

L

# Norsk landbruksforskning

*Norwegian Agricultural Research*

Vol. 9 1995 Nr. 3-4

NISK, BIBLIOTEKET



70266718



Forskningsparken i Ås Ås, Norge  
*Ås Science Park Ltd., Norway*

# NORSK LANDBRUKSFORSKING NORWEGIAN AGRICULTURAL RESEARCH

Norsk landbruksforskning dekker publiseringsbehov for norske forskingsresultater innenfor fagområdene: Akvakultur/*Aquaculture*, Husdyrbruk/*Animal Science*, Jord- og vannfag/*Soil and Water Sciences*, Landbruksteknikk/*Agricultural Engineering*, Bioteknologifag/*Biotechnological Sciences*, Næringsmiddelfag/*Food Science*, Landskapsplanlegging/*Land Use and Landscape Planning*, Biologi og naturforvaltning/*Biology and Nature Conservation*, Miljø/*Environment*, Plantedyrking/*Crop Science*, Skogbruk/*Forest Sciences*, Økonomi og samfunnsplanlegging/*Economics and Society Sciences*.

**Ansvarlig redaktør/Managing Editor**  
**Arnstein Bruaset**

**Redaksjonssekretær/Sub-editor**  
**Inger-Lise Børresen**

## UTGIVER/PUBLISHER

Forskningsparken i Ås AS/*Ås Science Park Ltd. Sagabygget, N-1432 ÅS, Norway.*

Norsk landbruksforskning/*Norwegian Agricultural Research* (ISSN 0801-5333) blir utgitt med fire hefter pr. år som utgjør et volum. Hvert hefte skal være på ca. 100 sider. Abonnementsprisen er NOK 500,- pr. år. Eventuelle supplementshefter må bestilles og betales separat hos utgiver.

## KORRESPONDANSE/CORRESPONDENCE

All korrespondanse av redaksjonell eller forretningsmessig karakter skal sendes til Forskningsparken i Ås AS, Sagabygget, 1432 Ås.  
Tlf 64 94 84 30. Faks 64 94 37 97.

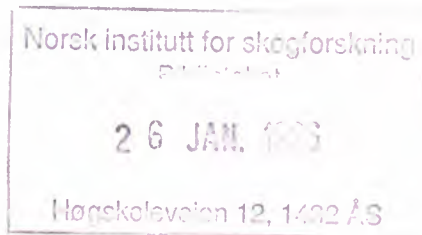
Tegningen på omslaget/*The drawing on the cover:* Kjell Aukrust

**ISSN 0801-5333**

# Norsk landbruksforskning

*Norwegian Agricultural Research*

Vol. 9 1995



Forskningsparken i Ås AS, Norge  
*Ås Science Park Ltd., Norway*

Norsk landbruksforskning  
 Norwegian Agricultural Research  
 Vol. 9 1995

**Innhold/Content**

**Side/Page**

Avling og kvalitet hos bladfaks ..... <i>Yield and feed quality of bromegrass</i>	Borghild Wingan ..... 1
Jordpakking og ulike dreneringsmåter på torvjord i Nord-Norge. Virkninger på avling og botanisk sammensetning av eng ..... <i>Soil compaction and drainage systems of peat soils                  in northern Norway. Effects on yields and botanical                  composition in leys</i>	Trond Knapp Haraldsen, Thore E. Sveistrup, Knut Lindeberg & Tor Jakob Johansen ..... 11
Fleirårig raigras i reinbestand og i blandinger med andre grasarter ..... <i>Perennial ryegrass in pure stand and in mixtures with                  other grass species</i>	Steinar Bø & Jorulf Øyen ..... 29
Risdreping i potet. Fins det alternativ til dikvat? <i>Potato haulm desiccation. Alternatives to diquat</i> .....	Rolf Skuterud, Rolf Krok, Per J. Møllerhagen & Per Y. Steinholt ..... 39
Etablering av frøeng av bladfaks ( <i>Bromus inermis</i> <i>Leyss.</i> ) ved såing med og uten dekkvekst, og ved ulike såtidene uten dekkvekst ..... <i>Establishment of smooth bromegrass (Bromus inermis</i> <i>Leyss.) for seed production by sowing with and</i> <i>without cover crop, and on different sowing dates</i> <i>without cover crop</i>	Gunvald Henning Jonassen & Erik Torskenæs .. 51
Såmengder og radavstander ved frøavl av bladfaks ( <i>Bromus inermis</i> Leyss.) ..... <i>Seeding rate and row with in seed production of</i> <i>smooth bromegrass (Bromus inermis Leyss.)</i>	Erik Torskenæs & Gunvald Henning Jonassen .. 59
En teknisk, biologisk og økonomisk sammen- likning av ulike dyrknings- og oppvarmingssystemer ved roseproduksjon i veksthus, basert på modellberegninger ..... <i>A technical, biological, and economic comparison</i> <i>of different growing and heating systems in green-</i> <i>house rose production, based on model calculations</i>	Z. Scbesta, L. Snipen, B. Kristoffersen & J.C. Omre ..... 65

## Forfatterindeks/*Authors index*

<i>Side/Pakge</i>	<i>Side/Page</i>
Bø, Steinar .....	29
Haraldsen, Trond Knapp .....	11
Johansen, Tor Jakob .....	11
Jonassen, Gunvald Henning .....	51, 59
Kristoffersen, B. ....	65
Krok, Rolf .....	39
Lindeberg, Knut .....	11
Myhr, Kristen .....	85
Møllerhagen, Per J. ....	39
Omre, J.C. ....	65
Sebesta, Z. ....	65
Skuterud, Rolf .....	39
Snipen, L. ....	65
Steinsholt, Per Y. ....	39
Sveistrup, Thore E. ....	11
Torskenæs, Erik .....	51, 59
Wingan, Borghild .....	1
Øyen, Jorulf .....	29
Aasen, Ivar .....	85

Forskningsparken i Ås AS, Sagabygget, N-1432 Ås, Norge  
*Ås Science Park Ltd., Sagabygget, N-1432 Ås, Norway*

Kopar som plantenæringsstoff. Historikk – Langvarig verknad av kopar innblanda i jorda .....	Ivar Aasen & Kristen Myhr .....	85
<i>Copper as a plant nutrient. Review – Long-term effect of soil applied copper</i>		
Avling og kvalitet av smalkjempe ( <i>Plantago lanceolata</i> L.) dyrket i Hedmark .....	Steinar Dragland & Torun Helene Aslaksen .....	101
<i>Yield and quality of Plantago lanceolata L. grown in Hedmark, Norway</i>		
Direktesetting på store forsøksruter .....	Egil Ekeberg & Jens Jemblie .....	107
<i>Direct planting on great parcels</i>		
Nitrogenfrigjøring og ettervirkning ved bruk av grønn gjødsel på utvalgte jordtyper på Østlandet. N frigjøring og ettervirkning av grønn gjødsel .....	Svein Øivind Solberg .....	117
<i>Nitrogen mineralization and after-year effects of green manure on certain soils in Southeast Norway. N mineralization and after-year effects of green manure</i>		
Virkning av sandtilførsel og jordpakking på engavling og jordegenskaper på torvjord i Nord-Norge .....	Tore E. Sveistrup & Trond Knapp Haraldsen .....	133
<i>Effects of sand application and soil compaction on yields of leys and soil properties in peat soils in northern Norway</i>		
Forsøksserier. Noen betraktninger .....	Øivind Nissen .....	147

25 JAN 1995

Høgskoleveien 12, 1432 ÅS

**En teknisk, biologisk og økonomisk sammenlikning av ulike dyrknings- og oppvarmingssystemer ved roseproduksjon i veksthus, basert på modellberegninger**  
*A technical, biological, and economic comparison of different growing and heating systems in greenhouse rose production, based on model calculations*

Z. SEBESTA, L. SNIPEN, B. KRISTOFFERSEN & J.C. OMRE  
Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag, Ås, Norge  
*Agricultural University of Norway, Department of Agricultural Engineering, Ås, Norway.*

Sebesta, Z., L. Snipen, B. Kristoffersen, & J.C. Omre 1995. A technical, biological, and economic comparison of different growing and heating systems in greenhouse rose production, based on model calculations. Norsk landbruksforskning 9: 65-83. ISSN 0801-5333.

Eleven different growing and heating supply systems in greenhouse rose production were evaluated on a technical, biological and economic basis. A main objective of the study was to compare the cost of year-round production using supplementary lighting with that of seasonal production. Different ways of reducing heat losses by means of greenhouse insulation and different heat pump systems were also compared. The evaluation was made on the basis of calculations and simulations carried out over a one-year production period, and covered the following areas: (1) Energy consumption and length of operation period; (2) the amount of photosynthetic active radiation provided and growth and yield obtained in the plants; (3) the economic result. The best economic result was obtained by using single-glazed greenhouses without any form of insulation and without a cooling system. This was especially evident at high lighting intensity levels and with application of CO<sub>2</sub>.

Key words: Economy, heat and growing systems, insulation, supplementary lighting.

*Zdenek Sebesta, Agricultural University of Norway, Department of Agricultural Engineering, P.B. 5065, N-1432 Ås, Norway.*

Bruk av vekstlys/tilleggsbelysning har i de senere år fått stadig større anvendelse innenfor veksthussektoren i Norge. Tidligere ble kulturer som snittroser, agurk og salat bare produsert på sesongbasis, men ved bruk av vekstlys har en vist at den årlige avlingen kan fordobles på

snittroser ved bruk av belysningsstyrker på 160 W m<sup>2</sup> (Mortensen et al. 1992). Tilsvarende resultater er rapportert for agurk (Grimstad 1991). Et av problemene ved bruk av tilleggsbelysning er imidlertid at det skapes mye lufting i veksthusene. En mister dermed noe av den gun-

stige virkning kunstig CO<sub>2</sub>- gjødsling har på avlingsnivået.

I denne meldingen belyser vi problemet ved hjelp av simulering og beregningsmodeller. Hensikten er å finne det energisystemet som gir det beste økonomiske resultat ved kommersiell dyrkning.

Det ble gjort en teknisk/biologisk/økonomisk vurdering av 11 forskjellige dyrknings- og energiforsyningssystemer for roseproduksjon (videre kalt system). Vurderingen er basert på beregninger, utført i tre trinn:

1. Beregninger av årlig energiforbruk og driftstider for to typer veksthus (glass og akryl) med varierende innetemperatur og varierende installert vekstlyseffekt. Dessuten beregninger av energiforbruk og energiforsyning med varmpumper.

2. Beregninger av fotosyntetisk aktivt lys og tilvekst av biomasse i form av antall roser. Tilvekst ble beregnet som funksjon av lysintensiteten og CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen. Antall timer med CO<sub>2</sub>-dosering er et av delresultatene fra beregningene utført i første trinn.

3. Økonomiske beregninger basert på beregnet tilvekst, innsats i form av energi, CO<sub>2</sub>-forbruk, arbeid og investeringer.

De 11 dyrkingssystemene kan deles i 4 grupper:

1. Tradisjonell dyrkning i glass og akrylveksthus, oljefyring. Plantebestanden er ute av produksjon fra desember til februar ved innetemperatur 4°C. Resten av året er innetemperatur 19°C og plantebestanden er i produksjon. (System 1 og 5.)
2. Tradisjonell dyrking i glass og akrylveksthus, energiforsyning med varme-

pumpe supplert med oljefyring. Innetemperatur og dyrkningsoppleg slik som beskrevet ovenfor.

(System 10 og 11.)

3. Helårsproduksjon i glass og akrylveksthus med vekstlys, installert effekt 50, 100 og 150 W m<sup>-2</sup>. Vekstlys supplert med oljefyring sørger for energiforsyning ved innetemperatur 19°C (System 2,3,4,6,7 og 8.)
4. Helårsdyrking i akrylveksthus med vekstlys 150 W m<sup>-2</sup>, kjøling med kjølemaskin og oljefyring. Kjølemaskin har til formål å forlenge tiden med CO<sub>2</sub>-gjødsling, d.v.s. tiden med taklukene stengt. (System 9.)

## Forutsetninger for beregninger

### Beregninger av energibruk og driftstid

Beregninger av varmekonsumet ble utført med ligning (1) for energibalans i veksthus (Tantau 1975, Meyer 1989) med innetemperatur 4-19°C og varierende vekstlyseffekt. Vekstlys 50, 100 og 150 W m<sup>-2</sup> ble slått av mellom kl. 2200 og 0200. Vekstlys-nivå om dagen ble styrt av/på avhengig av sollyset, med en grenseverdi på 10 000 lux ute. Det ble også utført en beregningsserie med grense for 30 000 lux ute som grenseverdi for avstengning av vekstlyset (videre kalt dagsstyring 10 000/30 000 lux).

Det ble valgt transmittivitet D 0,6 for begge typer av veksthus. Solas varmevirkningsgrad ble valgt til 70% og varmevirkningsgrad for lysinstallasjoner ble satt til 100%.

Det ble simulert et veksthus med tak/grunnflateforhold 1,65 og U-verdi 5,8



$$P = U \cdot \frac{A_{VO}}{A_{VG}} \cdot (t_i - t_u) - D \cdot P_s \cdot \eta_s - P_E \cdot \eta_l \quad (1)$$

- $P$  - Netto varmestrøm uttrykt pr.m<sup>2</sup> veksthusgrunnflate (Wm<sup>2</sup>)  
 $U$  -  $U$ -verdi, eller varmeovergangskoeffisient, som er varmestrøm pr. °C og m<sup>2</sup> takflate (Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>)  
 $A_{VO}$  - Veksthusoverflate glass eller akryl (m<sup>2</sup>)  
 $A_{VG}$  - Veksthusgrunnflate (m<sup>2</sup>)  
 $t_i$  - Temperatur inne (°C)  
 $t_u$  - Utetemperatur (°C)  
 $P_s$  - Solstråling ute (W m<sup>-2</sup>)  
 $P_E$  - Installert el. effekt (W m<sup>-2</sup>)  
 $D$  - Veksthusets transmittivitet for solstråling.  
 $\eta_s$  - Solas varmeevkningsgrad  
 $\eta_l$  - Lysinstallasjonens varmeevkningsgrad

Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup> (glassveksthus). Dette ga et årsforbruk for et veksthus uten vekstlys med innetemperatur 19°C på 960 kWhm<sup>-2</sup>år<sup>-1</sup>. Tilsvarende tall for akrylveksthus med  $U$ -verdi 3,7 Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup> var 582 kWh m<sup>-2</sup>år<sup>-1</sup>.

Klimatiske data for Oslo 1964 som ligger nært til langtids gjennomsnitt for temperatur ble benyttet i beregninger.

Beregning av varmepumpe PQ 016 ble utført ved hjelp av timeverdier for inne- og utetemperatur ( $t_i$  og  $t_u$ ), ligninger (2) for avgitt effek  $P_{VP}$  (kW) og ligning (3) for varmepumpas elektrisitetsforbruk  $P_{VPE}$  (kW). Ligninger ble fremstilt ved hjelp

$$P_{VP} = 1,007 t_u + 35,376 \quad (2)$$

$$P_{VPE} = 0,158 t_u + 12,364 \quad (3)$$

av datablad for innetemperatur 19°C. Ligningene ble brukt i beregninger for både 4 og 19°C inne.

Det ble det tatt hensyn til avtiningsvarme (2,8 kWh) ved temperaturer under 5°C. Avtining reduserer varmepumpas gangtid med ca 3 min h<sup>-1</sup> og øker varmepumpas forbruk av elektrisk energi. Varmepumpa ble stoppet ved temperaturer under -10°C.

### Beregning av lys, tilvekst og avling

En enkel modell for produksjon av roser er laget. Vi antar at produksjonen av roser med hensyn til lys og CO<sub>2</sub> er proporsjonal med den fotosyntetiske aktiviteten. Effekten av temperatur er ikke tatt med eksplisitt. Vi vil derfor anta at temperaturen hele tiden er konstant rundt 19-20°C.

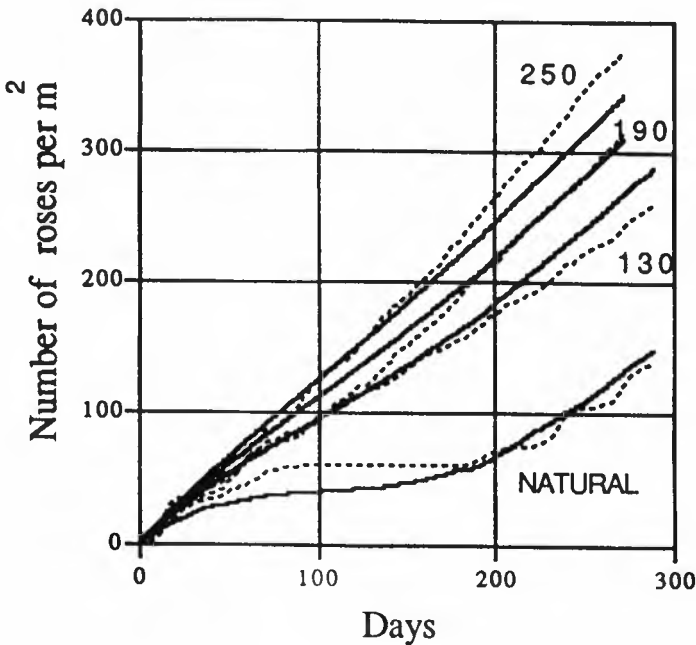
Fotosyntesens kvalitative respons på lys og CO<sub>2</sub> er ganske lik. Begge viser en ulineær respons som nærmer seg metning med økt lys eller CO<sub>2</sub> konsentrasjon. Det er vist hos Thornley & Johnson (1990) at den fotosyntetiske responsen på lys og CO<sub>2</sub> kan beskrives ved en ikke-rektangulær hyperbel.

Vi har tilnærmet dette ved følgende enkle modell:

Til kalibrering er det brukt data fra eksperimenter utført av Mortensen et al. (1992 a) og Mortensen et al. (1992b). Parametrene  $\mu$ ,  $K_l$  og  $K_c$  er estimert ved bruk av ulineær regresjon (Seber & Wild 1989) og med et minste kvadraters krite-

$$B_M = \mu \frac{I}{K_l + I} \frac{C}{K_c + C} \quad (4)$$

- $B_M$  = Antall produserte roser i klasse 1 ( roser dag<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> )
- $I$  = Lysintensiteten , døgngjennomsnitt (  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  )
- $C$  = CO<sub>2</sub> konsentrasjonen, døgngjennomsnitt (ppm)
- $\mu$  = Maksimal produksjonsrate 2,87 ( roser dag<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> )
- $K_l$  = Lys konstant 229,5 (  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$  )
- $K_c$  = CO<sub>2</sub> konstant 163,7 (ppm)



Figur 1. Simulert ..... og observerte \_\_\_\_\_ antall produserte roser av klasse 1 pr. m<sup>2</sup> gjennom en periode på 10 måneder fra og med september til og med juni . De 4 kurvene tilsvarer 4 ulike nivåer av kunstlys. Disse nivåene er NATURLIG 130, 190 og 250  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ .

Figure 1. Simulated ..... and observed \_\_\_\_\_ number of roses of class 1 produced per square metre over a period of 10 months, from September to June, inclusive. The 4 curves represent 4 different levels of artificial light: NATURAL, 130, 190, and 250  $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ .

rium. I figur 1 er det vist simulerte og observerte verdier for antall roser produsert ved ulike lysnivåer over en periode på 10 måneder. Estimert for effekten av  $\text{CO}_2$  er i dette tilfellet mer usikkert enn effekten av lys. Dette henger sammen med at de eksperimentelle dataene er hentet fra ikke eksplisitt undersøkte effekter av  $\text{CO}_2$ . Variasjonen i denne variabelen er derfor noe tilfeldig og vanskelig å estimere sikkert. Verdien  $K_C=163,7$  ppm tilsier at en heving av  $\text{CO}_2$  konsentrasjonen fra 350 til 900 ppm øker produksjonen med 28%.

Modellparametrene er estimert på grunnlag av døgnlige gjennomsnittsverdier og kan derfor bare brukes for slike tall. Det totale lyset på plantene er beregnet for hver time, og døgnmiddelet er gjennomsnittet av disse verdier.  $\text{CO}_2$  konsentrasjon er også beregnet for hver time. Uten lys eller med åpne takluker er  $\text{CO}_2$  konsentrasjon satt til 300 ppm, alle øvrige timer er verdi 800 ppm. Døgnmiddelet er gjennomsnitt av disse verdier.

Data for solstråling Oslo 64 ble brukt til beregning av lyset som gjør seg gjeldende inne i veksthus som vekstfaktor. Dagstyring 10 000 lux med natthvile på 4 timer gjør at det blir brukt vesentlig mindre vekstlys om sommeren enn om vinteren. Det ble regnet med at 42% av globalstråling er i den fotosyntetisk aktive delen av spektret.

Innenivået i glassveksthus ble satt til 61% av utenivå, tilsvarende tall for akrylveksthus er 51%.

Videre ble det regnet med at 25% av den installerte effekten når plantesjiktet som synlig lys i det fotosyntetisk aktive området av spektret.

### Økonomiske beregninger

De økonomiske betraktninger for de ulike systemer bygger på energiberegningene samt beregninger av tilvekst og avling.

Alle kostnader er basert på en veksthusstørrelse 1000 m<sup>2</sup> og regnet om til krm<sup>2</sup>.

Når det gjelder kostnader har en inkludert faktorer som varierer i de ulike dyrkningsenergisystemer. Resultat er et mål for å finne fram til det systemet som, sammenlignet med de øvrige, gir best lønnsomhet ved kommersiell dyrkning

For oppvarming forutsettes det at fyringsolje nr. 2 brukes som energibærer, og det ble regnet med pris 0,24 kr pr. kWh for denne.

Elektrisk kraft benyttes som energibærer til belysning. I kalkylene benyttes tre alternative priser på denne (0,15, 0,30 og 0,45 kr. pr. kWh). Det er tatt utgangspunkt i energiforbruket ved dagstyring 10 000 lux.

Det forutsettes at  $\text{CO}_2$  doseres i alle timer med lys/belysning hvor det ikke er lufting i veksthuset. Etter Moe (1980) regnes det et forbruk på 3 kg ren  $\text{CO}_2$  daa time<sup>-1</sup>. Prisen på  $\text{CO}_2$  er basert på opplysninger fra leverandører og ble satt til 4 kr kg<sup>-1</sup> inkludert flaskeleie.

Arbeidskostnader ble fastsatt ut fra svenske tall (Christensson 1987).

Det ble forutsatt at en høster, pinserer og sorterer/pakker henholdsvis 450, 450 og 400 roser pr. time. Pris pr. arbeidstime er satt til 100 kr.

Kapitalkostnader til varmpumpe er basert på prisoverslag fra leverandører. I systemene 9, 10 og 11, hvor varmpumper benyttes, går en ut fra investeringskostnaden 150 000 kr for en varmpumpe med kapasitet til 1 daa veksthusareal. Varmepumpenes levetid er satt til 10 år. Det er i tillegg regnet en årlig vedlikeholdskostnad på 7 500 kr.

Det ble regnet med 0,12 lysarmatur pr. m<sup>2</sup> ved installert effekt  $P_E$  50 Wm<sup>-2</sup>. Tilsvarende tatt for  $P_E$  100 og  $P_E$  150 er henholdsvis 0,23 og 0,34 armaturer pr. m<sup>2</sup>. Det forutsettes at prisen på armatur er 800 kr, og 200 kr for lampe. Installasjons-

kostnader er beregnet til 350 kr pr lampunkt. Armaturenes og installasjonens levetid er satt til 6 år og lampene 2 år.

For å beregne årlige kapitalkostnader ble amortiseringsfaktorer multiplisert med de respektive investeringer.

## Resultater

### Resultat av energiberegninger

Resultater av beregninger utført i trinn 1 er vist i tabell 1. Kolonne 1 og 5 viser resultater for et glassveksthus og akrylveksthus. Indeks \*) viser til innetemperatur  $4^{\circ}\text{C}$  i desember, januar og februar, resten av året var innetemperaturen  $19^{\circ}\text{C}$ .

Tabellen viser forbruk av olje som er på  $663 \text{ kWm}^{-2} \text{ år}^{-1}$  for glass  $Q_{OG}$  og  $402 \text{ kWh m}^{-2} \text{ år}^{-1}$  for et akrylveksthus  $Q_{OA}$ . Fyringsperiode for de to innetemperaturene  $8760 \text{ h}$ , var ikke identisk med vekstperioden som varte ca  $6802 \text{ h år}^{-1}$ . Dette er også framstilt grafisk i form av varighetsdiagrammer i figur 5.

Kolonne 2,3,4,6,7 og 8 representerer systemer med vekstlys.

Disse kolonner viser i tillegg til oljeforbruk også forbruk av el-kraft til vekstlys i glass og akrylveksthus ved innetemperatur  $19^{\circ}\text{C}$  og helårsproduksjon. Forbruk av el. kraft  $Q_E$  er upåvirket av vekststypen. Dette er gitt av lysprogram dagsstyring  $10\ 000 \text{ lux}$ .

Beregninger for system 8 viser at forbruket av elektrisitet  $Q_E$   $150$  på  $637 \text{ kWh år}^{-1} \text{ m}^{-2}$  ved  $P_E$   $150$  stiger til  $887 \text{ kWh år}^{-1} \text{ m}^{-2}$  for dagsstyring  $30\ 000 \text{ lux}$ . Samtidig øker utlufting av energi fra  $229$  til  $446 \text{ kWh år}^{-1} \text{ m}^{-2}$  index \*\*).

Det er likevel ikke all denne energien som blir luftet ut. Grunnen til dette er dødsjonen mellom fyring og lufting og eventuelt dagstillegg i temperatur. Utlufting av energi kan likevel bli betydelig, særlig ved dagsstyring  $30\ 000 \text{ lux}$ .

Driftstimer og energibruk for akrylveksthus system 6, 7 og 8 er også framstilt i figur 2, 3 og 4 i form av et varighetsdiagram. Figur 2 viser effektbehov  $P$  i et akrylveksthus med vekstlys, sortert etter størrelse for alle dagstimer,  $4220$  timer i alt. I denne perioden er det ca  $2290$  timer uten varmebehov. Vekstlys står på i  $1186$  timer, dette er gitt av dagsstyring  $10\ 000 \text{ lux}$ . Forskyvning av kurver som er særlig merkbar for effekt  $P_E$   $50$ , er forårsaket av at effektbehovet er mindre en  $150 \text{ W m}^{-2}$  i de fleste av  $744$  dagstimer uten vekstlys.

Dagsstyring  $30\ 000 \text{ lux}$  ga en periode uten effektbehov og elektrisitetsbehov på  $1380 \text{ h år}^{-1}$ .

Natt-timer er splittet i to grupper. Figur 3 viser nattimer med vekstlys på  $3022$  timer og fig. 4 viser nattimer uten vekstlys. Det er  $1460$  timer  $\text{år}^{-1}$  mellom kl  $22\ 00$  og  $2\ 00$  uten vekstlys, hele effekten  $P_O$  blir dekket med olje.

Figur 5 viser fordelingskurve  $P_{OG}$   $19^{\circ}\text{C}$  for effektfordeling i et glassveksthus uten vekstlys temperatur inne  $19^{\circ}\text{C}$ . Under disse betingelser blir oljeforbruket ca  $960 \text{ kWh år}^{-1} \text{ m}^{-2}$ .

System 10 og 11 i tabell 1 viser driftsbetingelser og energibruk for et opplegg med varmepumper  $50 PQ 016$  til oppvarming. Verdiene ble beregnet ved hjelp av ligning (2) og (3) og korrigert for energi som går til avtining av fordampere. Kolonne nr. 9, 10 og 11 viser energi levert av varmepumpa  $Q_{VP}$ , varmepumpas forbruk av el. kraft  $Q_{VPE}$  systemets effektfaktor  $\Phi$  og samlet driftstid  $\tau\Phi$  (ekvivalent driftstid).

Figur 6 viser resultater for glassveksthus og varmepumpe drift i tiden fra begynnelsen av mars til slutten av november med innetemperatur  $19^{\circ}\text{C}$ . Figuren viser oljebehov  $Q_O$  i et veksthus uten varmepumpe, energi levert av varmepumpe  $Q_{VP}$  og varmepumpas el-kraft forbruk  $Q_{VPE}$  i

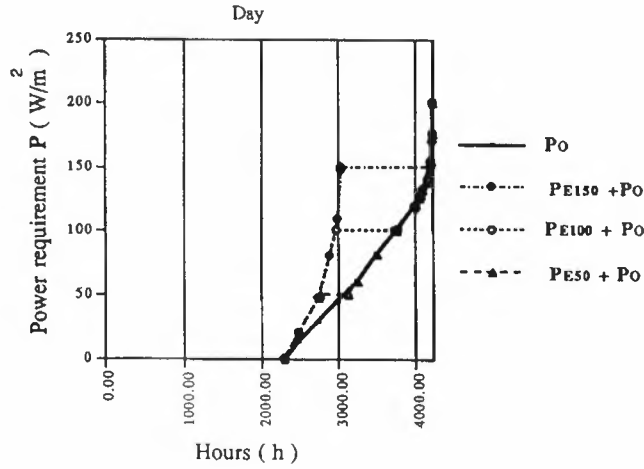
Table 1. Energy and operating conditions for a glass greenhouse and an acrylic sheet greenhouse with an indoor temperature of 4-19°C and operation of a greenhouse with heat pump for cooling (column 9.) Columns 10 and 11 show operating conditions in greenhouses with heat pumps for energy supply. Growth lighting was switched off at 10 klux, outdoors.

Tabell 1. Energi og driftsforhold for et glassveksthus og et akrylveksthus med innetemperatur 4-19 °C samt drift av veksthus med VP for kjøling kolonne 9. Kolonne 10 og 11 viser driftsforhold i veksthus med VP for energiforsyning. Vekstlys ble slått av ved 10 klux ute.

Alternativ system	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Glass				Akryl						
Hustype											
Installert effekt $P_E$	0*)	50	100	150	0*)	50	100	150	150	0*)	0*)
Varmeforsyning	olje	olje+ el.kr.	olje+ el.kr.	olje+ el.kr.	olje	olje+ el.kr.	olje+ el.kr.	olje+ el.kr.	olje+ el.kr.	olje+ VP	olje+ VP
Forbruk av el. kraft til vekstlys $Q_F$ kWh år <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>	0	212 295**)	424 591**)	637 887**)	0	212 295**)	424 591**)	637 887**)	637 887**)	0	0
Forbruk av olje $Q_\phi$ kWh år <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>	663	741 703**)	556 499**)	410 343**)	402	385 359**)	237 204**)	174 141**)	174-80 141-80	210	443
Utlufting av el. energi $Q_F$ kWh år <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>		0 38**)	20 130**)	87 272**)		12 72**)	79 213**)	229 446**)	79 213**)		
Energi levert av VP $Q_{VP}$ kWh år <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>									80	192	220
Forbruk av el. kraft til VP og viftebat. $Q_{VPE}$ kWh år <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>									25	75	84
Effektfaktor for $\phi$ og varmepas samlede driftstid $\tau \phi$ h									3,2 1000	2,56 5030	2,62 5717

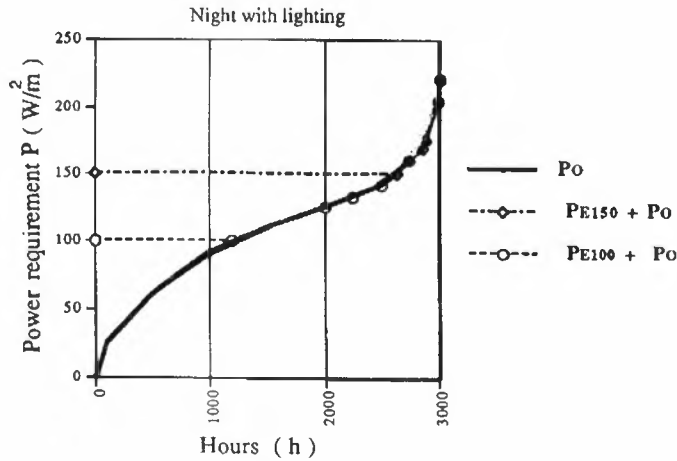
\*) Med alternativ uten vekstlys ble temperatur inn senket i desember, januar og februar til 4°C. Resten av året var innetemperatur 19°C. Fyringsperiode er ikke identisk med vekstperiode som er 6802 h år<sup>-1</sup>)

\*\*\*) Vekstlys avslått ved 30 klux ute



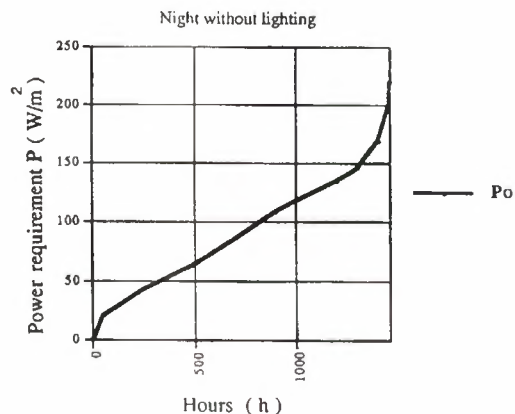
Figur 2. Varighetsdiagram for effekt og varmebehov i et akrylveksthus om dagen ca 4230 timer.  $P_{E150}+P_o$ ,  $P_{E100}+P_o$  og  $P_{E50}+P_o$  er elektrisitetsbehov og oljebehov i et akrylveksthus med 150, 100 og 50Wm<sup>2</sup> vekstlys.  $P_o$  er oljebehov om dagen i et veksthus uten vekstlys.

Figure 2. Cumulative frequency distribution diagram for heat power and heat requirement in an acrylic greenhouse during the day for approx. 4230 h  $P_{E150}+P_o$ ,  $P_{E100}+P_o$  and  $P_{E50}+P_o$  are the electricity and oil requirements in an acrylic greenhouse with 150, 100, and 50 Wm<sup>2</sup> of growth lighting.  $P_o$  is the oil requirement during the day in a greenhouse without growth lighting.

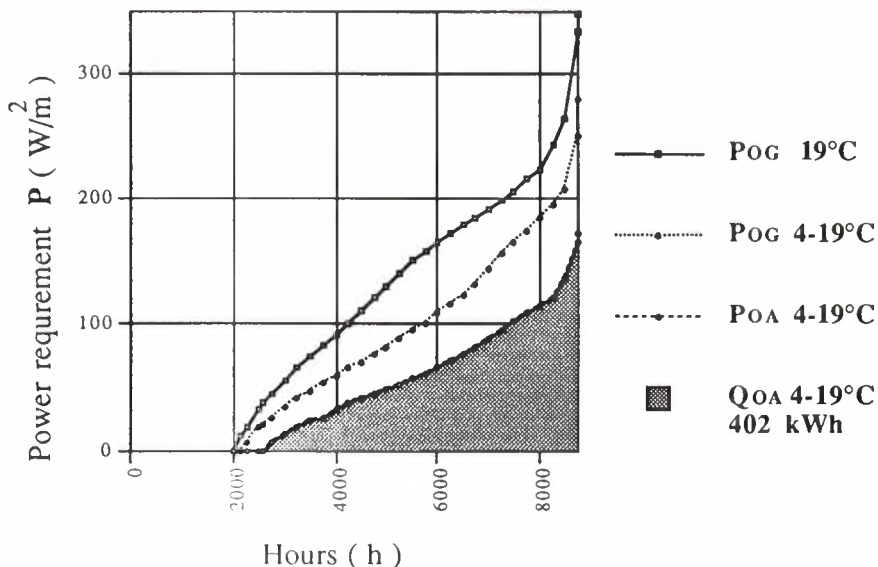


Figur 3. Varighetsdiagram for effekt og varmebehov i et akrylveksthus om natten i tiden med vekstlys på ca. 3022 timer.  $P_{E150}+P_o$  og  $P_{E100}+P_o$  er elektrisitetsbehov og oljebehov i et akrylveksthus med 150 og 100 Wm<sup>2</sup> vekstlys.  $P_o$  er oljebehov i et veksthus uten vekstlys.

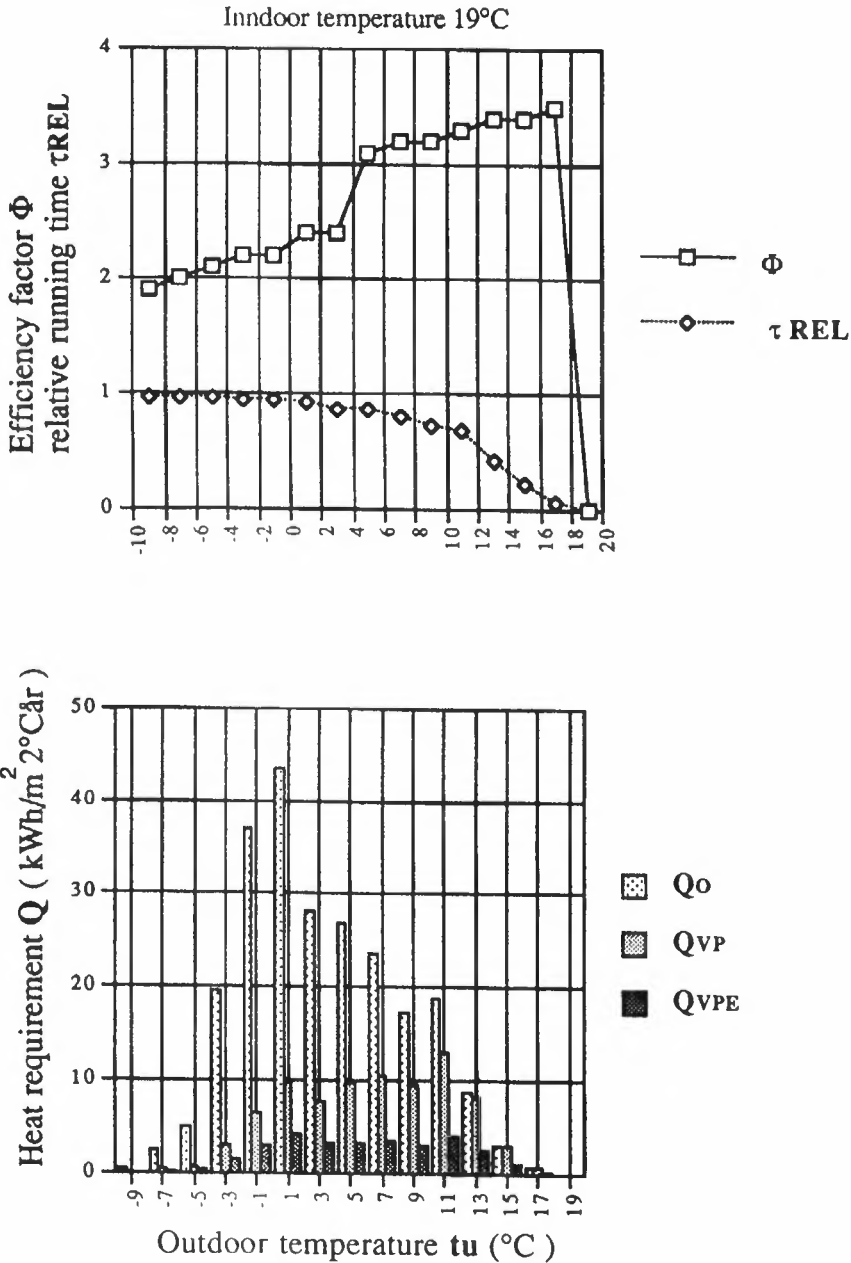
Figure 3. Cumulative frequency distribution diagram for heat power and heat requirement in an acrylic greenhouse during the night in the period with growth lighting of approx. 3033 h  $P_{E150}+P_o$  and  $P_{E100}+P_o$  are the electricity and oil requirements in an acrylic greenhouse with 150 and 100 Wm<sup>2</sup> of growth lighting.  $P_o$  is the oil requirement in a greenhouse without growth lighting.



Figur 4. Varighetsdiagram for effekt og varmebehov i et akrylveksthus om natten i tiden uten vekstlys (kl 22 00 - 02 00). I denne perioden på 1460 timer må hele energibehovet dekkes med olje  $P_o$ .  
 Figure 4. Cumulative frequency distribution diagram for heat power and heat requirement in an acrylic greenhouse during the night in the period without growth lighting (2200-0200). In this period of 1460 h the total energy requirement must be met by oil  $P_o$



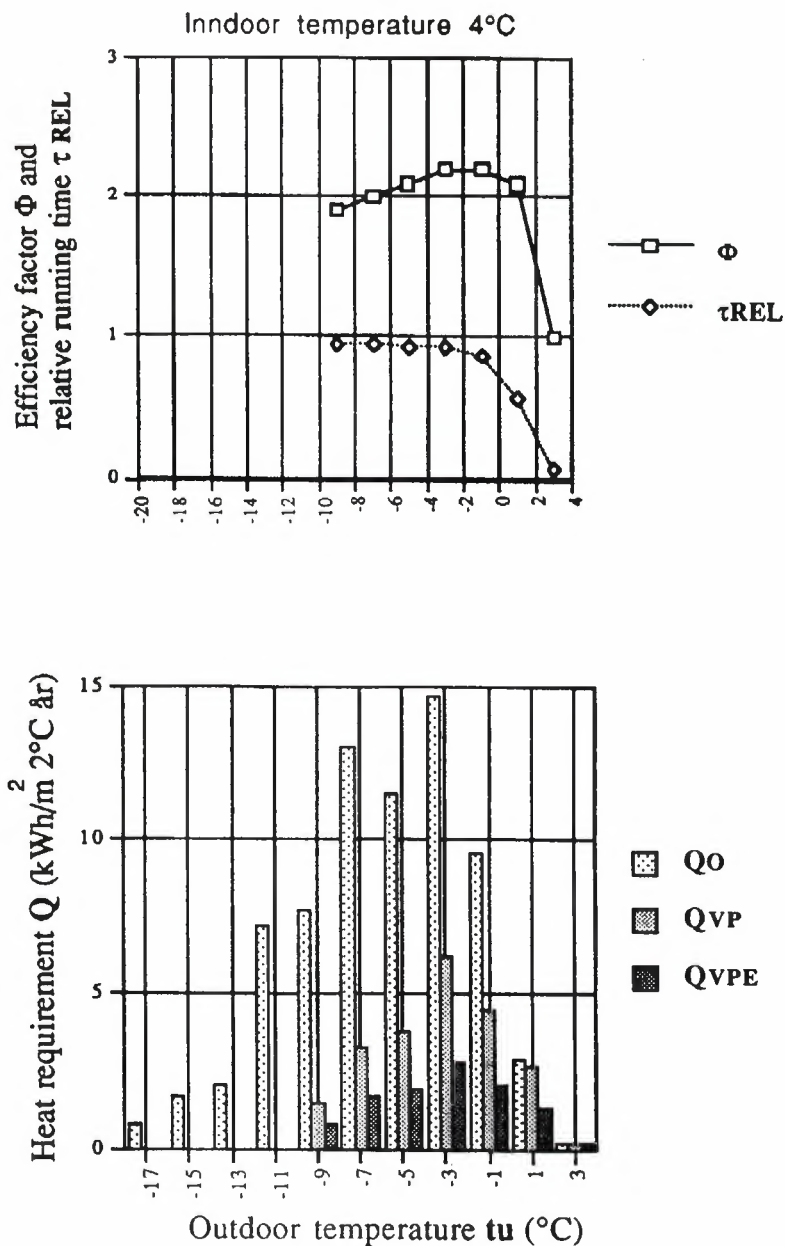
Figur 5. Varighetsdiagram for effekt og varmebehov  $P_o$  (olje) i et glassveksthus med innnetemperatur 19°C hele året  $P_{OG}$  19°C samt effektbehov for henholdsvis glassveksthus  $P_{OG}$  4-19°C og akrylveksthus  $P_{OG}$  4-19°C med innnetemperatur 4°C i desember, januar og februar. Akrylveksthusets varmebehov  $Q_{OA}$  er 402 kWh  $m^{-2}$  år $^{-1}$ .  
 Figure 5. Cumulative frequency distribution diagram for heat power  $P_{OG}$  19°C in a glass greenhouse with indoor temperature of 19°C, all year-round and power requirement for a glass greenhouse with an indoor temperature of 4°C in December, January, and February  $P_{OG}$  4-19°C. The heat requirement  $Q_{OA}$  4-19°C of the acrylic greenhouse with power requirement  $P_{OA}$  4-19°C is 402 kWh  $yr^{-1} m^2$ .



Figur 6. Varmebehov i et glassveksthus fra mars til november med innetemperatur 19°C som funksjon av utetemperatur. Nederst:  $Q_0$  er oljebehov i veksthus uten varmepumpe,  $Q_{VP}$  er energibidrag fra varmepumpe og  $Q_{VPE}$  er varmepumpas forbruk av elektrisk kraft. Øverst: Systemets effektivitet  $\Phi$  og relativ gangtid  $\tau_{REL}$  (time/time)

Figure 6. Heat requirement in a glass greenhouse from March to November with an indoor temperature of 19°C as a function of the outdoor temperature. Bottom:  $Q_0$  is the oil requirement in a greenhouse without a heat pump,  $Q_{VP}$  is the energy supply and  $Q_{VPE}$  is the heat pump consumption of electrical energy. Top: The efficiency factor  $\Phi$  of the system and relative operating time  $\tau_{REL}$  (hour/hour).





Figur 7. Varmebehov i et glassveksthus fra desember til februar med inne-temperatur 4°C som funksjon av utetemperatur  $t_u$ . Nederst:  $Q_0$  er oljebehov i veksthus uten varmepumpe,  $Q_{VP}$  er energibidrag fra varmepumpe og  $Q_{VPE}$  er varmepumpas forbruk av elektrisk kraft. Øverst: Systemets effektivitet  $\Phi$  og relativ gangtid  $\tau$  REL (time/time)

Figure 7. Heat requirement in a glass greenhouse from December to February with an indoor temperature of 4°C as a function of the outdoor temperature. Bottom:  $Q_0$  is the oil requirement in a greenhouse without a heat pump,  $Q_{VP}$  is the energy supply and  $Q_{VPE}$  is the heat pump consumption of electrical energy. Top: The efficiency factor  $\Phi$  of the system and relative operating time  $\tau$  REL (hour/tour).

kWh år<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup> 2K<sup>-1</sup>. Videre er det vist systemets effektfaktor  $\Phi$  og relativ gangtid  $\tau_{REL}$ .

Figur 7 viser resultater for glassveksthus og varmepumpedrift i tiden fra desember til slutten av mars med inne-temperatur 4°C.

Figur 2, 3 og 4 kan brukes til vurdering av driftstid og driftsbetingelser for en kjølemaskin til kjøling av veksthus med mye vekstlys (system 9).

Formålet med kjøling er å forlenge antall timer med stengte takluker og følgende antall timer med effektiv CO<sub>2</sub>-gjødsling.

Kjølemaskinen 30 YQ 012 yter en kjølekapasitet på 55 kW ved 18°C. Kjølemaskinen brukt som varmepumpe har da el-kraftforbruk  $P_{VPE}$  25 kW og kan levere  $P_{VP}$  80 kW varme.

Denne maskin installert i et akrylveksthus med 1000 m<sup>2</sup> grunnflate og varmebelastning fra vekstlys 150 Wm<sup>-2</sup> reduserer varmebelastningen med 55 W m<sup>-2</sup> til en varmebelastning som tilsvarer ca 100 Wm<sup>-2</sup>.

Figur 2 og 3 viser at det er mulig å øke antall timer med CO<sub>2</sub>-gjødsling med ca 1850 timer, fra 1166 til 3013 timer (se tabell 2, system 8 og 9).

Varmepumpas relative gangtid  $\tau_{REL}$  varierer i løpet av disse 1850 timer fra noen få minutter pr. time til 60 minutter pr. time, slik at varmepumpas samlede driftstid  $\tau\Phi$  blir ca 1000 timer (se også kolonne 9 tabell 1). Driftstiden kunne forlenges til 1850 timer med ytterligere investeringer i utstyr som gjør mulig alternativ drift på inn/uteluft.

I løpet av 1000 driftstimer kan varmepumpa levere eksternt, eller dekke nabo-husenes varmebehov  $Q_{VP}$  på ca 80 000 kWh ved et el-kraftbehov på  $Q_{VPE}$  25 000 kWh. I denne tiden kan kjølemaskinen brukt som varmepumpe levere varme i nabo-husene uten behov for lagring.

Kjølemaskin kan også brukes til avfuktning av veksthus i nattetimer uten vekstlys men, dette ble ikke vurdert.

Figur 2 og 3 viser at driftstiden for VP kan forlenges ytterligere med ca 1000 - 1500 timer slik at den samlede driftstid  $\tau\Phi$  blir 2000-2500 timer, men kjølemaskinen har ikke kapasitet stor nok til å holde taklukene nede. Denne form for drift forutsetter allikevel delvis levering av energi utenfor gartneriet eller energilagring. Dette er ikke mulig å få til uten enda ytterligere investeringer.

### Resultat av lys og avlingsberegninger

Tabell 2 viser resultater av lysberegninger basert på klimadata for Oslo (1964) og nevnte installerte vekstlyseffekter. Tabellen viser videre antall roser beregnet ved hjelp av ligning (4).  $B_M$  350 og  $B_M$  900 er produksjon av roser pr. år henholdsvis uten og med CO<sub>2</sub>-dosering.

Beregning etter formel (4) gir en års avling på 173 -191 roser uten tilleggslys og uten CO<sub>2</sub>-dosering for henholdsvis akryl og glassveksthus. Årsavling øker til 326-366 roser ved  $P_E$  150 og CO<sub>2</sub>- dosering.

Bredmose (1993) konstaterte fordobling av antall roser for sorten "Gabriella" ved å belyse plantene med 175 mm s<sup>-1</sup> m<sup>2</sup> med omtrent samme lysprogram.

Beskjæring av roseplantene i begynnelsen av juli er årsaken til at plantene faller ut av produksjon. Høsting kan starte igjen i begynnelsen av september. Realistisk tilvekst blir derved redusert med ca 50-60 roser pr. år fordi beskjæring skjer i den mest lysrike del av året.

Figur 8 viser "minste realistiske" merproduksjon av roser produsert pr. kvadratmeter og år som resultat av CO<sub>2</sub>-heving fra 350 ppm til 900 ppm i timene med stengte takluker. Merproduksjon for akryl og glassveksthus er satt opp som funk-

sjon av installert vekstlyseffekt  $P_E$ .

Figuren viser at isolerte veksthus er mer følsomme når det gjelder fare for utlufting av karbondioksyd.  $CO_2$ -anlegget gir mindre utbytte i isolerte veksthus. Lønnsomheten kan økes med heving av temperatur for lufting i lysperioden, noe som forlenger antall timer med stengte takluker. Dette gjelder i varierende grad for alle systemer. Kjølning av veksthus med installert effekt  $P_E$  150 ga forlengelse av tid med  $CO_2$ -dosering på 1847 timer og 16 roser pr.  $m^2$  og år mer for system 9 enn for system 8.

### Resultat økonomiske beregninger

De økonomiske beregninger er forsøkt tilpasset de forhold en møter i kommersiell dyrking av snittroser. Det tas utgangspunkt i resultatene for energiforbruk og avling gitt ovenfor.

Planter som ikke har kunstig lys er i hvile gjennom desember og januar. Årlig nedskjæring av disse planter kan med fordel gjennomføres i denne perioden når plantene likevel er ute av produksjon, en oppnår derfor produksjon i resten av året. For planter som får belysning er det ønskelig å ha produksjon i vinterhalvåret fordi roseprisene da er høyest.

Vi har forutsatt at plantene med belysning er i produksjon gjennom hele året utenom juli og august, hvor årlig nedskjæring gjennomføres. Det ble regnet med en årlig gjennomsnittspris 4 kr pr. rose for systemer med vekstlys og 3,14 kr pr. rose for sesongdyrking, dvs. system 1, 5, 10 og 11.

Tabell 3 viser resultatene av inntekter, kostnader, og økonomisk resultat for de energisystemer vi har valgt for analysen.

Utgifter til energi pr. 1 kr inntekter blir ikke forandret vesentlig ved anvendelse av vekstlys. Disse utgifter varierer i følge beregningene fra 0,26 - 0,24 kr for glassveksthus til 0,22-0,16 kr for akryl-

veksthus. Minste utgifter får man ved anvendelse av akrylveksthus og varmpumpe til energiforsyning (system 10).

Figur 9 viser det økonomiske resultat for samtlige systemer. De beste resultater gir glassveksthus dvs. uisolert veksthus uten kjøling dette gjelder særlig for høye vekstlysintensiteter.  $CO_2$ -anlegg og  $CO_2$ -gjødsling er mere effektivt i uisolerte veksthus.

### Diskusjon

Det beregnede energiforbruket på årsbasis er større en det som forekommer i dag i praksis. Dette kan ha flere årsaker. Til beregninger ble det hentet tall fra tysk litteratur (Maier 1989), og forholdet mellom tak og grunnflate ble valgt 1 : 1,65 . De fleste gartnere har i dag installert skyggeanlegg og/eller energiskjerm. Det er mange som har akrylveksthus eller akryl i sidevegger, gavler og takluker. De valgte u-verdier er kanskje også i største laget (Otto F. Nilsen et al. 1990). Dette fører antakelig til at utgifter til energi i praksis er lavere en beregnet men også til at det er færre timer med  $CO_2$ -gjødsling for systemer med vekstlys. Motsatt virkning har dagstilleg og dødsbånd for regulering

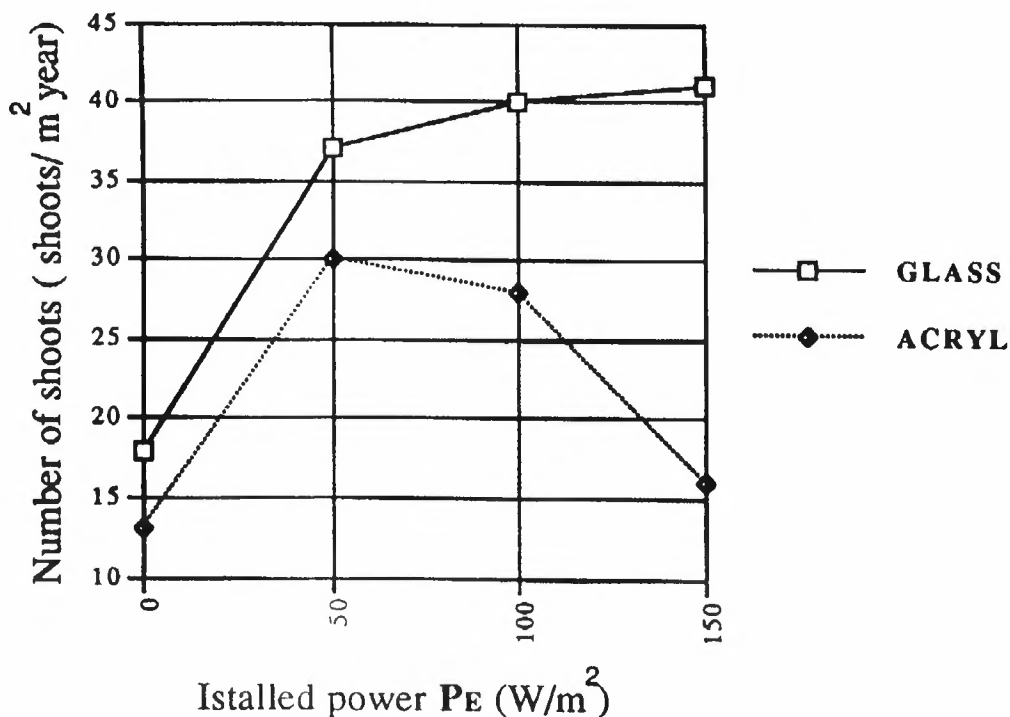
Vekstlys om dagen kan være årsaken til at taklukene er åpne og  $CO_2$ -tilførsel stengt. Taklukene stenger når lyset blir avslått og  $CO_2$ -dosering begynner, men varmetilskudd fra sollyset gjør at taklukene går opp igjen. Dette er antakelig et problem med system 9 og kan lett føre til sløsing med  $CO_2$ . Samkjøring av lys, kjølemaskin,  $CO_2$ -anlegget og varmeanlegget kan lett føre til at eventuell vinning går tapt.

Det er ikke bare forskjell i utlufting av karbondioksyd som skiller uisolerte og isolerte veksthus. Isolerte veksthus, sær-

lig veksthus med vekstlys holder gjennomgående høyere temperatur og luftfuktighet enn uisolerte veksthus (Otto F. Nilsen et al. 1990). Avling i form av antall roser øker med økende temperatur, men kvalitet forringes (Gislerød 1994).

Forsøksmaterialet tillot ikke å lage et temperaturledd i ligning 4.

Videre må en være oppmerksom på at fravær av  $\text{CO}_2$ -anlegg kan føre til senkning av  $\text{CO}_2$ -innhold i inneluften dypt under utenivå. Dette forekommer vinters-



Figur 8. Figur 3 viser merproduksjon av roser produsert pr. kvadratmeter og år som resultat av  $\text{CO}_2$ -heving fra 350 ppm til 900 ppm i timene med stengte takluker. Merproduksjon for akryl og glassveksthus er satt opp som funksjon av installert vekstlyseffekt  $P_E$ .

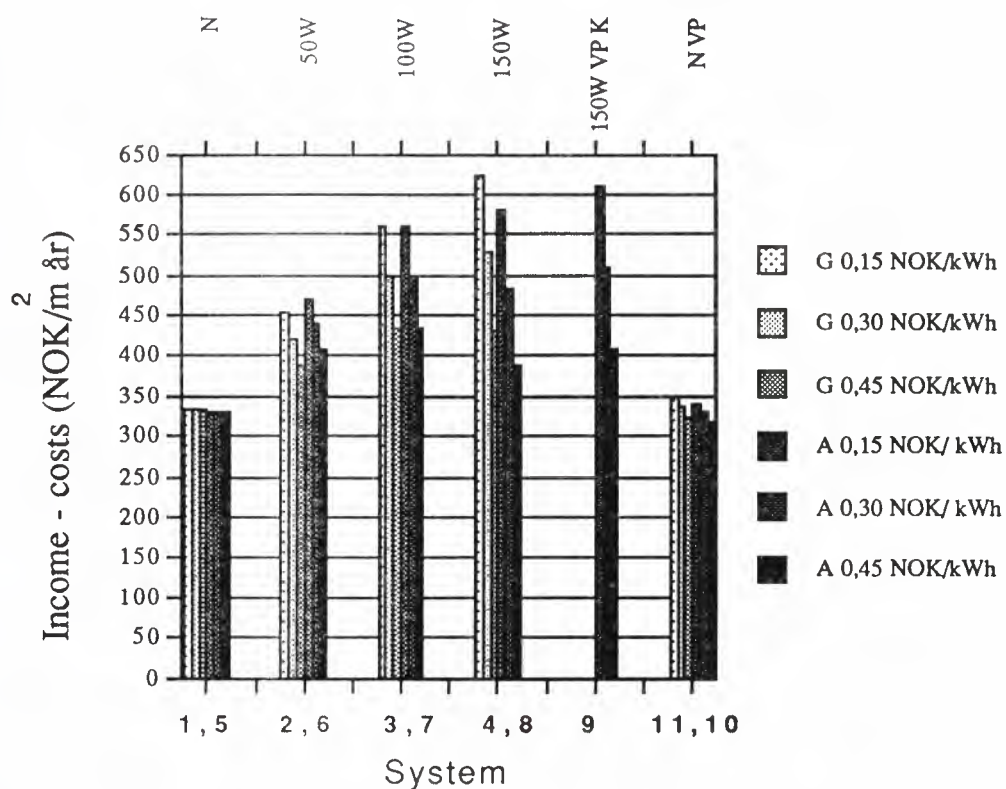
Figure 8. The higher production of shoots grown per square metre and year as a result of an increase in the  $\text{CO}_2$  content from 350 ppm to 900 ppm during the hours with closed roof hatches. The higher production in acrylic and glass greenhouses is shown as a function of the installed growth lighting power  $P_E$ .

tid med forholdsvis mye lys midt på dagen og taklukene stengt, noe som resulterer i nedgang i produksjon (Sebesta 1981). Alt dette har ikke beregninger i nåværende form tatt hensyn til.

Økonomisk beste resultat ble oppnådd i glassveksthus med 150 Wm<sup>-2</sup> vekstlys.

Dette har sin årsak i glassveksthusets store lysutbytte ved siden av større CO<sub>2</sub>-utbytte. Begge faktorer resulterer i bedre vekstvilkår.

Systemet med kjølemaskin for isolerte veksthus og 150 Wm<sup>-2</sup> vekstlys er teknisk komplisert og krever de største investe-



Figur 9. Effekt av dekkematerialet, belysningsstyrke, varmepumpeinstallasjoner og priser på lønnsomhet ved produksjon av snittroser.

Figure 1. Effects of glass and acrylic sheet, light intensity, heating pump and cost of electric power on the economic result in cut rose production.

Table 2. Light conditions and growth in a glass and acrylic greenhouse with lighting of 50, 100 and 150 Wm<sup>-2</sup>. The light is switched off at 10 klux, outdoors. Growth calculated by means of formula for assimilation.  
 Tabell 2. Lysforhold og vekst i et glass og akrylveksthus med vekstlys 50, 100 og 150 Wm<sup>-2</sup>. Lyset blir slått av ved 10 klux ute. Tilvekst beregnet ved hjelp av formel for assimilasjon.

Alternativ system	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sum av innstrålt sol og vekstlys/ PAR mol år <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>	4024	5155	6108	7071	3362	4384	5416	6384	6384	3364	4024
Sol og vekstlys PAR relativ	1,00	1,28	1,52	1,75	0,84	1,09	1,36	1,59	1,59	0,84	1,00
Stengte takluker tid med CO <sub>2</sub> dosering 900 ppm	1646	5017	4359	3553	1323	4269	3013	1166	3013	1323	1646
Sum av sol og vekstlys PAR tid med CO <sub>2</sub> dos. mol år <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>	645	1678	2244	2404	314	1198	1388	621	1898	314	645
Gjennomsn. sol og vekstl. PAR tid med CO <sub>2</sub> dos./ μmol s <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>	109	93	143	188	66	78	128	148	175	66	109
Apne takluker tid uten CO <sub>2</sub> dosering 350 ppm	1997	2283	2941	3747	2320	3031	4287	6134	4287	2320	1997
Sum av sol og vekstlys PAR tid uten CO <sub>2</sub> dos. mol år <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>	3379	3477	3864	4667	3048	3186	4028	5763	4476	3048	3379
Gjennomsnitt sol og vekstlys PAR tid uten CO <sub>2</sub> dos./ μmol s <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup>	470	423	365	346	365	292	261	261	290	365	470
Beregnet antall roser med CO <sub>2</sub> nivå 350 ppm/ Bv 350 stk. år <sup>-1</sup>	191	254	293	323	173	237	277	309	309	173	191
Antall roser ved CO <sub>2</sub> heving til 900 ppm. Bv 900 stk. år <sup>-1</sup>	191*	196*	233*	261*	173*	183*	221*	251*	251*	173*	191*
Forskjell i produksjon mellom system med og uten CO <sub>2</sub> gjødsling Bv 900-350 stk. år <sup>-1</sup>	209	297	336	366	186	269	306	326	344	186	209
	209*	233*	273*	302*	186*	213*	249*	267*	285*	186*	209*
	18*)	37*)	40*)	41*)	13*)	30*)	28*)	16*)	34*)	13*)	18*)

\*) Realistisk tilvekst i form av antall roser etter at produksjon i juli og august ble trukket fra på grunnen av beskjering av planter.

Table 3. Incomes and costs for three electric power prices. Differences in costs only.  
 Tabell 3. Intekter og utgifter for tre el. kraft priser 0,15 0,30 og 0,45 NOK/kWh. Årlig gjennomsnittspris for roser var 3,14 kr for system 1, 5, 10 og 11. for resterende systemer regnet man med en pris på 4 kr/ stk. Bare differanser i kostnader er tatt med.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Alternativ system											
Avling	209	233	273	302	186	213	249	267	285	186	209
Inntekt	656	932	1092	1208	584	852	996	1068	1140	584	656
El. kostnader VP											
0,30 NOK/kWh									7,50	22,50	25,50
El. kostnader vekstlys											
0,30 NOK/kWh		63,6	127,2	191,1		63,6	127,2	191,1	191,1		
Oljekostnader	159,1	177,8	133,4	98,4	96,5	92,4	56,9	41,8	23,0	50,4	106,3
Mer kostnader akryl					13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	
CO2 kostnader	19,8	62,2	52,3	42,6	15,9	51,2	36,2	14,0	37,2	15,9	19,8
Vedlikehold VP									7,5	7,5	7,5
Kapitalkostnader VP									16,3	16,3	16,3
Kapitalkostnader vekstlys									139,0		
Arbeidskostnader	145,1	161,8	189,6	209,7	129,17	147,91	172,9	185,4	197,6	129,2	145,1
Sum kostnader	324,0	510,4	593,5	680,9	254,7	413,3	497,3	584,9	631,8	255,0	320,2
Intekter-kostnader	332	422	498	527	329	439	499	483	508	329	336
pris 0,30 NOK/kWh											
Intekter-kostnader	332	454	562	623	329	471	562	579	608	340	348
pris 0,15 NOK/kWh											
Intekter-kostnader	332	390	435	432	329	407	435	388	409	318	323
pris 0,45 NOK/kWh											
Energiutgifter/intekter	0,24	0,26	0,24	0,24	0,16	0,18	0,19	0,22	0,20	0,13	0,20

ringer. Dette systemet kommer dessuten økonomisk dårligere ut en systemer som krever mindre investeringer.

Systemer med vekstlys er under norske forhold økonomisk overlegne varmpumpesystemer, noe som har sin årsak i økning av vekst og prisforhold. Vekstlys fører dessuten til jevnere og bedre utnyttelse av arbeidskraft.

## Sammendrag

Det ble utført teknisk/biologisk/økonomisk vurdering av 11 forskjellige dyrknings- og energiforsyningssystemer for roseproduksjon. Helårsdyrkning med vekstlys, veksthusisolasjon og forskjellige varmpumpesystemer ble vurdert mot hverandre og mot sesongdyrkning.

Vurdering ble gjort ved hjelp av beregninger og simuleringer for et år utført i tre trinn: Beregning av energiforbruket og driftstider, beregning av fotosyntetisk aktivt lys, og tilvekst og beregning av økonomisk resultat.

De beste resultater gir glassveksthus, dvs. uisolert veksthus uten kjøling. Dette gjelder særlig for høye vekstlys-intensiteter fordi CO<sub>2</sub>-anlegg og CO<sub>2</sub>-dosering er mere effektivt i uisolerte veksthus.

## Litteratur

Bredmose, N. 1993. Effect of year-round supplementary lighting on shoot development, flowering and quality of two glasshouse rose cultivars. *Scientia Horticulturae* 54: 69-85.

Damrad, J. 1980. Tabellen zur Heizen-energieermittlung von Gewachshausern. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft. TU Hannover.

Meyer, J. 1989. Analyse von Kunstlichtsystemen mit einem modular Simulationsprogramm zur Datengewinnung. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft. TU Hannover.

Mortensen, L. M. & S. O. Grimstad 1990. The effect of CO<sub>2</sub> enrichment on tomato yield during greenhouse ventilation. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 4:71-75.

Mortensen, L. M., H. R. Gislerød & H. Mikkelsen 1992. Effects of different levels of supplementary lighting on the year-round yield of cut roses. *Gartenbauwissenschaft* 57: s. 198-202.

Mortensen, L. M., H. R. Gislerød & H. Mikkelsen 1992. Maximizing the yield of greenhouse roses with respect to artificial lighting. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 6: s. 27-34.

Moe, R. 1980. CO<sub>2</sub> til veksthuskulturer. Forskjellige aspekter ved CO<sub>2</sub>-tilskudd. *Gartneryrket* 81(21): 13-14.

Nilsen, O.F., M.G. Amsen & J.S. Strøm 1990. Seasonal variation of heat consumption in greenhouse. SBI, Danish Research Institute, P.O.Box 119, DK-2970 Hørsholm.

Seber, G.A.F., & C.J. Wild 1989. Non-linear regression. John Wiley & Sons.

Sebesta, Z. & D. Reiersen 1981. A comparison of single glass and double acrylic sheeting with respect to heat loss and effects on plant environment. *Acta Horticulturae* 115.

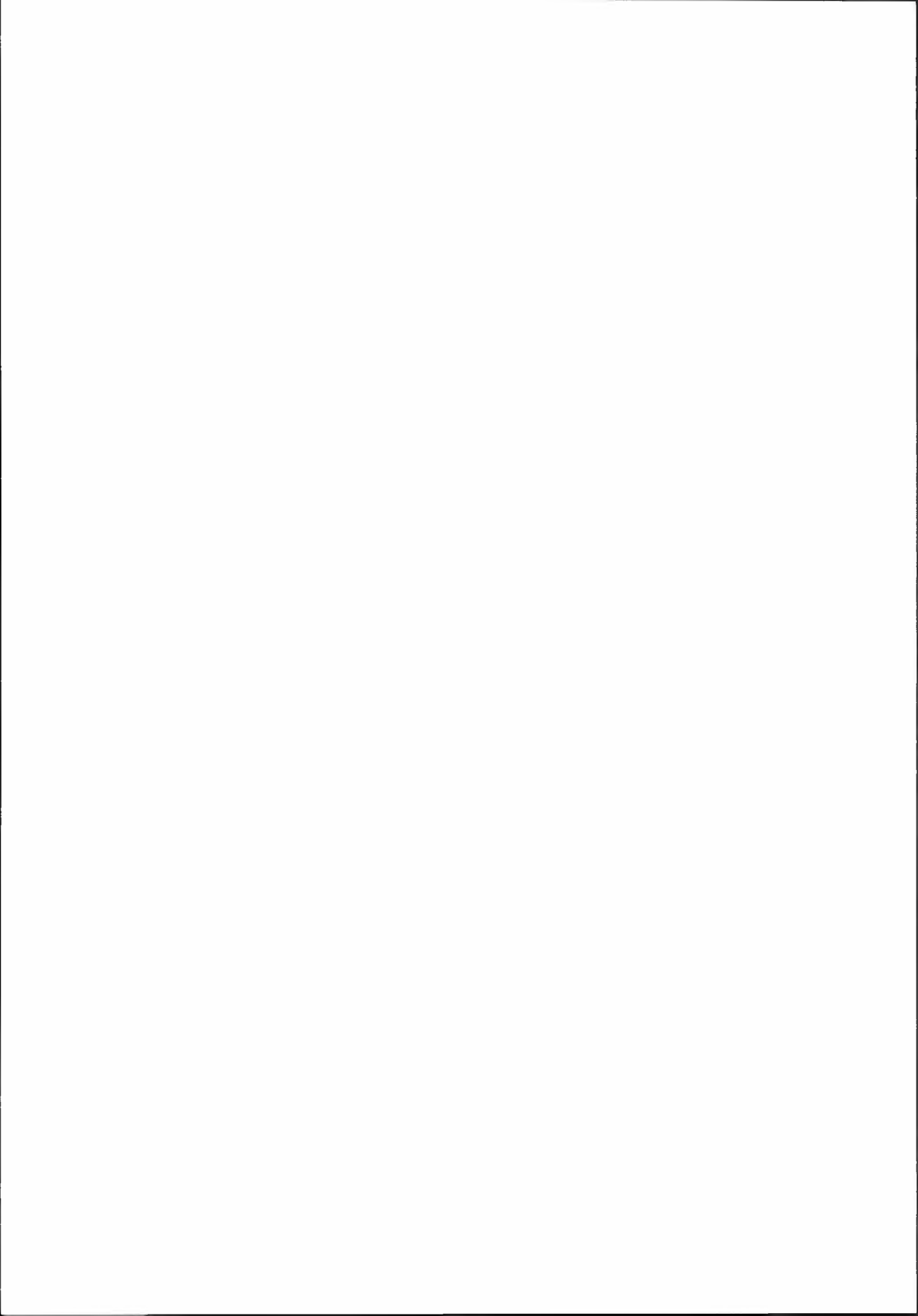
Strøm, Jan S. og Kristian Kristensen, 1984. Energisignatur for erhvervsgartnerier. Energi og klima i væksthushagerier NJF-seminar på Tune Landboskole 1983. Statens byggeforskningsinstitut 1987.

Tantau, H. J. 1975. Der Einfluss von Einfach- und Doppelbedachungen auf das Klima und



den Warmehaushalt von Gewächshäusern. Gartenbautechnische Informationen, Heft 4, Schriftenreihe des Instituts für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft der Universität in Hannover.

Thornley, J.H. & I.R. Johnson 1990. Plant and Crop Modelling. Clarendon Press, Oxford.



# Kopar som plantenæringsstoff

Historikk – Langvarig verknad av kopar innblanda i jorda

## *Copper as a plant nutrient*

*Review – Long-term effect of soil applied copper*

IVAR AASEN<sup>1)</sup> & KRISTEN MYHR<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Noregs landbrukshøgskole, Institutt for jord- og vassfag, Ås, Noreg

<sup>1)</sup>*Agricultural University of Norway, Department of Soil and Water Sciences, Ås, Norway*

<sup>2)</sup>Norsk institutt for planteforskning, Kvithamar forskingscenter, Stjørdal, Noreg

<sup>2)</sup>*The Norwegian Crop Research Institute, Kvithamar Research Centre, Stjørdal, Norway*

Aasen, I. & K. Myhr 1995. Copper as a plant nutrient Review – Long-term effect of soil applied copper. Norsk landbruksforskning 9: 85-100. ISSN 0801-5341.

This article begins with a short historical review on the use of copper sulphate in crop production and the detection of copper deficiency in plants and livestock. This is followed by a presentation of the results from a long-term field experiment on copper application to ombrogenous peat soil carried out at Moldstad experimental farm, Smøla, where the average yearly precipitation is 1155 mm. The field experiment, which was established in 1945-46, included the treatments 0, 300, 500, 700 and 900 kg CaO per 0.1 ha combined with 0, 0.2, 1.0 and 5.0 kg copper sulphate per 0.1 ha. The copper sulphate was applied in spring of 1946. The crops in the first years were carrots, red clover, oats and grass, but in the later years mostly timothy grass was grown. Large yield increases were obtained in the initial years as a result of lime and copper application, but the yield responses became smaller in the later years. It was found, however, that there was a marked response of the copper concentration in plants and soil to the copper applied. New plant and soil samples for copper analysis were taken in 1992. The results reveal that the copper concentration in timothy plants (6.4 mg kg<sup>-1</sup>) and soil (2.3 mg L<sup>-1</sup>) was still satisfactory after 5 kg copper sulphate per 0.1 ha applied 46 years earlier. This finding indicates that in this peat soil the copper is fixed strongly to avoid leaching, and it is still readily available to the plants.

Key words: Complex binding, copper deficiency, copper sulphate, extractable copper, long-term effect, peat soil, yellow-tip disease.

*Ivar Aasen, Agricultural University of Norway, Department of Soil and Water Sciences, P.O. Box 5028, N-1432 Ås, Norway.*

Den eldste meldinga vi kjenner til om tilførsel av kopar ved dyrking av planter, er frå Australia, der det vart tilført koparsulfat til havre rundt år 1880 (Teakle 1939). Kva formålet med tilførsel var er ikkje kjent. I Tyskland vart det i 1901 oppdaga at tilførsel av koparsulfat til jorda på ei oppdyrka lågmyr kunne motverka mis-

vekst i hestebønne (Beseler 1901, 1905). Denne oppdaginga førte til omfattande undersøkingar over verknaden av koparsulfat ved plantedyrking på torvjord, både innblanda i jorda, men også sprøyta på plantene i oppløyst form. Forutan bønne var bygg, havre, rug og potet med i undersøkingane. Avlingsauken for tilførsel av

koparsulfat var særleg stor i havre (Freckmann 1916). Dei tyske forskarane meinte at koparsulfat kunne ha ein hemmande verknad på moglege vekstskadelege sambindingar i jorda. I tillegg vart det peika på at plantene fekk større innhald av klorofyll og derigjennom vart dei meir motstandsføre mot frostskaade.

Oppglødd av dei tyske forsøksresultata vart det både i Sverige og Noreg utført forsøk med tilførsel av koparsulfat til torvjord, men ingen sikre avlingsutslag vart funne (Feilitzen 1918; Lende-Njaa 1919). Bygg, havre, lin, kløver og raigras var forsøksvokstrar. Jorda var godt formolda, nitrogenrik torv som sannsynlegvis ikkje var spesielt fattig på plantetilgjengeleg kopar.

Dei danske plantepatologane Mortensen og Kølpin Ravn var alt før 1910 merk same på ein sjukdom på korn som var knytta til visse jordsmonnstilhøve. Dei gav sjukdommen namnet gulspissjuka (Mortensen et al. 1911). Gulspissjuka vart i Sverige påvist på havre i 1916 (Henning 1918, ref. Lundblad 1948) og i Noreg på bygg i 1922 (Jørstad 1924). Den same sjukdomen var også kjent i Nederland, der Hudig og medarbeidarar med god verknad brukte koparsulfat som motmiddel (Hudig & Meyer 1925; Hudig et al. 1926). Det er mykje truleg at den tidlegare omtala frostskaaden ved plantedyrking på torvjord i Tyskland, ein skade som kunne motverkast med koparsulfat, i alle fall delvis var ei form for gulspissjuka.

Oppdaginga til Hudig og medarbeidarar førte i Danmark til ei omfattande undersøking av utbreiing, årsaker og motmidlar mot gulspissjuka (Jørgensen 1928). Sjukdomen var særleg knytta til oppdyrka lyngheiar med humusrik, svart sandjord og til oppdyrka sphagnumrike myrar. Årsakene såg ut til å vera knytta til visse stoffgrupper i humusen. Det viste seg at både koparsulfat og koparkarbonat

hadde god verknad mot sjukdomen, og dette gav grunn til å tru at det var koparionet som var den verksame delen av koparsambindingane. Også autoklaving av jorda og innblanding av leir og mergel hadde positiv verknad. Men først etter at amerikanske forskarar i 1931 la fram det endelege beviset for at kopar er eit nødvendig plantenæringsstoff (Sommer 1931; Lipman & McKinney 1931), vart det klart at gulspissjuka i korn er symptom på koparmangel og at årsaka til sjukdomen er mangel på plantetilgjengeleg kopar.

At kopar er eit nødvendig næringsstoff for høgare dyrearter var ikkje kjent før Hart og medarbeidarar i Wisconsin i 1928 påviste at både kopar og jarn er nødvendig for å danna hemoglobin hos rotter (Hart et al. 1928). I 1931 vart det rapportert koparmangel på storfe i Florida (Neal et al. 1931) og to år seinare på storfe og sau i Nederland (Sjollema 1933). Her i landet vart det utetter i 1930-åra påvist mange tilfelle av sleikesjuka på storfe og sau. Visse typar av denne sjukdomen har årsak i lågt koparinnhald i det heimeavla fôret. Sjukdomen vart påvist i visse innlandsstrøk, men særleg funne langs kysten frå Sørlandet, over Vestlandet og opp mot Nordland og Troms og var særleg knytta til visse sandjordstypar og næringsfattig torvjord (Ender 1942). Mellom anna var det mange tilfelle på Smøla.

Seinare vart det påvist at også koparforgiftning kan inntreffa og er her i landet funne særleg hos sau (Nordstoga 1962). Årsaka er ikkje at koparinnhaldet i fôret er unormalt høgt, men at konsentrasjonen av ein del andre element, særleg molybden, er låg. Dette fører til at oppsuginga av kopar under meltinga av fôret blir unormalt stor (Frøslie & Norheim 1983).

Etter at det var påvist at kopar er eit nødvendig plantenæringsstoff, har det

vore arbeidt mykje med å finna gode analysemetodar for kopar i jord og med kopargjødsling til planter. Frå dei nordiske landa kan mellom anna nemnast publikasjonar av Steenbjerg (1941), Steenbjerg & Boken (1949), Henriksen (1958) og Henriksen & Jensen (1958) i Danmark, av Sillanpää & Lakanen (1966) og Lakanen & Erviö (1971) i Finland og av Stenberg et al. (1948), Lundblad et al. (1949) og Lundblad & Johansson (1956) i Sverige. Frå Noreg kan nemnast publikasjonar av Sorteberg (1947), Sorteberg & Øijord (1977), Røyset (1955), Semb et al. (1956), Semb & Øien (1966), Tveitnes (1975), Vikeland (1980), Ødelien (1964), Øien (1966), Øien & Semb (1967) og Aasen (1970, 1972, 1981).

Bindingstilhøva for kopar i jorda har stor betydning for tilgjengelegheita til plantene. Kopar blir kompleksbunde til organiske grupper i humusfraksjonen, og dette er den viktigaste bindingsforma i matjordsjiktet. Også i jordvæska vil mesteparten av koparen vera kompleksbunde (Hodgson et al. 1966). Bindingsstyrken og storleiken på kompleksa er avgjerande for om plantene kan nytta kompleksbunde kopar. Kompleks med molekylvekt under 1000 er mykje lettare tilgjengeleg enn kompleks med molekylvekt over 5000 (Mercer & Richmond 1970, ref. Mengel & Kirkby 1982).

Den tidlegare tenkte utløysande verknaden av visse stoffgrupper i humusen på gulspissjuka og andre koparmangel-symptom, har langt på veg vist seg å vera rett. Men i staden for ein direkte giftverknad på plantene, så er det den sterke bindinga av kopar i lite tilgjengelege former som er årsaka til misveksten. Dessutan kan visse typar av sand- og siltjord og organisk jord ha svært lågt totalinnhald av kopar, noko som også kan føra til koparmangel hos plantene.

Kompleksbinding av kopar i jorda gjer at tilført kopar er lite utsett for utvasking, men vil på same tid vera tilstrekkeleg tilgjengeleg for plantene dersom kompleksa ikkje er for store. Derfor kan ei enkel tilførsel av kopar i litt større mengd kunna vera verksam over mange år.

Langvarig verknad av tilført kopar er påvist mange stader, mellom anna i Australia av Brennan (1994) og av Gartrell (1981) med etter tur 20-30 og 35 år, og i Danmark (Olesen & Hedegård 1971) med 19 år. Også i Michigan, USA, er det funne langvarig verknad av kopartilførsel (Robertson et al. 1981, ref. Martens & Westermann 1991).

Her i landet er det i eit fastliggjande, langvarig forsøksfelt, felt nr 19 på Moldstad forsøksgard på Smøla, påvist at tilførsel av 1,25 kg kopar i koparsulfat pr dekar til torvjord har gitt tilstrekkeleg koparinnhald i timotei etter 24 år (Sorteberg & Øijord 1977). Nye jord- og planteprøver frå det same feltet vart tatt ut sommaren 1992, 46 år etter at kopar var tilført første gongen. Resultata frå desse prøvene blir lagt fram i denne publikasjonen.

## Stigande mengder koparsulfat kombinert med ulike kalkmengder, felt 19 på Moldstad forsøksgard, Smøla

### Forsøksopplegg

Jorda på feltet er ombrogen torvjord, rik på sphagnumarter. I det øvste torvlaget fanst ein god del torvull (*Eriophorum vaginatum* (L.)) og bjønnskjegg (*Trichophorum cespitosum* (L.) Hartmann). Humifiseringsgraden vurdert etter von Post skala var om lag 3. Før oppdyrkinga var jorda både kalkfattig og næringsfattig

(Sorteberg 1947). Tilhøvet C:N i jorda vart bestemt i 1988, 43 år etter at forsøket var anlagt, og viste i middel 31,4. Det var svært lite variasjon i C:N for ulike kalktilførsel. Normal årsnedbør for Moldstad (1961-90) er 1155 mm.

Forsøket vart anlagt på nydyrka jord i 1945-46 med 5 ledd for kalk og fem ledd for kopar. Kalk i form av skjelsand vart tilført hausten 1945 på teigar på tvers av feltet og i mengder svarande til 0, 300, 500, 700 og 900 kg CaO pr dekar og med to gjentak for kvar mengd. Våren 1946 vart det på tvers av kalkteigane lagt fem gjennomgåande teigar med koparsulfat i mengder på etter tur 0, 0,2, 1,0, 5,0 og 5,0 kg pr dekar. Den siste koparteigen var ikkje tilført bor, medan alle dei andre var tilført 1,5 kg boraks pr dekar (Sorteberg 1961). Det var ikkje gjentak på kopartilførsla. Forsøksplanen gjer at det er ikkje mogleg å behandla resultatane etter vanlege statistiske metodar.

Hausten 1950 vart feltet grøfta på nytt, pløgd, og alle kalkteigane, også dei ukalkteigane, tilført 200 kg CaO pr dekar. Våren 1951 vart det tilført 25 kg koparsulfat pr dekar til den siste koparteigen, slik at denne til saman har fått 30 kg koparsulfat. Formålet med den store kopartilførsla var å sjå om dette kunne indusera jarnmangel, og korleis engvokstrane ville reagere på dette. Feltet er seinare omgrøfta to gonger, i 1960/61 og i 1982/83.

I 1985 vart heile feltet kalka på nytt med 600 kg CaO pr dekar på det eine gjentak (kalkteig 1-5) og 200 kg CaO pr dekar på det andre (kalkteig 6-10). Dertil vart det tilført 5 kg koparsulfat pr dekar til den koparteigen som ved anlegget i 1946 hadde fått 0,2 kg, slik at denne til saman har fått 5,2 kg koparsulfat pr dekar.

## Forsøksvokstrar

Forsøksvekst første året var gulrot, deretter raudkløver i fire år etterfølgende fram til 1959 med blandingseng, vesentleg timotei og raudkløver. I 1960-åra veksle det med raudkløver, havre og timotei, og frå 1969 har det vore sådd timotei i reinbestand.

## Analysemetodar

- a) *Jordprøver*. Prøvene er tørka ved 30-40°C og deretter sikta gjennom eit sikt med 2 mm maskeopningar.
  1. *pH*. pH er bestemt i ei oppslemming med avionisert vatn i tilhøvet jord:vatn = 1:2,5.
  2. *Lettløyseleg Ca (Ca-AL)*. Ekstraksjonsløyning: 0,1 M ammoniumlaktat og 0,4 M eddiksyre. 5 g jord i 100 ml løyning er rista i 1,5 t (Egnør, Riehm & Domingo 1960). Ca er bestemt med ICAP (induktivt kopla argon plasma) emisjonsspektrometri, tidlegare med atomabsorpsjon.
  3. *Kopar*. Ekstraksjonsløyning: 0,02 M løyning av EDTA (dinatriumetylendiamintetraeddiksyre) tilsett 5 g ammoniumklorid pr l (Henriksen & Jensen 1958). 4 g jord i 40 ml løyning er rista i 1 t. Cu er bestemt med ICAP (tidlegare med atomabsorpsjon (Sorteberg & Øijord 1977)).
- b) *Plantepøver*. Tørre og finmalte prøver er foraska ved 500°C og aska behandla med kongevatt. Til slutt er aska løyst i 10% salpetersyre og filtrert. Ca og Cu er bestemt med ICAP, tidlegare med atomabsorpsjon.

## Resultat og diskusjon

### Avlingar

Avlingsresultat og kjemiske planteanalyser fram til 1970 og jordanalyser fram til 1973 er tidlegare publiserte (Sorteberg & Øijord 1977). Her skal kort nemnast at fram til 1959 var det svært stor avlingsauke for tilførsel av kopar svarande opp til 1 kg koparsulfat pr dekar, i somme år opp til 5 kg koparsulfat. Største mengd (30 kg pr dekar) har ikkje gitt nokon vesentleg auke i tillegg til det 5 kg gav. I perioden 1960-70 var det store vanskar med å fornya plante-setnaden i enga, og feltet vart forsøkshausta berre i fire år (1962, 1966, 1968 og 1970). Fram til 1968 var det avlingsauke opp til 0,2 kg koparsulfat pr dekar, medan det i 1970 ikkje var avlingsauke for kopar, men heller tendens til mindre avling, særleg for den største koparmengda (tabell 1). Det har vore påvyst tiltakande jarnmangelklorose på plantene på teigane med dei største kopartilførsleane, og dette er truleg den viktigaste årsaka til avlingsnedgangen (Sorteberg & Øijord 1977).

Kalka ledd gav vesentleg større avling enn ukalka dei første åra. Men etter at heile feltet vart tilleggskalka med 200 kg CaO pr dekar, har det vore berre moderate avlingsutslag for stigande kalkmengder (tabell 2).

I perioden 1971-1987 har feltet ikkje vore forsøkshausta, men har likevel vore gjødsla dei fleste åra og avlinga fjerna. Etter nytt attlegg med timotei i 1987, vart feltet forsøkshausta i 1988 og 1989 med to haustingar kvart år. Avlingstala i middel for begge åra går fram av tabellane 3-5.

Avlingstala for kopar er vist i tabell 3. Tala viser nedgang for stigande kopartilførsel, noko som kan skuldast aukande jarnmangelklorose. Feltet var sprøyta fleire gonger med jarnsulfat. Men dette har likevel ikkje vore tilstrekkeleg til å motverka avlingsnedgangen.

Blant koparbehandlingane viser leddet med 5,2 kg koparsulfat størst avling. Dette leddet var opprinneleg tilført 0,2 kg koparsulfat, og først i 1985 var det gitt 5 kg i tillegg. Dette kan ha ført til at jarnmangelen enno ikkje har kome så sterkt fram her som der 5 kg koparsulfat

Tabell 1. Avlingar av høy og korn (havre) for stigande mengder koparsulfat. Lufttørr avling (kg dekar<sup>-1</sup>). Middel for alle kalkmengdene (e. Sorteberg & Øijord 1977, litt modifisert)  
Table 1. Airdry yields of hay and oat (kg 0.1 ha<sup>-1</sup>) as influenced by increasing rates of copper sulphate application. Means for all lime treatments (modified from Sorteberg & Øijord 1977)

År/Year	1962	1966	1968		1970
Koparsulfat (kg dekar <sup>-1</sup> )	Havre/Oat				
Copper sulphate (kg 0.1 ha <sup>-1</sup> )	Raudkløver <i>Red clover</i>	Timotei <i>Timothy</i>	Korn <i>Grain</i>	Halm <i>Straw</i>	Timotei <i>Timothy</i>
0	118	202	246	991	833
0,2	126	280	328	917	811
5,0	129	254	334	778	790
30,0	130	261	297	697	741

Tabell 2. Avlingar av høy og korn (havre) for stigande mengder kalk. Lufttørr avling (kg dekar<sup>-1</sup>). Middell for alle koparledda. (e. Sorteberg & Øijord 1977, litt modifisert)  
*Table 2. Airdry yields of hay and grain (kg 0.1 ha<sup>-1</sup>) as influenced by increasing rates of lime application. Means for all copper treatments (modified from Sorteberg & Øijord 1977)*

År/Year	1962	1966	1968	1970
Kalk (kg CaO dekar <sup>-1</sup> )	Raudkløver	Timotei	Havre, korn	Timotei
Lime (kg CaO 0.1 ha <sup>-1</sup> )	Red clover	Timothy	Oats, grain	Timothy
200	100	228	279	752
500	111	262	328	768
700	130	272	302	803
900	147	284	298	807
1100	145	202	300	840

Tabell 3. Avlingsutslag for kopar i 1988-89 gruppert etter tilførte koparmengder tidlegare i forsøksperioden. Middell for to år, to haustingar pr. år og for alle kalkmengdene  
*Table 3. Yield response in 1988-89 to copper applied earlier in the experimental period. Means for two cuts per year for two years and for all lime treatments.*

	Tilført koparsulfat (kg dekar <sup>-1</sup> ) Applied copper sulphate (kg 0.1 ha <sup>-1</sup> )				
	0	1,0	5,0	5,2	30,0
Tørrt gras (kg dekar <sup>-1</sup> ) Dry hay (kg 0.1 ha <sup>-1</sup> )	933	786	687	806	664
Relativ avling Relative yield	100	84	74	86	71

eller større mengder var gitt frå starten av forsøket. Dessverre er ikkje notata om mangelsymptoma detaljerte nok til å stadfesta dette.

Avlingstala for kalk går fram av tabellane 4 og 5. Det er ingen eintydige utslag for stigande kalkmengder (tabell 4). Avlingstal for den siste kalkinga, som var gitt i 1985, er vist i tabell 5. Avlingane har gått ned for den sterkaste kalkinga. Ei medverkande årsak til dette kan vera at den sterkaste kalkinga har ført til auka nedbryting av torva og dermed til auka biologisk binding av nitrogen i konkur-

ranse med plantene. Tilhøvet C:N i torva var om lag 31 og såleis høgt nok for ei netto nitrogenbinding.

## Kjemiske analysar av planter og jord

### Kopar

#### 1. Tidlegare uttatte prøver

I eit fastliggjande forsøk som dette, er det mogleg å måla langtidsverknad av kopar tilført til jorda. Sjølv om det ikkje lenger kan påvisast avlingsutslag, så vil koparkonsentrasjonen både i planter og jord kunna gjenspeglja verknad av tilførsle. På



Tabell 4. Avlingar i 1988-89 gruppert etter dei totale tilførte kalkmengdene tidlegare i forsøksperioden. Middell for to år og to haustingar pr år og for alle koparmengdene. Tørt hø (kg dekar<sup>-1</sup>)

Table 4. Yield response in 1988-89 to the total amounts of lime applied earlier in the experimental period. Means for two cuts per year for two years and for all copper treatments. Dry hay (kg 0.1 ha<sup>-1</sup>)

	Kalk (kg CaO dekar <sup>-1</sup> )/Lime (kg CaO 0.1 ha <sup>-1</sup> )							
	400	700	800	900	1100	1300	1500	1700
Avling/Yield	861	876	635	821	727	734	742	893
Relativ avling/ Relative yield	100	102	74	95	84	85	86	104

Tabell 5. Avlingsutslag i 1988-89 for kalk tilført i 1985. Middell for to år og to haustingar pr år og for alle koparmengdene. Tørt hø (kg dekar<sup>-1</sup>)

Table 5. Yield response in 1988-89 to lime applied in 1985. Means for two cuts per year for two years and for all copper treatments. Dry hay (kg 0.1 ha<sup>-1</sup>)

	Kalk (kg CaO dekar <sup>-1</sup> )/Lime (kg CaO 0.1 ha <sup>-1</sup> )	
	200	600
Avling/Yield	817	733
Relativ avling/Relative yield	100	90

dette forsøksfeltet er det tidlegare tatt koparanalysar av plantene i 1955, 1962, 1966 og 1970. På teigen som var tilført 5 kg koparsulfat pr dekar i 1946 (ved anlegg av feltet) og som hadde fått 700 kg CaO, låg koparkonsentrasjonen i timotei i desse åra på etter tur 4, 5,6 og 6,4 mg pr kg tørrstoff (Sorteberg & Øijord 1977). Det var såleis ingen teikn til nedgang i konsentrasjonen fram til 1970 eller opp til 24 år etter tilførsla. Jordanalysar utført i 1973 frå den same koparteigen, 27 år etter tilførsla, viste at vel 40% av den tilførte koparen framleis fanst i EDTA-ekstraherbar form i sjiktet 0-50 cm.

Verknaden av den minste kopartilførsla har avtatt med åra. I middell for alle

kalkmengdene var koparkonsentrasjonen i timotei etter 24 år 1,4 og 1,6 mg pr kg tørrstoff for etter tur 0 og 0,2 kg koparsulfat pr dekar tilført i 1946 (tabell 6). Tabell 6 stadfestar elles den kjente saka at koparkonsentrasjonen i kløver (to-frøblada) er mykje høgare enn i timotei (einfrøblada). Ulik kalking i tidlegare år viser ikkje lenger nokon vesentleg verknad på opptaket av kopar i timotei.

## 2. Siste prøveuttak

Nye korresponderande prøver av planter og jord vart tatt ut i juni 1992 frå 4 kalkteigar som i sum hadde fått etter tur 400, 800, 1300 og 1700 kg CaO pr dekar, og frå 4 koparledd innan kvar kalkteig, til-

Tabell 6. Konsentrasjon av kopar (mg (kg tørrstoff)<sup>-1</sup>) i kløver (1962) og timotei (1966 og 1970) for stigande kopartilførsel og stigande mengder kalk (e. Sorteberg & Øijord 1977, litt modifisert)

Table 6. Copper concentrations (mg (kg dry matter)<sup>-1</sup>) in clover (1962) and timothy (1966 and 1970) as influenced by increasing rates of copper and lime application (modified from Sorteberg & Øijord 1977)

Koparsulfat (kg dekar <sup>-1</sup> ) Copper sulphate (kg 0.1 ha <sup>-1</sup> )	Kalk (kg dekar <sup>-1</sup> )/Lime (kg 0.1 ha <sup>-1</sup> )								
	200		700		1100		Middel		
	Timotei Timothy	Timotei Timothy	Timotei Timothy	Timotei Timothy	Kløver Clover	Timotei Timothy	Middel Mean	Middel Mean	
	1966 <sup>1)</sup>	1970 <sup>2)</sup>	1966 <sup>1)</sup>	1970 <sup>2)</sup>	1962 <sup>3)</sup>	1966 <sup>1)</sup>	1970 <sup>2)</sup>	1966	1970
0	2,8	1,7	1,8	0,9	4,5	1,8	1,5	2,1	1,4
0,2	2,4	1,6	2,4	1,5	5,5	2,4	1,8	2,4	1,6
5,0	5,1	5,4	5,6	6,4	15,6	5,1	4,7	5,3	5,5
30,0	7,0	10,4	8,8	10,6	24,6	7,0	10,8	7,6	10,6
Middel/Mean	4,3	4,8	4,7	4,9	12,6	4,1	4,7		

1) Hausta ved slutten av blomstring/Harvested at the end of flowering

2) Hausta ved begynnande blomstring/Harvested at initiation of flowering

3) Hausta før blomstring/Harvested before flowering

ført i sum 0, 5,0, 5,2 og 30 kg koparsulfat pr dekar. Dette gav til saman 16 prøver av planter og 16 prøver av jord. Jordprøvene vart tatt frå sjiktet 0-20 cm. Planteprovne vart sorterte slik at rein timotei vart brukt til kjemisk analyse. Teigen som var tilført 1 kg koparsulfat ved anlegget, var tatt ut og brukt i ei anna

undersøking og er derfor ikkje med i den siste prøvetakinga.

Koparkonsentrasjonen i plantene er vist i tabell 7. Konsentrasjonen aukar med aukande mengde tilført koparsulfat. Det er framleis fullgod verknad av 5 kg koparsulfat som var innblanda i jorda da forsøket vart anlagt. Det er ingen teikn til ned-

Tabell 7. Koparkonsentrasjonen i timotei (mg (kg tørrstoff)<sup>-1</sup>) gruppert etter stigande kopartilførsel. Middel for alle kalkmengdene

Table 7. Copper concentrations in timothy (mg (kg dry matter)<sup>-1</sup>) as influenced by increasing rates of copper application. Means for all lime treatments

Koparsulfat (kg dekar <sup>-1</sup> ) Copper sulphate (kg 0.1 ha <sup>-1</sup> )	0	5	5,2	30
Kopar i planter, middel Copper in plants, mean	2,9	6,4	4,7	9,6
Variasjon/Range	2,0-4,8	4,7-7,6	3,3-7,1	7,0-12,3

gang i koparkonsentrasjonen i plantene på dette leddet etter 46 år. Ny tilførsel av 5 kg koparsulfat pr dekar i 1985 på teigen som opprinneleg var tilført 0,2 kg, har ikkje gitt høgare konsentrasjon i plantene enn der 5 kg vart gitt da forsøket vart anlagt.

På kontrolleddet (utan kopartilførsel) har plantene etter kvart fått ein uventa høg koparkonsentrasjon (tabell 7). Dette tyder på at det gjennom grøfing og ved omlegging av enga har skjedd ei viss overdraging av kopar frå naboteigane. Den høge koparkonsentrasjonen i plantene på kontrolleddet er truleg ei medverkande årsak til at det ikkje har vore avlingsutslag for kopar verken i 1970 eller seinare.

I Australia har Robson & Reuter (1981) funne at kritisk grenseverdi for kopar i unge planter av kveite hausta 37 dagar etter såing var 1 mg Cu pr kg tørrstoff. Dette var nok til normal vegetativ utvikling av plantene, men likevel for lite til å oppnå full avling av korn. Det er såleis mykje truleg at full vegetativ avling av grasarter på felt 19 er oppnådd ved koparkonsentrasjonar i overjordiske plantedelar ned mot 1,5 mg Cu pr kg tørrstoff. Koparbehovet er elles avhengig av nitrogentilgangen. Stor avlingsauke grunna sterk nitrogengjødsling aukar behovet for kopar (Thiel & Finck 1973).

Nitrogengjødslinga på felt 19 har ikkje vore sterk, særleg vurdert ut frå det høge C/N-tilhøvet i jorda.

Verknad av stigande kopartilførsel på EDTA-ekstraherbart kopar i jorda går fram av tabell 8. Jordprøvene er tatt ut sommaren 1992, 46 år etter den første kopartilførsla på feltet. Største tilførsla har gitt høgaste analyseverdi. Det er liten skilnad i ekstraherbart kopar mellom dei to ledda med 5 kg koparsulfat tilført i 1946 og 0,2 kg i 1946 + 5 kg i 1985. Dette viser at i denne torvjorda kan koparen halda seg i ekstraherbart form over lang tid. Koparen synest å vera bunde så sterkt at han er lite utsett for utvasking, men likevel etter måten lett tilgjengeleg for plantene.

Samanhengen mellom EDTA-ekstraherbart kopar i jorda og koparkonsentrasjonen i plantene er vist i figur 1. Korrelasjonen er god ( $R^2 = 0,59$ ). Den største kopartilførsla, 30 kg koparsulfat pr dekar, har gitt etter måten høge analyseverdier for koparinnhaldet i planter og særleg i jord (tabell 7 og 8), og dette har verka sterkt inn på den funne korrelasjonen.

### Kalsium

Kalsiumkonsentrasjonen i plantene er vist i tabell 9 og lettløseleg kalsium (Ca-AL)

Tabell 8. EDTA-ekstraherbart kopar i jord (mg Cu dm<sup>-3</sup>) gruppert etter stigande kopartilførsel. Middell for alle kalkmengdene

Table 8. EDTA-extractable copper in soil (mg Cu dm<sup>-3</sup>) as influenced by increasing rates of copper application. Means for all lime treatments

Koparsulfat (kg dekar <sup>-1</sup> ) Copper sulphate (kg 0.1 ha <sup>-1</sup> )	0	5	5,2	30
Kopar i jord, middel Copper in soil, mean	0,7	2,3	2,5	9,3
Variasjon/Range	0,2-1,4	1,7-3,1	0,8-3,6	7,7-11,2

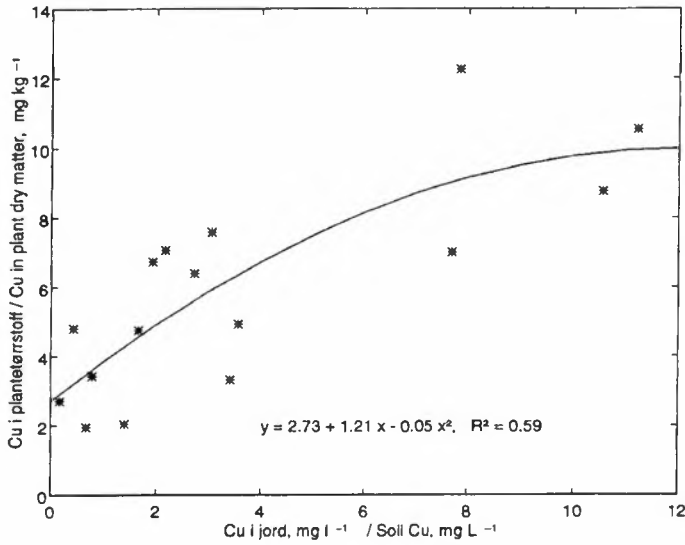


Fig. 1. Samanhengen mellom EDTA-ekstraherbar kopar i jorda og koparkonsentrasjonen i plantene.  
 Fig. 1. Relationship between EDTA-extractable copper in soil and the copper concentration in plants.

Tabell 9. Kalsiumkonsentrasjonen i timotei (% av tørrstoff) gruppert etter stigande kalking. Middell for alle koparmengdene  
 Table 9. Calcium concentrations in timothy (% of dry matter) as influenced by increasing rates of lime application. Means for all copper treatments

Kalking (kg CaO dekar <sup>-1</sup> ) Lime (kg CaO 0.1 ha <sup>-1</sup> )	400	800	1300	1700
Kalsium i planter, middel Calcium in plants, mean	0,16	0,19	0,18	0,22
Variasjon/Range	0,12-0,20	0,16-0,21	0,16-0,21	0,18-0,25

Tabell 10. Lettløseleg kalsium (Ca-AL) i jord (mg (100 ml)<sup>-1</sup>) gruppert etter stigande kalking. Middell for alle koparmengdene  
 Table 10. Readily soluble calcium (Ca-AL) in soil (mg (100 mL)<sup>-1</sup>) as influenced by increasing rates of lime application. Means for all copper treatments

Kalking (kg CaO dekar <sup>-1</sup> ) Lime (kg CaO 0.1 ha <sup>-1</sup> )	400	800	1300	1700
Ca-AL	91	119	130	172
Variasjon/Range	74-105	98-131	102-171	133-215

i jorda i tabell 10. I begge tabellane er kalsiuminnhaldet gruppert etter den totale kalktilførsla gjennom heile forsøksperioden. Kalsiumkonsentrasjonen er låg i plantene og etter måten låg i jorda. Likevel er det god samanheng ( $R^2 = 0,69$ ) mellom kalsium i planter og lett- løyseleg kalsium i jord (figur 2).

### pH

Dei siste målingane av pH vart gjort i dei same prøvene som var brukt til bestemming av kalsium og kopar. Resultatet er vist i tabell 11. Verdiane er grupperte etter den totale kalktilførsla gjennom heile forsøksperioden og oppgitt i middel over alle kopartilføringane.

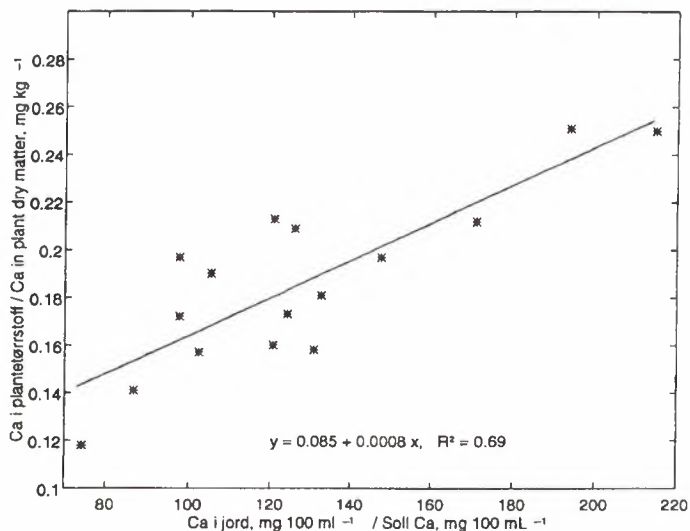


Fig. 2. Samanhengen mellom lett-løyseleg kalsium i jorda og kalsiumkonsentrasjonen i plantene.

Fig. 2. Relationship between readily soluble calcium in soil and the calcium concentration in plants.

Tabell 11. pH i jorda gruppert etter stigande kalking i forsøksperioden. Middel for alle koparmengdene

Table 11. Soil pH as influenced by increasing application of lime during the experimental period. Means for all copper treatments

Kalking (kg CaO dekar <sup>-1</sup> ) Lime (kg CaO 0.1 ha <sup>-1</sup> )	400 <sup>1)</sup>	800 <sup>2)</sup>	1300 <sup>1)</sup>	1700 <sup>2)</sup>
pH, middel Soil pH, mean	4,8	5,1	5,1	5,4
Variasjon/Range	4,7-4,9	4,9-5,2	4,9-5,3	5,2-5,6

<sup>1)</sup> 200 kg CaO gitt i 1985/200 kg CaO applied in 1985

<sup>2)</sup> 600 kg CaO gitt i 1985/600 kg CaO applied in 1985

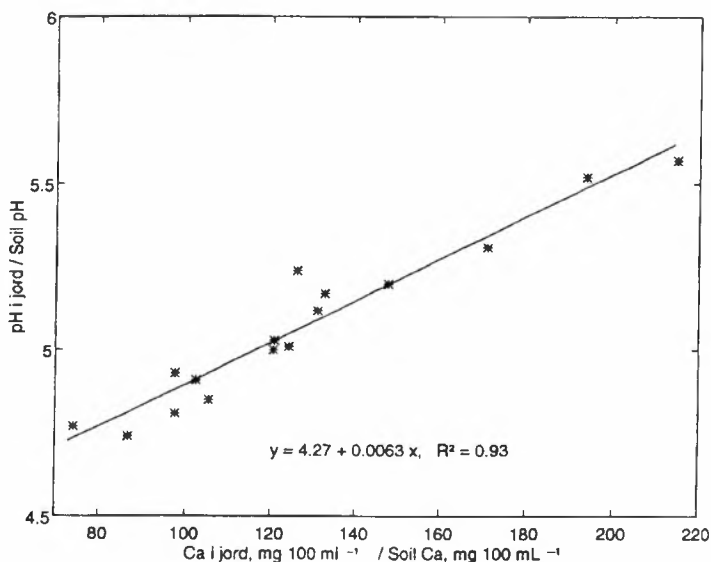


Fig. 3. Samanhengen mellom lettlyseleg kalsium og pH i jorda.

*Fig. 3. Relationship between readily soluble calcium and pH in the soil.*

Samanhengen mellom lettlyseleg kalsium (Ca-AL) i jorda og pH går fram av figur 3. Samanhengen er svært god ( $R^2 = 0,93$ ).

## Samandrag

Publikasjonen gir først ein kort historisk oversikt over bruk av koparsulfat i plantedyrkinga og påvising av koparmangel. Deretter blir gitt resultat av eit fastliggjande langvarig feltforsøk med kopar til ombrogen torvjord på Moldstad forsøks-gard på Smøla. Årsnedbør på Moldstad er 1155 mm.

Forsøksfeltet vart anlagt i 1945-46 med stigande mengder kalk (0, 300, 500, 700 og 900 kg CaO pr dekar) kombinert med 0, 0,2, 1,0 og 5,0 kg koparsulfat pr

dekar. Koparsulfatet vart tilført våren 1946. Forsøksvokstrane veksla med gulrot, raudkløver, havre og gras dei første åra, men har i seinare tid vore berre gras, vesentleg timotei.

Dei første åra var det store avlingsutslag både for kalk og kopar. Seinare minka avlingsutslaga, men koparkonsentrasjonen både i jorda og i plantene har vist tydeleg samheng med kopartilførsla.

Siste uttaket av jord- og planteprøver var gjort sommaren 1992, 46 år etter at forsøksfeltet var anlagt. Analysane viser at 5 kg koparsulfat innblanda i jorda ved anlegget av forsøket framleis har gitt tilfredsstillande koparkonsentrasjon både i plantene (6,4 mg pr kg) og i jorda (2,3 mg pr l). Dette tyder på at koparen er bunden så sterkt i denne torvjorda at han er lite utsett for utvasking, men likevel etter måten lett tilgjengeleg for plantene.

## Litteratur

- Beseler, W. 1901. Eine eigentümliche Erscheinung auf den Cunrauer Moordammkulturen nach Anwendung von Kupfervitriol. Mitt. d. Vereins z. Förd. d. Moorkultur in Deutschen Reiche. 1901 (15): 211-212.
- Beseler, W. 1905. Ergebnisse der Bespritzung von Pferdebohnen mit Kupfervitriol. Mitt. d. Vereins z. Förd. d. Moorkultur in Deutschen Reiche, 1905 (5): 89-93.
- Brennan, R.F. 1994. The residual effectiveness of previously applied copper fertilizer for grain yield of wheat grown on soils of south-west Australia. Fertilizer Research 39: 11-18.
- Egner, H., H. Riehm & W.R. Domingo 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. Kungl. Lantbr. högsk. Ann. 26:199-215.
- Ender, F. 1942. Undersøkelser over slikkesykens etiologi i Norge. Norsk Vet. Tidsskr. 54: 3-27, 78-127, 137-158.
- Feilitzen, H. von 1918. Kopparsulfats inverkan på några olika kulturväxter på kväverik torvjord. Svenska Mosskultur-föreningens tidskr. 32: 499-502.
- Freckmann, W. 1916. Über den Einfluss von Kupfersulfat auf das Gedeihen der Pflanzen auf Niederungsmoor. Mitt. d. Vereins z. Förd. d. Moorkultur in Deutschen Reiche 1916 (9): 245-251, (10): 261-268.
- Frøslie, A. & G. Norheim 1983. Copper, molybdenum, zinc and sulphur in Norwegian forages and their possible role in chronic copper poisoning in sheep. Acta Agric. Scand. 33: 97-104.
- Gartrell, J.W. 1981. Distribution and correction of copper deficiency in crops and pastures. In: J.F. Loneragan, A.D. Robson & R.D. Graham (eds.), Copper in Soils and Plants. Academic Press, New York. Pp. 313-349.
- Hart, E.B., H. Steenbock, J. Waddell & C.A. Elvehjem 1928. Iron nutrition. VII. Copper as a supplement to iron for hemoglobin building in the rat. J. Biol. Chem. 77: 797-812.
- Henning, E. 1918. Bidrag til kannedomen om den s.k. gulspetssjukan hos sådeslagen. Medd. Nr. 179 från Centralanst. för försöksv. på jordbruksomr. Bot. avd. 15. Stockholm 1918.
- Henriksen, Aa. 1958. Kobberbestemmelser i jord i sammenligning med virkningen af kobbergjødsling. Tidsskrift for Planteavl 61: 685-717.
- Henriksen, Aa. & H.L. Jensen 1958. Chemical and microbiological determinations of copper in soil. Acta Agric. Scand. VIII: 441-469.
- Hodgson, J.F., W.L. Lindsay & J.F. Trierweiler 1966. Micronutrient cation complexing in soil solution: II. Complexing of zinc and copper in displaced solution from calcareous soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30: 723-726.
- Hudig, J. & C. Meyer 1925. Koppersulfat als vermoedelijk bestrijdingsmiddel tegen de ontginningsziekte. Meded. Rijkslandbouwproefstation Gronningen.

- Hudig, J., C. Meyer & J. Goodyk 1926. Über die sogenannte "Urbarmachungs-krankheit" als dritte Bodenkrankheit. Zeitschr. Pflanzenernaehr., Düng u. Bodenk. A VIII 1926/1927: 14-52.
- Jørgensen, C.A. 1928. Gulspissygen. Dens udbredelse, aarsager og bekæmpelse. Tidsskrift for Planteavl 34: 76-116.
- Jørstad, I. 1924. Beretning om plante-sykdommer i land- og havebruket 1922-23. IV. Landbruksvekster og grønnsaker, s. 13. Grøndahl & Søns Boktrykkeri, Kristiania.
- Lakanen, E. & R. Erviö 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agralia Fenn. 123: 223-232.
- Lende-Njaa, J. 1919. Forsøk med kobber-sulfat (Blaasten) til havre på myr. Medd. fra Det Norske Myrselskap 17: 71-73.
- Lipman, C.B., & G. McKinney 1931. Proof of the essential nature of copper for higher plants. Plant Physiol. 6, 593-599.
- Lundblad, K. 1948. Gulspetssjukan på Gisselås försöksgård. Resultat av en serie fältförsök åren 1928-1936. Svenska Vall- och Mosskulturföreningens Meddelanden, I 1939-1948: 71-127.
- Lundblad, K., O. Svanberg & P. Ekman 1949. The availability and fixation of copper in Swedish soils. Plant and Soil 1: 277-302.
- Lundblad, K. & O. Johansson 1956. Resultat av de senaste årens svenska mikroelementförsök. I. Försök med koppar. Statens Jordbruksförsök, Medd. nr. 61: 39-90.
- Martens, D.C. & D.T. Westermann 1991. Fertilizer application for correcting micronutrient deficiencies. In: J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman & R.M. Welch (ed. committee), Micronutrients in Agriculture, 2nd ed. Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wisconsin. Pp. 549-592.
- Mengel, K. & E.A. Kirkby 1982. Principles of Plant Nutrition, 3rd ed. IPI Worblaufen-Bern, Switzerland. 655 pp.
- Mercher, E.R. & J.L. Richmond 1970. Fate of nutrients in soil: Copper. In: Letcombe Laboratory. Annual Report (1970). Pp. 9.
- Mortensen, M.L., S. Rostrup & F. Kølpin Ravn 1911. Oversigt over Landbrugsplanternes Sygdomme i 1910. Tidsskrift for Landbrugets Planteavl 18: 317-350.
- Neal, W.M., R.B. Becker & A.L. Shealy 1931. A natural copper deficiency in cattle rations. Science 74: 418-419.
- Norstoga, K. 1962. Undersøkelse over en særlig form for kopperforgiftning hos sau. 9. Nordisk Veterinærkongress, København 1962: 196-201.
- Olesen, J. & J. Hedegård 1971. Forsøg med kvælstof, fosfor, kalium og natrium samt magnesium og mikronæringsstoffer. III. Kobber. Beretning om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne 1970: 370-371. Andelsbogtrykkeriet i Odense.
- Robertson, L.S., D.D. Warncke, & B.D. Knezek 1981. Copper: An essential plant micronutrient. Michigan Coop. Ext. Serv. Bull. E-1519.



- Robson, A.D. & D.J. Reuter 1981. Diagnosis of copper deficiency and toxicity. In: J.F. Loneragan, A.D. Robson & R.D. Graham (eds.), Copper in Soils and Plants. Academic Press. Australia. Pp.287-312.
- Røyset, S. 1955. Forsøk med magnesium og aukande mengd kopar til eng. Forsk. Fors. Landbr. 6: 131-140.
- Semb, G., I.W. Dishington & F. Ender 1956. Orienterende undersøkelser over kopperinnholdet i jordprøver fra Jæren. Forsk. Fors. Landbr. 5: 185-203.
- Semb, G. & A. Øien 1966. Undersøkelser over kopperinnholdet i norske jordprøver. Forsk. Fors. Landbr. 17: 209-226.
- Sillanpää, M. & E. Lakanen 1966. Readily soluble trace elements in Finnish soils. Ann. Agric. Fenn. 5: 298-304.
- Sjollema, B. 1933. Kupfermangel als Ursache von Krankheiten bei Pflanzen und Tieren. Biochem Zeitschr. 267: 151-156.
- Sommer, A.L. 1931. Copper as an essential for plant growth. Plant Physiology 6: 339-345.
- Sorteberg, A. 1947. Melding fra Ny Jords forsøksgard på Smøla. Ny Jord 34: 55-113.
- Sorteberg, A. 1961. Kar- og markforsøk med kopper og jern. Forsk. Fors. Landbr. 12: 79-139.
- Sorteberg, A. & N.K. Øijord 1977. Markforsøk med kopper og jern. Forsk. Fors. Landbr. 28: 141-157.
- Steenbjerg, F. 1941. Kobber i jord og kulturplanter. Tidsskrift for Planteavl 45: 259-368.
- Steenbjerg, F. & E. Boken 1949. Kobber i jord og kulturplanter. III. Kobberinnhold og kobbermangel i jydse jordtyper. Tidsskrift for Planteavl 52: 375-459.
- Stenberg, M., P. Ekman, K. Lundblad & O. Svanberg 1948. Kopperstudier. Beretn. Nord. jordbr.forsk. For. 7. Kongress 1947:689-700.
- Teakle, L.J.H. 1939. Recent experiments with "minor" elements in Western Australia. I. A brief review of the "minor" element question in Western Australia. J. Agriculture, W. A.: 116-119.
- Thiel, H. & A. Finck 1973. Ermittlung von Grenzwerten optimaler Kupfer-Versorgung für Hafer und Sommergerste. Z. Pflanzenernähr, Bodenk. 134: 107-125.
- Tveitnes, S. 1975. Kopar og molybden som plantenæringsstoff til engvekstar. Meld. Norg. Landbr. Høgsk. 54(8): 1-26.
- Vikeland, N. 1980. Markforsøk med Cu, Mn og Fe på myrjord i Nord-Norge og Trøndelag. Forsk. Fors. Landbr. 31: 145-157.
- Ødelien, M. 1964. Noen eksempler på virkningen av små mengder av visse mikronæringsstoffer. Beretn. Nord. jordbr.forsk. For. 12 Kongress 1963. Nord. jordbr.forsk. Suppl. 8: 72-78.
- Øien, A. 1966. Sammenligning av analysemetoder for vurdering av tilgjengelig kopper i jord. Forsk. Fors. Landbr. 17: 73-78.

Øien, A. & G. Semb 1967. Undersøkelse av analysemetoder for koppar i jord ved hjelp av karforsøk og planteanalyser. *Forsk. Fors. Landbr.* 18: 89-97.

Aasen, I. 1970. Mangan og koppar til korn. Informasjonsmøter, Hurdalssjøen 3.-7. februar 1970: 42-45. Rådet for Jordbruksforsøk.

Aasen, I. 1972. Mikronæringsstoff-situasjonen på Sør-Austlandet. *Samvirke* 1972 (5): 190-194.

Aasen, I. 1981. Copper, manganese, and zinc concentrations in barley, oats, and wheat as influenced by different rates of supply. *Mineral Elements '80. Proc. Part I*: 5-10. Helsinki 1981.

# Avling og kvalitet av smalkjempe (*Plantago lanceolata* L.) dyrket i Hedmark

## *Yield and quality of Plantago lanceolata L. grown in Hedmark, Norway*

STEINAR DRAGLAND<sup>1)</sup> & TORUN HELENE ASLAKSEN<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Norsk institutt for planteforskning, Apelsvoll forskingssenter avdeling Kise, Nes Hedmark, Norge

*The Norwegian Crop Research Institute, Apelsvoll Research Centre Division Kise, Nes Hedmark, Norway*

<sup>2)</sup> Farmasøytisk institutt, Universitetet i Oslo, Blindern, Oslo, Norge  
*Institute of Pharmacy, University of Oslo, Blindern, Oslo, Norway*

Dragland, S. & T.H. Aslaksen 1995. Yield and quality of *Plantago lanceolata* L. grown in Hedmark, Norway. Norsk landbruksforskning 9: 101-106. ISSN 0801-5333.

Ribwort plantain (*Plantago lanceolata* L.) was grown at Apelsvoll Research Centre Division, Kise in the years 1993-95, from seed obtained in Germany and Hungary. Leaf yield varied from 2.47 to 6.17 Mg DM/ha in the first year of growth. The highest yields were obtained with a single cut per season. The carbohydrate content was 80-88% of DM after drying at 20° or 40°C but this was reduced to 55-56% when dried at 60°C, and to 45-49% when dried at 80°C. The content of aucubin was 1.1-1.4% of DM after drying at 20° or 40°C, decreasing to 0.7-1.0% and further to 0.4-0.5% when dried at 60° and 80° respectively. Poor winter hardiness of the varieties used suggests that it may be advisable to use seed from wild Norwegian provenances for possible future production of ribwort plantain in Norway.

Key words: Aucubin, carbohydrate, *Plantago lanceolata*, plantain, quality, yield.

*Steinar Dragland, Apelsvoll Research Centre Division Kise, N-2350 Nes Hedmark, Norway.*

Smalkjempe (*Plantago lanceolata* L.) er en viltvoksende plante i Norge. Den kan finnes på tørre steder i innlandet nord til Fåberg, Torpa og Hol i Buskerud, og langs kysten nordover til Tromsø. Groblad (*Plantago major* L.) er en nær slektning av smalkjempe, og den er vanligere og mere kjent. Begge er kjent fra folkemedisinen, og begge er med i nåtidens forskning ved Farmasøytisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Norges forskningsråd ga i 1994 økonomisk støtte til prosjektet "Norsk produksjon av planter til medisinsk bruk". Smalkjempe ble valgt ut som en av flere arter som burde være med i innledende dyrkingsforsøk. Groblad var like aktuell, men den har ikke så opprett bladvekst, og er derfor vanskeligere å høste. Hensikten med undersøkelsen var å få noe bedre kjennskap til dyrkingsmulighetene, og til innholdet av aktuelle stoff i bladene.

## Metodikk

Frø av "Ungarsk" og "Tysk" opprinnelse ble sådd med 3 rader innenfor 150 cm hjulavstand på Kise, Nes på Hedmark. Feltet lå i sørhelling (230 m o.h.). Før såing 7.6.1993, ble det gjødslet med 100 kg NPK 15-4-12 pr dekar. Det ble sådd om lag 100 frø pr m rad. Første høsting ble utført 3.8.1993. Høsterutene var da 1,5 x 3,0 m, og det var tre gjentak på feltet. Bladene ble kuttet om lag 5 cm over bakken. Tørking ble utført ved 20, 40, 60 og 80°C. Det ble i tillegg frosset inn friske blad ved -20°C. På hver rute var det 1,5 x 2 m som ikke ble høstet 3.8.. Ved neste høsting 30.9.1993, ble denne delen av rutene høstet i tillegg til at gjenveksten på hoveddelen av rutene ble høstet. Avling på hver av de to rutedelene ble registrert. I 1994 ble ett gjentak høstet 16.8. De to andre gjentakene ble høstet 19.9.

Analyse av bladavlinga fra 3.8.1993 ble utført ved Farmasøytisk Institutt, Universitetet i Oslo. Det ble brukt om lag 2 g

tørket og 5 g frosset materiale til karbohydrat- og aucubinanalysene. Metodikken som ble brukt i forbindelse med analysene er beskrevet av Aslaksen (1995).

## Resultat

### Bladavling og blomsterstengler

Ved høsting 3.8. første året var det ingen blomstring på feltet. Dårlig spiring av "Ungarsk" førte til at det bare ble høstet om lag 1 kg blad pr m<sup>2</sup>, mens "Tysk" ga dobbelt så stor råavling. Tørrstoffprosenten var 9,2-9,7, og dermed ble det henholdsvis 104 og 190 gram tørrvekt pr m<sup>2</sup> for de to sortene (Tabell 1).

Når plantene fikk stå til 30.9 før de ble høstet, hadde det utviklet seg 273 blomsterstengler pr m<sup>2</sup> av "Ungarsk" og 86 av "Tysk". Også de plantene som ble høstet 3.8. hadde greid å danne blomsterstengler før neste høsting, men antallet var vesentlig mindre, – henholdsvis 69 og 5 pr m<sup>2</sup>. To høstinger førte til vesentlig min-

Tabell 1. Tørrvekt av blad og stengler (g/m<sup>2</sup>) fra "Tysk" og "Ungarsk" smalkjempe høstet to ganger eller en gang i løpet av første vekstsesongen på Kise. Forskjellene mellom sortene og mellom antall høstinger, er statistisk sikre på 5% nivå.

Table 1. Dry matter of leaves and stems (g/m<sup>2</sup>) from plantain harvested twice or only once during the first season. Seeds from Germany (TYSK) and from Hungary (UNGARSK).

	TYSK		UNGARSK	
	Blad <i>Leaves</i>	Blm.stengler <i>Flower stems</i>	Blad <i>Leaves</i>	Blm.stengler <i>Flower stems</i>
Høsting <i>Harvesting</i> 3 Aug.	190	0	104	0
Høsting <i>Harvesting</i> 30 Sept.	206	1	143	9
Sum to høstinger	396	1	247	9
Høsting bare 30.9. <i>Harvesting 30 Sept. only</i>	617	43	340	82

dre bladavling enn når feltet ble høstet bare en gang, men to høstinger ga bladavling med liten innblanding av blomsterstengler (Tabell 1).

Bladavlinga fra siste høsting ble ikke analysert.

Frøavlinga ved to høstinger eller bare en høsting første året, ble for "Ungarsk" henholdsvis 4.1 g og 27,6 g pr m<sup>2</sup>. Tilsvarende avling for "Tysk" var 0,3 g og 8,7 g frø pr m<sup>2</sup>.

Etter overvintring var feltet ujevnt, og det ble høstet bare en gang for å få modne frø til senere forsøk. Høstetida var 16.8. på gjentak III som var kommet lengst i utvikling av frøene, og 19.9. for gjentak I og II. Total råavling av blad, stengler og frø tilsvarte 1628 kg pr dekar av "Tysk", og 1275 kg av "Ungarsk". Etter rensing tilsvarte frøavlinga om lag 60 kg pr dekar for begge sortene.

Ingen planter overlevde vinteren 1994/95, men frøtap fra tidligere høstinger førte

til oppspiring av smalkjempe på feltet etter jordarbeiding med fres våren 1995.

### Innhold av karbohydrater

Prøvene fra høsting 3.8.1993 ble analysert for innhold av karbohydrater og aucubin.

Tabell 2 viser at det var liten forskjell på grunn av frøpartiene når det gjelder mengde karbohydrat og forholdet mellom de ulike sukkerartene. Innholdet var størst etter tørking ved 20 eller 40°C, og i materiale som var frosset. Tørking ved 60 eller 80°C reduserte karbohydratinnholdet og endret forholdet mellom sukkerartene. Alle prøvene inneholdt spor av xylose.

### Innhold av aucubin

Aucubininnholdet viste også liten forskjell mellom frøpartiene, mens det var tydelige forskjeller på grunn av behandlingen før analyse. Tørking ved 20 eller 40°C ga det beste resultatet (Tabell 3).

Tabell 2. Innhold av ulike sukkerarter i prosent av totalt sukkerinnhold i blad av smalkjempe av tysk og ungarsk frø. Bladprøvene ble enten frosset ved -20°C, eller tørket ved 20-80 grader etter høsting.

Table 2. Concentration of different sugars as a percentage of total sugar in leaves of plantain. Seeds from Germany (TYSK) and from Hungary (UNGARSK). The leaves were either frozen at -20°C or dried at different temperatures after harvest.

Sukkerart Sugar	TYSK					UNGARSK				
	-20°	20°	40°	60°	80°	-20°	20°	40°	60°	80°
Arabinose	5.7	4.8	5.8	8.6	13.4	6.0	4.9	6.9	9.1	9.9
Rhamnose	3.4	4.1	3.9	4.8	5.9	4.5	4.3	4.2	8.1	5.8
Mannose	1.7	1.8	1.6	5.0	6.8	2.2	2.9	1.7	6.1	6.2
Galaktose	8.3	6.4	8.6	14.1	22.5	9.9	8.1	9.5	16.0	16.7
Glukose	5.2	3.6	3.6	9.6	12.9	5.0	5.7	4.5	10.3	12.9
Galakturonsyre	70.2	79.3	76.5	53.9	36.5	70.8	74.1	74.8	47.1	48.5
Glukuronsyre	5.5	spor <sup>1</sup>	spor	4.0	2.0	1.6	spor	spor	3.3	-
% karbohydr.	82.4	88.6	85.8	55.4	49.0	63.8	79.7	87.5	56.1	45.2

<sup>1</sup> trace

Tabell 3. Innhold av aucubin i prosent av tørrstoff i blad av smalkjempe av tysk og ungarsk frø. Bladprøvene ble enten frosset ved -20°C, eller tørket ved 20-80 grader etter høsting.

*Table 3. Concentration of aucubin as a percentage of dry matter in leaves of plantain. Seeds from Germany (TYSK) and from Hungary (UNGARSK). The leaves were either frozen at -20°C or dried at different temperatures after harvest.*

Temp.	TYSK	UNGARSK
- 20°C	0.3	0.7
20	1.1	1.3
40	1.4	1.2
60	0.7	1.0
80	0.5	0.4

## Diskusjon

I følge List & Hörhammer (1977) blir smalkjempe vanligvis dyrket i to til tre år på samme felt. Dette kan det også være mulig å få til under norske forhold. Ved innsamling av frø fra viltvoksende planter i Norge, vil overvintringen gå bedre enn det som ble oppnådd med frø av tysk og ungarsk opprinnelse i dette forsøket (Stangeland 1995). List & Hörhammer (1977) tilrødde flere høstinger i løpet av vekstsesongen for å unngå å få med mange blomsterstengler. De fant størst innhold av aucubin i bladene under blomstring, og etter tørking ved 40-50°C. Hornok (1992) tilrødde høsting før begynnende blomstring. Dette skulle gi 2-4 høstinger hvert år under ungarske forhold. Våre resultat fra tørkeforsøkene viser at tørketemperaturen heller bør være noe under enn over 40 grader.

Tørrstoffavlingen etter to høstinger av den sorten som spirte best, tilsvarte knapt

400 kg pr dekar. Avlinga økte til om lag 600 kg dersom feltet ble høstet bare en gang første året. Hornok (1992) mente at en kunne forvente 400-600 kg tørrvekt av blad pr dekar med såing på radavstand 0,4-0,5 m og med bruk av 0,6-0,8 kg frø. Hans erfaring var fra dyrking i Ungarn.

List & Hörhammer (1977) opplyste at en i smalkjempe kan finne 0,5-1,6% aucubin, noe slimstoffer, 6,5% garvestoff, vitamin C, karbohydrater, 1,35% kiseltsyre og flere mineraler.

Våre analyser viste at aucubininnholdet varierte mellom 1,1 og 1,4% etter tørking ved 20 og 40°C.

Laboratorie- og dyreforsøk har vist at aucubin kan ha følgende virkninger:

- Antimikrobiell (Davini et al. 1986)
- Muskelavslappende (Ortiz de Urbina et al. 1994)
- Antiinflammatorisk (Recio et al. 1994)
- Leverbeskyttende (Suh et al. 1991)
- Motgift mot fluesopp (Chang & Yamaura 1993)

Aucubininnholdet er også en indikasjon på hvor bra drogen har blitt behandlet. Dårlig tørking og oppbevaring i fuktig atmosfære fører til en forringelse av drogen. Dette vil gjenspeile seg i lite innhold av aucubin (Steinegger & Hänsel 1988).

I våre analyser av planter tørket ved 80°C, var ekstraktet mer brunaktig enn etter tørking ved lågere temperaturer. Det tyder på at karbohydratene kan være bundet opp i fenoliske forbindelser. Dette kan være en forklaring på nedgangen i innholdet av karbohydrater ved bruk av 60 og 80°C tørketemperatur. Hvilken tørketemperatur som er best for å ta vare på den eventuelle biologiske effekten av karbohydratene, er det ikke mulig å si noe om på grunnlag av våre analyser.

Bräutigam & Franz (1985) fant pektinlignende polysakkarider i smalkjempe.

Pektin er en viktig bestanddel av planteslimet. Groblad (*Plantago major* L.) inneholder polysakkarider med lignende struktur. I laboratorieforsøk har disse vist seg å ha immunstimulerende effekt (Samuelsen 1995). Karbohydratene er en heterogen gruppe av stoff som krever mye rensing og avanserte kjemiske og biokjemiske testsystem for å finne strukturen til de aktive polysakkaridene

Hornok (1992) mente at glykosider og slimstoff er de viktigste aktive stoffene i smalkjempe, mens Terpø (1992) framhevet aucubin (iridoidglykosid). Mye tyder på at begge typer stoff har biologisk effekt. Analysemessig er det enklest å måle aucubininnholdet.

## Sammendrag

Smalkjempe (*Plantago lanceolata* L.) av frø levert fra Tyskland og Ungarn, ble dyrket på Apelsvoll forskingssenter avdeling Kise, Nes på Hedmark i 1993-95. Bladavlinga varierte mellom 247 og 617 kg tørrvekt pr dekar første året. Størst avling ble oppnådd dersom feltet ble høstet bare en gang i løpet av vekstsesongen. Karbohydratinnholdet var 80-88% av tørrstoffet etter tørking ved 20 eller 40°C. Det ble redusert til 55-56% etter 60°, og til 45-49% etter 80° tørketemperatur. Innholdet av aucubin var 1,1-1,4% av tørrstoffet etter tørking ved 20 og 40°, og minket til 0,7-1,0 og videre til 0,4-0,5 etter henholdsvis 60 og 80 24° tørketemperatur. Dårlig overvintringsresultat viste behovet for å utnytte frø fra viltvoksende norske provenienser ved eventuell produksjon av smalkjempe i Norge.

## Litteratur

- Aslaksen, T.H. 1995. Analyse av smalkjempe *Plantago lanceolata* L. 15 s. i: Analyse av plantemateriale. Prosjektrapport "Norsk produksjon av planter for medisinsk bruk". Avdeling for farmakognosi, Farmasøytisk Institutt, Universitetet i Oslo.
- Bräutigam, M. & G. Franz 1985. Structural features of *Plantago lanceolata* mucilage. *Planta Medica* 7:53-56.
- Chang, I-M. & Y. Yamaura 1993. Aucubin – a new antidote for poisonous amanita mushrooms. *Phytotherapy Research* 7:53-56.
- Davini, E., C. Iavarone, C. Trogolo, P. Aureli & B. Pasolini 1986. The quantitative isolation and antimicrobial activity of the aglycone of aucubin. *Phytochemistry* 25:2420-2422.
- Hornok, L. 1992. Plantain. In Hornok, L. (ed.), *Cultivation and Processing of Medicinal Plants*. John Wiley & Sons. Pp. 308-309.
- List, P.H. & L. Hörhammer 1977. Hagers Handboch der Pharmazeutischen Praxis für Apotheker, Arzneimittelhersteller, Ärzte und Medizinalbeamte. 16 Band: Chemikalien und Drogen, teil A:N-Q. Springer Verlag, s. 747-749.
- Ortiz de Urba, V., M.L. Martin, B. Fernandez, L. San Roman & L. Cubillo 1994. *In vitro* antispasmodic activity of peracetylated penstemonoside, aucubin and catalpol. *Planta Medica* 60:512-515.

- Recio del Carmen, M., R.M. Giner, S. Manez & J.L. Rios 1994. Structural considerations on the iridoids as anti-inflammatory agents. *Planta Medica* 60:232-234.
- Samuelsen, A.B. 1995. Isolation and partial characterization of biologically active polysaccharides from *Plantago major* L. *Phytotherapy Research* 9:211-218.
- Stangeland, T. 1995. Personlige opplysninger etter dyrking av smalkjempe fra innsamlet frø av norsk, tysk og ungarsk opprinnelse. Hovedfagsoppgave ved Universitetet i Oslo.
- Steinegger, E. & R. Hänsel 1988. *Lehrbuch der Pharmakognosie und Phytopharmazie* (s. 157-158). Springer Verlag. 804 s.
- Suh, N.-J., C.-K. Shim, M.H. Lee, S.K. Kim & I.-M. Chang 1991. Pharmacokinetic study of an iridoid glucoside: Aucubin. *Pharmaceutical Research*. Vol. 8:1059-1063.
- Terpò, A. 1992. Taxonomy of medicinal plants. (s. 42-55) Hornok, L.(ed.), *Cultivation and Processing of Medicinal Plants*. John Wiley & Sons, 338 s.



# Direktesetting på store forsøksruter

## *Direct planting on great parcels*

EGIL EKEBERG<sup>1)</sup> & JENS JEMBLIE<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Planteforsk, Apelsvoll forskingssenter, avdeling Kise, Nes på Hedmark, Norge

<sup>2)</sup> Hoel Ø., Ilseng, Norge

<sup>1)</sup> *The Norwegian Crop Research Institute, Apelsvoll Research Centre, division Kise, Nes på Hedmark, Norway*

<sup>2)</sup> *Hoel Ø., Ilseng, Norway*

Ekeberg, E. & J. Jemblie 1995. Direct planting on great parcels. *Norsk landbruksforskning* 9: 107-116. ISSN 0801-5341.

A number of one-year trials were conducted separately over a five-year period on two farms in the Mjøsa region of SE Norway in order to compare the effects of direct planting of potatoes on straw-free, untilled soil with those with traditional tillage. Nine trials were performed on loam and one on sandy soil. Machine planting was followed by two passes of ridging equipment, in order to obtain the normal ridge size. After this operation, it was found that there was no visible difference between treatments, either in ridges or in plant development. Yields and tuber quality were little affected by tillage. Half of the trials included two harvest times, with a two-week interval. The yield increase in this interval was greatest on the direct-planted plots. This may be explained by slower growth and maturation, due to lower soil temperatures in untilled soil than after traditional tillage.

Key words: Direct planting, potato, straw-free soil, yield.

*Egil Ekeberg, Apelsvoll Research Station, Division Kise, N-2350 Nes Hedmark, Norway.*

Potetsetting på halmren jord uten jordarbeiding på forhånd er prøvd på forsøkingsstasjonen Kise fra 1978. De fleste forsøk hadde småruter med plass til 8-12 fårer. Metoden har gitt tilfredsstillende avling og avlingskvalitet (Ekeberg 1987 a og b, 1988, 1989 a og b, 1993 b, 1995, Riley et al. 1994). Forsøk i andre land har også gitt tilfredsstillende avling og kvalitet (Thornton 1977, Brar et al. 1986). Denne meldinga gjør greie for mer praktisk rettet forsøk hvor rutebredden var 12-30 m og rutelengden 100-250 m.

## Materiale og metoder

Høsten 1986 ble det inngått en 5-årig avtale mellom forsøkingsstasjonen og Rudolf Vie, Vie N, Stange og året etter med Jens Jemblie, Hoel Ø. Vang (medforfatter) om ett-årige forsøk på store forsøksruter. Felten ble plassert på jord med korn året før hvor halmen var fjernet eller brent.

Om høsten ble rutene målt opp og pløyd. De fleste felt hadde to storruter upløyd mens noen hadde pløyd land på begge sider av ei upløyd rute. I alle tilfeller var det to reelle gjentak.

Om våren ble det pløyde areal sloddet,

harvet og plukket stein på tradisjonelt vis, mens det oppløyde areal var urørt før setting. På Vie ble gardens potetsetter brukt mens Kise-setteren ble brukt på Hoel de 3 siste årene (Bilde 1). Kise-setteren hadde påmontert seks harvetinder som løsnet jorda i tomfårene og det var påsveiset et lite jernstykke som lagde et 5 cm dypt spor til settepotetene (Bilde 2). Setterne var 2-rads med hyppekjær og 75 cm radavstand. Feltene ble satt samtidig med resten av åkeren. Under settinga lagde hyppekjærene grunne fårer for at begge drillene skulle få samme settedybde. Etter setting ble åkeren hyppet til normale driller. På Vie ble drillene sloddet ned og hyppet igjen etter spiring. Det var ikke mulig å se forskjell på bearbeidet og ubearbeidet potetåker etter hypping.



Bilde 1. Setting i ubearbeidet jord med lite halmrester. Hoel Ø. Vang på Hedemarken 1990.

*Fig. 1. Direct planting in straw free soil surface.*

Tabell 1 viser noen målte egenskaper i jorda. Jorda på feltet på Hoel i 1988 var sedimentær mens alle de andre feltene hadde steinrik morene – noe som ikke kommer fram i jordartsanalysene. I middel hadde jorda 53% sand, 36% silt og 11% leir, relativt likt i de to sjiktene. Moldinnholdet var dobbelt så stort i matjordlaget som i undergrunnen og var på et tilfredsstillende nivå på de fleste felt. Jordreaksjonen var noe sur på feltet på Vie i 1987 og på Hoel i 1988, på de andre

feltene var det gunstig pH for de fleste vekster.

På det langvarige gjødslingforsøket på Møystad, som ligger i nabolaget, er optimale AL-tall 2,5 for fosfor og 6,9 for kalium. (Ekeberg 1987 c). Alle felt i denne forsøksserien hadde høyere verdier i matjordlaget. Undergrunnsjorda hadde lavere fosfortall på to felt på Hoel og fire felt på Vie, mens kaliumtallene var lavere på to felt på begge gårdar.

Bygg dominerte som forgrøde mens det ble dyrket fem forskjellige potetsorter (tabell 2). Antall gjentak (avlingskontroller) varierte mellom 7 og 12 (to reelle).

Gjødsla ble gitt som klorfri fullgjødning i mengder tilsvarende 12-15 kg N pr. dekar. I veksttida ble feltene behandlet likt med resten av potetåkeren. På alle ble ugras og tørråte bekjempet kjemisk etter behov.

Om høsten ble avlinga på noen felt kontrollert to ganger med 10-14 dagers mellomrom. Siste høsting var 4.-15. september. Potetriset ble ikke sprøytet ned på forsøksfeltene.

Kontrollhøstinga ble gjort for hånd, 7,5 m<sup>2</sup> pr. gjentak. For å minske virkningen av jordvariasjonen, som kan være markert på morenejord, ble avlinga kontrollert i nærheten av grensene mellom de to jordarbeidingsystemene. Avlinga ble ført til Kise for analyse. For å kontrollere om knollene var grønne ble hele eller deler av ruteavlinga vasket. Alle knoller med antydning til grønnfarge ble vraket.

## Resultater

Feltet på Hoel i 1989 går ut av sammenstillingen i tabell 3 på grunn av tekniske feil ved setting på urørt jord og dermed usikkert resultat. Årsaken var at drivhjula

Tabell 1. Noen analyser av jorda på feltene.

Table 1. Some physical and chemical analyses of topsoil in the trials.

År Vie:	Frasikt <i>Gravel</i>	Silt <i>Silt</i>	Leir <i>Clay</i>	Mold <i>OM</i>	pH <i>pH</i>	P-AL <i>P-AL</i>	K-AL <i>K-AL</i>	Jordart <i>Soil class</i>
1987 m.	9	38	10	3,6	5,1	6,7	7,9	s.m.
u.	18	36	8	1,8	5,3	0,7	5,2	s.m.
1988 m.	17	39	12	4,0	6,2	7,2	8,8	l.l.
u.	22	34	10	3,0	6,4	3,9	7,9	s.m.
1989 m.	8	41	12	6,0	6,1	9,2	9,2	l.l.
u.	15	37	18	2,4	6,9	3,2	7,9	l.l.
1990 m.	20	35	11	4,9	6,2	22,0	8,2	l.l.
u.	21	32	10	3,9	6,5	20,0	8,0	s.m.
1991 m.	9	43	11	3,6	6,3	7,9	7,7	l.l.
u.	12	43	4	0,7	6,8	2,3	5,4	s.m.
Hoel:								
1988 m.	0	22	8	2,7	5,3	13,0	11,0	s.m.
u.	0	46	17	0,6	4,6	0,4	8,7	l.l.
1989 m.	8	35	16	4,4	5,9	6,2	8,4	l.l.
u.	12	32	11	2,8	6,2	1,4	6,4	l.l.
1990 m.	7	32	11	4,3	5,5	4,3	7,5	l.l.
u.	13	45	15	2,6	5,6	1,1	7,0	l.l.
1991 m.	7	35	14	3,5	5,7	9,6	15,0	l.l.
u.	10	40	15	2,6	5,9	4,5	8,7	l.l.
1992 m.	14	32	9	2,6	6,0	14,0	9,7	s.m.
u.	16	23	5	1,0	6,0	1,8	6,2	s.m.
Mid. m.	10	35	11	4,0	5,8	10,0	9,3	
u.	14	37	11	2,1	6,0	3,9	7,1	

Frasikt = prosent av tørr jordprøve over 2 mm

*Gravel = percent of dry soil >2mm*

Silt, leir og mold = prosent av tørr jordprøve under 2 mm

*Silt, clay and OM = percent of dry soil <2mm*

P-AL og K-AL = mg P og K pr. 100 g tørr jord under 2 mm

*P-AL, K-AL = mg P and K in 100 g dry soil <2mm*

m. = matjordlaget 0-20 cm, u. = undergrunnsjord 20-40 cm

*m. = 0-20 cm, u = 20-40 cm*

s.m. = siltig mellomsand l.l. = lettleire

*s.m. = silty sand, l.l. = loam*

Tabell 2. Noen opplysninger om feltene.  
 Table 2. Some practical details about the trials.

	Potetsort <i>Variety</i>	Forgøde <i>Pregrowth</i>	Rutestørrelse <i>Parcels</i>	Ant. gjentak <i>No. of replic.</i>
Vie 1987	Kerrs Pink	Bygg	30 m X 120 m	8
1988	Peik	Bygg	30 m X 120 m	8
1989	Peik	Potet	21 m X 150 m	7
1990	Peik	Bygg	21 m X 120 m	8
1991	Kerrs Pink	Bygg	12 m X 200 m	8
Hoel 1988	Mandel	Havre	12 m X 180 m	8
1989	Laila	Bygg	21 m X 200 m	8
1990	Laila	Bygg	12 m X 250 m	8
1990	Laila	Bygg	12 m X 130 m	8
1991	Pimpernel	Hvete	12 m X 140 m	12

Tabell 3. Knollavling og grønne knoller ved ulik jordarbeiding.  
 Table 3. Tuber yields and percentage green tubers with different tillage systems.

Høstedata <i>Harvest date</i>	Knollavling kg/daa <i>Yields kg/daa</i>				Grønne kn. % <i>Coloured tubers, %</i>					
	1. høsting <i>1. harvest</i>		Siste høst. <i>Last harvest</i>		1.h. <i>1.h.</i>		2.h. <i>2.h.</i>			
	Trad. <i>Trad.</i>	Dir. <i>Direct</i>	Trad. <i>Trad.</i>	Dir. <i>Direct</i>	T	D	T	D		
Vie:										
1987			2460	2504			0	1		
1988	2.9.	15.9.	4150	3683	4312	4345	7	8	5	15
1989		4.9.			3711	4072			1	2
1990	30.8.	13.9.	3512	3661	3925	4000	2	3	2	3
1991		14.9.			3079	3180			6	6
Hoel:										
1988	30.8.	15.9.	2413	2455	3099	2914	5	6	14	13
1990	23.8.	6.9.	3715	3662	3944	4143	7	8	14	14
1991		14.9.			3128	3159			2	2
1992	20.8.	10.9.	2959	2900	3675	3662	0	0	0	0
Middel 5 felt <i>Means of 5 trials</i>			3350	3272	3791	3813	4	5	7	9
Middel 9 felt <i>Means of 9 trials</i>					3481	3553			5	6

slurte ved setting. Feltet ble likevel kontrollhøstet. Planteavstanden var 50 cm ved direktesetting og 41 cm ved tradisjonell jordarbeiding, målt ved opptak, og avlinga henholdsvis 3500 kg og 3850 kg pr. dekar ( $P < 0,05$ ). Avlingssvikten ved direktesetting skyldtes antakelig både mindre gjødselmengder og for stor planteavstand ved dette jordarbeidingssystemet. Det var mest grønne knoller ved tradisjonell jordarbeiding på dette feltet, 25% mot 15% ved direktesetting ( $P < 0,05$ ). Årsaken er sannsynligvis for lave driller og at det var størst avling ved tradisjonell jordarbeiding.

På fem felt ble avlinga kontrollert to ganger med ca. 2 ukers mellomrom. Det var små differanser mellom jordarbeidingsleddene, men det ble størst avlingstall ved tradisjonell jordarbeiding ved første høsting og omvendt ved siste høsting. Avlingsøkningen fra første til siste høsting var 30 kg pr. dekar og dag ved tradisjonell jordarbeiding og 37 kg ved direktesetting.

I middel for alle ni felt var det 2% større avling ved direktesetting enn ved tradisjonell jordarbeiding uten at differansen var signifikant (tabell 3).

På Vie var det mest grønne knoller ved direktesetting i 1988, på de andre feltene var det ikke forskjell mellom jordarbeidingssystemene i denne egenskapen (tabell 3).

Salgbar avling er avlinga over 45 mm fratrukket sprukne og grønne knoller. Middeltallene viser at det var små forskjeller mellom de to prøvde dyrkingssystemer i de målte egenskaper (tabell 4).

På Vie i 1990 og på Hoel i 1992 ble det størst salgbar avling ved tradisjonell jordarbeiding, de andre årene ble det enten lik salgbar avling for de to dyrkingssystemene eller størst salgbar avling for direktesetting (tabell 4).

## Diskusjon

**I Principles of field crop production** (Martin et al. 1976 s. 911) står det bl.a.: "Deep plowing for potatoes usually is recommended. It is essential that the seedbed be prepared at least 2 inches deeper than the 3- to 5-inch dept at which potatoes are planted. Most of the potato roots are found within 1 foot of the surface of the soil, but since they can penetrate to a dept of 5.5 feet, there is no object in plowing deep to facilitate root growth."

Forfatterne mener altså at jordløsning til 12-18 cm er nok for at potetrøttene skal kunne utvikle seg tilfredsstillende.

I Skottland prøvde Parker m.fl. (1989) å løsne jorda til 45 cm dybde før setting i 1984 og 1985. De fant ingen positiv virkning, verken på vannopptak eller avling. Forsøk i Sverige med pløying til 50 cm ga 10% mindre potetavling enn normal pløyedybde (Rydberg et al. 1990).

I jordbearbeitingens årsrapport for 1992 fra Sveriges Lantbruksuniversitet står en interessant konklusjon (Arvidsson 1992): "Djupkultivering har gett lika god skörd som höstplöjning vid potatisodling, medan vårplöjning gett lägre skörd. I södra Sverige har utebliven vårharvning givit skördehöjningar".

Forsøk på New Zealand ga avlingsøkning for dyp jordløsning under meget tørre forhold, men ikke under optimale vannforhold (Ross 1986).

De tidligere bastante påstander om at dyp jordløsning er det eneste riktige i potetdyrkinga (Hessayon & Fennemore 1961) synes å tilhøre historien. Det kan umulig være riktig å fortsette med stor energiinnsats i en produksjon hvor slike påstander etter hvert blir motbevist.

Det er før konstatert at redusert jordarbeiding i Norge fremmer meitemarken

Tabell 4. Salgbar avling i prosent av totalavlinga og i kg pr. dekar, tørrstoffprosent og skurvprosent ved tradisjonell jordarbeiding (Trad.) og ved direktesetting (Dir.) ved siste høsting.

Table 4. Saleable yields, both as percentages of total yield and in kg/daa, dry matter concentrations and percentage of common scab with different tillage systems.

År Year	Salgb., % Saleable, %		Kg/daa Kg/daa		Tørrst. % DM, %		Scurv % Common scab		
	Trad. Trad.	Dir. Dir.	Trad. Trad.	Dir. Dir.	Trad. Trd.	Dir. Dir.	Trad. Trad.	Dir. Dir.	
Vie	1987	59,9	65,8	1474	1648	24,6	24,9	4	9
	1988	72,5	73,6	3126	3198	24,1	24,1	3	3
	1989	63,2	63,6	2345	2590	23,6	24,3	1	1
	1990	79,3	73,2	3113	2928	26,4	26,1	7	6
	1991	74,8	79,4	2303	2525	28,2	27,8	15	16
Hoel	1988	74,8	80,4	2306	2643	25,4	25,1	29	30
	1990	69,8	69,0	2753	2859	22,1	22,8	2	2
	1991	69,9	72,9	2187	2303	22,7	22,6	8	13
	1992	62,4	58,9	2293	2157	27,6	28,7	8	9
Middel Means		69,6	70,8	2433	2506	25,0	25,2	9	10

i jorda, gir kaldere og fuktigere jord og etter noen år, surere jord med bedre struktur, mere moldstoffer og mere tilførte mineralnæringsstoffer i øvre jordlag (Ekeberg 1992). Flere av disse egenskapene øker med årene og er lite synlig de første årene med redusert jordarbeiding (Ekeberg 1993a). Når jorda er kaldere vokser plantene saktere, blir senere modne og har lavere tørrstoffprosent tidlig på høsten. I langvarige forsøk på Kise var det mest ris og senest modning ved direktesetting. Dette ga størst avling ved tradisjonell jordarbeiding tidlig på høsten og etter ca. 10. september størst avling ved direktesetting (Ekeberg 1994b). Av denne grunn frarådes direktesetting i tidligpotetproduksjonen og i distrikter med kald jord eller med korte somre eller til sene sorter. Varmekrevende arter, som f.eks. fôr-

beter, gir avlingssvikt ved redusert jordarbeiding på grunn av kald jord (Ekeberg 1995).

Uten jordarbeiding blir jorda fastere og lettere farbar under fuktige forhold. Dette erfarte Rudolf Vie i regnåret 1987. Han hadde fått vietnamesiske plukkere lørdag den 12. september. Det var kommet mye regn, 105 mm i august og 53 mm uka før, målt på Kise, og opptaket måtte stanses på grunn av hjulsynking og for klinete jord. Da fikk han ideen om å prøve det direktesatte areal. Resultatet ble at han fikk tatt opp potetene etter dette jordarbeidingssystemet denne dagen og måtte vente med resten til været bedret seg.

På Kise har vi prøvd å sette poteter i halmrik jord etter halmsnitning om høsten og en tur med rotorharv om våren

(Ekeberg 1993b, 1994a). Dette er en mulig løsning for de som ønsker å overvin tre jorda urørt og hvor halmen skal tilbakeføres til jorda. Erfaringene etter tre år er gode. Det er ikke konstatert mere skurv og ikke forskjell i avling sammenlignet med tradisjonell jordarbeiding. Det settes imidlertid visse krav til det tekniske utstyret for å unngå subbing i halmrestene foran setteorganene.

Metodene som er referert her passer ikke i moderne potetdyrking på steinrik jord hvor potetdrillene skal være steinfrie. En mulig løsning er å fjerne steinen i 12-15 cm dybde og å slutte å bearbeide til denne dybden. Metoden er ikke prøvd i forsøk og neppe i praksis ennå.

Det eneste en kan forvente av ett-årige forsøk er at jorda blir litt fuktigere og kaldere der den ikke bearbeides. Dette kan forlenge veksttida noe. I forsøkene på Vie og Hoel var det vanskelig å se noen virkning av utsatt modning på risveksten og det visuelle bildet av potetåkeren var lik ved de to jordarbeidingsystemene (bilde 3). Det eneste som indikerte utsatt vekst i disse forsøkene var at døgnproduksjonen var noe større de siste 14 dager av vekst-



Bilde 2. Potetsetteren på forskingsstasjonen er påmontert seks harvtinder mellom potetradene for å gi løsjord til potetavlinga. Det er også påsveis et lite jern som lager et 5 cm dypt spor til setteknollene.

*Fig. 2. A two-row potato planter with ridgers. Harrow tines is mounted between the drills of the planter, in order to loosen the soil. An iron plate is welded onto the planter, in order to make a 5 cm deep notch in which to place the potato sets.*

tida ved direktesetting enn ved tradisjonell jordarbeiding på de fem feltene med to avlingskontroller.

Et viktig spørsmål i denne forbindelsen er om småruteforsøk og storruteforsøk gir samme resultat. Erfaringene så langt synes å vise at de er likeverdige med hensyn til å måle avling og kvalitet. Det samme er funnet i korn (Ekeberg & Riley 1989, Riley & Ekeberg 1989, Ekeberg & Bye 1994). Det er rimelig å anta at småruteforsøk er billigst og gir sikreste data for eventuelle endringer i jorda, mens storruteforsøk passer best ved maskintekniske og sprøytetekniske forsøk og ved plantevernforsøk. Storruteforsøk og demonstrasjonsfelt skulle være velegnet for de som ønsker erfaring med nye dyrkningsteknikker. En må imidlertid være oppmerksom på jordvariasjonen, særlig på morenejord, som krever god planlegging og reelle gjentak.

Det er enkelte som mener at en må ha spesialutstyr for å dyrke poteter uten eller med lite jordarbeiding. De første årene på Kise hvor vi satte uten noen form for jordarbeiding på forhånd hadde vi ordinært utstyr for setting og hypping, resultatet ble noenlunde tilfredsstillende. Etter at vi fikk påmontert harvetinder og sporjern på setteren og forsterket hypperen gikk arbeidet lettere, men resultatet ble stort sett det samme. På Vie ble det gjort på samme måten, med ordinært utstyr de første årene og selvgjort tilleggsutstyr senere.

## Sammendrag

Direktesetting på halmren urørt jord er sammenlignet med tradisjonell jordarbeiding på ettårige felt i 5 år på to grender i Mjøstraktene. Det var morenejord på ni felt og sedimentær jord på ett. Pote-

tene ble satt med to-rads setter med etterfølgende hypping til normale driller. Det var ikke mulig å se forskjell mellom de to dyrkingssystemene, verken etter hypping eller på plantene i veksttida. Avling og kvalitet ble lite påvirket av ulik jordarbeiding. Halvparten av feltene ble høstet to ganger med 2 ukers mellomrom. Avlingsøkningen i denne perioden var størst etter direktesetting. Det viser at direktesetting ga noe kaldere jord med utsatt vekst og modning enn tradisjonell jordarbeiding.



Bilde 3. Rudolf Vie på grensen mellom upløyd og pløyd jord. Det var ikke mulig å se forskjell i risveksten mellom de to jordarbeidingsystemene.

*Fig. 3. Rudolf Vie at the border between direct planting and traditional tillage before planting. No differences are observed between the two soil tillage systems.*

## Etterord

Rudolf Vie (død 1992) var svært interessert i potetdyrking og spesielt i tekniske løsninger som kunne gi framgang i avling og kvalitet men også i arbeidforbruk og økonomi. Best huskes kanskje hans selvgjorte automatopptaker med risløfter som kunne høste potetene på en særdeles skånsom måte.

Han interesserte seg tidlig for forsøk med direktesetting av potet på Kise og

halmprobelmatikken opptok ham mye. Han besøkte oss ofte, tok bilder og skrev artikler i Norsk Landbruk (se litteraturlista). Det var en selvfølge at han skulle prøve direktesetting på egen gård. Han utførte alt teknisk arbeid ved forsøkene, bare høsting og kontroll av forsøksrutene ble overlatt til forskingsstasjonen.

Rudolfs tegnekunster og flittige penn kom mange til gode i hele landet, og vi er takknemlige for hans innsats for å bevare produksjonsgrunnlaget for ettertiden.

På Kise er vi svært takknemlige for hans innsats for å spre nye kunnskaper på en rask og forståelig måte til alle lesere av Norsk Landbruk.

## Litteratur

Arvidsson, J. (red.) m.fl. 1992. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, Sveriges lantbruksuniversität, Uppsala, Jordbearbetningens årsrapport 1992, nr. 84, 86s.

Brar, S. S., H. S. Sandhu, J. S. Dhaliwal & B. S. Boparai 1986. Possibilities of growing Maize, Wheat and Potatoes without tillage in Punjab. *Soil Tillage Res.*, 8:345.

Ekeberg, E. 1987a. Redusert jordarbeiding på morenejord. II. Potet. *Norsk landbruksforskning* 1:7-14.

Ekeberg, E. 1987b. Potetsetting i halmstubben. *Norsk Landbruk* nr. 2: 32-33.

Ekeberg, E. 1987c. Langvarige gjødslingsforsøk på Møystad. Informasjonsmøte i jord- og plantekultur på Østlandet, 27-29. januar 1987. *Aktuelt fra SFFL* nr. 3: 64-87.



- Ekeberg, E. 1988. Direct planting of potatoes. Proceedings of the 11th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, Edinburgh, s. 643-647.
- Ekeberg, E. 1989a. Direktesetting av potet. Informasjonsmøte om jord- og plantekultur på Østlandet. Aktuelt fra SSFL, nr. 2: 93-110.
- Ekeberg, E. 1989b. Direktesetting av potet. NJF-seminar nr. 165, 22.-23. nov. 1989, Rica Hotell, Sandvika. "Bearbeidingsredskaper og redskapsløsninger", s. 181-186.
- Ekeberg, E. 1992. Redusert jordarbeiding på morenejord. Jordundersøkelser. Norsk landbruksforskning 6:223-244.
- Ekeberg, E. 1993a. Direktesetting på gamle og nye jordarbeidingsfelt. Jord- og plantekultur 1993. Korn, Potet, Miljø. Forsøksresultater 1992. SFL Apelsvoll/SSFL: 207-211.
- Ekeberg, E. 1993b. Minimum tillage for potatoes. NJF-utredning/- rapport nr. 88. Proceedings of the NJF-seminar no. 228. SOIL TILLAGE AND ENVIRONMENT. Jokioinen, Finland, 8-10 June 1993: 64-71.
- Ekeberg, E. 1994a. Minimum jordarbeiding til potet. Jord- og Plantekultur 1994. Korn, Potet, Miljø. Forsøksresultater 1994. Apelsvoll forskingsstasjon, NLH-fagtjenesten: 230-236.
- Ekeberg, E. 1994b. Minimum tillage for potatoes. International Soil Tillage Research Organisation. Proceedings of 13th International Conference, Aalborg, Denmark, July 24-29 1994, vol. II: 967-972.
- Ekeberg, E. 1995. Langvarig jordarbeidingsforsøk. Informasjonsmøte i jord- og plantekultur 1995 på Sundvollen 30.1. til 1.2. ISBN 82-90598-17-3: 234-240.
- Ekeberg, E. & H. Riley 1989. Plogfri dyrking på store forsøksruter. I. Avling, avlingskvalitet og kveke. Norsk Landbruks forskning 3: 97-105.
- Ekeberg, E. & P. Bye 1994. Jordarbeiding til korn. Redusert jordarbeiding på store forsøksruter. Jord- og plantekultur 1994. Korn, potet, miljø. Forsøksresultater 1994. Apelsvoll forskingsstasjon, NLH-fagtjenesten: 217-223.
- Hessayon, D.G. & O.G. Fenemore 1961. Potato Growers' Handbook. Pan Britannica Industries Ltd., Waltham Abbey, Essex and C. Lennig & Co. Ltd., Bedford Row, London, 35 s.
- Martin, J. H., H. L. Warren & D. L. Stamp 1976. Principles of field crop production. Macmillan Publishing Co., Inc. New York. 1118 s.
- Parker, C.J., M.K.V. Carr, N.J. Narvis, M.T.B. Evans & V.H. Lee 1989. Effects of subsoil loosening and irrigation on soil physical properties, root distribution and water uptake of potatoes (*Solanum tuberosum*). Soil Tillage Res. 13:267-285.
- Riley, H. & E. Ekeberg 1989. Plogfri dyrking på store forsøksruter. II. Kjemiske og fysiske jordundersøkelser. Norsk Landbruksforskning 3:107-115.
- Riley, H., T. Børresen, E. Ekeberg & T. Rydberg 1994. Trends in reduced tillage research and practice in Scandinavia. In: R. Carter (ed.), "Conservation Tillage in Temperate regions". (Lewis Publishers) Pp. 23-45.

- Ross, C. W. 1986. The effect of subsoiling and irrigation on potato production. *Soil Tillage Res.* 7:315-325.
- Rydberg, T., M. McAfee & B. Gillberg 1990. Djuppløying på letta mineraljordar. Rapport nr. 80, Sveriges Lantbruks universitet, Institutionen för Markvetenskap, Uppsala: 50 s:79-90.
- Thornton, R. 1977. Minimum tillage for potatoes. *American Vegetable Grower*, May 1977:30-32.
- Vie, R. 1989. Redusert jordarbeiding. Praktikertanker – om å så rett i stubben. *Norsk Landbruk* 2:27-29.
- Vie, R. 1989. Direktesåing – i norske "spor". *Norsk Landbruk* 20: 8-12.
- Vie R. 1989. Skal/skal ikke – er pløying til skade?. *Norsk Landbruk* 21:22-23.
- Vie, R. 1990. Potetene rett i stubben. *Norsk Landbruk* 3:34-35.
- Vie, R. 1990. Såtida har betydning for avlinga. *Norsk Landbruk* 6:10-11.
- Vie, R. 1990. Få mer ut av høster'n med strenglegging. *Norsk Landbruk* 8:32-33.
- Vie, R. 1990. Redusert jordarbeiding – på egne bein? Fakta på bordet om enklere driftsopplegg. *Norsk Landbruk* 8: 60-61.
- Vie, R. 1991. Direktesåing med enklere kombimaskiner. Gjødsel og såfrø i samme labben. *Norsk Landbruk* 3:30.
- Vie, R. 1991. "Blæstad-direkten" går videre: – nye labber prøves i år. *Norsk Landbruk* 3:31.
- Vie, R. 1991. Mens vi venter på halm<<knuser'n>>. *Norsk Landbruk* 20: 8-9.
- Vie, R. 1992. Halmen - problematisk ressurs? *Norsk Landbruk* 14:22-23.
- Vie, R. 1992. Halm og potet-går bra ihop. *Norsk Landbruk* 14:24.

# Nitrogenfrigjøring og ettervirkning ved bruk av grønn gjødsel på utvalgte jordtyper på

## Østlandet

N frigjøring og ettervirkning av grønn gjødsel

## *Nitrogen mineralization and after-year effects of green manure on certain soils in Southeast*

## *Norway*

## *N mineralization and after-year effects of green manure*

SVEIN ØIVIND SOLBERG

FØKO (Fagseksjon i økologisk jordbruk), Sør Østerdal forsøksring, Elverum, Norge

*FØKO (The extension service for ecological agriculture of Southeast Norway), Elverum, Norway*

PLANTEFORSK, Apelsvoll Forskingsenter, avd. Kise, Nes på Hedmark, Norge  
*Norwegian Crop Research Institute, Apelsvoll Research Centre, Kise, Nes på Hedmark, Norway*

Solberg, S.Ø. 1995. Nitrogen mineralization and after-year effects of green manure on certain soils in southeast Norway. N mineralization and after-year effects of green manure. Norsk landbruksforskning 9: 117-132. ISSN 0801-5341.

A study of green manure yields, nitrogen mineralization, and after-year effects was carried out on five soils in Southeast Norway. When used as a whole-season green manure, a mixture of red clover and grass gave a larger yield (8310 kg DM ha<sup>-1</sup>) than from field beans (6775 kg DM ha<sup>-1</sup>) and a mixture of common vetch, Italian ryegrass and Persian clover (6612 kg DM ha<sup>-1</sup>). In the late autumn the leaching potential after green manure crops was not very much higher (42 kg N<sub>min</sub> ha<sup>-1</sup>) than that after grain cultivation (38 kg N<sub>min</sub> ha<sup>-1</sup>), but leaching was affected by the type of species in the green manure mixture and the time of ploughing. A mixture of red clover gave the largest after-year effect (+875 kg grain ha<sup>-1</sup>) compared with trials without green manuring. The root mass rather than the above-ground mass of the green manure crops seemed to play the most important role in after-year effect. A study of undersown green manure crops was also carried out. The study showed that white clover did not reduce the yield of grain in the undersown year. Red clover and mixtures of clover and Italian rye grass gave a 6-12% reduction in yield in the undersown year. Undersown white clover gave an 18% increase in yield the following year, while the other undersown crops gave an 0-10% increase compared with trials without undersown green manure. In trials with undersown green manure there was a reduction in leaching potential (14.7 kg N-min ha<sup>-1</sup>) compared with trials without undersown green manure (17.9 kg N<sub>min</sub> ha<sup>-1</sup>).

Key words: Crop rotation, green manure, leaching, mineralization, nitrogen, organic farming, plant residues, red clover, common vetch.

*Svein Ø. Solberg, Agricultural University of Norway, Department of Horticulture and Crop Sciences. P.O. Box 5022, 1432 Ås, Norway.*

Med grønnjødsel menes ferskt plante-materiale som føres tilbake til jorda. Hensikten med grønnjødsling er å øke jordas innhold av organiske materiale og å bedre tilgjengeligheten av nitrogen og andre næringsstoffer. Belvektenes nitrogensamlende evne blir utnyttet (Ladd et al. 1986). Under varmere himmelstrøk har grønnjødsel lange tradisjoner. Allerede for flere tusen år siden dyrket kineserene belgvekster som ble moldet ned eller kompostert før risvekstene ble satt. I vår del av verden er grønnjødsel kjent fra Romerrikets tid. Lupiner, åkerbønner, kløver og andre belgvekster ble dyrket og moldet ned på skrinne jordarter. I Sentral-Europa ble grønnjødsel introdusert først på 1700-tallet, som et tillegg til husdyrgjødsel (Källander 1989). Grønnjødsel fikk aldri skikkelig fotfeste i det norske jordbruket. Grønnjødsel ble kun brukt i enkelttilfeller, særlig i forbindelse med nydyrking. I dag er grønnjødsel blitt noe mer aktuelt. Store deler av jordbruksarealet i Norge har lite eller ingen husdyr. I disse områdene vil ekstra tilførsel av organisk materiale gjøre godt for jorda. Samtidig er det behov for vekster med andre egenskaper enn korn, bl.a for å redusere jorderosjonen. Det er først og fremst innen det økologiske jord- og hagebruket at grønnjødsel har fått et visst omfang. Interessen for økologisk jordbruk i kornbygdene på Østlandet er økende. Økologisk jordbruk uten et visst innslag av husdyr har i praksis vist seg å være vanskelig. Ugrasproblemer og tilgang på næringsstoff er viktige bristepunkter. I denne sammenhengen ønsket rådgivningstjenesten for økologisk jordbruk på Østlandet å få økt kunnskap om muligheter og begrensninger ved bruk av grønnjødsel. Særlig var det interesse for metoder som kunne gjøre det mulig å overføre nitrogen og andre næringsstoff fra en vekstsesong til neste.

Grønnjødsel kan enten brukes som underkultur eller som helårskultur. Brukt som underkultur i korn sås grønnjødsel sammen med kornet. Først etter tresking får grønnjødsel slippe til for alvor. Vekstsesongen blir på denne måten utnyttet bra. Som helårskultur er det ikke snakk om å ta en kornavling samme året. Grønnjødsel legger beslag på hele eller mesteparten av vekstsesongen.

## Metodikk

Feltene lå på økologisk drevne gårder i Hedmark og Akershus.

Forsøksbehandlingene ble prøvd ut på storruter (hver på 50 m<sup>2</sup>). Hver behandling hadde 2 gjentak. Jordprøver ble tatt ut og analysert etter metode beskrevet av Lindèn (1981). Avlingsregistreringer ble foretatt ved å forsøks høste 2 m<sup>2</sup> fra hver rute. En prøve fra hver rute ble tørket og analysert for Kjeldahl-N (Tot-N). Proteininnholdet ble beregnet som Tot-N multiplisert med 6,25.

### Serie: Helårskultur av grønnjødsel

Følgende behandlinger ble prøvd ut på alle 5 feltene:

- A. Vikke (*Vicia sativa*) (6 kg/daa), raigras (*Lolium multiflorum*) (2 kg/daa) og perserkløver (*Trifolium resupinatum*) (0.5 kg/daa).
- B. Rødkløver (*T. pratense*) (1 kg/daa) og engsvingel (*Festuca pratensis*) (1.5 kg/daa).
- C. Kontrollruter med korn (hvete eller bygg).

I tillegg hadde noen av feltene med:

- D. Åkerbønne (*Vicia faba*) (22 kg/daa)
- E. Vikke, raigras, perserkløver (som over), men kun en slått.

- F. Vikke, raigras, perserkløver (som over), men hvor første slåtten tas unna (som fôr) og andre slåtten moldes ned.
- G. Vikke, raigras, perserkløver (som over), men hvor begge slåttene tas unna (som fôr).
- H. Rødkløver og ensvingel (som over), men hvor begge slåttene tas unna (som fôr).

Etableringen av feltet startet i 1990 ved at hele feltet ble sådd til med bygg. Blandingen med rødkløver ble sådd som tillegg våren 1990. Høsten 1990 ble kornet tresket og halmen fjernet fra feltet. Våren 1991 ble de andre grønn gjødselvekstene sådd. De fleste av grønn gjødselvekstene ble slått to ganger i løpet av sesongen. Åkerbønne ble slått en gang. Hele grønnmassen ble pløyd ned. Det ble gjennomført 2 pløyetidspunkt: høstpløying (månedskiftet september/oktober) og vårpløying (starten av mai). Frigjøringen av nitrogen fra de ulike behandlingene ble kartlagt gjennom et stort antall jordprøver. Prøvetakingen gjorde det mulig å påvise nedvasking og utvasking av nitrogen. Ettervirkningen ble målt i havre. Det ble ikke gitt gjødsel til feltene hverken i året med grønn gjødsel eller i ettervirkningsåret.

### Serie: Tilførsel av samme mengde og type grønn gjødsel

N-mineraliseringen ble undersøkt etter tilførsel av samme mengde og type organisk plantemateriale på 4 av de samme feltene som er beskrevet over. Etter høsting av bygg ble hvert felt tilført blader av aleksandrinerkløver (*T. alexandrinum*) (2100 kg/daa med 20.4% TS og 3.2% N av TS). Materialet ble fraktet til feltene og pløyd inn i jorda i slutten av september. Frigjøringen av nitrogen fra det organiske materiale ble kartlagt gjennom

målinger av mineral-N i jorda. Første og andre års ettervirkning ble målt i korn.

### Serie: Grønn gjødsel som underkultur i korn

På 2 felter ble grønn gjødsel dyrket som underkultur i korn. Følgende arter og blandinger av underkultur ble prøvd ut: hvitkløver (0.7 kg/daa), rødkløver (1.4 kg/daa), en blanding av hvitkløver (0.7 kg/daa) og italiensk raigras (2 kg/daa), en blanding av rødkløver (1.4 kg/daa) og italiensk raigras (2 kg/daa). I tillegg ble perserkløver (0.7 kg/daa) og en blanding av jordkløver (*T. subterraneum*) (1.4 kg/daa) og engsvingel (1.5 kg/daa) prøvd ut på ett av feltene. Underkulturen ble sådd samtidig med kornet. Underkulturen ble prøvd ut i 2 byggsorter (Tyra og Bamse), 2 hvetesorter (Tjalve og Runar) og havre. Etter tresking av kornet fikk underkulturen vokse fram til slutten av september, da den ble pløyd ned. Ettervirkningen ble undersøkt i bygg på det ene feltet og hvete på det andre. Jordprøver av mineral-N ble tatt høst (2 tidspunkt) og vår (2 tidspunkt).

### Beskrivelse av jord og klima

Prøver av kjemiske og fysiske forhold i jorda på de ulike feltene er gjengitt i tabell 1. Undersøkelsen er foretatt på felt ute på gårdene, slik at det er vanskelig å skille mellom effekten av jordart og klima. Klimaet i Østerdalen kjennetegnes av kaldere og mer stabile vintre enn i Akershus og på Hedmarken. Sommerene er kortere og kaldere. I Østerdalen, som ellers på Østlandet innledes sommeren vanligvis av en tørkeperiode. Både i 1991 og 1992 var forsommertørken forholdsvis langvarig. I 1991 var det kaldt samtidig med tørkeperioden, mens det i 1992 var langt varmere i samme periode. Vinterklimaet på Hedmarken kommer i en mellomstilling mellom Østerdalen og

## 120 Nitrogenfrigjøring og ettervirkning ved bruk av grønn gjødsel

Tabell 1. Oversikt over jorda, nærmeste klimastasjon og driftsmåte de ulike feltene som er med i undersøkelsen.  
 Table 1. Overview of the soil, meteorological station and farming practice on the fields in the survey.

Felt <i>Field</i>	Mellomleire (LeH) <i>Clay loam</i>	Siltig mellomleire (LeK-A) <i>Silty clay loam</i>	Siltig mellomleire (LeH-A) <i>Silty clay loam</i>	Siltig letteleire (Si-A) <i>Silty clay loam</i>	Siltig sand (Sa-Ø) <i>Sandy silt loam</i>
Kornfordeling <i>Soil texture</i> (% sand/silt/leir)					
Matjord, <i>Top soil</i>	43/35/22	6/66/28	20/58/22	32/57/11	31/66/3
Undergr., <i>Undergrown</i>	40/38/22	-	12/50/38	14/68/18	51/47/2
Sted <i>Place</i>	Stange, Hedmark	Enebakk, Akershus	Sørum, Akershus	Sørum, Akershus	Stor- Elvdal i Hedmark
Klimastasjon <i>Meteorological station</i>	Fokhol/Kise	Løken i Høland	Gardermoen	Gardermoen	Evenstad
Drift siste 25 år <i>Farming management in the last 25 years</i>	Allsidig plante- husdyrprod. Økologisk	Ensidig kornprod. Konvensjonelt	Husdyrprod. Omlegging til økologisk	Husdyrprod. Omlegging til økologisk	Husdyrprod. Omlegging til økologisk
Humus i matjorda (%) <i>Humus in topsoil (%)</i>	6.6	4.8	5.0	4.0	3.2
C/N-forhold i matjorda <i>C/N-relation in topsoil</i>	10.3	12.0	11.4	11.8	20.0
Organisk C (%) <i>Organic C (%)</i>					
Matjord, <i>Topsoil</i>	3.3	2.4	2.5	2.0	1.6
Undergr. <i>Undergrown</i>	2.5	0.5	0.4	0.2	0.5
Organisk N (%) <i>Organic N (%)</i>					
Matjord, <i>Topsoil</i>	0.32	0.2	0.22	0.17	0.08
Undergr. <i>Undergrown</i>	0.22	0.07	0.08	<0.05	0.03
pH (i matjorda)	6.5	6.5	6.2	5.9	6.4
P-AL	4.4	6.0	6.0	3.6	5.2
K-AL	6.3	25.0	13.0	8.4	3.4

Akershus. Hedmarken har kaldere og mer stabile vintre enn Akershus. Nedbørmengdene var lavere enn i Akershus, spesielt om høsten og vinteren. Vinter-temperaturene i forsøksårene var høyere enn normalt i hele forsøksområdet.

## Resultater

### Helårskultur av grønn gjødsel før vårkorn

Avlinger av grønn gjødsel og ettervirkning er gjengitt i tabell 2. Andelen av kløver var i gjennomsnitt 76% både ved 1. og 2.slåtten. På jorda på i Akershus og på Hedmarken (Le-H) var kløverandelen på godt over 80%, mens sandjorda i Østerdalen (Sa-Ø) hadde langt mindre kløver. Blandingen med rødkløver gav størst ettervirkning på 4 av 5 felter. Avlingsøkningen i forhold til kornruter uten gjødsel var i gjennomsnitt 60 og 115 kg havre/daa for henholdsvis tørkesvak (LeH-A, LeK-A) og trøkesterk jord (Le-H, Si-A) i 1992. Størst meravling (+144 kg korn/daa) ble oppnådd på siltjorda i Akershus (SiH-A), mens leirjorda på samme gård (LeH-A) viste lavest meravling (+17 kg havre/daa). Størst prosentvis avlingsøkning med grønn gjødsel ble likevel oppnådd på leirjorda på korngården i Akershus (LeK-A). Oppblomstring av kveke i kontrollrutene var den viktigste årsaken til dette.

I grønn gjødselblandingen av vikker, raigras og perserkløver kom vikkene kom bra igang på 4 av 5 felt. På feltet i Østerdalen kom veksten av vikkene meget sent igang. På alle feltene dominerte vikkene fullstendig før slått, mens raigraset dominerte etter slått. Det var vanskelig å fa sikker gjenvekst av vikkene. Selv ved tidlig slått, ble gjenveksten usikker. På feltet der vi lot være å slå av vikkene om sommeren, ble produksjonen av plantemasse

større enn der vi slo vikkene. Men en slik praksis kan skape problemer under pløyinga. Vikkene hadde lagt seg flate, og hang seg på ploegen. Perserkløver ble prøvd i blanding med vikker og raigras og ga variert tilslag (0-5% av første slåtten og 0-25% av gjenveksten). Grønn gjødselblandingen med vikker, raigras og perserkløver ga i gjennomsnitt en lavere kornavling året etter enn blandingen med rødkløver. Ettervirkningen ble bedre om vikkene fikk stå urørt fram til nedpløying enn om de ble slått. Åkerbønne ble prøvd ut på Hedmarken (Le-H) og i Akershus (LeK-A). Hovedproblemet var treg etablering. Hele mai og første delen av juni sto veksten nærmest stille. Ugraset fikk raskt overtaket. Når åkerbønna først fikk etablert seg, kom den bra. Ettervirkninga ble likevel skuffende dårlig. Stort innslag av ugras som kveke og dylle kan forklare noe av den dårlige ettervirkninga.

På 2 felt (Le-H, LeK-A) ble det gjort sammenligninger mellom å fjerne den produserte plantemassen (simulere vanlig forproduksjon) og å la plantemassen gå tilbake til jorda (grønn gjødsling). Resultatene var noe overraskende. Kornavling året etter ble omtrent like stor om avlingen ble fjernet. Årsakene til resultatet tar jeg opp under diskusjonen.

På alle feltene har proteininnhold vært høyere ved bruk av grønn gjødsel enn ved forkultur av korn. Forskjellene var signifikante og proteininnhold i kornet var høyest etter bruk av blandingen med rødkløver. Blandingen med vikker ga i gjennomsnitt 0.8% lavere proteininnhold i kornet enn blandingen med rødkløver.

Det ble avdekket forskjeller i hvor raskt nitrogenet ble frigjort fra de ulike blandingene (se tabell 3). Blandingen med vikker gav lavere frigjøring gjennom senhøsten og vinteren enn blandinger med rødkløver. Dette hadde først og fremst sammenheng med at raigraset i blandin-

122 Nitrogenfrigjøring og ettervirkning ved bruk av grønn gjødsel

Tabell 2. Avlinger av grønn gjødsel (kg TS ha<sup>-1</sup>) og ettervirkning målt i korn (kg havre ha<sup>-1</sup> med 15% vanninnhold). Resultater fra 5 felt på Østlandet. <sup>1</sup>)avling tatt unna etter slått (som fôr), <sup>2</sup>)avling av grønnfôr (kg TS ha<sup>-1</sup>). Minste signifikante forskjell (LSD) er angitt for hvert felt.

Table 2. Yield of green manure (kg DM ha<sup>-1</sup>) and the after-year effect (kg oats ha<sup>-1</sup> with a water content of 15%). Results from five fields in Southeast Norway. <sup>1</sup>)the yield removed after cut (as fodder), <sup>2</sup>)yield of greenfodder (kg DM ha<sup>-1</sup>). Least significant differences (LSD) are given for each field.

GRØNNGJØDSEL 1991 GREEN MANURE 1991						ETTERVIRKNING 1992 AFTER-YEAR EFFECT 1992			
Avling, første slått Yield, first cut		Avling, andre slått Yield, second cut		Avling, sum Yield, sum		korn ha <sup>-1</sup> grain ha <sup>-1</sup>	Rel.avl. Rel.yield	Protein (%) Protein (%)	
TS ha <sup>-1</sup> DM ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup> N ha <sup>-1</sup>	TS ha <sup>-1</sup> DM ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup> N ha <sup>-1</sup>	TS ha <sup>-1</sup> DM ha <sup>-1</sup>	N ha <sup>-1</sup> N ha <sup>-1</sup>				
Siltjord på husdyrgård i Akershus (SiH-A)									
C.	Kontrollruter med korn						2580	100	10.5
A.	4310	109	4300	77	8610	186	3550	138	11.2
B.	2710	76	7630	178	10340	254	3990	155	12.9
	LSD				2380		590		0.3
Leirjord på husdyrgård i Akershus (LeH-A)									
C.	Kontrollruter med korn						1520	100	13.0
A.	3770	108	3180	64	6950	172	1800	118	13.4
B.	1710	48	5060	117	6770	165	1680	107	14.2
	LSD				920		1070		0.3
Leirjord på korgård i Akershus (LeK-A)									
C.	Kontrollruter med korn						740	100	
A.	1920	77	4860	127	6790	204	1650	223	
B.	4110	119	6920	163	11030	282	1780	240	
D.	-	-	8970	262	8970	262	1330	180	
G.	2820 <sup>1)</sup>	82 <sup>1)</sup>	5560 <sup>1)</sup>	135 <sup>1)</sup>	8380	217	2030	203	
Sandjord i Østerdalen (Sa-Ø)									
C.	Kontrollruter med korn						5790 <sup>2)</sup>	100	11.3
A.	280	3	3600	74	3880	77	5420 <sup>2)</sup>	93	12.9
B.	2750	48	3370	67	6110	115	6490 <sup>2)</sup>	112	12.9
	LSD				2940		2920		2.8
Leirjord på Hedmarken (Le-H)									
C.	Kontrollruter med korn						2340	100	14.1
A.	2450	94	4370	62	6830	156	2610	112	14.6
B.	2390	68	4390	115	7310	183	3220	137	16.0
D.	-	-	4580	142	4580	142	2430	104	16.7
E.	-	-	6740	193	6740	193	3130	134	16.0
F.	3760 <sup>1)</sup>	105 <sup>1)</sup>	2800	44	6560	149	2280	97	14.6
G.	2870 <sup>1)</sup>	80 <sup>1)</sup>	3530 <sup>1)</sup>	51 <sup>1)</sup>	5400	131	2020	86	14.6
H.	2220 <sup>1)</sup>	62 <sup>1)</sup>	6150 <sup>1)</sup>	138 <sup>1)</sup>	8370	200	3550	152	15.1
	LSD				1900		930		1.2



Nitrogenfrigjøring og ettervirkning ved bruk av grønn gjødsel 123

Tabell 3. Mineral-N i kg ha<sup>-1</sup> i 0-60 cm jorddyb (40-60 cm i parentes) etter dyrking av 2 grønn gjødselblandinger og korn på 5 felt på Østlandet. Resultater fra ruter som ble pløyd i månedskiftet september/oktober (HØSTPLØYD) og ruter som ble pløyd først i begynnelsen av mai neste vår (UPLØYD).

Table 3. Soil mineral N in kg ha<sup>-1</sup> in 0-60 cm soil depth (40-60 cm in parentheses) after growing two green manure mixtures and grain in five fields in southeast Norway. Results from trials that were ploughed in September/October (HØSTPLØYD) and trials that were not ploughed before early May (UPLØYD).

Siltjord på husdyrgård i Akershus (SiH-A)				
	26 sep. 91	18 nov. 91	8 apr. 92	22 mai 92
HØSTPLØYD				
Korn	33.2 (10.1)	42.2 (7.9)	30.0 (7.2)	58.6 (8.6)
Vikke/raigras/perserkl.	19.5 (4.8)	38.8 (7.1)	51.3 (12.6)	61.0 (9.2)
Rødkløver/engsvingel	26.9 (7.1)	35.9 (5.7)	104.4 (12.6)	93.8 (13.0)
UPLØYD				
Korn	-	46.6 (7.8)	17.1 (4.5)	29.0 (5.7)
Vikke/raigras/perserkl.	-	40.6 (9.5)	37.8 (5.2)	40.5 (6.6)
Rødkløver/engsvingel	-	35.6 (8.3)	58.9 (9.4)	57.4 (10.1)
Leirjord på husdyrgård i Akershus (LeH-A)				
	16 sep. 91	18 nov. 91	7 apr. 92	22 mai 92
HØSTPLØYD				
Korn	29.2 (7.5)	8.5 (8.2)	45.3 (11.4)	51.7 (9.6)
Vikke/raigras/perserkl.	32.8 (10.1)	68.2 (7.2)	53.6 (10.6)	71.9 (10.7)
Rødkløver/engsvingel	36.1 (7.6)	88.3 (10.5)	76.8 (11.7)	87.3 (12.1)
UPLØYD				
Korn	-	48.5 (7.7)	43.9 (8.8)	37.1 (7.3)
Vikke/raigras/perserkl.	-	35.7 (4.8)	45.3 (8.9)	43.1 (7.0)
Rødkløver/engsvingel	-	57.6 (7.2)	54.1 (9.8)	48.7 (8.0)
Leirjord på korngård i Akershus (LeK-A)				
	16 sep. 91	19 nov. 91	7 apr. 92	
HØSTPLØYD				
Korn	41.1 (6.4)	35.4 (5.0)	25.8 (5.6)	-
Vikke/raigras/perserkl.	50.3 (6.7)	47.9 (5.7)	42.6 (10.7)	-
Rødkløver/engsvingel	51.2 (7.6)	46.7 (6.0)	35.8 (6.8)	-
UPØYD				
Korn	-	-	27.3 (5.1)	-
Vikke/raigras/perserkl.	-	80.2 10.4	45.0 (11.5)	-
Rødkløver/engsvingel	-	52.6 7.5	49.5 (8.2)	-
Sandjord i Østerdalen (Sa-Ø)				
	8 okt. 91	6 nov. 91	30 apr. 92	27 mai 92
HØSTPLØYD				
Korn	27.2 (9.6)	21.0 (9.5)	28.4 (13.1)	31.4 (10.7)
Vikke/raigras/perserkl.	16.4 (4.3)	17.0 (6.4)	34.0 (12.4)	38.9 (10.1)
Rødkløver/engsvingel	13.8 (3.2)	12.0 (4.7)	16.2 (7.0)	26.1 (5.2)
UPLØYD				
Korn	-	16.2 (7.5)	29.2 (12.3)	43.5 (12.6)
Vikke/raigras/perserkl.	-	12.5 (3.2)	28.0 (7.4)	28.7 (5.4)
Rødkløver/engsvingel	-	9.2 (2.5)	16.4 (6.1)	26.3 (5.8)
Leirjord på Hedmarken (Le-H)				
	1 okt. 91	7 nov. 91	9 apr. 92	13 mai 92
HØSTPLØYD				
Korn	21.4 (4.2)	26.0 (5.8)	42.4 (15.9)	41.6 (12.3)
Vikke/raigras/perserkl.	17.5 (2.9)	30.3 (4.7)	51.9 (10.3)	67.2 (19.8)
Rødkløver/engsvingel	19.1 (2.9)	30.4 (4.8)	58.2 (24.3)	62.3 (17.6)
UPLØYD (ikke gjennomført)				

gen. Etter slåing av vikkene startet for alvor veksten av raigras. Raigraset hadde gode fangvekstegenskaper, samtidig som det ikke ble frigjort så mye nitrogen gjennom vinteren. Vikker som fikk vokse hele sesongen gav et høyere innhold av mineral-N i jorda på senhøsten (tabell 5). Brukt på denne måten hadde vikkene fullstendig tatt overhånd på raigraset. Raigraset fungerte ikke som fangvekst og nedbryt-

ningen av vikkene så ut til å gi økt frigjøring av nitrogen gjennom vinteren. Høstpløying av grønn gjødsel har gitt opphav til økt innhold av nitrogen i jorda på høsten og vinteren på 2 av 4 undersøkte steder (LeH-A, Si-A). Begge disse stedene ligger i Akershus. Den økte frigjøringen har resultert i en viss utvasking av nitrogen. De 2 andre stedene som ble undersøkt (LeK-A og Sa-Ø) hadde små for-

Tabell 4. Sammenligning av risikoen for utvasking (kg mineral-N ha<sup>-1</sup> i 0-60 cm i oktober/november) etter ulike grønn gjødselvekster på 5 felt på Østlandet. 1) gjelder 0-40 cm. Resultater fra samme høst (1991) og høsten etter (1992) dyrking av grønn gjødsel.

Table 4. Comparison of the leaching potential (kg mineral N ha<sup>-1</sup> in 0-60 cm soil in October/November) after different green manure crops on five fields in Sotheast Norway. 1) relates to 0-40 cm. Results from the same year (1991) and the following year after green manuring.

Felt Field	Samme høst som grønn gjødsling (1991)				Året etter grønn gjødsling (1992)			
	Grønn gjødsel			Kontroll	Grønn gjødsel			Kontroll
	Vikke	Rødkl	Åkerb	Korn	Vikke	Rødkl	Åkerb	Korn
	<i>Green manure</i>	<i>Green manure</i>	<i>Field b.</i>	<i>Control</i>	<i>Green manure</i>	<i>Green manure</i>	<i>Field b.</i>	<i>Control</i>
	<i>Vetches</i>	<i>Red cl.</i>	<i>Field b.</i>	<i>Grain</i>	<i>Vetches</i>	<i>Red cl.</i>	<i>Field b.</i>	<i>Grain</i>
Gjennomsnitt for alle felt <i>Average for all fields</i>	40	44	-	38	36	40	-	26
Siltjord på husdyrgård i Akershus (SiH-A)	39	36	-	42	42	33	-	36
Leirjord på husdyrgård i Akershus (LeH-A)	68	88	-	58	54	61	-	50
Leirjord på korngård i Akershus (LeK-A)	48	46	43	35	52	29	-	16
Sandjord i Østerdalen (Sa-Ø)	16	14	-	27	10	20	-	12
Leirjord på korn/husdyrgård på Hedmarken (Le-H)	30	37	39	26	23	58	-	17

skjeller i frigjøring og utvasking av nitrogen mellom høst- og vårpløying. Risikoen for utvasking (målt som kg mineral-N i jorda sent i oktober) var noe større etter grønn gjødsel enn etter kontrollruter med korn (tabell 4). Kontrollrutene med korn ble ikke gjødslet i det hele tatt, og kan av den grunn ikke sammenlignes med tradisjonell korndyrking. Det var relativt små forskjeller i utvaskingsrisiko mellom en blanding med rødkløver og en blanding med vikke. Åkerbønne viste omtrent samme risiko for utvasking som en blanding med rødkløver. Også andre året var risikoen for utvasking større etter grønn gjødsel enn etter kontrollruter med korn.

### Tilførsel av samme mengde og type grønn gjødsel

Det ble funnet visse forskjeller i frigjøring av nitrogen etter tilførsel av samme mengde og type grønn gjødsel mellom de

ulike stedene (tabell 6). Forskjellene gikk både på total mengdemineral-N i jorda og tidspunkt for økning i mineral-N i jorda. Innen april var svært lite nitrogen frigjort fra grønn gjødsel i Østerdalen. På Hedmarken og i Akerhus hadde det skjedd en del i samme tidsperiode. Det kunne også se ut som om det var forskjeller mellom de 2 leirjordsfeltene i Akershus, selv om feltene hadde tilnærmet samme klima, tekstur og moldinnhold i jorda. Den viktigste forskjellen mellom gårdene var driftsmåten de siste 25 årene. Den ene gården er drevet allsidig med husdyr, mens den andre er drevet ensidig med korn siden 1950-tallet. Jorda på husdyrgården ga større samlet frigjøring av nitrogen og noe raskere frigjøring av det tilførte organiske materiale. Dette kan ha sammenheng med mengde lettomsattlig organisk materiale i jorda (planterester, rester av husdyrgjødsel e.l.) og jordas

Tabell 5. Innhold av mineral-N i jorda ( $\text{kg ha}^{-1}$  i 0-60 cm) etter ulike behandling av en blanding med vikker/raigras/perserkløver på leirjord på Hedmarken.

Table 5. Soil mineral N ( $\text{kg ha}^{-1}$  in 0-60 cm soil) after different treatments with a mixture of common vetch, Italian ryegrass and Persian clover on a clay soil at Hedmarken.

Behandling <i>Treatment</i>	Oktober <i>October</i>	April <i>April</i>	Mai <i>May</i>
Hele massen til grønn gjødsel <i>Whole mass used as green manure</i>			
- ikke slått på sommeren <i>- not cut in the summer</i>	60	95	185
- slått på sommeren <i>- cut in the summer</i>	30	52	67
Kun første slått til grønn gjødsel (gjenveksten høstet som fôr) <i>Only the first cut used as green manure (second cut used as fodder)</i>	24	45	57
Begge slåttene høstet som fôr <i>Both cuts used as fodder</i>	25	41	68

Tabell 6. Mineral-N i kg ha<sup>-1</sup> i 0-60 cm jorddyb (40-60 cm i parentes) etter tilførsel av samme mengde og type grønn gjødsel (fraktet til feltet) sammenlignet med ruter som ikke fikk grønn gjødsel (kontroll). Resultater fra 4 felt på Østlandet. Massen ble pløyd ned siste uka av september.

*Table 6. Soil mineral N in kg ha<sup>-1</sup> in 0-60 cm soil depth (40-60 cm in parentheses) after adding the same amount and type of green manure (transported to the fields) compared to squares with no green manuring (control). The results from four fields in Southeast Norway. The mass was ploughed in during the last week of September.*

Leirjord på husdyrgård i Akershus (LeH-A)					
	14 jul. 90	19 okt 90	21 nov. 90	11 apr. 91	22 mai 91
Kontroll	31.7 (6.8)	63.3 (9.0)	47.2 (7.3)	42.8 (11.6)	74.2 (16.2)
Med grønn gjødsel	24.8 (5.1)	73.7 (8.3)	86.0 (14.4)	56.6 (13.3)	111.7 (48.8)
Leirjord på korngård i Akershus (LeK-A)					
	25 sep. 90	19 okt. 90	21 nov. 90	17 apr. 91	29 mai 91
Kontroll	34.3 (5.5)	28.9 (6.6)	38.4 (7.6)	37.7 (12.6)	87.7 (22.0)
Med grønn gjødsel	30.3 (5.6)	54.9 (7.0)	51.8 (7.5)	47.8 (16.4)	120.0 (33.0)
Sandjord i Østerdalen (Sa-Ø)					
	20 sep. 90	24 okt. 90		30 apr. 91	
Kontroll	22.1 (10.3)	35.1 (16.8)	-	33.9 (18.0)	-
Med grønn gjødsel	18.1 (7.7)	44.2 (15.8)	-	42.8 (24.9)	-
Leirjord på Hedmarken (Le-H)					
	28 sep. 90	23 okt. 90	27 nov. 90	9. apr. 91	21 mai 91
Kontroll	22.0 (2.7)	31.2 (4.1)	23.0 (6.2)	43.8 (9.1)	65.9 (11.8)
Med grønn gjødsel	23.5 (2.7)	32.7 (3.9)	40.9 (6.8)	83.5 (13.8)	116.8 (24.4)

evne til raskt å omdanne tilført organisk materiale (jordstrukturen, meitemarken og jordfauna).

### Grønn gjødsel som underkultur i korn

Resultatene er gjengitt i tabell 7 og viser at hvitkløver kom best ut både med tanke på kornavling i året med underkultur og i ettervirkningsåret. Underkultur av hvitkløver ga en gjennomsnittlig økning i neste års kornavling på ca. 40 kg korn/daa. Hvitkløver ga ingen avlingsnedgang i underkulturåret. Hvitkløveren holdt seg i botn og konkurrerte i svært liten grad med kornet. Raigras og rødkløver var mer

aggressive og konkurrerte sterkere med kornet. Dette var særlig et problem der underkulturen ble prøvd ut i kornsorter med kort strå, som Tyra (bygg) og Tjalve (Hvete). Forsøkene ble gjødslet svakt. Sterkere gjødsling ville gitt kornet større fortrinn og hemmet underkulturen. Selve etableringen av hvitkløver, rødkløver og italiensk raigras gikk greit i våre forsøk, selv ved bruk av små mengder frø. Underkulturen ble sådd samtidig med kornet. Ved en eventuell utsettelse av såtiden til etter ugrasharving vil forsommertørken gi senere og mer usikker etablering. Tilslaget og effekten av underkulturen vil sannsynligvis bli redusert. Perserkløver slo

Tabell 7. Avling av korn ( $\text{kg ha}^{-1}$  og relativ avling) i året med underkultur og ettervirkningssåret. Resultatene er gjennomsnittstall for 2 felt i Hedmark.

Table 7. Yield of grain ( $\text{kg ha}^{-1}$  and relative yield) in the undersown year and the year after. Mean results from two fields in Hedmark.

Vekst <i>Crop</i>	Avling av korn i underkulturåret <i>Yield of grain in undersown year</i>		Ettervirkning <i>After-year effect</i>	
	kg korn $\text{ha}^{-1}$ <i>kg grain <math>\text{ha}^{-1}</math></i>	Relativ avling <i>Relative yield</i>	kg korn $\text{ha}^{-1}$ <i>kg grain <math>\text{ha}^{-1}</math></i>	Relativ avling <i>Relative yield</i>
Korn (uten underkultur) <i>Grain (not undersown)</i>	3729	100	3384	100
Korn med hvitkløver <i>Grain with white clover</i>	4121	111	4002	118
Korn med hvitkl + raigras <i>Grain with white cl. + ryegrass</i>	3479	93	3713	110
Korn med rødkløver <i>Grain with red clover</i>	3493	94	3696	109
Korn med rødkl. + raigras <i>Grain with red cl. + ryegrass</i>	3271	88	3310	98

dårlig til i forsøkene. De plantene som spirte vokste opp i kornet. Jordkløver kom også dårlig ut der den ble prøvd. Etableringen ble for dårlig. Engsvingelen etablert seg bra, men vokste alt for sent til å ha noen praktisk nytte som grønn gjødsel eller fangvekst.

Innblanding av raigras ga noe bedre fangvekstegenskaper enn kløver i renbestand, men forskjellene var små. Alle typene underkultur reduserte risikoen for utvasking i forhold til ingen underkultur. Forskjellene var likevel ikke signifikante. På et av feltene undersøkte jeg nedtransporten av nitrogen i jorda gjennom vinteren (se tabell 8). Her fant jeg signifikante forskjeller i innhold av mineral-N i sjiktet 40-60 cm. Forskjellene gikk mellom der en hadde underkultur og der en ikke hadde det. Det kunne ikke påvises sikre forskjeller mellom de enkelte typene av underkultur. Det må presiseres at restmengdene av nitrogen var lave i mine for-

søk. Ved høyere restmengder ville effekten av underkultur kommet bedre fram. Ved store restmengder vil raigras mer komme til sin rett.

## Diskusjon

Grønn gjødsel innebærer merarbeid og økte kostnader bl.a. til frø. Nyttene bør oppveie for disse ulempene dersom grønn gjødsel skal ha praktisk interesse. Nyttene kan bl.a. måles som avlingsøkning i forhold til ingen bruk av grønn gjødsel. Jeg har undersøkt ettervirkningen av grønn gjødsel i ett år. Undersøkelsen sier ingen ting om langsiktige effekter som følge av forbedringer i jordas struktur og innhold av organisk materiale. At slike effekter finnes er beskrevet i langvarige forsøk av bl.a. Charter & Gasser (1970), Van der Linden et al. (1987) og Van Dijk (1982).

Tabell 8. Mineral-N i ulike jordtyper (kg ha<sup>-1</sup>) etter dyrking av et utvalg underkulturvekster på et felt i Hedmark.Table 8. Soil mineral N at different depths (kg ha<sup>-1</sup>) after selected undersown crops at a field in Hedmark.

Vekst Crop	DATO 03.09.91		DATO 23.10.91		DATO 21.04.92	
	Mineral-N (kg ha <sup>-1</sup> )		Mineral-N (kg ha <sup>-1</sup> )		Mineral-N (kg ha <sup>-1</sup> )	
	0-60 cm	25-60 cm	0-60 cm	25-60 cm	0-60 cm	25-60 cm
Korn (uten underkultur) <i>Grain (not undersown)</i>	21.6	7.3	17.9	10.8	24.2	16.6
Korn med hvitkløver <i>Grain with white clover</i>	23.3	7.4	17.0	7.3	19.7	10.2
Korn med hvitkl + raigras <i>Grain with white cl. + ryegrass</i>	20.0	7.0	13.2	5.8	18.5	10.1
Korn med rødkløver <i>Grain with red clover</i>	25.7	9.8	16.4	7.6	18.6	10.0
Korn med rødkl. + raigras <i>Grain with red cl. + ryegrass</i>	18.6	5.9	12.3	5.6	18.3	8.9

I forsøkene mine varierte nytten av grønngjødsel svært mye mellom feltene. Dette har sammenheng med jordas leveringssevne av nitrogen og andre næringsstoffer. På felter med mye lettomsattlig organisk materiale (rester av husdyrgjødsel, mikroorganismer m.m), vil jorda levere mye nitrogen. Responsen på ekstra tilskudd av gjødsel vil være liten. På steder med dårlig leveringssevne av nitrogen vil responsen være bedre. Under en gjennomgang av et stort antall gjødselsforsøk i Norge fant Breian & Wold (1990) størst utbytte av å gjødsle "dårlig jord". I praksis betyr dette at en bør prioritere å bruke gjødsel på den dårligste jorda. Dette er ikke minst viktig å være klar over i forbindelse med grønngjødsel, der merarbeidet og kostnadene er relativt store.

Helårskulturer av grønngjødsel kan enten brukes før såing av høstkorn eller en kan gjøre som oss; å molde ned grønngjødsel sent på høsten eller neste vår før såing av vårkorn. Nedmolding før høst-

korn er en praksis som er endel brukt i økologisk korndyrking i bl.a. Sverige. Forsøksresultater fra bl.a. Sverige er gjengitt i tabell 9 og viser god effekt av grønngjødsel når den blir brukt på denne måten (Wivstad 1989, Gustavsson m.fl. 1990, Wallgren & Linden 1988). Proteininnholdet økte med godt over 1% ved bruk av rødkløver før høstkorn (Kauppila 1990). En skal likevel være klar over at denne måten å bruke grønngjødsel på kan gi økt utvasking av nitrogen. Det er blitt påvist betydelige nitrogentap fra slik praksis på sandjord i Sør Sverige. Leirjord i Midt Sverige har ikke gitt tilsvarende tap (Granstedt 1989). Overført til norske forhold betyr dette at nedmolding av grønngjødsel før høstkorn kan være aktuelt på tung jord i områder med stabile vintre. På lettere jord bør en ikke bruke grønngjødsel på denne måten.

Helårskultur av grønngjødsel før vårkorn har i enkelte forsøk vist seg i gi temmelig liten avlingsøkning året etter

Tabell 9. Avlingsøkning året etter ved bruk av forskjellige typer grønn gjødsel i forhold til å dyrke korn, <sup>1)</sup> graseng eller <sup>2)</sup> graigras. Resultater av egne forsøk er satt i sammenheng med kjente forsøk i Sverige og Norge.

Table 9. The yield in grain the year following different green manuring practices compared with growing grain, <sup>1)</sup> grass hay, or <sup>2)</sup> ryegrass. These results are seen in relation to known experiments in Sweden and Norway.

Grønn gjødsel forsøk <i>Green manure experiments</i>	Meravling av grønn gjødsel (kg korn ha <sup>-1</sup> ) <i>The gain of yield by using green manure (kg grain ha<sup>-1</sup>)</i>
---	---

### Helårskultur før høstkorn

*Whole year crop before winter grain*

Sør og Midt Sverige (Wivstad 1989) <sup>1)</sup>	+ 70-110
Sør og Midt Sverige (Wivstad 1989) <sup>2)</sup>	+ 197-210
Sør og Midt Sverige (Wallgren & Lindèn 1988)	+ 50-80
Midt Sverige (Gustavsson et al. 1990)	+ 120-220

### Helårskultur før vårkorn

*Whole year crop before spring grain*

Sør og Midt Sverige (Wallgren & Lindèn 1988)	+ 0-20
Hedmark, Norge (Cottis 1990)	+ 0-60
Egne forsøk, Akershus og Hedmark, Norge	+ 20-120

### Underkultur

*Undersawn crop*

Sør Sverige (Jönsson 1992)	+ 70-80
Midt Sverige (Gustavsson et al. 1990)	+ 70-80
Ås og Sørlandet (Breland 1989)	+ 40-110
Egne forsøk, Hedmark, Norge	+ 30-50

(Wallgren & Linden 1988, Cottis 1990). Problemer med å overføre nitrogenet til neste års vekstsesong var noe av forklaringen på de lave meravlingene i de nevnte forsøkene. Mine erfaringer fra Akershus og Hedmark de siste årene var noe bedre. Ettervirkningen ble brukbar tross for sterk tørke. Gjennom valg av blandinger og pløyetidspunkt greide jeg til en viss grad å styre nedbrytningen av grønn gjødsel til å foregå samtidig med kornplantenes næringsopptak. Likevel ser en tegn på at vekster og blandinger som

gir størst ettervirkning også gir størst risiko for utvasking. Det kan derfor lett bli en konflikt mellom høy avling og lite avrenning. En annen utfodring var at grønn gjødsel ga større risiko for utvasking også andre året. Dette har sammenheng med at nedbrytningen av grønn gjødsel tar tid, og at det fortsatt blir frigjort nitrogen høsten etter. Fangvekster eller vekster som tar opp næring utover høsten, bør brukes året etter helårskultur av grønn gjødsel.

En problemstilling i forsøkene mine

var om en skal anbefale å høstpløye eller å vente til våren med å pløye grønn gjødsel. Det er godt kjent at en ved tidlig høstpløying stimulerer nedbrytningen, og en betydelig del av nitrogenet kan være frigjort allerede samme høst (Bakken & Breland 1986, Müller 1988, Müller & Sundmann 1988, Breland 1992). Forutsetningen er at det er varme i jorda til å drive de mikrobielle nedbrytningsprosessene. Jo tidligere på høsten en pløyer, jo mer nitrogen blir normalt frigjort (Larsen 1986, Linden & Wallgren 1990). Ved å vente til våren med å pløye grønn gjødsel kan en til en viss grad bremse på den mikrobielle nedbrytningen, men en risikerer at næringsstoffer fryses ut av grønn gjødsel og renner av i forbindelse med overflateavrenning. I forsøk på Ås fant Uhlen (1989a og b) et tap på ca. 0.5 kg N/daa og max. 0.1 kg P/daa ved at en engavling på 200-300 kg TS/daa stod inn i vinteren. En samlet grønn gjødselavling kan sannsynligvis gi langt større tap enn dette.

Når høsten kommer og det blir kaldere i været, vil det være en fordel om plantene begynner å innstille seg på vinteren. Næringsstoffene fra blader og stengel bør trekkes ned i jorda eller andre lagringsorganer hvor næringsstoffene blir tatt vare på. Mange av de ettårigegrønn gjødselvekstene kommer fra fjerne himmelstrøk og rekker ikke å gå inn i modning før vinteren kommer. Vinteren kommer som et sjokk. Store mengder næringsstoffer kan gå tapt ved at næringsrike blader og stengler fryser i stykker. Undersøkelser av Kirchmann (1988) viste at andelen av nitrogen i røttene i oktober var 35% hos rødkløver, 45% hos hvitkløver, 3% hos perserkløver og 5% hos jordkløver. Andre rotstudier bekrefter også at flerårige arter som hvitkløver har en større andel av nitrogenet i røtter enn ettårige arter som jordkløver (Breland 1989).

Mine forsøk med å fjerne grønnmassen som fôr viste at ettervirkningen av grønn gjødsel i stor grad var knyttet til rotmassen. De nedslående resultatene for grønn gjødsel må ses i sammenheng med at ettervirkningsåret (1992) var et meget dårlig år. Både kornavlingen og frigjøringen av nitrogen fra den nedpløyde grønnmassen ble hemmet av tørke. En bør vente seg visse positive avlingsutslag ved å la grønnmassen gå tilbake til jorda i normalår. Likevel, et nærliggende spørsmål vil være om det er forsvarlig å la plantemassen ligge når en like godt kunne brukt den som fôr. Mye av næringsstoffene og energien i plantemassen kunne bli ført tilbake til jorda gjennom husdyrgjødsel. Mye tyder på at nitrogentapet fra grønn gjødsel som blir slått flere ganger kan komme opp i hele 50% (Johansson 1992). Tapene skyldes først og fremst gasstap av ammoniakk når grønnmassen brytes ned på jordoverflata.

Grønn gjødsel som underkultur har vært lovende i en rekke forsøk (se tabell 9) (Breland 1989, Gustavsson et al. 1990, Jönsson 1992). Mine forsøk ga også brukbare resultater for hvitkløver. Jeg vil likevel understreke at underkultur trenger en viss tid etter tresking av kornet for å gi full uttelling. September var ingen god måned for tilveksten av underkulturen i Hedmark. Det kan ha sammenheng med at vekstkraften hos underkulturen ble redusert av tidlige frostnetter. I stedet for å fortsette å vokse, startet plantene forberedelsene til vinteren.

## Konklusjon

1. Helårskultur av grønn gjødsel er etter min vurdering kun aktuelt i småhagebruket eller i økologisk planteproduksjon på gårder uten husdyr. Helårskultur før høstkorn kan gi brukbart ut-



bytte men øker risiko for utvasking. Helårskultur før vårkorn gir bedre kontroll over utvaskingen, men har på kort sikt gitt lavt utbytte. Underkultur i korn har gitt lovende resultater i flere undersøkelser.

2. Brukt som helårskultur ga en blanding av rødkløver og gras større grønngjødselproduksjon, nitrogenproduksjon og ettervirkning enn åkerbønner og blandinger med vikker, raigras og perserkløver.
3. Risiko for utvasking (målt som mineral-N i jorda sent på høsten) var ikke vesentlig større etter dyrking av helårskultur av grønngjødsel før vårkorn enn etter økologisk dyrket korn. Den kulturen som ga størst ettervirkning ga også størst risiko for utvasking.
4. Ettervirkningen av grønngjødsel kunne i stor grad knyttes til en rot-effekt. En bør derfor vurdere å utnytte hele eller deler av grønngjødsel til før. Kortvarige kløverenger, som gir en god nitrogenbinding fra lufta og god ettervirkningen bør vurderes framfor helårskultur av grønngjødsel.
5. Hvitkløver kan anbefales som underkultur i økologisk korndyrking. Det ga en positiv ettervirkning og ingen avlingsreduksjon i underkulturåret. Kløver som underkultur reduserte risiko for utvasking, men å blande inn raigras reduserte risikoen ytterligere.

### Etterord

Jeg takker Thomas Cottis i FØKO, Regina Brajkovic i ØKOSØN og Tor Arvid Breland ved Norges landbrukshøgskole for samarbeidet. Prosjektet var finansiert gjennom STIL-midler.

### Litteratur

- Bakken, L. & Breland, T.A. 1986. Årstidvariasjoner i N-mineraliseringen. NJF-seminar nr. 90. Nordisk Jordbruksforskning 68: s.367.
- Breian, J.A. & Wold, J.H. 1990. Nitrogen-gjødselens virkning på jord av forskjellig kvalitet- avlingsfunksjoner for korn og gras. Norsk landbruksforskning 4: 231-243.
- Breland, T.A. 1989. Soil organic carbon and nitrogen dynamics in grain cropping: Effects of undersown catch crops and green manuring. Dr. scient theses. Institutt for bioteknologifag, Norges landbrukshøgskole, Ås.
- Breland, T.A. 1992. Organisk materiale og biologiske prosesser i jorda. SFFL-faginfo nr. 19, 45 s.
- Charter, M. & Gasser, J.K.R. 1970. Effects of green manuring, farmyard manure, and straw on the organic matter of soil and of green manuring on available nitrogen. Journal of Soil Science 21: 127-137.
- Cottis, T. 1990. Forsøksserie - grønngjødslingsblandinger av hovedsaklig ett-årige arter. Hummelposten nr 1: 10-11.
- Gustavsson, A., Heimer, A. & Schörring, M. 1990. Field experiments to improve cultivation methods in biological farming. Huhållningssällskapet Värmlans Län, Karlstad, Sverige.
- Granstedt, A. 1989. Grøngjødslingsforsøk 1987-88. Grøngjødslingsgrødors mineralisering och kväveleverans til mark och gröda i alternativ odling. Alternativodlingsbrevet nr. 15.

- Johansson, A. 1992. Inst. för Markvetenskap, SLU, Sverige. (pers. med). under field conditions: Effects of soil type. *Plant and Soil* 105: 141-147.
- Jönsson, P.H. 1991. Ringsjöprosjektet. Feltförsök 1987-90, Rapport fra Svalöf AB, Sverige. Müller, M.M. & Sundmann, V. 1988. The fate of nitrogen released from different plant materials during decomposition under field conditions. *Plant and Soil* 105: 133-139.
- Kauppila, R. 1990. Läpliga grüngödslingsgrödor för ettåriga grönsaker och deras förfruktsvärde vid höstsädsodling. Alternativodlingsbrevet nr. 1: 27-31. Uhlen, G. 1989 a. Surface runoff losses of phosphorus and other nutrient elements from fertilized grassland. *Norwegian J. of Agric. Science* 3: 47-55.
- Kirchmann, H. 1988. Shoot and root growth and nitrogen uptake by six green manure legumes. *Acta Agric. Scand.* 38: 25-31. Uhlen, G. 1989 b. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimeters on a cultivated soil. *Nutrient balance 1974-81. Norwegian J. of Agric. Science* 3: 29-46.
- Källander, I. 1989. Jordbruksbok for alternativodlare. LT forlag, Borås, Sverige, 495 s. Van der Linden, A.M.A., Van Veen, J.A. & Frissel, M.J. 1987. Modelling soil organic matter levels after long-term applications of crop residues, farmyard manure, and green manures. *Plant and Soil* 101: 21-28.
- Ladd, J.N., Butler, J.H.A. & Amato, M. 1986. Nitrogen fixation by legumes and their role as sources of nitrogen for soil and crop. *Biological agriculture and horticulture* 3: 269-286. Van Dijk, H. 1982. Survey of Dutch soil organic matter research with regard to humification and degradation rates in arable land. I: Boels, D. Davies, D.B. & Johnston, A.E. (eds.). *Soil degradation. Proceedings of the land use seminar on soil degradation, Wageningen, 13-15 Oct. 1980, Rotterdam*, s. 134-144.
- Larsson, K. 1986. Tidspunkten för vallbrott – dess inverkan på kväve-mineralisering, nitratbildning och kväveutlakning. Eksamenarbete, Avdelingen för växtnäringslära, SLU, Sverige. Lindèn, B. 1981. Ammonium och nitratkvävetts rörelser och fördelning i marken. II. Metoder for mineralkväveprövtagning och analys. Avdelingen för växtnäringslära, rapport nr. 137, SLU, Sverige, 79 s. Wallgren, B. & Linden, B. 1988. Träda och grüngödslingsgrödor – urläkningsrisker och kväveefferverkan. SLU, Landbrukskonferensen, s. 153-163.
- Lindèn, B. & Wallgren, B. 1990. Vallbrott – kväveefferverkan. Fakta fra SLU, Mark/växter nr. 3. Wivstad, M. 1989. Green manure as a source of nitrogen. Report from the 1989 meeting of Nordic Researchers and Advisers in Ecological Agriculture and Nordic IFOAM, DK-Svebølle, s. 28-35.
- Müller, M.M. 1988. The fate of clover-derived nitrogen during decomposition

# Virkninger av sandtilførsel og jordpakking på engavling og jordegenskaper på torvjord i Nord-Norge

## *Effects of sand application and soil compaction on yields of leys and soil properties in peat soils in northern Norway*

TORE E. SVEISTRUP<sup>1</sup> & TROND KNAPP HARALDSEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PLANTEFORSK, Norsk institutt for planteforskning, Holt forskingssenter, Tromsø, Norge

<sup>1</sup>*The Norwegian Crop Research Institute, Holt Research Centre, Tromsø, Norway*

<sup>2</sup>JORDFORSK, Senter for jordfaglig miljøforskning, Ås, Norge

<sup>2</sup>*Centre for Soil and Environmental Research, Ås, Norway*

Sveistrup, T.E. & T.K. Haraldsen 1995. Effects of sand application and soil compaction on yields of leys and soil properties in peat soils in northern Norway. *Norsk landbruksforskning* 9: 133-146. ISSN 0801-5341.

The effects of application of sand for amelioration of peat soils and soil compaction were investigated in four field experiments in northern Norway. An increase in ley yields was found after application of 400 m<sup>3</sup> sand/ha to cultivated peat soils with pipe drainage, but application of sand to peat soil with graded surface gave no yield increase. Soil compaction caused a decrease in yield in two experiments on peat soils with pipe drainage in Finnmark county, but neither on a peat soil with graded surface in Finnmark nor on a peat soil with drainage pipes in Troms. Yield decrease caused by soil compaction was not influenced by sand application to the soil surface.

Key words: Leys, peat, sand, soil amelioration, soil compaction.

*Tore E. Sveistrup, PLANTEFORSK, The Norwegian Crop Research Institute, P.O. Box 2502, N-9002 Tromsø, Norway*

Fra gammelt av har det vært relativt vanlig å bringe torvjorda noe nærmere mineraljorda i egenskaper gjennom påkjøring av et lag mineraljord. Det første norske forsøk med innblanding av mineraljord på torvjord ble anlagt på Mæremyra i 1911 (Lende-Njå 1914). Formålet med innblanding eller tilførsel av mineraljord er å øke bærevnen, minske torvsvinn og gi raskere opptørking og varmere jord. Det er gjennomført en

rekke, til dels langvarige, forsøk med tilførsel av mineraljord i Norge. Hovd (1938) peker på at leire er den beste jordforbedringen på myr. I forhold til sand som ofte virker bra de første åra, har leire mer jevn og langvarig virkning. Positiv virkning av tilførsel av sand er funnet i flere forsøk på kvitmosemyr, mens utslagene på grasmyr var små og usikre (Vikeland 1975). Finske og russiske undersøkelser har vist at tilførsel av mineral-

jord på torvjord gir høyere temperatur i topplaget gjennom hele vekstsesongen, og stigende sandmengder ga høyere temperatur (Pessi 1956, Semko 1982).

For å få de tilsktede virkninger av mineraljordtilførselen må det i følge Hestetun (1976) tilføres minst 20 m<sup>3</sup> pr. dekar. Forsøkene til Vikeland (1975) viste imidlertid at avlingsøkningen var liten ved å øke sandmengden fra 20 m<sup>3</sup> opp til 50 m<sup>3</sup> pr. dekar.

I et forsøk med tilførsel av 30 m<sup>3</sup> finsand på torvjord i Pasvikdalen, Finnmark, var det 16-21% mindre avling uten sandtilførsel (Rapp 1969). Hagerup (1973) fant positive avlingsutslag av tilførsel av 25 m<sup>3</sup> i et forsøk i Hustad, Møre og Romsdal. Den positive virkningen av sanda var størst i første engperiode etter sandtilførselen, og ble betydelig mindre etter omlegging av enga med pløying.

I NLVF-prosjektet "Jordfysiske undersøkelser i Nord-Norge" tok en utgangspunkt i de fysiske forholdene på ulike typer torvjord. Målene for prosjektet var:

- å beskrive og analysere i detalj jordsmonnets egenskaper før, under og etter ulike tiltak som iverksettes.
- å bedre de fysiske forholdene i jorda, slik at en kan oppnå bedre overvintringsforhold, dypere rotutvikling og sterkere planter, samt økning av jordas bæreevne.

Prosjektet startet i 1979 og ble avsluttet i 1985. Noen resultater fra prosjektet er lagt fram tidligere (Haraldsen & Sveistrup 1986, 1989, Sveistrup & Knudsen 1983). I denne artikkelen er resultater fra fire forsøk med sandtilførsel og jordpakking lagt fram. Tre av feltene ble startet opp i prosjektperioden for "Jordfysiske undersøkelser i Nord-Norge", og et felt er anlagt senere.

## Materiale og metoder

### Forsøkssteder og forsøksplaner

#### *Pasvikdalen, Sør-Varanger*

Tre av forsøkene var lokalisert til Pasvikdalen (Sør-Varanger). De ble anlagt hos gardbruker Jan Beddari, Svanvik. Arealet ble opparbeidet som nydyrking i 1980/81. Torvlaget var over det hele fra ca. 1 m til 1,4 m tykt og lå over siltig mellomleire. Torva var lite omdannet i topplaget (H3) og middels omdannet dypere ned. Løddesøl og Lømsland (1937) beskriver arealet som gressrik mosemyr.

Klimaet i Pasvikdalen kan karakteriseres som subarktisk, kontinentalt. Nedbørnormalen er 440 mm (Skogfoss) og årsmiddeltemperaturen er -1,1°C (Pasvik) (Aune 1993, Førland 1993).

To av feltene hadde samme forsøksplan og ble anlagt samtidig i 1982. Det ene feltet ble lagt på en profilert teig med 60 m avstand mellom åpne kanaler og et fall på 5-7% mot kanalene. Det andre feltet ble lagt på ei nesten flat grøfta myr med 10 m avstand mellom rørgroftene.

Forsøksleddene var:

Kalking:	400 kg kalksteinsmjøl/daa; 800 kg kalksteinsmjøl/daa
Sandtilførsel:	Ikke sand; Grusholdig mellomsand, 40 m <sup>3</sup> pr. dekar
Pakking:	Ikke pakking; Kjøring med traktor på 3,5 tonn og 600 kg ekstra belastning på trekkstengene med 25% overlapping etter høsting; 125% spordekning.

Kalking ble gjennomført på storruter. Hvert gjentak var delt opp i ruter i to retninger på tvers av hverandre for sandtilførsel og pakking. Det var to gjentak. Faktorene sandtilførsel og pakking var ikke randomisert innenfor gjentakene. Feltene ble lagt igjen med en frøblanding av timotei og engrapp og med korngrønnfôr som dekkvekst.

Feltet på grøfta myr ble høstet i perioden 1983-1988, mens feltet på profilert myr ble høstet i perioden 1983-1986.

Det tredje feltet ble anlagt i 1987.

Forsøksleddene var:

**Sandtilførsel og pakking:** Som for feltene anlagt i 1982.

Forsøksplanen var en split-plot plan med sandtilførsel på storruter og pakking på småruter. Det var fire gjentak, men forsøksbehandlingene var ikke randomisert innen gjentakene. Det ble dyrket grønnfôr på feltet i 1987. Feltet ble lagt igjen til eng (timotei/engrapp) med korngrønnfôr som dekkvekst i 1988. Enga ble høstet i perioden 1989-1993.

### *Kvaløya, Tromsø*

Et felt ble anlagt hos gårdbruker Eivind Jensen på Kvaløya i Tromsø i 1981 på ei grasrik mosemyr som var fra 1,4 til 2,5 m dyp. Torva var i topplaget lite til middels omdannet (H 3-4) og middels omdannet dypere ned. Undergrunnen besto av siltig mellomsand og siltig finsand. Arealet var nydyrket i 1980 og ble da drenert med 5 m grøfteavstand. Feltet var lagt igjen med timotei/engrapp våren 1982 og ble høstet i årene 1983-1986.

Klimaet i Tromsø er maritimt og normal årsnedbør er 1031 mm (Førland 1993). Årsmiddeltemperaturen er 3,1°C (Tromsø-Holt) (Aune 1993).

Forsøksplanen var:

**Sandtilførsel:** Ikke sand;  
Siltig mellomsand, 40 m<sup>3</sup> pr. dekar;  
Skjellsand, 40 m<sup>3</sup> pr. dekar

**Pakking:** Ikke pakking;  
Kjøring fram og tilbake i samme spor en tur pr rute om våren og hjul i hjul etter høsting med traktor på ca. 3,5 tonn, total spordekning 125%.

Forsøksplanen var en split-blokk plan med ruter for sandkjøring og pakking på tvers av hverandre. Det var tre gjentak, men forsøksfaktorene var ikke randomisert innen gjentakene.

Myhr & Njøs (1983) definerer 133% spordekning av bakhjul som normal kjøreintensitet ved en gangs slått, en spordekning som er tilnærmet lik den som ble nyttet i disse forsøkene. Jordfuktigheten ved kjøringen var så lav at grastorva ikke ble sundkjørt på noen av feltene.

### **Feltregistreringer**

På feltet i Pasvikdalen som ble anlagt i 1987, ble det gjennomført rotundersøkelser i 1993. Antall røtter ble gruppert i følgende klasser og middelveiden i parentes er benyttet i beregninger:

- 0: 0 røtter pr. 100 cm<sup>2</sup>  
(0 røtter/100 cm<sup>2</sup>)
- 1: 1- 10 røtter pr. 100 cm<sup>2</sup>  
(6 røtter/100 cm<sup>2</sup>)
- 2: 11- 25 røtter pr. 100 cm<sup>2</sup>  
(18 røtter/100 cm<sup>2</sup>)
- 3: 25-200 røtter pr. 100 cm<sup>2</sup>  
(113 røtter/100 cm<sup>2</sup>)
- 4: > 200 røtter pr. 100 cm<sup>2</sup>  
(300 røtter/100 cm<sup>2</sup>)

På hvert registreringssted ble rotmengde og rottdiameter bestemt i 5 cm intervall så langt ned som det var røtter. Bestemmelsene ble gjort ved å telle og anslå antall røtter pr. flateenhet (50 cm<sup>2</sup>) i horisontale snitt fra jordsylindere tatt ut med rotbor. På halvparten av forsøksrutene ble det gjennomført 5 bestemmelser på en linje på tvers av forsøksrutene. Det ga 10 enkeltobservasjoner for hvert forsøksledd.

På halvparten av forsøksrutene på dette felt ble det også gjennomført skjær-fasthetsmålinger.

### Statistiske analyser

Selv om forsøksleddene ikke er randomiserte, er de statistiske analysene gjort på bakgrunn av de beskrevne feltplanene. År er betraktet som tilfeldig variabel og forsøksfaktorene som faste variabler. SAS prosedyren Mixed er benyttet til variansanalysen. Analyser for enkeltår er utført med SAS prosedyren GLM. Signifikansnivået på 5% er benyttet.

## Resultater

### Forsøk med kalking, sandtilførsel og jordpakking i Pasvikdalen

Begge feltene var grunnkalket med 400 kg/daa kalksteinmjøl. Ekstra tilførsel av 400 kg/daa kalksteinmjøl ga ingen sikker virkning på avlingsnivået på noen av feltene.

På det grøfta feltet ga sandtilførsel sikker avlingsøkning. Avlingsøkningen var størst første året og ble mindre utover i engperioden. Jordpakkingen ga statistisk sikker avlingsnedgang. Pakkingsutslagene i de enkelte årene varierte (tabell 1). Det var ikke signifikant samspillseffekt på avlingsnivået av sandtilførsel\*pakking.

På det profilerte feltet var det ingen sikre virkninger verken av jordpakking eller sandtilførsel engperioden sett under ett. I 1984 var det signifikant mindre avling på pakka ledd (tabell 2). Det var ingen klare avlingsforskjeller mellom grøfta og profilert felt.

Tabell 1. Virkninger av sandtilførsel og jordpakking på engavling (kg TS/daa) på grøfta torvjord i Pasvikdalen, 1983-88.

Table 1. Effects of sand application and soil compaction on ley yields (kg DM 1/10 ha<sup>-1</sup>) in cultivated peat soil in the Pasvik valley, 1983-88.

Ledd <i>Treatment</i>	1983	1984	1985	1986	1987	1988	Gj. snitt <i>Mean</i>
Uten sand, upakka <i>Without sand, no compaction</i>	493	655	494	620	429	479	528
Sand, upakka <i>Sand, no compaction</i>	729	723	505	711	384	528	597
Uten sand, pakka <i>Without sand, compacted</i>	443	545	399	565	304	526	464
Sand, pakka <i>Sand, compacted</i>	767	611	423	690	291	544	554

Sandtilførsel ga bedre varighet av timotei på det grøfta feltet. Allerede i første engår var det mer timotei på ledd med sandtilførsel enn uten. Forskjellen var tydelig i alle forsøksårene (tabell 3). Det viste seg også at kalking ga høyere timoteiandel uten sandtilførsel, mens kalking ikke påvirket timoteiandelen der sand var tilført. Jordpakkingen ga ikke sikre utslag på timoteiandelen på dette feltet. Derimot var det signifikant mer timotei på pakka ledd på det profilerte feltet, mens sandtilførselen ikke påvirket timoteiandelen (tabell 4).

På grøfta myr ga sandtilførsel en økning i mengde lettløselig fosfor og syreløselig kalium i ploglaget (tabell 5). Også pH viste en viss økning. Glødetapet var sterkt redusert. På profileret myr ga sandtilførsel små endringer for plante-tilgjengelige næringsstoffer (tabell 5). pH var på dette feltet høyere enn på grøfta myr, men verdiene var like på sandkjørt

og ikke sandkjørt. Glødetapet uten sand var lavere enn på grøfta myr.

Sandtilførselen ga økt jordtetthet i de øverste 10 cm av ploglaget på feltet på grøfta myr. Økningen var fra i underkant av 0,2 g/cm<sup>3</sup> til 0,4-0,7 g/cm<sup>3</sup>, avhengig av mengden innblandet sand. Porevolumet ble redusert fra omlag 90% til 70-80%. Totalt nyttbart vann ble redusert fra 45-50% til rundt 35%. I nedre del av ploglaget viste utslagene samme tendens, men noe større utslag på grunn av noe høyere sandinnhold. Under ploglaget var det ingen virkning av sandtilførselen.

På det profilerte feltet ga sandtilførsel de samme utslagene på de jordfysiske parametrene som på det grøfta. Det var noe lavere verdier for skjærfasthet i nedre del av ploglaget på leddene uten sand og uten pakking.

Det var ingen påvisbare forskjeller i fysiske jordparametre som resultat av jordpakkingen på noen av feltene.

Tabell 2. Virkninger av sandtilførsel og jordpakking på engavling (kg TS/daa) på profilert torvjord i Pasvikdalen, 1983-86.

Table 2. Effects of sand application and soil compaction on ley yields (kg DM 1/10 ha<sup>-1</sup>) in cultivated peat soil with graded surface in the Pasvik valley, 1983-86.

Ledd <i>Treatment</i>	1983	1984	1985	1986	Gj. snitt <i>Mean</i>
Uten sand, upakka <i>Without sand, no compaction</i>	448	743	491	627	577
Sand, upakka <i>Sand, no compaction</i>	411	738	512	592	563
Uten sand, pakka <i>Without sand, compacted</i>	449	611	476	661	549
Sand, pakka <i>Sand, compacted</i>	436	630	499	595	540

Tabell 3. Virkninger av sandtilførsel og jordpakking på timoteiandel (%) på grøfta torvjord i Pasvikdalen, 1983-88.

Table 3. Effects of sand application and soil compaction on timothy (%) in cultivated peat soil in the Pasvik valley, 1983-88.

Ledd Treatment	1983	1984	1985	1986	1987	1988	Gj. snitt Mean
Uten sand, upakka Without sand, no compaction	78	59	47	58	48	37	54
Sand, upakka Sand, no compaction	85	80	65	75	57	73	72
Uten sand, pakka Without sand, compacted	79	61	47	63	43	62	59
Sand, pakka Sand, compacted	85	78	57	74	52	72	70

Tabell 4. Virkninger av sandtilførsel og jordpakking på timoteiandel (%) på profilert torvjord i Pasvikdalen, 1983-86.

Table 4. Effects of sand application and soil compaction on timothy (%) in cultivated peat soil with graded surface in the Pasvik valley, 1983-86.

Ledd Treatment	1983	1984	1985	1986	Gj. snitt Mean
Uten sand, upakka Without sand, no compaction	85	73	78	49	71
Sand, upakka Sand, no compaction	83	76	76	49	71
Uten sand, pakka Without sand, compacted	84	80	79	59	76
Sand, pakka Sand, compacted	83	80	76	58	74



Tabell 5. Virkninger av sandtilførsel på innhold av plantenæringsstoffer i profilert torvjord og grøfta torvjord i Pasvikdalen.

Table 5. Effects of sand application on soil chemical properties in cultivated peat soils with pipe drainage or graded surface in the Pasvik valley.

Ledd	Dybde cm	pH	P-AL mg/100 ml	K-AL mg/100 ml	Mg-AL mg/100 ml	Ca-AL mg/100 ml	K-HNO <sub>3</sub> mg/100 ml	Gløde- tap, %
Treatment	Depth cm	pH	P-AL mg/100 ml	K-AL mg/100ml	Mg-AL mg/100 ml	Ca-AL mg/100 ml	K-HNO <sub>3</sub> mg/100 ml	Loss on ign. %

**Grøfta myr***Peat, drainage pipes*

Ikke sand <i>Without sand</i>	0-20	5,1	0,4	5,5	25	106	6,8	86
Sand <i>Sand</i>	0-20	5,4	1,8	7,8	25	168	47	17

**Profilert myr***Peat, graded surface*

Ikke sand <i>Without sand</i>	0-20	5,8	1,8	4,8	41	267	17	65
Sand <i>Sand</i>	0-20	5,8	1,8	6,0	33	261	29	33

**Forsøk med sandtilførsel og jordpakking i Pasvikdalen**

Sandtilførsel ga sikker avlingsøkning, og jordpakking ga signifikant avlingsnedgang, beregnet over hele forsøksperioden (tabell 6). Jordpakkingen ga ikke avlingstap første engår, men statistisk sikker avlingsreduksjon i 2-5 engår.

Sandtilførselen virket ikke inn på den botaniske sammensetningen av enga, mens jordpakkingen medførte noe høyere andel av timotei utover i engperioden (tabell 7). Forskjellen i timoteiandel mellom pakka og upakka ledd var statistisk

sikker.

Rotutviklingen ble stimulert av sandtilførsel. På ledd med sandtilførsel var det betydelig mer røtter i topplaget enn uten sand. Jordpakkingen ga dårligere rotutvikling i topplaget. På pakka ledd var det ingen røtter dypere enn 25 cm, mens røtter ble funnet ned til om lag 50 cm der det ikke var pakka (figur 1). Rotdiameteren var nesten uten unntak under 0,5 mm på alle ledd.

Sandtilførselen medførte en økning av tilgjengelige plantenæringsstoffer i ploglaget (tabell 8). I de øverste 0-5 cm var

Tabell 6. Virkninger av sandtilførsel og jordpakking på engavling (kg TS/daa) på grøfta torvjord i Pasvikdalen, 1989-93.

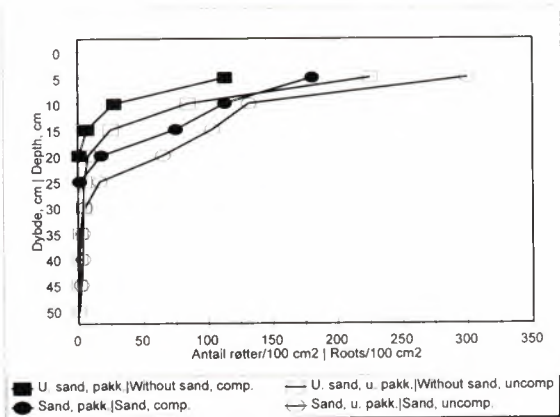
Table 6. Effects of sand application and soil compaction on yield of ley (kg DM 1/10 ha<sup>-1</sup>) in cultivated peat soil in the Pasvik valley, 1989-93.

Ledd <i>Treatment</i>	1989	1990	1991	1992	1993	Gj. snitt <i>Mean</i>
Uten sand, upakka <i>Without sand, no compaction</i>	653	488	540	425	454	512
Sand, upakka <i>Sand, no compaction</i>	685	544	580	514	466	558
Uten sand, pakka <i>Without sand, compacted</i>	642	388	474	380	256	428
Sand, pakka <i>Sand, compacted</i>	697	485	463	444	301	478

Tabell 7. Virkninger av sandtilførsel og jordpakking på timotei (%) på grøfta torvjord i Pasvikdalen, 1989-93.

Table 7. Effects of sand application and soil compaction on timothy (%) in cultivated peat soil in the Pasvik valley, 1989-93.

Ledd <i>Treatment</i>	1989	1990	1991	1992	1993	Gj. snitt <i>Mean</i>
Uten sand, upakka <i>Without sand, no compaction</i>	87	76	78	65	50	71
Sand, upakka <i>Sand, no compaction</i>	88	79	80	66	50	73
Uten sand, pakka <i>Without sand, compacted</i>	87	80	86	70	56	76
Sand, pakka <i>Sand, compacted</i>	88	81	83	68	56	75



Figur 1. Virkninger av sandtilførsel og jordpakking på rotutvikling på grøfta torvjord i Pasvikdalen.

Figure 1. Effects of sand application and soil compaction on root development in cultivated peat soil in the Pasvik valley.

Tabell 8. Virkninger av sandtilførsel på grøfta torvjord i Pasvikdalen på innhold av næringsstoffer i jorda.

Table 8. Effects of sand application on soil chemical properties in cultivated peat soil in the Pasvik valley.

Ledd	Dybde	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	K-HNO <sub>3</sub>	Glødetap, %
Treatment	Depth	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	K-HNO <sub>3</sub>	Loss on ign. %
	cm		mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	on ign. %
Ikke sand	0-5	5,7	0,6	5,0	35,9	150,0	6,1	79,4
Without sand								
Sand	0-5	5,6	1,3	6,4	38,8	164,8	14,5	32,2
Sand								
Sign. nivå		n.s.	**	*	n.s.	n.s.	**	**
Sign. level								
Ikke sand	5-20	5,5	0,6	2,2	29,3	156,2	2,4	80,6
Without sand								
Sand	5-20	5,6	1,0	2,8	36,2	186,9	7,7	41,7
Sand								
Sign. nivå		n.s.	n.s.	*	*	**	*	*
Sign. level								

\*\* p<0,01

\* p<0,05

n.s. p 0,05

det signifikant mer fosfor og kalium og lavere glødetap på ledd med sandtilførsel i forhold til ledd uten sand. I 5-20 cm dybde var det økning av næringsstoffene kalium, magnesium og kalsium på ledd med sandinnblanding og signifikant lavere glødetap.

Som en følge av sandtilførselen, økte jordtettheten fra om lag 0,2 g/cm<sup>3</sup> til i overkant av 0,6 g/cm<sup>3</sup> i de øverste 0-10 cm, og porevolumet ble redusert fra ca. 85% til i overkant av 70%. Totalt fysisk nyttbart vanninnhold ble redusert etter sandinnblandingen fra i overkant av 60% til rundt 50%. I sjiktet 10-20 cm ble de samme endringene i fysiske egenskaper registrert som i 0-10 cm dybde, men utslagene var mindre fordi det var blandet inn mindre sandmengder i dette sjiktet.

Jordpakkingen førte ikke til sikre endringer for de målte jordfysiske parametrene.

### Forsøk på Kvaløya i Tromsø

Tilførsel av vanlig sand ga statistisk sikker meravling på grøfta myr i Tromsø, mens tilførsel av skjellsand ga samme avling som ledd uten sand (tabell 9). Pakking ga ikke sikker avlingsreduksjon på dette feltet. Feltet ble avsluttet etter vekstsesongen 1986 fordi det var store overvintringsskader på feltet våren 1987. Da var det om lag 5% dekning på ledd uten sandtilførsel og 20% på ledd med vanlig sand, og med utgang av plante-materiale både i og utenfor forsøkninger. Der det var tilført skjellsand var det mer enn 50% dekning, og utgang bare i forsøkninger. Til og med vekstsesongen

Tabell 9. Virkninger av sandtilførsel (skjellsand og siltig mellomsand) på engavling (kg TS/daa) på grøfta torvjord i Tromsø, 1983-86.

Table 9. Effects of sand application (shell sand and loamy sand) on ley yields (kg DM/1/10 ha<sup>1</sup>) in cultivated peat soil in Tromsø, 1983-86.

Ledd Treatment	1983	1984	1985	1986	Gj. snitt (1984-86) Mean (1984-86)
Uten sand, upakka Without sand, no compaction	514	374	432	426	411
Skjellsand, upakka Shell sand, no compaction	477	374	527	384	428
Sand, upakka Sand, no compaction	837	472	586	542	533
Uten sand, pakka Without sand, compacted		376	390	427	398
Skjellsand, pakka Shell sand, compacted		379	380	417	392
Sand, pakka Sand, compacted		445	498	488	477

1986 var det signifikant høyere timoteiandel på ledd med vanlig sand enn på ledd med skjellsand (tabell 10). På ledd med skjellsand var det engrapp som dominerte. Selv om timoteien gikk noe tilbake på ledd uten sand, var forskjellen i forhold til ledd med vanlig sand ikke signifikant.

Sandtilførselen førte til en økning av lett-løselig og syreløselig kalium og en reduksjon i glødetap i ploglaget (tabell 11). Tilførselen av skjellsand førte til økning av pH, lett-løselig kalsium, magnesium, kalium og reduksjon i glødetap.

Tabell 10. Virkninger av sandtilførsel (skjellsand og siltig mellomandsand) på timotei (%) på grøfta torvjord i Tromsø, 1984-86.

Table 10. Effects of sand application (shell sand and loamy sand) on timothy in cultivated peat soil in Tromsø, 1984-86.

Ledd Treatment	1984	1985	1986	Gj. snitt (1984-86) Mean (1984-86)
Uten sand Without sand	63	47	45	52
Skjellsand Shell sand	41	36	23	33
Sand Sand	61	60	57	59

Tabell 11. Virkninger av sandtilførsel (skjellsand og siltig mellomandsand) på innhold av plantenæringsstoffer i grøfta torvjord i Tromsø.

Table 11. Effects of sand application (shell sand and loamy sand) on soil chemical properties in cultivated peat soil in Tromsø.

Ledd Treatment	Dybde cm Depth cm	pH	P-AL mg/100 ml P-AL mg/100 ml	K-AL mg/100ml K-AL mg/100ml	Mg-AL mg/100 ml Mg-AL mg/100 ml	Ca-AL mg/100 ml Ca-AL mg/100 ml	K-HNO <sub>3</sub> mg/100 ml K-HNO <sub>3</sub> mg/100 ml	Glødetap, % Loss on ign. %
Ikke sand Without sand	0-5	5,9	6	9	12	319	-	90
	5-20	4,8	2	4	20	132	-	94
Skjellsand Shell sand	0-5	7,5	12	11	278	7029	33	30
	5-20	7,0	4	5	120	2519	7	68
Sand Sand	0-5	5,7	8	20	13	59	582	7
	5-20	5,1	2	9	33	183	158	51

Som følge av sandtilførselen økte jordtettheten i de øverste 10 cm av ploglaget fra om lag  $0,2 \text{ g/cm}^3$  til i underkant av  $0,6 \text{ g/cm}^3$  og porevolumet ble redusert med ca. 10% til rundt 77%. Totalt fysisk nyttbart vanninnhold ble redusert som følge av sandinnblandingen fra 45-50% til om lag 40%. Dypere ned var det ingen sikre endringer i fysiske egenskaper etter sandinnblandingen.

De jordfysiske undersøkelsene viste ingen målbare utslag som følge av jordpakkingen.

## Diskusjon

Resultatene i denne undersøkelsen viser at sandtilførsel med vanlig sand (mellomsand/siltig mellomsand) gir sikre meravlinger på grøfta torvjord. Resultatene samsvarer godt med tidligere forsøk i Norge. Selv om den positive virkningen av sandtilførselen er størst i de første årene, er det påvist at sandtilførselen gir høyere avlinger også etter omlegging av enga (Vikeland 1975). På profilert felt ble det ikke funnet positiv virkning av sand. I russiske forsøk på Kola-halvøya har en fått en avlingsøkning på 10 til 30% i grønnfôr etter sandtilførsel på myr. Tilført sandmengde var fra 30 til 60 tonn pr. dekar (Semko 1982).

På sterkt omdannet torvjord i kyststrøk kan dyrkingsforholdene være så vanskelige at ingen jordforbedrende tiltak virker. På et grøfta felt med brenntorv i Sortland i Vesterålen (5 m grøfteavstad), ga verken sandtilførsel, grusfylte grøfter eller miniprofilering tilstrekkelig virkning til å gi årssikre avlinger. På dette feltet var grunnvannstanden om lag 20 cm under jordoverflata i store deler av vekstsesongen (Haraldsen & Sveistrup 1986).

I Pasvikdalen var det bare på det ene

grøfta feltet at sandtilførsel ga sikkert utslag på den botaniske sammensetningen på enga med en bedre varighet for timotei. Skjellsand ga vesentlig mer engrapp og mindre timotei enn vanlig sand i forsøket på Kvaløya. At engrapp reagerer positivt på kalk, er også funnet av Hovde (1974).

Sandtilførselen har medført høyere jordtetthet og lavere porevolum og redusert innhold av totalt fysisk nyttbart vann. Dette har medført at jordtemperaturen øker raskere i topplaget om våren og telen kan gå raskere. På feltene i Pasvikdalen ble det i 1982, da det ble dyrket grønnfôr, målt en økning i jordtemperaturen på vel  $2^\circ\text{C}$  i 15 cm dybde i den mest intensive delen av vekstsesongen på sandkjørt ledd. Telen var ute av jorda omlag ei uke tidligere på sandkjørt enn ikke sandkjørt myr (Sveistrup & Knudsen 1983). Sandtilførsel ga i eng en temperaturøkning på  $1-3^\circ\text{C}$  i 15 cm dybde på sandkjørte ledd i begynnelsen av vekstsesongen (Haraldsen & Sveistrup 1986). Undersøkelser på Kola-halvøya viser en stigning i jordtemperaturen opp til  $1^\circ\text{C}$  som følge av tilførsel av sandmengder like store som i disse forsøkene (Semko 1982). I henhold til Vikeland (1975), kan det ut fra svenske og finske undersøkelser dokumenteres at tilføring av mineraljord til torvjord, først og fremst mosemyr, øker jordtemperaturen i veksttida og med de største utslagene på vår- og forsommeren. Økt jordtetthet og redusert vannlagringsevne gir endret varmeledningssevne i torvjorda. Dette er årsaken til at sandkjørt torvjord varmes raskere opp vår og forsommer og avkjøles hurtigere høst og vinter (Vikeland 1975, Semko 1982).

Torvjord har liten evne til å binde næringsstoffer som kalium og fosfor. Tilførsel av vanlig sand har økt innholdet av både kalium og fosfor i topplaget. I løpet av to engomløp i Pasvikdalen var det et-

ter sandtilførsel likevel lave verdier både for fosfor og kalium. For plantene er det klart at økningen i tilgjengelige næringsstoffer etter sandtilførsel hadde stor betydning. Både avlingsutslagene og rottilveksten viste klare og entydige utslag. Når sandtilførsel ikke ga positive utslag på planteveksten på profilert torvjord, kan det ha sammenheng med oppdyrkingsmåten. Ved profilering ble det noe innblanding av mineraljord fra kanaloppkastet (siltig mellomleire). Denne mineraljordinnblandingen kan ha samme funksjon som sandtilførselen i denne undersøkelsen, selv om mengdene mineraljord er mindre. Hovd (1938) nevner at leireinnblanding kan gi positive virkninger i langt mindre mengder enn sand. På det profilerte feltet viste de jordkjemiske analyseresultatene høyere innhold av lettløselige plantenæringsstoffer og syreløselig kalium i forhold til på grøfta felt.

Jordpakkingen ga sikker avlingsnedgang på begge feltene på grøfta myr i Pasvikdalen. Tilsvarende avlingsnedgang med samme kjøreintensitet og belastning ble funnet både på vanlig grøfta og på profilert myr i en annen serie med pakkingsforsøk utført i samme periode på naboteiger (Haraldsen et al. 1995). På det grøfta feltet i Tromsø ga jordpakking ingen sikker avlingsnedgang. Hovedårsaken til at det ikke ble avlingsutslag av jordpakkingen synes å være en moderat kjøreintensitet og belastning. At kjørebelastningen ble gjennomført mens jorda var tilstrekkelig opptørket, har også medvirket til at kjøreskader ble unngått.

## Konklusjoner

Sandtilførsel på torvjord fører til:

- Økt og mer stabil avling på vanlig grøfta torvjord. Virkningen er usikker på profilert myr med lite til middels omdannet torv. Dette har trolig sammenheng med innblanding av mineralmateriale fra kanaloppkast.
- Raskere telegang om våren og økt jordtemperatur.
- Økt innhold av lettløslige plantenæringsstoffer (P og K) og kaliumreserver.

Kjørebelastningen har gitt samme avlingsreduksjon med og uten sandtilførsel, og sandtilførselen har ikke i noe tilfelle kunne motvirke pakkingskader.

## Etterord

Undersøkelsene er gjennomført av Holt forskingssenter, Tromsø, i samarbeid med Svanhovd Miljøsender, Svanvik. Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd (NLVF) bidro med midler til finansieringen av undersøkelsene i perioden 1979-1985. Vi vil takke forskningsteknikerne Einar Knudsen og Bernt Igeland for nøyaktig oppfølging av av feltundersøkelsene og gardbrukerene Jan Beddari og Eivind Jensen for godt samarbeid. Vi vil også takke Knut Opdal for råd vedrørende statistiske analyser. Analysearbeidet er gjennomført ved Kjemisk analyselaboratorium og jordfysisk laboratorium, Holt forskingssenter. Publiseringen av undersøkelsen er gjort i samarbeid mellom PLANTEFORSK, Holt forskingssenter og JORDFORSK.

## Litteratur

- Aune, B. 1993. Temperaturnormaler, normalperiode 1961-90. Det norske meteorologiske institutt. Rapport 02/93 Klima.
- Førland, E.J. 1993. Nedbørnormaler, normalperiode 1961-90. Det norske meteorologiske institutt. Rapport 39/93 Klima.
- Hagerup, H. 1973. Eit kultiveringsforsøk på "Brenntorvmyr", Stavik i Hustad. Medd. fra Det norske myrselskap 71 (6): 3-19.
- Haraldsen, T.K. & T.E. Sveistrup 1986. Jordfysiske undersøkelser i Nord-Norge. NLVF-sluttrapport 603. 13 s.
- Haraldsen, T.K. & T.E. Sveistrup 1989. Noen resultater av ti års jordforskning ved SFL Holt: Ulike dreneringsmetoder på myr. Norden 93 (15): 14-15.
- Haraldsen, T.K., T.E. Sveistrup, K. Lindberg & T.J. Johansen 1995. Jordpakking og ulike dreneringsmåter på torvjord i Nord-Norge. Virkninger på avling og botanisk sammensetning av eng. Norsk landbruksforskning 9: 11-28.
- Hestetun, N. 1976. Innblanding av mineraljord i torvjord. Hovedoppgave ved Norges landbrukshøgskole. 50 s.
- Hovd, A. 1938. Kva myrforsøka viser. 3. Kalking, sand eller leirkøying på myr. Medd. fra Det norske myrselskap 36 (3): 73-83
- Hovde, A. 1974. Ulike grasartar med og utan kalking. Forskning og forsøk i landbruket 25: 354-365.
- Lende-Njå, J. 1914. Forsøk med påføring av mineraljord. Beretning fra Det norske myrselskaps forsøksstasjon 1913-14: 17.
- Løddesøl, Aa. & D. Lømsland 1937. Myrundersøkelser i Sør-Varanger. Meddelelser fra Det Norske Myrselskap. 35:77-99.
- Myhr, K. & A. Njøs 1983. Verknad av traktorkjøring, fleire slåttar og kalking på avling og fysiske jordegenskarar i eng. Meld. Norg. Landbr. Høgsk. 62 (1): 1-14.
- Pessi, Y. 1956. Studies on the effect of the admixture of mineral soil upon the thermal conditions of cultivated peat land. State Agricultural Research Publications of Finland 147. 89 s.
- Rapp, K. 1969. Grøfting og sandtilførsel på myr i Pasvikdalen. Ny jord 56 (4):109-114.
- Semko, A. 1982. Water and temperature regime of forest soils in Kola peninsula. Apatity Kola Branch of USSR Academy of Science (translated from Russian): 125-131.
- Sveistrup, T.E. & E. Knudsen 1983. Profilering av og sandtilførsel på myr i Pasvik. Norden 87 (9): 20-21.
- Vikeland, N. 1975. Jordforbedring på myrjord. Forskning og forsøk i landbruket 26: 227-292.



# Forsøksserier

## Noen betraktninger

ØIVIND NISSEN

Norges landbrukshøgskole, Institutt for Plantefag, Ås, Norge  
*Agricultural university of Norway, Department of horticulture and crop sciences,  
Ås, Norway*

Nissen, Ø. 1995. Forsøksserier. Noen betraktninger. Norsk landbruksforskning 9: 147-150. ISSN 0801-5341.

*Øivind Nissen, Agricultural university of Norway, Department of horticulture and crop sciences,  
Box 5022, N-1432 Ås, Norway.*

Hvis vi ønsker at våre forsøk skal danne grunnlaget for praktisk rådgiving, må de gjentas, både over tid og sted. Resultatene av et forsøk vil variere fra sted til sted. For å få et brukbart gjennomsnitt for et distrikt, og samtidig et anslag av feilen på dette gjennomsnittet, må vi ha forsøk på flere steder. Resultatene vil også variere fra år til år, og forsøkene må derfor gjentas flere år.

I det følgende forutsetter jeg forsøk med ettårige vekster, og at vi ønsker å gi felles råd for et distrikt, ikke for de enkelte deler av distriktet.

"Sted" og "År" er da begge tilfeldige eller "random" variabler, likevel er de hensyn man må ta vesensforskjellige.

Stedene kan – i prinsippet – velges tilfeldig fra de steder i distriktet hvor vedkommende vekst dyrkes. I praksis gjøres det unntak på 2 måter. For det første må forsøkene legges på de gårdene hvor eierne er villig til å ha dem, og det er gjerne på de best drevne gårdene. Da det også er her at forsøksresultatene blir brukt først, er dette antakelig bare heldig.

For det annet kan det være at man bevisst avviker fra tilfeldig plassering, for å få med ulike høydelag og ulike jordarter

etc. På den måten blir gjennomsnittsresultatene best mulig, mens den beregnede feilen øker. Hvis man hadde gjort det motsatte, valgt stedene så like som mulig, hadde man fått dårligere resultater, mens den beregnede feilen hadde blitt mindre.

Antall steder er bare begrenset av omkostningene, jo flere steder man har, jo nøyaktigere blir resultatene, og også feilen blir bedre bestemt.

Med år er det helt annerledes. For det første kan man ikke velge "tilfeldige" år, man må ta årene som de kommer. Videre: De "år" man vil gi råd for er "kommende" år, mens forsøkene nødvendigvis er utført i "foregående" år. Hvis all variasjon fra år til år hadde vært tilfeldig, ville dette ikke gjort noe, men slik er det ikke. For det ene har vi langvarige trender i klima, men enda viktigere er de trender vi har i økonomi og teknikk. Et lite eksempel: Hvem er idag interessert i de kornsorter som ville ha vært best om vi fortsatt høstet med sigd og tørket på staur?

Valg av antall år er også noe helt annet enn valg av antall felt pr år. Man kan godt ha 10-20 felt pr år, men ingen mener vel at man skal vente 10-20 år før man

offentliggjør resultatene. Jeg antar at gjennomsnittstall fra en 6-årig forsøksserie gir et bedre grunnlag for rådgiving enn tall fra 3 år, men tviler på om det er noen fordel å ha tall fra de siste 12 år fremfor de siste 6 år. Og det er nokså sikkert at det for de fleste forsøksspørsmål ikke er noen fordel å ha resultater fra de siste 50 år.

Også rent økonomisk er det galt å vente for lenge. Hvis man har kommet fram til noen økonomisk gunstige resultater, er det et tap, både for den enkelte bonde og for samfunnet, hvis de ikke blir tatt i bruk snarest mulig. Man må heller ta risikoen for at man av og til gir råd som viser seg ikke å holde. Skulle man f.eks. forlange at nye kornsorter skulle prøves i minst 10 år og vise seg bedre enn alle eldre sorter og også bedre enn andre nye sorter under prøving, ja da ville det neppe noengang bli sendt ut en ny sort.

Jeg har foran sagt at både "sted" og "år" er tilfeldige variabler. La meg ta et lite forbehold. Hvis man ikke velger tilfeldige steder, men f.eks. legger feltene med ulike kornsorter på 3 forskjellige jordarter, eller i 3 høydelag, da er jordarter (høydelag) faste variabler. Hensikten er da å undersøke om forskjellen mellom kornsortene er den samme på alle jordarter (høydelag). For å få en statistisk test på dette må man ha flere felt på hver jordart. Hvis man har flere år og bare et felt på hver jordart om året, må dette være på et nytt tilfeldig sted hvert år.

Også "år" kan i visse tilfeller betraktes som en fast variabel. Vi kan f.eks. i en 4-årig serie hatt 2 tørre og 2 våte år, da er tørt/vått en fast variabel, og årene med samme værslag en tilfeldig variabel.

I en serie over flere år og med flere felt hvert år kan stedene for disse feltene velges på to forskjellige måter:

- a) de samme steder (de samme gårdar) hvert år, eller
- b) nye steder hvert år.

I a) blir det selvfølgelig det samme antall steder hvert år, i b) kan dette variere.

I praksis vil det vel nesten alltid bli en blanding av a) og b), noen av de samme stedene og noen nye steder hvert år, og da som oftest forskjellig antall felt i de enkelte år.

Den statistiske "modell" og signifikanstesting er forskjellig for a) og b).

I a) har vi to sideordnede tilfeldige variabler og ingen eksakt F-test. I lærebøker anbefales en tilnærmet test: Man setter  $F'$  lik summen av MS for ledd og MS for trefaktorsamspillet dividert med summen av MS for Ledd x År og MS for Ledd x Sted.

I NM, og antakelig også i de fleste andre statistikkpakker, må denne testen gjøres "for hånd".

I b) er testen grei. Variasjonen som skyldes Sted blir her en del av variasjonen mellom År, og Ledd skal testes mot Ledd x År.

Hvis vi har en blanding av a) og b) mener jeg at vi bør analysere som for b). Selv om vi har noen av feltene på de samme gårdene flere år, så er de jo gjerne på forskjellige skifter.

For alternativ a) kan analysen gjøres med en faktoriell variansanalyse. Hvis vi starter med middeltallene for hvert felt, vil analysen ha 7 linjer: År, Sted, År x Sted, Ledd, ÅrxLedd, Sted x Ledd og År x Sted x Ledd, og en tilnærmet F-test kan gjøres som nevnt ovenfor. Hvis vi har det samme antall gjentak på alle feltene, kan vi starte analysen med tallene for de enkelte ruter, og vi vil da i tillegg få en linje for "gjentak innen felt" og en for "gjennomsnittlig feil i de enkelte felt". Den siste kan brukes til en sammenligning med samspillene, for å lære mer om størrelsen av års- og steds-variasjonene.

For alternativ b) må man først analysere feltene for hvert år, og så bruke gjennomsnittene for hvert år i en analyse "over

år". Hvis man har et svært forskjellig antall felt i de enkelte årene, kan det komme på tale å veie årene med antall felt. Jeg antar at man bør bruke en uveiet beregning hvis forholdet mellom det største og det minste antallet ikke er mer enn 3 til 1, og det bør man vel sørge for at det ikke blir.

Konklusjonen foran, at man skal bruke samspillet med år som feil, bygger på det forhold at "årseffekten" gjerne er sterkt korrelert fra felt til felt. Vanligvis ønsker vi jo å gi våre råd for et noenlunde homogent "distrikt", og da vil været på de enkelte feltene vært noenlunde likt. Men hva hvis vi med vilje sørger for å få størst mulig variasjon fra felt til felt, f.eks. ved hvert år å legge et felt på Østlandet, et på Vestlandet, et i Trøndelag og et i Nord-Norge? Har vi gjennomført dette i 2 år, må det være "lovlig" å teste mot feilen "mellom felt", altså med 7 d.f. for en kontrast, og ikke med feilen "mellom år", med 1 d.f.

Betraktningene hittil gjelder først og fremst for enfaktorforsøk. Har man en serie med faktorielle forsøk, kommer andre til. Ta som eksempel et kombinert sort/gjødslingsforsøk som har gått over mange år. Antakelig vil effekten av gjødslingen variere mer fra år til år enn forskjellen mellom sortene, og det er nokså sikkert at samspillet sort/gjødsling har minst feil. Feilen bør derfor i alle fall deles i tre, feilen på sort, på gjødsling og på samspillet. Har man flere gjødslingstrin, er det rimelig å anta at den lineære effekten har større feil enn avviket fra lineær effekt. Også for ulike sorter gjelder noe lignende. Det er nokså sikkert at feilen på forskjellen mellom to søsterlinjer er mindre enn feilen på forskjellen mellom to meget ulike sorter. Strengt tatt har vel hver enkelt kontrast sin egen feil. Ulempen ved å bruke en egen feil for hver kontrast er at denne feilen blir så usikkert

bestemt, den har så få frihetsgrader.

Ta som eksempel et 4-årig forsøk med 20 ledd. Den "felles" feilen er da bestemt med 57 frihetsgrader, mens feilen på de enkelte kontraster ikke har mer enn 3 d.f. Da kan det godt være at "fellesfeilen" er det beste målet for de enkelte feil, selv om den ikke er "riktig".

Hvis man ser bort fra splittplot forsøk, er det bare i forsøksserier at man pleier å regne med forskjellige feil på de enkelte faktorene. I det enkelte forsøk går man i alminnelighet ut fra at det ikke er noe reelt samspill mellom gjentak og ledd, at feilen bare skyldes tilfeldig jordvariasjon sammen med tilfeldige måle- og veiefeil. Man kan aldri være sikker på dette, jorden på gjentakene kan være så forskjellig at man får et reelt samspill f.eks. mellom gjentak og gjødsling, og derfor større feil på gjødslinseffekten enn på forskjell mellom sortene.

At man regner med ulike feil i splittplotforsøk, er en annen sak. Man behøver der ikke å regne med et reelt samspill, men bare med at den tilfeldige forskjell på ruter som ligger langt fra hverandre er større enn på ruter som ligger tett sammen. I et 2-faktor splittplotforsøk er det vanlig å regne med 2 feil, feil a) som brukes på faktoren på storruiter, og feil b) som gjelder den andre faktoren og samspillet.

Til slutt noen ord om forsøk med flerårige vekster, for eksempel engvekster eller jordbær. I slike forsøk er "år" en fast variabel, variasjonen fra engår til engår har ikke noe med feilen å gjøre.

Det som her interesserer, er summen over flere år, eventuelt med større vekt på de første årene. Det er to årsaker til ulik vekt. For det ene er inntekter som kommer tidlig mere verdt enn de som kommer senere. Med en gitt rentesats kan man eksakt regne ut "nåtidsverdien". Det annet er at man i praksis risikerer at en

eng eller jordbæråker ikke blir liggende så lenge som i forsøket, og da er selvfølgelig tidligere avlinger mest verdt.

Også når det gjelder flerårige vekster, må jeg ta et visst forbehold, år kan også være en random variabel. Et eksempel kan

være gjødslingsforsøk i gammel eng, eller forsøk med frukt- eller skogstrær. Etter en viss "ungdomsperiode" skyldes forskjellen fra år til år ikke "aldring" men ulikt vær, og er da en tilfeldig variabel og en del av feilen.

Norsk landbruksforskning  
Norwegian Agricultural Research  
Vol. 9 Nr. 3-4

**Innhold/Content**

**Side/Page**

En teknisk, biologisk og økonomisk sammenlikning av ulike dyrknings- og oppvarmingssystemer ved roseproduksjon i veksthus, basert på modellberegninger ..... <i>A technical, biological, and economic comparison of different growing and heating systems in greenhouse rose production, based on model calculations</i>	Z. Sebesta, L. Snipen, B. Kristoffersen & J.C. Omre .....	65
Kopar som plantenæringsstoff. Historikk – Langvarig verknad av kopar innblanda i jorda ..... <i>Copper as a plant nutrient. Review – Long-term effect of soil applied copper</i>	Ivar Aasen & Kristen Myhr .....	85
Avling og kvalitet av smalkjempe ( <i>Plantago lanceolata</i> L.) dyrket i Hedmark ..... <i>Yield and quality of Plantago lanceolata L. grown in Hedmark, Norway</i>	Steinar Dragland & Torun Helene Aslaksen .....	101
Direktesetting på store forsøksruter ..... <i>Direct planting on great parcels</i>	Egil Ekeberg & Jens Jemblie .....	107
Nitrogenfrigjøring og ettervirkning ved bruk av grønn gjødsel på utvalgte jordtyper på Østlandet. N frigjøring og ettervirkning av grønn gjødsel ..... <i>Nitrogen mineralization and after-year effects of green manure on certain soils in Southeast Norway. N mineralization and after-year effects of green manure</i>	Svein Øivind Solberg .....	117
Virkning av sandtilførsel og jordpakking på engavling og jordegenskaper på torvjord i Nord-Norge ..... <i>Effects of sand application and soil compaction on yields of leys and soil properties in peat soils in northern Norway</i>	Tore E. Sveistrup & Trond Knapp Haraldsen .....	133
Forsøksscrier. Noen betraktninger .....	Øivind Nissen .....	147

Forskningsparken i Ås AS, Sagabygget, N-1432 Ås, Norge  
Ås Science Park Ltd., Sagabygget, N-1432 Ås, Norway