av Lundquist (1976), bortsett fra at noen programsegmenter med visse hjelpefunksjoner måtte tilføyes, da de var utelatt i Lundquists rapport, og for øvrig måtte tilpasses de aktuelle data og programkjøringsmetoder. Disse programsegmenters funksjoner var:

- 1: Innlesing av data for nedbør, stråling og målt avrenning.
- 2: Innlesing av systemparametre. Programmet ble lagt opp for interaktivt bruk, slik at ønskede systemparametre kunne redefineres mens programmet var aktivt i maskinen.
- 3: Transformasjon av avrenningskonstantene til verdier som uten modellendring kunne benyttes med grovt tidssteg. I Lundquists modell får et lineært magasin under ett tidssteg sitt uttappbare innhold redusert med en faktor lik t/K , hvor K er avrenningskonstanten. Det er da forutsatt at K er stor i forhold til tidssteget, noe som bare gjelder for myrmagasinet når tidssteget er et døgn. Men fremdeles gjelder det at magasinet under ett tidssteg nedtappes med en bestemt faktor:

$$1 - e^{-\frac{t}{K}} \quad (1)$$

Således kan den opprinnelige modell fremdeles benyttes uendret hvis man for hvert magasin erstatter K med den inverse verdi av (1):

$$\frac{1}{1 - e^{-\frac{24}{K}}} \quad (2)$$

når $t=24$ timer og K er uttrykt i timer.

4: Utskriving av tilstandsvariablenes verdier for hvert døgn.

5: Plotting av målt og beregnet avrenning.

6: Beregning og utskrivning av R^2 (se Bergstrøm og Forsman 1973).

Tilstandsvariablenes verdier ble primært benyttet til kontroll av simuleringens rimelighet under uttestingen av programmet. Ved modelloptimaliseringen ble systemparametrene først gitt verdier som syntes sannsynlige ut fra en vurdering av det aktuelle forsøksfelt. Siden ble maksimalisering av R^2 benyttet som kriterium ved parameterjusteringen. Parametre lot seg ikke optimalisere uavhengig av hverandre, men multiple maksima ble ikke registrert.

I tillegg til de egentlige systemparametre kom tilstandsvariablenes initialverdier inn som en usikkerhetsfaktor. Spesielt viste det seg at initialverdien av SB, det aktuelle vanninnhold i myr, var viktig og måtte taes med under optimaliseringen.

LITTERATUR

- Aslyng, H.C. 1968: Klima, jord og vandbalance i jordbruget. D.S.R. Forlag. København.
- " 1974: Fremtidige aspekter vedrørende evapotranspirasjon. - Stensil. Nordisk Hydrologisk Forening. Seminar om evapotranspirasjon 22.-24.januar 1974. København. 6 pp.
- Bergstrøm, S. og Forsman, A. 1973: Development of a conceptual deterministic rainfall-runoff model. - Nordic Hydrology 4: 147-70.
- Bringfelt, B. og Hårsman, P.O. 1974: Rainfall interception in a forest in the Velen hydrological representative basin. - Nordic Hydrology 5: 146-65.
- Grip, H. 1973 A deterministic parametric water-balance model. - Nordic Hydrology 4: 191-205.
- Førland, E.J. 1977: Lokalklima i Lindås og Austrheim. - Stensil. Bergen. 26 pp.
- " og Skartveit, A. 1977: Strålingsbalanse, energiomsetning og mikroklima i et kystnært lyngheifelt. - Stensil. Bergen 98 pp. Lindåsprosjektets rapportserie (under trykking).
- Kirkham, D. 1946: Proposed method for field measurement of permeability of soil below the water table. - Proc. Soil Sci. Soc. Am. 10: 58-68.
- Kristensen, K.J. 1971: Måletæthed og -sikkerhed ved måling af jordfugtighed med neutronmetoden. - Rapport nr. 2. Norsk komite for IHD. Oslo.
- Lundquist, D. 1976: Simulering av det hydrologiske kretsløp. Erfaringer fra Birkenesfeltet. - SNSF-prosjektet, IR 23/76. Oslo-Ås. 34 pp.
- Nyholm, E. 1954-69. Illustrated Moss Flora of Fennoscandia. II. Musci. - Gleerup. Lund, 799 pp.
- Rycroft, D.W., Williams, D.J.A. og Ingram, H.A.P. 1975: The transmission of water through peat. I-II. -J. Ecol. 63: 535-56, 557-68.
- Solhøy, T. og Øvstedal, D.O. 1931: Planter- plantesamfunn og dyr på et forsøksfelt med nærliggende omgivelser på Rebnor, Austrheim herred, Hordaland. - Stensil. Bergen. 90 pp.

FIGURER

1. Nedslagsfeltets plassering på Rebnor i Austrheim og i Norge	2
2. Oversikt over nedslagsfeltet	4
3. Sammenheng mellom nedbør på feltet på Rebnor og på Årås ($R=0,96$) samt på Rebnor og på Øksnes ($R=0,65$) sommeren 1974	5
4. Generell modellstruktur for feltet	8
5. Sammenheng mellom overflateavrenning og nedbør i de to fore- gående døgn på feltet på Rebnor	10
6. Observert avrenning, estimert avrenning og nedbør i perioden 6.6. - 30.9.1974	15
7. Utbredelse av en del plantearter i et forsøksfelt på Rebnor	23
8. Histogram over antall dager med overflatevann i forskjellig dybde og erosjonsgroper på Rebnor	25
9. Torver som er granska	28
10. Profil av dreneringsdråg ca. 50 m nord for feltet på feltet	28

TABELLER

1. Oversikt over nedbør, observert og estimert avsetning på feltet, Rebnor i perioden 6.6. - 30.9.1974	6
2. Oversikt over konstanter brukt i modellen	13
3. Oversikt over tørr jordtetthet for korresponderende nivåer i feltet på Rebnor	13
4. Oversikt over jordtetthet i et myrprofil i nedslagsfeltet .	18
5. Middeltall for volumprosent vann i korresponderende nivåer 12 profiler i tørrhei/fukthei i feltet på Rebnor	18
6. Fysikalske verdier for tre jordprofiler fra forsøksfeltet på Rebnor	20
7. Sammenheng mellom nedbør i de to foregående døgn og over- flatevatn i nederste dreneringsgrop	20
8. Antall dager med overflatevatn i ei erosjonsgrop på feltet på Rebnor i 1974	26